

INFLUENCE DU NaCl SUR QUELQUES PARAMETRES MORPHO-PHYSIOLOGIQUES ET BIOCHIMIQUES DE JEUNES PLANTULES DE DEUX ESPÈCES SPONTANÉES DE *PISTACIA* (*P. LENTISCUS* L. ET *P. ATLANTICA* DESF.)

MERBAH Kamel Zinel Abidine^{1,2,3*}, BELHADJ Safia², LOUZABI Siham² et BENDECHOU Abdelhamid²

1. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou- Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques-Département d'agronomie-Algérie.

2. Université Ziane Achour de Djelfa-Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie –Département des sciences agro-vétérinaires-Algérie

3. Ecole Normale Supérieure Taleb Abderrahmane de Laghouat- Département des Sciences Naturelles-Algérie

Reçu le 17/09/2020, Révisé le 24/12/2020, Accepté le 31/12/2020

Résumé

Description du sujet : La salinité est l'un des plus graves problèmes environnementaux qui limite la production végétale. L'étude du mécanisme adaptatif de *Pistacia lentiscus* et *Pistacia atlantica* au stress salin permet de mettre en évidence leur aptitude à tolérer la salinité dans la perspective de les utiliser dans les programmes de valorisation des sols salins.

Objectifs : Etudier la tolérance à la contrainte saline de *P. lentiscus* et *P. atlantica* au stade plantules en se basant sur des paramètres morphologiques, anatomiques, physiologiques et biochimiques.

Méthodes : Etude de l'influence du chlorure de sodium (NaCl) (0, 10 et 20g/L pendant 64 jours) sur des plantules de *P. lentiscus* et *P. atlantica* âgées de trois mois.

Résultats : *P. atlantica* a présenté un taux nul de survie avec 20g/L de NaCl contrairement à *P. lentiscus* qui a maintenu un taux de survie très élevé. La biomasse fraîche et la teneur en eau relative ont diminué, chez les deux espèces, tandis que la teneur en proline a augmenté sous l'effet de 10g/L de NaCl. Chez *P. lentiscus*, la taille des stomates et de leurs pores ainsi que la surface relative des pores des nouvelles feuilles formées ont diminué avec 20 g/L de NaCl.

Conclusion : Au stade plantule, *P. lentiscus* tolère mieux le NaCl que *P. atlantica*. Pour cela, ces plantules constituent donc un matériel prometteur pour la valorisation des sols salins.

Mots clés: *Pistacia lentiscus* ; *Pistacia atlantica* ; proline ; stress salin ; NaCl.

INFLUENCE OF NaCl ON SOME MORPHO-PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS ON YOUNG SEEDLINGS OF TWO SPONTANEOUS SPECIES OF PISTACIA GENUS (*P. LENTISCUS* L. AND *P. ATLANTICA* DESF.).

Abstract

Description of the subject: Salinity is one of the most serious environmental problems that limit plant production. The study of the adaptive mechanism of the local ecotypes of *Pistacia lentiscus* and *Pistacia atlantica* to salt stress therefore makes it possible to show their ability salt resistance with a view of their use in the saline soil valorization programs.

Objective : The objective of this work is to study the tolerance to salt stress of *P. lentiscus* and *P. atlantica* at the seedling stage, based on morphological, anatomical, physiological and biochemical parameters.

Methods : Therefore the influence of sodium chloride (NaCl) is studied, at different concentrations (0, 10 and 20g/L for 64 days) on the growth of three-month-old seedlings from *P. lentiscus* and *P. atlantica*.

Results : *P. atlantica* showed no survival rate with 20g/L of NaCl unlike to *P. lentiscus* which maintained a very high survival rate. Fresh biomass and relative water content decreased in both species, while proline content increased with 10g/L of NaCl. In *P. lentiscus*, the size of the stomata and their pores as well as the relative pore area of the newly formed leaves decreased with 20g/L of NaCl.

Conclusion : At the seedling stage, *P. lentiscus* tolerance to NaCl is better than for *P. atlantica*. Therefore, the plants of *P. lentiscus* are potential promising material for the saline soils valorization.

Keywords : *Pistacia lentiscus* ; *Pistacia atlantica* ; proline ; salt stress ; NaCl.

*Auteur correspondant: MERBAH kamel Zinel Abidine, E-mail: kamelzmerbah@hotmail.com

INTRODUCTION

Dans les régions arides et semi-arides, la salinité est l'un des plus graves problèmes environnementaux qui limite la production végétale [1, 2]. Elle cause des effets néfastes qui se traduisent par des stress osmotique, toxique et oxydatif [3, 4] et affectent, au final, la croissance, le développement [5] et le taux de survie des plantes [6, 7, 8]. Certaines espèces pérennes, comme celles du genre *Pistacia*, sont connues pour leur aptitude à s'adapter aux conditions pédoclimatiques extrêmes. Elles jouent ainsi un rôle vital dans la nutrition et le développement de l'économie agricole de plusieurs communautés pauvres vivant dans des régions arides et semi-arides [9]. L'Algérie renferme quatre espèces du genre *Pistacia* [10 - 14]. Une espèce cultivée (*P. vera*) et trois spontanées (*P. atlantica*, *P. lentiscus* et *P. terebinthus*) que l'on peut utiliser comme porte-greffe pour *P. vera* [12, 15, 16, 17] ou dans les programmes de reboisement afin de stopper la désertification et l'érosion des sols dans les zones arides et semi-arides [13]. Quelques travaux ont abordé la croissance de *P. atlantica* [6, 18, 19, 20] et *P. lentiscus* [21 - 25] et ont conclu qu'ils possédaient une bonne tolérance à la salinité. Il existe tout de même une certaine variabilité intraspécifique permettant de sélectionner des écotypes ou des groupes d'individus présentant des tolérances supérieures [19, 22, 23]. Notons qu'aucune étude n'a été réalisée sur des écotypes algériens de *P. lentiscus* contrairement à *P. atlantica* qui nécessite toutefois davantage d'études afin de mieux définir son comportement adaptatif et écophysologique. L'étude du mécanisme adaptatif des écotypes algériens de ces deux espèces vis-à-vis du stress salin permet donc de cerner leur variabilité génétique, de mettre en évidence leur aptitude à tolérer la salinité dans la perspective de les valoriser autant que porte greffes et/ou source de pollen dans les programmes d'amélioration génétique de *P. vera* ou leur introduction dans les programmes de valorisation des sols salins. L'objectif de ce travail est d'étudier la tolérance au stress salin (exercé par 10 et 20 g/l de NaCl) de jeunes

plantules de *P. lentiscus* et *P. atlantica* âgées de trois mois, en se basant sur des paramètres morphologiques, anatomiques, physiologiques et biochimiques.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Stations d'échantillonnage

Des fruits matures de *P. atlantica* ont été récoltés en septembre 2016 dans un peuplement naturel au niveau de Dayet Boussehraia, dans la commune d'Ain-Ousserra, wilaya de Djelfa. Concernant *P. lentiscus*, la récolte a été réalisée en novembre 2016 dans deux régions. La première, dans la forêt d'El Haouas au niveau de la wilaya de Djelfa et la seconde, à Zemmouri Bahri dans la wilaya de Boumerdes (Fig. 1). Les données écologiques des stations d'échantillonnage sont présentées dans le tableau 1.

