

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**

**SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE DE BLIDA- 1**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**

**DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIES**



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme en Master Académique  
Spécialité : Biotechnologies végétales

**Effet de stress abiotique salin et hydrique sur la germination et la  
croissance de deux provenances du pistachier de l'Atlas :**

**« *pistacia atlantica* Desf. »**

**Réalise par :**

**GALOUL Narimane  
BEN AMEUR Asma**

**Devant le jury compose de:**

<b>Mme KEBOUR D.</b>	<b>Professeur</b>	<b>USD Blida 1</b>	<b>Présidente</b>
<b>Mme CHAOUIA C.</b>	<b>MCA</b>	<b>USD. Blida 1</b>	<b>Promotrice</b>
<b>Mme OUKARA F/Z</b>	<b>Attaché de recherche</b>	<b>INRF</b>	<b>CO-promotrice</b>
<b>Mr DAROUICHE B.</b>	<b>MAA</b>	<b>USD. Blida 1</b>	<b>Examineur</b>

Année universitaire : 2016/2017

# Dédicace

*C'est avec un grand respect que je dédie ce modeste travail à :*

*A mes très chères parents Abdelkader et Fatima qui m'ont encouragé et soutenu moralement et m'ont donné la volonté de poursuivre.*

*Ma très chère sœur Soumia et Amel*

*Mon frère Baha eldine*

*A toute ma famille Benameur et Elagerai.*

*A mes amies isemahane, ileham, fatma, soumia , narimane , lila*

*Je le dédie aussi à mon grand père Ahemad*

*Touts mes amies d'université de Blida.*

*Ainsi qu'à toute la promotion 2016/2017*

ASMA  
ASMA

# REMERCIEMENTS

*Tout d'abord, grâce à **DIEU** qui m'a créé, m'a protégé, qui est toujours avec moi et qu'il ne me laisse jamais seule.*

*Je voudrais remercier du fond du cœur **M<sup>me</sup> CHAOUIA C** qui à encadré cette étude au quotidien. Pour sa contribution positive et enrichissante pour son aide et pour son soutien et ses encouragements.*

*J'adresse tous mes remerciements à **M<sup>me</sup> OUKARA F/Z**. Elle fut toujours présente, en particulier lorsque je me suis confrontée au doute, je lui suis reconnaissante pour : sa grande disponibilité, son ouverture d'esprit, son dynamisme et son optimisme, ainsi que pour ses multiples et précieux conseils scientifiques, professionnels ou tout simplement humains et leur aide pour qui m'ont été très précieuse pour dépasser certaines difficultés.*

*Je tiens à remercier les membres du jury:*

*Au président du jury, **M<sup>me</sup> KEBOUR D** qui m'a fait l'honneur de présider le jury.*

*Mes remerciements vont aussi à **M<sup>r</sup> DEROUCHE B** pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Je tiens à remercier également **M<sup>me</sup> NAZIHA**, technicien de laboratoire d'Amélioration des plantes, et aussi remercier **M<sup>me</sup> RACHIDA**, technicien de laboratoire de physiologie, pour leur aide et leur encouragement.*

*J'adresse mes remerciements tout le personnel (administratifs, laborantins, et bibliothécaires) du département de biotechnologie, pour leur aide.*

*Toute ma gratitude à mes amis qu'à d'autres étudiants.*

# Dédicace

*Je présente ma profonde gratitude, mes chaleureux et vifs remerciements à mes très chers parents **MOHAMED** et **MAHDJOUBA** pour leurs encouragements, leur patience et leurs sacrifices, pour leur soutien moral et financier, pour tout ce qu'ils m'ont offert pour être enfin ce que je suis.*

*Ce modeste mémoire est dédié :*

*A mes sœurs: ZAHRA, DJAWIDA et SOUMIA et mon seul frère NABIL ainsi qu'à toute ma famille **GALOUL** et **BEN GHALI**.*

*Ma très chère amies MANEL, KARIMA, WIDADE, FARYAL, ILHAM et ASMA sans oublié FATMA.*

*A tous mes amies d'université de Blida.*

*Ainsi qu'à toute la promotion 2016/2017*

**NARIMANE**

## Résumé

L'évaluation de la tolérance aux stress hydrique et salin a été étudiée chez les plantules du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica Desf.*) d'origine algérienne, par l'étude du comportement morpho physiologique et biochimique.