2. Conduite de l'expérimentation

Les fruits récoltés ont été trempés dans de l'eau pendant 15 minutes. Ceux ayant décaféiné, supposés viables, ont été récupérés [15], puis, dépulés et traités au froid (4°C) pendant 30 jours [27, 28]. Les graines ont été ensuite désinfectées par du Captan à 2g/L (15 minutes) suivi d'hypochlorite de calcium à 5% (25 minutes) [29] avant d'être mises à germer dans des boîtes de Pétri de 6 cm de diamètre doublement tapissées de papier filtre stérile et arrosées avec de l'eau distillée. Au bout de 30 jours de germination, les plantules obtenues ont été transplantées dans des gobelets en plastique, contenant du sable et de la tourbe stériles (1:2) dans lesquels elles ont continué leur croissance pendant 3 mois puis, des plantules de même taille ont été soumises au stress salin pendant 64 jours. Trois concentrations de NaCl ont été utilisées : 0 (témoin : eau de robinet) ; 10 et 20g/L de NaCl. Les plantules ont été arrosées par 12 ml de solution tous les 3 jours pendant 64 jours. Chaque traitement a porté sur 18 plantules. Au total, 162 plantules ont été étudiées. La culture a été réalisée dans une chambre de culture conditionnée à une température de 24±2°C et une photopériode de 16 heures de lumière par jour.

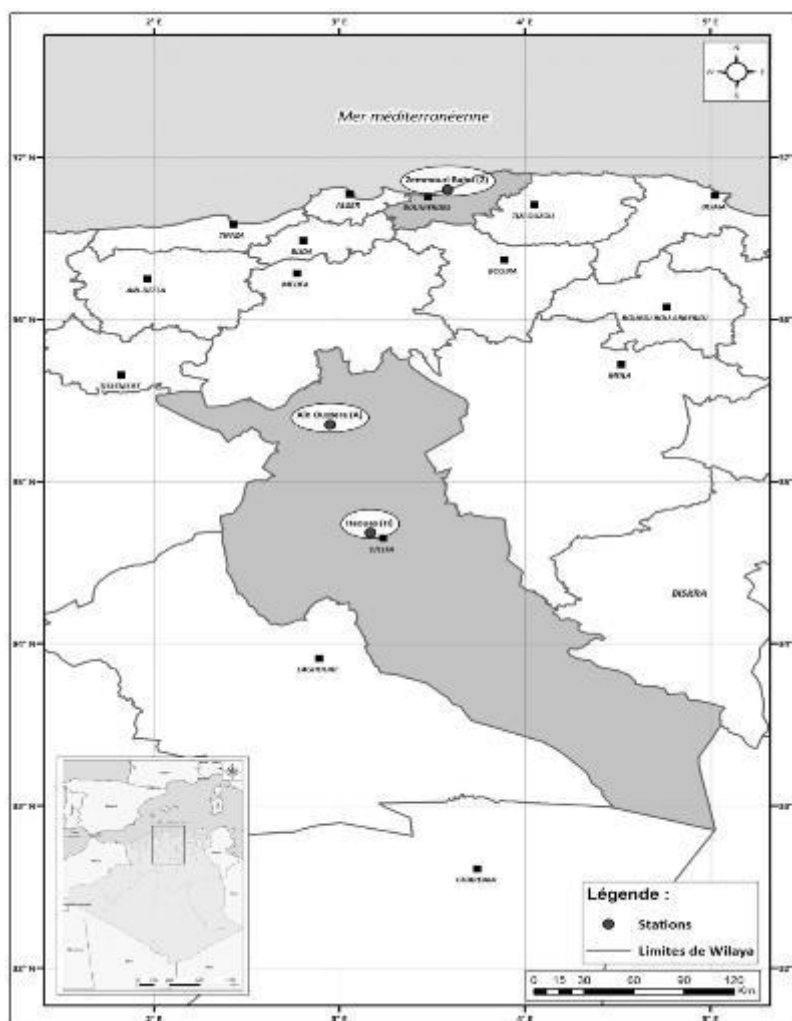


Figure 1 : Carte de localisation des stations d'échantillonnage des graines.

Tableau 1: Données écologiques des stations d'échantillonnage.

| Espèce étudiée | Station | Altitude (m) | Coordonnées géographiques | P (mm) | T (°C) | Q ₃ | Etage bioclimatique |
|---------------------|--------------------|--------------|---------------------------|--------|--------|----------------|---------------------|
| <i>P. lentiscus</i> | Haouas (H) | 1189 | 34°41'N/3°10'E | 297,4 | 14,8 | 30,02 | Semi-aride |
| | Zemmouri Bahri (Z) | 04 | 36°48'N/3°35'E | 775 | 18,3 | 131,59 | Subhumide |
| <i>P. atlantica</i> | Aïn Oussera (A) | 737 | 35°21'N/2°57'E | 209,8 | 19,7 | 20,48 | Aride |

P : Précipitation annuelle en millimètre, T : Température moyenne annuelle en degré Celsius, Q₃ : Quotient pluviothermique d'Emberger (Q₃) modifié par Stewart [26], m : mètre.

3. Paramètres mesurés

3.1. Taux moyen de survie des plantules (TMSP)

Le taux de survie des plantules est calculé à la fin de l'expérimentation en utilisant la formule suivante : $TMSP (\%) = [NPS / NTP] \times 100$. Avec NTP et NSP, respectivement, le nombre total de plantules cultivées et celles ayant survécus. Une plantule est considérée morte

quand elle présente le dessèchement de sa tige et de toutes ses feuilles.

3.2. Taux moyen de brunissement des feuilles (TMB)

A la fin de l'essai, le nombre de feuilles brunies a été calculé. Une feuille est considérée brunie lorsque le brunissement atteint 50% de son limbe. Le TMB est déterminé par l'équation suivante : $TMB (\%) = \text{Nombre de feuilles brunies} / \text{Nombre total de feuilles} \times 100$.

3.3. Hauteur moyenne de la tige (HMT) (cm)

La longueur des nouvelles pousses apicales de chaque plantule a été déduite à la fin de l'expérimentation en soustrayant la hauteur finale de la tige de la hauteur mesurée avant l'application des traitements.

3.4. Nombre moyen de feuilles (NMF) et folioles (NMfo) par plantule

Les feuilles et les folioles nouvellement formées sur la tige ont été comptées pour chaque plantule.

3.5. Longueur moyenne de la racine (LMR) (cm)

Les plantules sont soigneusement débarrassées de leur substrat en rinçant la partie racinaire pour éliminer les particules qui restent attachées aux racines. Ensuite, nous avons mesuré la longueur des racines des plantules en les étalant sur un papier millimétré.

3.6. Densité moyenne des stomates des nouvelles feuilles formées (DMS)

La densité stomatique de la face abaxiale des nouvelles feuilles formées (nombre de stomates par mm²) a été calculée à la fin du test par la méthode de l'impression épidermique en suivant la méthode de Bañón *et al.* [30]. Ainsi, l'empreinte de la face abaxiale de la foliole basale de chaque feuille a été observée sous microscope optique (400×). Pour obtenir le nombre de stomates par surface foliaire (mm²), nous avons pris, pour chaque foliole, la moyenne de dix (10) champs d'observation divisée par la surface du champ microscopique (0,19 mm²).