L'analyse du comportement des plantules au stress salin a montré que ces dernières irriguées par l'eau saline de concentrations 5, 10, 15, 20, 25 et 30g/l de NaCl durant 10 jours, varie en fonction de l'intensité de stress. La longueur de la plante diminue jusqu'à atteindre une valeur minimale de 10.16 cm. Le taux des chlorophylles (a) et (c) augmente pour les traitements T<sub>1</sub> (5 g/l) (1.882, 1.321) µg/gMF et T<sub>2</sub> (10 g/l) (1.085, 0.983) µg/gMF respectivement. Le taux de la chlorophylle (b) diminue en fonction de la concentration en sel. La teneur relative en eau (TRE) augmente avec la concentration croissante du sel jusqu'à 20g/l. La (TRE) a subi une diminution remarquable dans les trois derniers traitements 20, 25 et 30g/l. La salinité stimule une accumulation importante d'osmorégulateurs. En effet, la proline reste plus élevée dans les tiges suivie par les racines et ensuite les feuilles. Il y a une accumulation progressive et plus importante des sucres solubles dans les feuilles du pistachier de l'Atlas atteignant 1.924 µg/g MS au niveau T<sub>3</sub> (15 g/l). Au niveau des traitements T<sub>4</sub> (20 g/l), T<sub>5</sub> (25 g/l) et T<sub>6</sub> (30 g/l) l'accumulation en sucres totaux fluctue selon les concentrations.

Quant au stress hydrique, l'application d'un arrêt d'arrosage de 20 jours a montré une grande résistance de pistachier d'Atlas à la sécheresse qui se manifeste par le développement d'un système racinaire atteignant 32 cm, durant les 15 jours d'arrêt d'arrosage, où la température a atteint 39°C avec une augmentation de la (TRE). Le taux de la chlorophylle (a) et (c) est stimulé après 5 et 15 jours de stress. L'accumulation de la proline est plus marquée au niveau des racines suivie des tiges puis les feuilles. Le taux de sucres solubles au niveau des feuilles a augmenté avec l'augmentation de la durée d'arrêt d'arrosage, il est de 3.175 µg/gMS après 20 jours d'arrêt d'arrosage, comparé aux plantules témoins où nous enregistrons 1.449 µg/gMS.

**Mots clés :** Pistachier de l'Atlas, Stress salin, Stress hydrique, Chlorophylles, Proline, Sucres Solubles.

## Abstract

The evaluation of tolerance to water and salt stress was studied in seedlings of pistachio Atlas of Algerian origin, by studying the morpho-physiological and biochemical behavior.

The analysis of behavior of salt stress in seedlings showed that seedlings irrigated by saline water concentration of 5, 10, 15, 20, 25 and 30 g / l NaCl for 10 days, that the different growth parameters studied vary depending on the stress intensity. The length of the plant decreases to a minimum value of 10.16 cm in seedlings stressed by 30 g/l (T<sub>6</sub>). The rate of chlorophylls (a), (c) increases for treatments T<sub>1</sub> (1.882, 1.321), T<sub>2</sub> (1.085, 0.983)  $\mu\text{g/gMF}$ . The ratio of chlorophyll (b) it decreases with the concentration of salt. The RWC increases with the increasing Concentration of salt up to 15 g/l after RWC has undergone a remarkable decrease in the last two treatments 20, 25 and 30 g/l. salinity stimulates a significant accumulation of osmoregulatory. Indeed proline remains higher in roots followed by stems and leaves then. There is a gradual and significant accumulation of soluble sugars in the leaves of the pistachio Atlas to 1.924  $\mu\text{g/gMS}$  in T<sub>3</sub> level. At T<sub>4</sub> treatment (20 g / l), T<sub>5</sub> (25 g / l) and T<sub>6</sub> (30 g / l) total sugar accumulation fluctuate and are not stable.

As to water stress, the application of a 20 day watering stop showed great Atlas pistachio drought resistance shown by the development of a root system up to 32 cm, during the 15 days of watering stop, where the temperature was 39 ° C expected and increasing the RWC. The rate of chlorophyll (a) and (c) is stimulated after 5 and 15 days of stress. The accumulation of proline is greater in the roots followed by stems and leaves. The levels of soluble sugars in the pistachio seedling leaves Atlas has increased with the increase of the watering duration judgment, it is 3.175  $\mu\text{g/gMS}$  day to 21 watering stop, compared to the control where we record 1.449  $\mu\text{g/gMS}$ .

**Keywords:** Atlas pistachio, salt stress, water stress, Chlorophylls, Proline, soluble sugars.

## الملخص

تمت دراسة تقييم القدرة على تحمل الإجهاد المائي والملحي لشتلات الفستق الأطلسي من أصل جزائري من خلال دراسة سلوكها المورفو فسيولوجي والكيميائي.

أظهر تحليل سلوك النباتات المروية بتراكيز مختلفة 5, 10, 15, 20, 25 و 30 غ/ل من ملح كلور الصوديوم وذلك لمدة 10 أيام, ان مختلف اشارات نموها المدروسة تختلف تبعا لشدة الاجهاد. ولقد لاحظنا تناقص في طول النباتات بحيث بلغ الحد الأدنى 10.16 سم و تتم دراسة سلوك هذه النباتات بقياس كمية الكلوروفيل, بحيث معدل الكلوروفيل (أ) و(ج) يرتفع في مستوى النباتات المستقبلية بالتركيزين 5 و 10 غ/ل, على عكس الكلوروفيل (ب) الذي يتناقص مع الزيادة في تركيز الملح. محتوى الماء النسبي (TRE) يرتفع مع زيادة تركيز الملح الذي يصل الى 15 غ/ل, و بعد ذلك يخضع الى انخفاض ملحوظ عند زيادة تركيز الملح الى 20 و 25 و 30 غ/ل. الملوحة تحفز تراكم كبير للبرولين خاصة على مستوى الجذور و السيقان ثم الاوراق. هناك تراكم تدريجي للسكريات الذائبة على مستوى اوراق الفستق الأطلسي بحيث تصل الى 1.924 MS µg/g في التركيز 15 غ/ل, ولكن بعد هذا التركيز (20, 25 و 30 غ/ل) نسبة السكريات الذائبة تصبح ثابتة رغما عن التراكيز المختلفة للملح.

بالنسبة للإجهاد المائي, ادى تطبيق وقف الري لمدة 20 يوما الى مقاومة عالية من طرف الفستق الأطلسي التي تظهر بتطوير جذورها حيث وصلت الى 32 سم. باستطاعتها العيش دون سقي لمدة 15 يوما مع درجة حرارة مرتفعة تساوي 39° و مع ذلك هناك ارتفاع في محتوى الماء النسبي (TRE). تم تحفيز معدل الكلوروفيل (أ) من 5 الى 15 يوما من الاجهاد. ان تراكم البرولين يكون بنسبة اكبر على مستوى الجذور ثم السيقان و من ثم الاوراق وفقا لزيادة مستوى التوتر. في هذه الحالة ازدادت نسبة السكريات الذائبة على مستوى اوراق شتلات الفستق الأطلسي وفقا لزيادة التوتر بحيث عند الشتلات التي لم تسقى منذ 20 يوما وصلت نسبة السكريات الذائبة الى 3.175 MS µg/g بالمقارنة مع الشتلات ذات السقي المستمر وصلت الى 1.449 MS µg/g.