3.7. Taille moyenne des stomates chez les nouvelles feuilles formées

La longueur (LMS) et la largeur (LaMS) des stomates (µm) ont été mesurées en utilisant un microscope optique (Motic BA-300) (grossissement x400) muni d'une caméra numérique (Moticam 2.0) reliée à un ordinateur. Les mesures ont été effectuées par le logiciel d'analyse d'image "Motic Image Plus 2.0". Ainsi, à raison de 10 champs par foliole, nous avons mesuré aléatoirement la longueur et la largeur (en µm) de dix stomates différents par champ microscopique.

3.8. Surface moyenne du pore chez les nouvelles feuilles (SMP)

La surface des pores stomatiques (SMP µm²) est calculée à partir de la formule suivante [31] : $SMP = [a \times b \times \pi] / 4$.

Avec, a et b étant les moyennes de la longueur et de la largeur des pores (µm), respectivement.

3.9. Surface relative du pore chez les nouvelles feuilles (SRP)

Ce paramètre dépend de la surface des pores (en mm²) et du nombre de stomates par mm² de surface foliaire. Exprimé en pourcentage, le SRP se calcule à partir de la formule suivante [31] : $RP(\%) = 100 \times [SMP \times DMS]$.

3.10. Biomasse fraîche (BF)

A la fin du test, le poids frais est déterminé en pesant la partie aérienne et racinaire à l'aide d'une balance de précision.

3.11. Teneur moyenne en eau relative (TMER)

Elle a été déterminée par la méthode décrite par Gucci *et al.* [32] et calculée à partir de l'équation suivante :

$$TMER (\%) = [(PF - PS) / (PT - PS)] \times 100.$$

Avec PF, poids frais des feuilles ; PS, poids sec mesuré après passage des feuilles à l'autoclave (80°C) pendant 48h ; PT, poids à pleine turgescence mesuré après immersion des feuilles dans de l'eau distillée pendant 20 heures.

3.12. Indice de la stabilité membranaire (ISM)

Cet indice est déterminé selon la méthode de Bastam *et al.* [2]. Des morceaux de limbes de 1cm² (un morceau par plantule) ont été découpées puis lavés trois fois à l'eau distillée pour éliminer la contamination de surface, avant d'être placés dans 10 ml d'eau bi-distillée. Les échantillons ont été incubés à température de 25°C pendant 24 heures sur un agitateur rotatif (100 rotations par minute). Après cela, la conductivité électrique (CE) a été enregistrée (CE1). Par la suite, les mêmes échantillons ont été placés à l'autoclave à 120°C pendant 20 minutes et une deuxième lecture (CE2) a été prise après refroidissement de la solution à la température ambiante. L'indice de la stabilité membranaire (perméabilité membranaire) a été calculé par la formule suivante : $ISM(\%) = [CE1 / CE2] \times 100$.

3.13. Teneur en proline (TMprol) (µg/g MF)

La teneur en proline de la partie aérienne (TMproA) et racinaire (TMproR) ont été déterminées selon la méthode décrite par Troll et Lindsly (1955) modifiée par Dreier et Goring [33]. Les valeurs de la lecture au spectrophotomètre sont reportées sur une courbe étalon construite à partir d'échantillons contenant des concentrations connues de prolines.

La lecture est effectuée à une longueur d'onde de 528 nm. La somme des teneurs en proline aérienne et racinaire constitue la teneur en proline totale de la plante (TMProT).

4. Analyses statistiques

Un plan d'expérimentation en randomisation totale a été adopté, avec trois répétitions pour chaque traitement salin et l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur a été utilisée pour étudier l'effet du NaCl sur les variables mesurées. Dans le cas d'un effet significatif, le test de Newman-Keuls a été utilisé pour faire ressortir les groupes homogènes. Le logiciel utilisé est Statistica version 8.

RÉSULTATS

1. Effet du NaCl sur les plantules de *P. lentiscus*

Les résultats (Tableau 2) indiquent que la croissance en hauteur des tiges (HMT), le nombre de folioles (NMFo) (Fig. 2) et la biomasse fraîche (BF) des plantules issues des deux provenances, ont diminué significativement avec 10g/L de NaCl. Le taux de brunissement des feuilles (TMB) des plantules provenant de Haouas a augmenté

significativement sous l'effet de 10g/L alors que chez les plantules de Zemmouri Bahri, le brunissement n'a été significatif qu'avec 20g/L. La longueur racinaire (LMR) des plantules issues de Zemmouri Bahri n'a pas été affectée par le NaCl. Par contre, les plantules de Haouas ont présenté une réduction significative à partir de 10g/L. Les résultats indiquent également que le taux de survie des plantules stressées a diminué significativement chez les plantules de Haouas et de Zemmouri Bahri (à 10g/L). La densité stomatique (DMS) a augmenté significativement. Tandis que les dimensions des stomates (LMS et LaMS) et des pores (SMP) ainsi que la surface relative des pores (SRP) ont diminué chez les plantules des deux provenances, stressées par 20g/L de NaCl (Fig. 3). L'indice de la stabilité membranaire (ISM) a augmenté significativement en présence de 10g/L de NaCl chez les plantules de Haouas et de 20g/L chez celles de Zemmouri Bahri. La teneur en proline (TMProL) aérienne, racinaire et totale ont augmenté à partir de 10g/L de NaCl alors que la teneur en eau relative des feuilles (TMER) a baissé chez les deux provenances (Tableau 2).

Tableau 2: Effet du NaCl sur les plantules de *P. lentiscus*

| Provenance NaCl | Provenance 1 (Station de Zemmouri Bahri) | | | | Provenance 2 (Station de Haouas) | | | |
|---------------------------------|--|---------|---------|---------------------|----------------------------------|---------|---------|--------------------|
| | 0g/L | 10g/L | 20g/L | P | 0g/L | 10g/L | 20g/L | P |
| Tmsp (%) | 100.00± | 91.66± | 75.00± | 0,027* | 100.00± | 79.16± | 66.66± | 0,001** |
| Moy.± ET. | 00.00a | 14.43ab | 00.00b | | 0.00a | 07.21b | 07.20c | |
| HMT (cm) | 02.73± | 01.25± | 01.06± | 0,00*** | 01.65± | 0.85± | 0.73± | 0,00*** |
| Moy.± ET. | 0.11a | 0.25b | 0.05b | | 0.25a | 0.05b | 00.05b | |
| NMF | 05.13± | 04.50± | 02.66± | 0,001** | 04.00± | 02.50± | 02.66± | 0,08 ^{ns} |
| Moy.± ET. | 00.55a | 00.50a | 02.28b | | 01.00a | 00.50a | 00.57a | |
| NMfo | 25.66± | 19.50± | 10.33± | 0,00*** | 15.00± | 10.50± | 08.33± | 0,001** |
| Moy.± ET. | 00.57a | 00.50b | 00.57c | | 02.00a | 00.50b | 00.57b | |
| TMB (%) | 00.00± | 13.33± | 93.33± | 0,00*** | 00.00± | 65.47± | 100± | 0,00**** |
| Moy.± ET. | 00.00a | 11.54a | 05.77b | | 00.00a | 01.19b | 00.00c | |
| LMR (cm) | 31.06± | 36.88± | 35.80± | 0,752 ^{ns} | 54.33± | 36.86± | 45.80± | 0,008** |
| Moy.± ET. | 11.58a | 05.83a | 10.96a | | 03.75a | 06.52b | 01.73b | |
| DMS (stomates/mm ²) | 336.23± | 334.65± | 569.16± | 0,00*** | 316.28± | 346.25± | 443.82± | 0,038* |
| Moy.± ET. | 00.85b | 01.86b | 24.56a | | 12.67b | 22.01b | 78.32a | |
| LMS (µm) | 19.80± | 20.50± | 14.47± | 0,000 | 20.01± | 20.18± | 14.31± | 0,012* |
| Moy.± ET. | 00.20a | 00.50a | 00.53b | | 00.20a | 00.99a | 02.99b | |
| LaMS (µm) | 15.54± | 15.85± | 12.87± | 0,00*** | 15.55± | 15.28± | 12.75± | 0,003** |
| Moy.± ET. | 00.33a | 00.45a | 00.58b | | 00.15a | 00.36a | 01.06b | |
| SMP (µm ²) | 31.78± | 35.10± | 11.61± | 0,00*** | 39.25± | 32.36± | 9.33± | 0,005** |
| Moy.± ET. | 02.86a | 01.65a | 00.48b | | 06.28a | 10.07a | 3.30b | |
| SRP (%) | 01.01± | 01.29± | 00.70± | 0,007** | 01.23± | 01.12± | 00.42± | 0,026* |
| Moy.± ET. | 00.12a | 00.15a | 00.14b | | 00.14a | 00.41a | 00.22b | |
| BF (mg) | 376.40± | 176.80± | 172.36± | 0,00*** | 252.65± | 215.90± | 146.75± | 0,034* |
| Moy.± ET. | 05.60a | 00.50b | 05.20b | | 22.05a | 44.90ab | 40.95b | |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|--------------------|--------------------|---------|
| TMER (%) Moy.± ET. | 82.34± 02.67a | 79.03± 0.31b | 69.92± 0.67c | 0,00*** | 80.30± 00.68a | 77.92± 00.94b | 74.79± 00.29c | 0,00*** |
| ISM (%) Moy.± ET. | 41.78± 01.94a | 42.73± 02.87a | 70.60± 01.32b | 0,00*** | 25.32± 05.24a | 69.87± 10.87b | 81.89± 04.73b | 0,00*** |
| TMProIA (µg/gMF) Moy.± ET. | 600.00± 10.15a | 1280.33± 09.50b | 1331.00± 05.29c | 0,00*** | 500.10±1 2.19a | 1025.00± 25.00b | 1182.90± 17.00c | 0,00*** |
| TMProIR (µg/gMF) Moy.± ET. | 295.00± 08.08a | 692.16± 02.84b | 773.83± 02.56c | 0,00*** | 280.00± 09.09a | 510.79± 10.23b | 615.00± 15.86c | 0,00*** |
| TMProIT (µg/gMF) Moy.± ET. | 895.00± 08.17a | 1972.50± 11.62b | 2104.83± 03.40c | 0,00*** | 780.10± 11.13a | 1535.79± 35.00b | 1797.90± 32.00c | 0,00*** |

Moy (Moyenne), ET (Ecart type), P (Probabilité critique), Sig (Significativité), * (significative au seuil $p < 0,05$), ** (hautement significative pour $p < 0,01$), *** (très hautement significative pour $p < 0,001$), ns (non significative pour $p > 0,05$). Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement.

2. Effet du NaCl sur les plantules de *P. atlantica*

Pour cette espèce (Fig. 2), nous avons observé une inhibition de la croissance aérienne (HMT et NMF) pour les plantules stressées avec 10g/L et un dépérissement total pour celles stressées avec 20g/L.

Ainsi, le nombre de feuilles (NMF) et le taux de survie (TMS) ont pris des valeurs nulles avec 10 et 20g/L de NaCl respectivement. Le NaCl a affecté significativement l'ensemble des paramètres étudiés à partir de 10g/L (Tableau 3).

Tableau 3: Effet du NaCl sur les plantules de *P. atlantica*

| NaCl | 0g/L | 10g/L | 20g/L | P |
|--------------------------------|---------------|----------------|---------------|---------|
| TMSP (%) Moy.± ET. | 100.00±00.00a | 41.66±14.43b | 00.00± 00.00c | 0,00*** |
| HMT (cm) Moy.± ET. | 01.40±0.50a | 0.16±0.05b | 0.13±0.05b | 0,002** |
| NMF Moy.± ET. | 03.33±0.57a | 00.00±00.00b | 00.00±00.00b | 0,00*** |
| NMfo Moy.± ET. | 16.33±03.21a | 00.00±00.00b | 00.00±00.00b | 0,00*** |
| TMB (%) Moy.± ET. | 00.00±00.00b | 99.33±01.15a | 100.00±00.00a | 0,00*** |
| LMR (cm) Moy.± ET. | 47.47±04.63a | 26.18±02.00b | 27.11±14.82b | 0,047* |
| BF (mg) Moy.± ET. | 403,30±94.40a | 194,26±88.76b | - | 0,049* |
| TMER (%) Moy.± ET. | 85.24±01.41a | 32.06±06.17b | - | 0,00*** |
| ISM (%) Moy.± ET. | 49.83±01.27a | 88.60±01.15b | - | 0,00*** |
| TMProIA (µg/g MF) Moy.± ET. | 404.00±17.34b | 1196.66±15.27a | - | 0,00*** |
| TMProIR (µg/g MF) Moy.± ET. | 300.66±11.01b | 985.66±12.50a | - | 0,00*** |
| TMProIT (µg/g MF) Moy.± ET. | 704.66±07.23b | 2186.66±23.09a | - | 0,00*** |

Moy (Moyenne), ET (Ecart type), P (Probabilité critique), Sig (Significativité), * (significative au seuil $p < 0,05$), ** (hautement significative pour $p < 0,01$), *** (très hautement significative pour $p < 0,001$), ns (non significative pour $p > 0,05$). Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement.

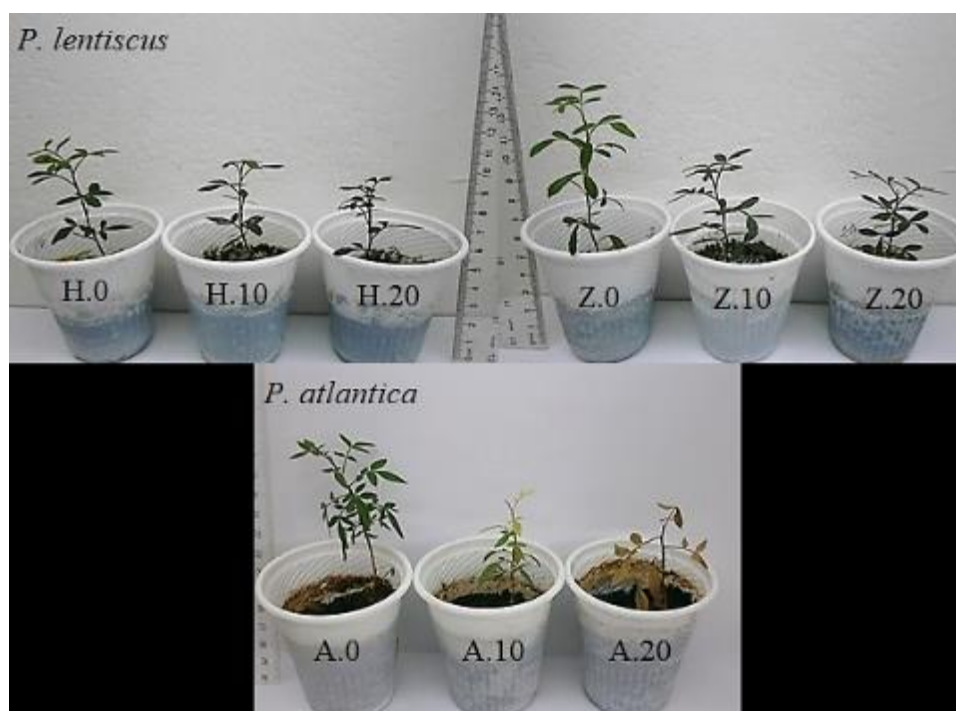


Figure 2 : Effet du NaCl sur la croissance des plantules de *P. lentiscus* et *P. atlantica*. H (plantules de *P. lentiscus* issues de Haouas), Z (plantules de *P. lentiscus* issues de Zemmouri Bahri), A (plantules de *P. atlantica* issues d'Ain Ousserra). 0 (0g/L de NaCl), 10 (10g/L de NaCl), 20 (20g/L de NaCl).