**كلمات مفتاحيه** الفستق الأطلسي, الإجهاد الملحي, الإجهاد المائي, الكلوروفيل, البرولين, السكريات الذائبة



# **SOMMAIRE**

**INTRODUCTION.....1**

## **CHAPITRE I : DONNES BIBLIOGRAPHIQUES**

### **PARTIE I : GÉNÉRALITÉ SUR LE PISTACHIER DE L'ATLAS**

**(*Pistacia atlantica* Desf.).**

1-Historique et origine du pistachier de l'Atlas.....	3
2-Taxonomie.....	3
3-Description de l'espèce.....	4
3-1. L'arbre.....	4
3-2. Feuilles.....	5
3-3. Inflorescence.....	6
3-4. Fleurs.....	7
3-4-1. Fleur mâle.....	7
3-4-2. Fleur femelle.....	7
3-5. Fruit.....	8
3-6.Graines.....	9
3-7. Système racinaire.....	10
3-8. Écorce.....	10
3-9. Bois.....	11
4-Répartition Géographique du pistachier de l'atlas.....	11
4-1. Dans le monde.....	11
4-2. En Algérie.....	12
5-Cause dégradation du pistachier de l'Atlas.....	13
6-Caractéristiques écologiques et édaphiques de l'espèce.....	14
6-1. Exigences écologiques.....	14
6-1-1. Climat.....	14
6-1-1-1.Température.....	14
6-1-1-2. Pluviométrie.....	14

6-1-1-3. Lumière.....	15
6-1-1-4. Vent.....	15
6-2. Exigences édaphiques.....	15
6-2-1. Altitude.....	15
6-2-2. Sol.....	15
7-Multiplication de l'espèce.....	15
8-Intérêts de l'espèce.....	16
8-1. Intérêt écologique.....	16
8-2. Intérêt socio-économique.....	17

***PARTIE II : PHÉNOMÈNE DE LA SALINISATION ET DE LA  
SECHERESSE***

<b>Stress abiotique.....</b>	<b>18</b>
1-Stress salin.....	18
1-1. Salinité.....	18
1-2. Salinisation.....	19
1-3. Origines du sol salé.....	19
1-3-1. Salinisation primaire ou naturelle.....	19
1-3-2. Salinisation secondaire.....	19
1-4. Aire de répartition des sols salés.....	22
1-4-1. Dans le monde.....	20
1-4-2. En Algérie.....	21
1-5. Effets de la salinité sur le sol et la végétation.....	21
1-5-1. Effet de la salinité sur le sol.....	21
1-5-1-1. Effet sur les propriétés physiques.....	21
1-5-2. Effet de la salinité sur la végétation.....	21
1-5-2-1. Effet de la salinité sur la germination.....	22
1-5-2-2. Effet de la salinité sur la croissance et le développement.....	22
1-5-2-3. Effet de la salinité sur l'absorption de l'eau dans les plantes.....	23
1-5-2-4. Effet de la salinité sur la nutrition minérale.....	23

1-5-2-5. Effet de la salinité sur l'activité photosynthétique.....	23
1-6. Mécanismes de tolérance des plantes au stress Salin.....	24
1-6-1. Exclusion des ions.....	24
1-6-2. Inclusion et compartimentation des ions.....	24
1-6-3. Ajustement osmotique est solutés compatibles dans les plantes .....	25
1-7. Adaptation des végétaux à la salinité.....	26
1-7-1. Adaptations morphologiques.....	26
1-7-2. Adaptation physiologiques.....	26
<b>2-STRESS HYDRIQUE.....</b>	<b>27</b>
2-1. L'eau et son rôle dans la plante.....	27
2-2. Le déficit hydrique.....	27
2-2-1. État hydrique du sol.....	28
2-2-2. État hydrique de la plante.....	29
2-3. Effet du stress hydrique sur le développement des plantes.....	29
2-3-1. Effet du stress hydrique sur la croissance des plante.....	29
2-3-2. Effets du stress hydrique sur la nutrition minéral.....	29
2-3-3. Effet du stress hydrique sur l'activité photosynthétiqu.....	30
2-4. Mécanismes d'adaptation des plantes à la sécheresse.....	30
2-4-1. Adaptations phénologique.....	30
2-4-2. Adaptations morphologique.....	31
2-4-2-1. Extension du système racinaire.....	31
2-4-2-2. Réduction de la surface foliaire.....	32
2-4-2-3. Réduction du nombre de feuilles.....	32
2-4-3. Adaptations physiologiques.....	32
2-4-3-1. Processus photosynthétique.....	32
2-4-3-2. Teneur en chlorophylle.....	32
2-4-3-3. Ajustement osmotique.....	32
2-4-4. Adaptations biochimiques.....	33
2-4-4-1. Accumulation de la proline.....	33