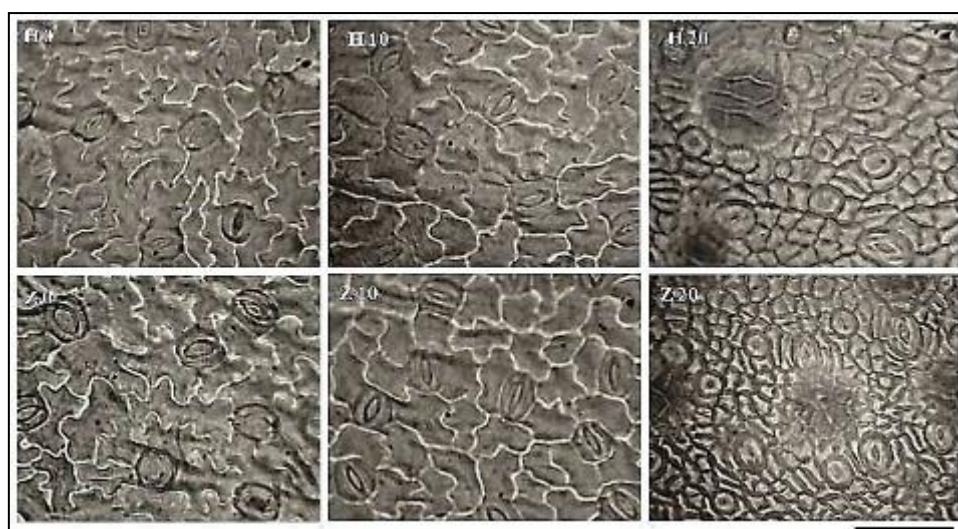


Figure 3 : Effet du NaCl sur le nombre et la taille des stomates des nouvelles feuilles formées chez les plantules de *P. lentiscus* observés sous microscope photonique (Grossissement $\times 1000$). H (plantules de *P. lentiscus* issues de Haouas), Z (plantules de *P. lentiscus* issues de Zemmouri Bahri). 0 (0g/L de NaCl), 10 (10g/L de NaCl), 20 (20g/L de NaCl). (Le trait noir représente 50 μm).

DISCUSSION

L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence du NaCl sur la croissance de jeunes plantules de deux espèces spontanées du genre *Pistacia* (*P. lentiscus* et *P. atlantica*). Cette étude montre que le taux de survie, la biomasse fraîche, la longueur de la tige ont baissé sous l'effet du NaCl, chez les deux espèces étudiées. Cela confirme que la salinité est l'un des stress abiotiques majeurs qui limitent la croissance et la productivité des plantes,

comme cela à été rapporté par différents auteurs [18, 22, 23, 34, 35]. Selon Chelli-Chaabouni et al. [18], plusieurs paramètres ont été développés pour évaluer la tolérance au stress salin chez les plantes sauvages. Le taux de survie et la croissance sont parmi les plus utilisés [36, 37]. Concernant le taux de survie chez *P. lentiscus*,

nos résultats indiquent que 75% des plantules issues de la provenance de Zemmouri Bahri et traitées avec 20 g/L (concentration la plus élevée) avaient survécu contre 66,66% de survie pour les plantules provenant de Haouas. Par contre, avec la même concentration, (20g/L) les plantules de *P. atlantica* ont toutes déperies. Quant à la croissance en hauteur et le développement des folioles, ceux-là ont été significativement inhibés à partir de 10g/L chez les deux espèces. La longueur des racines a été réduite à partir de 10 g/L pour les plantules de *P. atlantica* et celles de *P. lentiscus* provenant de Haouas, alors que chez celles de Zemmouri Bahri, même avec 20 g/L, la longueur n'a pas montré de différence significative. Le NaCl a également affecté la biomasse fraîche totale. La réduction du taux de survie et des paramètres de croissance, sous l'effet du sel, ont été signalés par Oukara *et al.* [6] ; Cristiano *et al.* [22, 23] ; Munns [38] ; Arzani et Hokmabadi [39] ; Hajiboland *et al.* [40] et Mehdi *et al.* [41]. Selon Debouba *et al.* [42], la réduction de la croissance est une stratégie de survie qui permet de minimiser la nutrition hydrique et minérale dans les conditions limitantes, jusqu'au retour des conditions favorables. En effet, le retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour combattre le stress tant que ce dernier n'atteint pas un seuil où les dommages sont irréversibles [36]. Le NaCl provoque tout de même une altération de la nutrition minérale de la plante [18] dont l'intensité dépend de la durée et du niveau du stress salin [18, 38, 43, 47]. À ce stade, nous pouvons conclure que la tolérance au NaCl de *P. lentiscus* au stade plantule, est plus importante que celle de *P. atlantica*, qui a montré une inhibition de la croissance à partir de 10 g/L et un dépérissement total avec 20 g/L de NaCl. Concernant les caractères stomatiques, nous avons noté une augmentation du nombre de stomates par mm² avec une réduction de leur taille, de leur pore et de la surface relative des pores chez les plantules de *P. lentiscus* traitées avec 20 g/L de NaCl. Le développement foliaire chez les plantules de *P. atlantica* étant inhibé à partir de 10 g/L, ces paramètres ne pouvaient pas être mesurés chez cette espèce. Cristiano *et al.* [23] rapportent que 8g/L de NaCl provoque une réduction, à la fois, du nombre et de la taille des stomates chez *P. lentiscus*. Cela diffère de nos résultats, probablement à cause de la forte variabilité génétique qui existe chez cette espèce [22, 23].