2-4-4-2. Accumulation des sucres solubles.....	33
--	----

## ***CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES***

1- Objectif de travail .....	34
2-Site d'expérimentation.....	34
3-Matériel végétal et conditions de culture.....	34
4-Préparation des graines.....	35
5- pré-germination.....	35
6-Effet de la salinité au stade germinatif.....	36
7-Repiquage des plantules.....	36
8-Effet de stress salin au stade plantule.....	38
9-Effet du stress hydrique au stade plantule.....	38
10-Disposition expérimental.....	38
10-1. Stress salin au stade germinatif.....	38
10-2. Stress salin au stade plantule.....	40
10-3. Stress hydrique au stade plantule.....	42
11-Paramètres étudiés.....	42
11-1.Taux de germination.....	42
11-2. Paramètres morphologiques au stade plantule.....	42
11-2-1. Croissance en longueur.....	43
11-2-2. Poids frais de la partie aérienne et racinaire.....	43
11-2-3. Poids sec de la partie aérienne et racinaire.....	43
11-2-4. Nombre de feuilles.....	43
11-3. Paramètres physiologiques (TNR).....	43
11-3-1. Teneur relative en eau.....	43
11-3-2. Dosage de la chlorophylle.....	44
11-4. Paramètres biochimiques.....	44
11-4-1. Dosage de la proline.....	44
11-4-2. Dosage des sucres solubles.....	45
12-Analyse statistique.....	45

### **CHAPITRE III : RESULTAT ET DISCUSSION**

1-EFFET DU STRESS SALIN SUR DES PLANTULES DU PISTACHIER...	46
1-1. Taux de germination.....	46
1-2. Paramètres morphologiques.....	47
1-2-1. Longueur de la tige.....	47
1-2-2. Longueur de la racine.....	49
1-2-3. Biomasse fraîche de la partie aérienne.....	50
1-2-4. Biomasse fraîche de la partie souterraine.....	51
1-2-5. Biomasse sèche de la partie aérienne.....	52
1-2-6. Biomasse sèche de la partie souterraine.....	53
1-3. Paramètres physiologiques.....	54
1-3-1. Teneur Relative en Eau (TRE) ou Relative Water Content (RWC).....	54
1-3-2. Teneur en chlorophylle.....	55
1-3-2-1. Chlorophylle (a).....	55
1-3-2-2. Chlorophylle (b).....	55
1-3-2-3. Chlorophylle (c).....	56
1-4. Paramètres biochimiques.....	57
1-4-1. Teneur en proline.....	57
1-4-2. Teneur en sucres solubles.....	58
2. EFFET DU STRESS HYDRIQUE SUR LES PLANTULES DE PISTACHIER DE L'ATLAS.....	58
2-1. Paramètre morphologique.....	58
2-1-1. Longueur de la tige.....	58
2-1-2. Longueur de la racine.....	59
2-1-3. Poids sec de la partie aérienne.....	60
2-1-4. Poids sec de la partie souterraine.....	62
2-2. Paramètres physiologiques.....	62
2-2-1. Teneur Relative en Eau (TRE) ou Relative Water Content (RWC).....	62