L'augmentation du nombre de stomates et la réduction de leur taille ont été signalées chez la tomate stressée par la sécheresse [31] et chez *Atriplex semibaccata* [49], *Prosopis strombulifera* [50] et le melon [51] stressées par le sel. Notre étude montre que *P. lentiscus* ne réduit pas la densité des stomates, mais réduit significativement la taille des stomates et la surface relative des pores. Cette réduction peut être attribuée à un système d'adaptation de la feuille pour réduire les pertes transpiratoires au cours du stress [31]. Quant aux paramètres physiologiques, la teneur en eau relative a baissé sous l'effet du NaCl chez les trois génotypes étudiés. Cette réduction est d'autant marquée que la concentration en NaCl augmente notamment chez *P. atlantica*. Nos résultats corroborent avec ceux de Benhassaini *et al.* [20] ; Tattini *et al.* [24] ; Karimi *et al.* [45] et Bissati *et al.* [52]. La réduction de la teneur en eau relative est causée par des limitations d'accès à l'eau [53] et par l'augmentation des concentrations des feuilles en Na⁺ et en Cl⁻ [45]. La mesure de la teneur en eau relative (TER) dans les tissus foliaires est couramment utilisée pour évaluer l'état de l'eau des plantes [54]. Elle est un indicateur utile de l'état physiologique de l'eau [8, 52, 55] car elle reflète directement le statut hydrique des plantes et sa réduction indique que la salinité a entraîné un déficit hydrique dans les plantes [56]. D'après Hopkins [57], des concentrations salines élevées génèrent de bas potentiels hydriques du sol qui rendent de plus en plus difficile l'acquisition d'eau et de nutriments par la plante. Le potentiel hydrique des feuilles devra, alors, être plus bas que celui du sol [58]. Liu et Van Staden [59] rapportent que les cellules végétales soumises à un stress salin diminuent leur potentiel osmotique par l'accumulation de solutés inorganiques et organiques ou par la perte d'eau. Cette dernière est fortement corrélée avec l'accumulation en proline et la perte de la stabilité des membranes foliaires chez le pistachier [2]. Chez les plantes, les membranes cellulaires sont l'une des premières cibles de nombreux stress [60]. Les variations dans les valeurs de la stabilité membranaire sous l'effet d'un stress quelconque nous renseignent sur les perturbations de l'intégrité membranaire [61]. Nos résultats indiquent que l'intégrité des membranes, estimée par l'indice de la stabilité membranaire, a été touchée par la présence du sel.

Elle est significativement altérée à partir de 10 g/L chez les plantules de *P. atlantica* et *P. lentiscus* issues de la provenance de Haouas, et à 20 g/L chez celle de Zemmouri Bahri. Selon Lutts *et al.* [62] ; Ouhaddach *et al.* [8], à une même concentration saline, les génotypes tolérants au NaCl maintiennent un indice de stabilité membranaire plus bas comparé aux génotypes sensibles. Nous pouvons penser que Zemmouri Bahri soit plus tolérante, notamment à 10g/L vu que les plantules de Zemmouri Bahri traitées avec 10g/L maintiennent un indice identique à celui du témoin qui reste, d'ailleurs, inférieur à ceux des autres génotypes étudiés même avec 20g/L de NaCl. Le maintien de l'intégrité des membranes cellulaires sous stress salin est considéré comme faisant partie intégrante du mécanisme de tolérance à la salinité [63]. Une bonne stabilité dans les conditions de stress salin assure une bonne production de matière sèche foliaire, maintient une bonne sélectivité ionique et permet de tolérer d'importantes teneurs ioniques au niveau des feuilles de l'orge [61]. D'après Hanana *et al.* [4], lors d'un stress salin, les cellules tendent à ajuster leur potentiel hydrique en rétablissant l'homéostasie ionique cellulaire par compartimentation vacuolaire des ions toxiques (Na^+ et Cl^-) absorbés et/ou leur exclusion hors de la cellule. Si cela n'est pas suffisant, la plante devra synthétiser et accumuler, dans le compartiment cytoplasmique des cellules [64], des solutés organiques compensateurs, principalement des composés aminés et sucres. Parmi les composés aminés, la proline est largement citée dans plusieurs études de stress dans lesquelles on montre que la proline s'accumule davantage avec la sévérité du stress hydrique chez *P. lentiscus* [65] et du stress salin chez *P. atlantica* [6, 18, 19, 20, 41, 46] ou *P. vera* [66]. Cela corrobore avec nos résultats qui montrent que la teneur en proline augmente au fur et à mesure que la concentration du sel s'élève et ce, dans la partie aérienne et souterraine des plantules des deux espèces étudiées. Cette accumulation pendant le stress est principalement due à une synthèse accrue et une dégradation réduite de la proline [46, 67]. Bien que son rôle dans l'osmotolérance des plantes reste controversé, on pense que la proline contribue à l'ajustement osmotique, à la détoxification des espèces réactives de l'oxygène (ROS) induites par le stress oxydatif que provoque la salinité et à la protection de l'intégrité de la membrane.

Elle permet également de stabiliser la structure des protéines, de tamponner le pH cytosolique, d'équilibrer le redox cellulaire et constitue une source de carbone et d'azote [64]. Ainsi, en plus d'agir comme un osmolyte compatible, la proline joue un rôle protecteur contre le stress salin des plantes [56]. Quoi qu'il en soit, elle s'accumule sous le stress hydrique ainsi que le stress salin, et se retrouve à des concentrations élevées dans les plantes adaptées aux sols secs ou salins [38].

CONCLUSION

Cette étude a traité l'effet du NaCl sur la croissance de jeunes plantules de *P. lentiscus* et *P. atlantica*. Elle permet de conclure que *P. lentiscus* tolère une concentration en NaCl de 20 g/L, contrairement à *P. atlantica* qui a montré un dépérissement total des plantules à cette concentration. Le NaCl affecte tout de même la croissance, la turgescence, la stabilité des membranes cellulaires, et favorise l'accumulation de la proline chez les deux espèces étudiées. Chez *P. lentiscus*, 20g/L de NaCl accroît le nombre de petits stomates avec des petits pores et réduit la surface relative des pores. Plusieurs études complémentaires sont indispensables pour une meilleure compréhension et évaluation de la tolérance de *P. lentiscus* et *P. atlantica* à la contrainte saline. Il s'agit, entre autres, d'étudier l'effet du sel sur plusieurs écotypes et, à différents stades de développement, afin de cerner la marge de la variabilité existante en termes de tolérance, en utilisant des paramètres physiologiques et biochimiques supplémentaires tel que, l'accumulation des sucres solubles, le dosage de la chlorophylle et la compartimentation des éléments minéraux comme le potassium (K^+) et le sodium (Na^+). L'approche moléculaire est également souhaitable.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Karimi, H.; Zamani, Z.; Ebadi, A.; Fatahi, R. (2012). Effects of Water Salinity on Growth Indices and Physiological Parameters in Some Wild Pistachio. *Journal of Nuts*, 03(01) : 41-48.
- [2]. Bastam, N.; Baninasab, B.; Ghobadi, C. (2013). Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of pistachio. *Plant Growth Regul.*, 69(3) : 275-284.
- [3]. Isayenkov, S.V. (2012). Physiological and Molecular Aspects of Salt Stress in Plants. *Cytology and Genetics*, 46(5) : 302-318.
- [4]. Hanana, M.; Hamrouni, L.; Cagnac, O.; Blumwald, E. (2011). Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCl) chez les plantes. *Dossiers environnement*, 19: 121-140.

- [5]. Karimi, H.R.; Sadeghi-Seresht, E. (2018). Effects of salinity stress on growth indices, physiological parameters and element concentration in Banebaghi (*Pistacia* sp.) as rootstock for pistachio. *Journal of Plant Nutrition*, 41(9) : 1094-1103.
- [6]. Oukara, F.Z.; Assel, A.; Baghlal, K.; Chaouia, C. (2014). Effet du NaCl sur les paramètres morphologiques physiologiques et biochimiques du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.). *Agrobiologia*, 6(4) : 67-74.
- [7]. Munns, R.; Schachtman, D.; Condon, A. (1995). The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and Barley. *Aust. J. Plant Physiol.*, 22 : 561-569.
- [8]. Ouhaddach, M.; ElYacoubi, H.; Douaik, A.; Hmouni, D.; Rochdi, A. (2016). Réponse à la salinité de quelques paramètres physiologiques et biochimiques du Blé (*Triticum aestivum* L.) au stade montaison. *J. Mater. Environ. Sci.*, 7(9) : 3084-3099.
- [9]. Padulosi, S.; Caruso, T.; Barone, E. (1996). Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. Dans Report of a workshop of International Plant Genetic Resources Institute (p.69), Palermo, Italy.
- [10]. Belhadj, S. (1999). Pistachio situation in Algeria. *NUCIS-NEWSLETTER*, 8 : 30.
- [11]. Belhadj, S. (2001). Les pistacheraies algériennes : Etat actuel et dégradation, in: Cahiers Options Méditerranéennes (Série A). Zaragoza. Ak.B.E. (Eds.), pp. 107-109.
- [12]. Belhadj S., (2007). Etude éco-botanique de *Pistacia atlantica* Desf. (Anacardiaceae) en Algérie, préalable à la conservation des ressources génétiques de l'espèce et à sa valorisation. Thèse de Doctorat d'Etat en sciences agronomiques, Université Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou. p. 209.
- [13]. Belhadj, S.; Derridj, A.; Gauquelin, T. (2008). Pistachio use in Algeria. *Scripta horticultrae*, 7: 15-30.
- [14]. Ait Said, S.; Fernandez, C.; Greff, S.; Derridj, A.; Gauquelin, T.; Mevy, J.P. (2011). Inter-population variability of leaf morpho-anatomical and terpenoid patterns of *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* growing along an aridity gradient in Algeria. *Flora*, 206(4) : 397-405.
- [15]. Piotto, B., Bartolini, G., Bussotti, F., Asensio, A., García, C., Chessa, I., Ciccarese, C., Ciccarese, L., Crosti, R., Cullum, F.J., Di Noi, A., García-Fayos, P., Lambardi, M., Lisci, M., Lucci, S., Melini, S., Reinoso, J. C. M., Murrancia, S., Nieddu, G., Pacini, E., Pagni, G., Patumi, M., García, F.P., Piccini, C., Rossetto, M., Tranne, G., Tylkowski, T. (2001). Fact sheets on the propagation of Mediterranean trees and shrubs from seed, in: Seed Propagation of Mediteranean Trees and Shrubs. Rome, Piotto, B., and Di Noi, A. (Eds.), pp. 40.
- [16]. AL-Saghir, M.G.; Porter, D.M.; Nilsen, E.T. (2006). Leaf Anatomy of *Pistacia* Species (Anacardiaceae). *Journal of Biological Sciences*, 6: 242-244.
- [17]. Khoudja B. (2002). *Pépinières fruitières et techniques de multiplication en plein champ et hors sol*. Algérie, pp. 151.
- [18]. Chelli-Chaabouni, A.; Mosbah, A.B.; Maalej, M.; Gargouri, K.; Gargouri-Bouzd, R.; Drira, N. (2010A). In vitro salinity tolerance of two pistachio rootstocks: *Pistacia vera* L. and *P. atlantica* Desf. *Environmental and Experimental Botany*, 69 : 302-312.
- [19]. Chelli-Chaabouni, A.; Hammami, M.; Gouia, M.; Gargouri, K.; Gargouri, R.; Drira, N.; (2010B). Effect of salt stress on *Pistacia atlantica* rootstock seedlings in nursery conditions. *Options Méditerranéennes (Série A)*, 94 :135-140.
- [20]. Benhassaini, H.; Fetati, A.; Hocine, A.K.; Belkhdja, M. (2012). Effect of salt stress on growth and accumulation of proline and soluble sugars on plantlets of *Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica* used as rootstocks. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*,16(2) : 159-165.
- [21]. Castillo-Campohermos, M.A.; Broetto, F.; Hernandez, A.M.R.; Soriano-Melgar, L.D.A.A.; Mounzer, O.; Blanco, M.J.S. (2020). Plant-available water, stem diameter variations, chlorophyll fluorescence, and ion content in *Pistacia lentiscus* under salinity stress. *Terra Latinoamericana*, 385(1) : 103-111.
- [22]. Cristiano, G.; De Mastro, G.; Fracchiolla, M.; Lasorella, C.; Tufarelli, V.; De Lucia, B.; Cazzato, E. (2016A). Morphological characteristics of different mastic tree (*Pistacia lentiscus* L.) accessions in response to salt stress under nursery conditions. *Journal of Plant Sciences*, 11(4) : 75-80.
- [23]. Cristiano, G.; Campose, S.; Fracchiolla, M.; Vivaldi, G.A.; De Lucia, B.; Cazzato, E. (2016B). Salinity Differentially Affects Growth and Ecophysiology of Two Mastic Tree (*Pistacia lentiscus* L.) Accessions. *Forests*, 7(8) : 156.
- [24]. Tattini, M.; Remorini, D.; Pinelli, P.; Agati, G.; Saracini, E.; Traversi, M.L.; Massai, R. (2006). Morpho-anatomical, physiological and biochemical adjustments in response to root zone salinity stress and high solar radiation in two Mediterranean evergreen shrubs, *Myrtus communis* and *Pistacia lentiscus*. *New Phytologist*, 170 : 779-794.
- [25]. Álvarez, S.; Rodríguez, P.; Broetto, F.; Sánchez-Blanco, M.J. (2018). Long term responses and adaptive strategies of *Pistacia lentiscus* under moderate and severe deficit irrigation and salinity: Osmotic and elastic adjustment, growth, ion uptake and photosynthetic activity. *Agricultural Water Management*, 202 : 253-262.
- [26]. Stewart, P.H. (1969). Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord*, 59 : 23-36.
- [27]. Mascarello, C.; Fascella, G.; Zizzo, G.V.; Mantovani, E.; Ruffoni, B. (2007). In vivo and in vitro propagation of *Pistacia lentiscus* L. *Acta Hort.*, 764 : 299-306.
- [28]. Oukara, F.Z.; Salem, K.; Chaouch, F.Z.; Chaouia, C.; Benrebiha, F.Z. (2017). Effet des prétraitements sur la germination des graines du pistachier de l'Atlas *Pistacia atlantica* Desf. *Algerian journal of arid environment*, 7(2) : 49-57.
- [29]. Bendecheu A., (2017). Contribution à l'étude de la propagation in vitro de *Pistacia atlantica* Desf. Mémoire de Master en Biologie, Université Ziane Achour, Djelfa. p. 81.
- [30]. Bañón, S.; Fernandez, J.A.; Franco, J.A.; Torrecillas, A.; Alarcon, J.J.; Sanchez-Blanco, M.J. (2004). Effects of water stress and night temperature preconditioning on water relations and morphological and anatomical changes of *Lotus creticus* plants. *Sci. Hort.*, 101 : 333-342.

- [31]. Zgallai, H.; Steppe, K.; Lemeur, R. (2007). Étude des caractères morphologiques des plantes de tomate soumises à un déficit hydrique en milieu hydroponique. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 18(1) : 57-64.
- [32]. Gucci, R.; Lombardini, L.; Tattini, M. (1997). Analysis of leaf water relations in leaves of two olive (*Olea europaea*) cultivars differing in tolerance to salinity. *Tree Physiology*, 17(1) : 13-21.
- [33]. Dreier, W.; Göring, M. (1974). Dereim slusoher solz kongentration en aies verschideu physiologcshe parametr van-mais wrzeln wiss. Z. Drh. Berlin Nath. Natur wiss R., 23 : 641-644.
- [34]. Gebauer, J.; El-Siddig, K.; Salih, A.A.; Ebert, G. (2004). *Tamarindus indica* L. seedlings are moderately salt tolerant when exposed to NaCl-induced salinity. *Sci. Hort.*, 103(1) : 1-8.
- [35]. Parida, A.K.; Das, A.B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3) : 324-349.
- [36]. 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.
- [37]. Niknam, S.R.; McComb, J. (2000). Salt tolerance screening of selected Australian woody species, a review. *Forest Ecol. Manag.*, 139(1) : 1-19.
- [38]. Munns, R. (2002). Comparative physiology of water and salt stress. *Plant Cell Environ.*, 25(2) : 239-250.
- [39]. Arzani, K.; Hokmabadi, H. (2004). Effects of boron and sodium chloride concentration on growth and performance of some young pistachio rootstock seedlings. *Acta Hort.*, 658 : 407-412.
- [40]. Hajiboland, R.; Norouzi, F.; Poschenrieder, C. (2014). Growth, physiological, biochemical and ionic responses of pistachio seedlings to mild and high salinity. *Trees*, 28 (4) : 1065-1078.
- [41]. Mehdi, H.; Chelli-Chaabouni, A.; Boujnah, D.; Boukhris, M. (2010). The response of young pistachio trees grown under saline conditions depends on the rootstock. *Options Méditerranéennes (Série A)*, 94 : 261-265.
- [42]. Debouba, M.; Kbaier, N.; Talbi, S.; Gouia, H.; Ferchichi, A. (2012). Seed germination and shoot growth responses of a threatened poaceae (*Cenchrus ciliaris* L.) to increasing salt stress. *Rev. Écol.*, 67(1) : 19-27.
- [43]. Neumann, P. (1997). Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant Cell and Environment*, 20(9) : 1193 - 1198.
- [44]. Rochdi, A.; Lemsellek, J.; Bousarhal, A.; Rachidai, A. (2005). Évaluation sous serre de la tolérance à la salinité de quelques porte-greffes d'agrumes : *Citrus aurantium* et deux hybrides de *Poncirus trifoliata* (*Poncirus* x *Citrus sinensis* et *Poncirus* x *Mandarinier sunki*). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 9 (1) : 65-73.
- [45]. Karimi, S.; Rahemi, M.; Eshghi, S.; Maftoun, M.; Tavallali, V. (2009). Effects of long-term salinity on growth and performance of two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(3) : 1630-1639.
- [46]. Tattini, M.; Traversi, M.L. (2008). Responses to Changes in Ca²⁺ Supply in Two Mediterranean Evergreens, *Phillyrea latifolia* and *Pistacia lentiscus*, During Salinity Stress and Subsequent Relief. *Annals of Botany*, 102(4) : 609-622.
- [47]. Tattini, M.; Traversi, M.L.; Castelli, S.; Bircicolti, S.; Guidi, L.; Massai, R. (2009). Contrasting response mechanisms to root-zone salinity in three co-occurring Mediterranean woody evergreens: a physiological and biochemical study. *Functional Plant Biology*, 36(6) : 551-563.
- [48]. Chelli-Chaabouni, A. (2014). Mechanisms and Adaptation of Plants to Environmental Stress: A case of woody species, in: *Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment*. Volume 1 New York, Ahmad, P., Wani, M.R. (Eds.), pp. 1-24.
- [49]. De Villiers, A.J.; Teichman, I.V.; Rooyen, M.W.V.; Theron, G.K. (1996). Salinity induced changes in anatomy, stomatal counts and photosynthetic rate of *Atriplex semibaccata* R. Br. S. Afr. J. Bot., 62(5): 270-276.
- [50]. Reginato, M.A.; Reinoso, H.; Susana, A.; Maria, L.; Luna, V. (2013). Stomatal abundance and distribution in *Prosopis strombulifera* plants growing under different iso-osmotic salt treatments. *American Journal of Plant Sciences*, 4 : 80-90.
- [51]. Solmaz, İ.; Sari, N.; Dasgan, Y.; Aktas, H.; Yetisir, H.; Unlu, H. (2011). The effect of salinity on stomata and leaf characteristics of dihaploid melon lines and their hybrids. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(3&4) : 172-176.
- [52]. Bissati, S.; Djerroudi, O.; Mehani, M.; Belkhodja, M. (2011). Effet du stress salin sur deux paramètres hydriques (turgescence et transpiration) de jeunes plants d'*Atriplex halimus* et *Atriplex canescens*. *Revue des BioRessources*, 1(1) : 31-38.
- [53]. Snoussi, S.A.; Abbad, M. (2012). Production de proline chez la tomate dans un environnement salin. *Agrobiologia*, 2(2) : 52-56.
- [54]. Yamasaki, S.; Dillenburg, L.C. (1999). Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11(2) : 69-75.
- [55]. González, L., González-Vilar, M. (2001). Determination of Relative Water Content, in: *Handbook of Plant Ecophysiology Techniques*. Springer, Pays-Bas, Reigosa Roger, M.J. (Eds.), pp. 207-212.
- [56]. Rahnesan, Z.; Nasibi, F.; Moghadam, A.A. (2018). Effects of salinity stress on some growth, physiological, biochemical parameters and nutrients in two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks, *Journal of Plant Interactions*, 13(1) : 73-82.
- [57]. William H.G. (2003). *Physiologie végétale*. Bruxelles : De Boeck (Edit), pp. 514.
- [58]. Leclerc J.C. (1999). *Ecophysiologie végétale*. France : Publications de l'université de Saint-Étienne (Edit), pp. 277.
- [59]. Liu, T.; Van Staden, J. (2001). Growth rate, water relations and ion accumulation of sobean callus lines differing in salinity tolerance under salinity stress and its subsequent relief. *Plant Growth Regulation*, 34: 277-285.
- [60]. Bajji, M.; Kinet, J.; Lutts, S. (2002). The use of electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. *Plant Growth Regulation*, 36(1): 61-70.
- [61]. Alem, C.; Idihia, F.; Amri, A. Filali-Maltouf, A. (2001). Rôle de la stabilité membranaire foliaire dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Al Awamia*, 103 : 9-22.

- [62]. Lutts, S.; Kinet, J.M.; Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78(3) : 389-398.
- [63]. Stevens, J.; Senarata, T.; Sivasithamparam, K. (2006). Salicylic Acid Induces Salinity Tolerance in Tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): Associated Changes in Gas Exchange, Water Relations and Membrane Stabilisation. *Plant Growth Regul.*, 49: 77-83.
- [64]. Heuer, B. (2011). Role of proline in plant response to drought and salinity, in: Handbook of plant and crop stress. Taylor & Francis Group, Floride, Pessarakl, M. (Eds.), pp. 213-239.
- [65]. Ain-Lhout, F.; Zunzunegui, M.; Diaz Barradas, M.S.; Tirado, R.; Clavio, A. ; Garcia Novo, F. (2001). Comparison of proline accumulation in two mediterranean shrubs subjected to natural and experimental water deficit. *Plant and Soil*, 230(2): 175-183.
- [66]. Mirfattahi, Z.; Karimi, S.; Roozban, M.R. (2017). Salinity induced changes in water relations, oxidative damage and morpho-physiological adaptations of pistachio genotypes in soilless culture. *Acta agriculturae Slovenica*, 109(2) : 291–302.
- [67]. Verbruggen, N.; Hermans, C. (2008). Proline accumulation plants: a review. *Amino Acids*, 35(4) : 753-759.