2-2-2. Teneur en chlorophylle.....	63
2-2-2.1. Chlorophylle (a).....	64
2-2-2-2. Teneur en chlorophylle (b).....	64
2-2-2-3. Teneur en chlorophylle (c).....	65
2-3. Paramètres biochimiques.....	66
2-3-1 Teneur en proline.....	66
2-3-2. Teneur en sucres solubles.....	67
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>68</b>
<b>PERSPECTIVES.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>72</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>90</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1:</b> Pistachier de l'Atlas (a: Durant le période d'hivernation caduc; b: Durant la période estivale) .....	4
<b>Figure 2:</b> Arbre de pistachier de l'Atlas.....	5
<b>Figure 3:</b> les feuilles de pistachier de l'Atlas.....	6
<b>Figure 4:</b> Grappes rameuses des fleurs du pistachier de l'Atlas (a: Grappes rameuses des fleurs femelles ; b: Grappes rameuses des fleurs mâles).....	6
<b>Figure 5:</b> Fleur mâle isolée (x40).....	7
<b>Figure 6:</b> Fleur femelle isolée (x50).....	8
<b>Figure 7:</b> Fruits du Pistachier de l'Atlas.....	8
<b>Figure 8:</b> Fruits du pistachier de l'Atlas au début de la fructification (x20).....	9
<b>Figure 9:</b> les grains.....	10
<b>Figure 10:</b> Système racinaire du Pistachier de l'Atlas.....	10
<b>Figure 11:</b> Aire de répartition du pistachier de l'Atlas ( <i>Pistacia atlantica</i> Desf) en région méditerranéenne.....	11
<b>Figure 12:</b> Répartition du pistachier de l'Atlas en Algérie et en Tunisie.....	12
<b>Figure 13:</b> Distribution du pistachier de l'Atlas en Algérie.....	12
<b>Figure 14:</b> Facteurs de dégradation des pistacheraies.....	14
<b>Figure 15:</b> Bilan de la circulation du sodium dans les plantes incluser/excluser.....	25
<b>Figure 16:</b> Graines du pistachier de l'Atlas (a: Ain Oussara ; b: Ouzera).....	34
<b>Figure 17:</b> germination des graines dans les boîtes de pétri.....	35
<b>Figure 18:</b> Pré-germination des graines de pistachier.....	36
<b>Figure 19:</b> Repiquage des plantules dans des gobelets.....	37
<b>Figure 20:</b> Repiquage des plantules dans des pots.....	37
<b>Figure 21:</b> Disposition expérimentale adopté pour la germination.....	40
<b>Figure 22:</b> Disposition expérimentale adopté au stade plantule .....	41
<b>Figure 23:</b> Taux de germination des graines de <i>pistacia atlantica</i> .....	47

<b>Figure 24:</b> comparaison de la longueur des tiges en fonction des traitements.....	49
<b>Figure 25:</b> Longueur des tiges en fonction des traitement.....	49
<b>Figure 26:</b> Longueur des raciness (cm) en fonction des traitement .....	50
<b>Figure 27:</b> longueur des tiges en fonction des traitement.....	51
<b>Figure 28:</b> Biomasse fraiche de la partie aérienne.....	51
<b>Figure 29:</b> Poids frais (g) des raciness .....	52
<b>Figure 30:</b> Biomasse sèche de la partie aérine.....	53
<b>Figure 31:</b> desséchement des plantules de <i>pistacia Atlantica</i> .....	54
<b>Figure 32:</b> Poids sec (g) des raciness.....	54
<b>Figure 33:</b> Teneur relative en Eau (RWC en %) des feuilles.....	55
<b>Figure 34:</b> Teneur en chlorophylles (a).....	56
<b>Figure 35:</b> Teneur en chlorophylle (b).....	57
<b>Figure 36:</b> Teneur en chlorophylle (c).....	57
<b>Figure 37:</b> Teneur en proline dans les feuilles des plantules.....	58
<b>Figure 38:</b> Teneure en sucre soluble dans les feuilles des plantules.....	59
<b>Figure 39:</b> Comparaison de la longueur de tige des plantules stresses avec le témoin.....	60
<b>Figure 40:</b> Effet du stress hydrique sur la longueur de la tige (cm).....	60
<b>Figure 41:</b> Effet du stress hydrique sur la longure de racine (cm).....	61
<b>Figure 42:</b> Comparaison des racines de plantule de pistachier selon les traitements.....	61
<b>Figure 43:</b> Effet de stress hydrique sur le poids sec des tiges (g).....	62
<b>Figure 44:</b> Effet de stress hydrique sur le poids sec des racines (cm).....	63
<b>Figure 45:</b> Teneur Relative en Eau (%) des feuilles.....	64
<b>Figure 46:</b> Effet de stress hydrique sur la teneur en chlorophylle (a) $\mu\text{g/g}$ MF.....	65
<b>Figure 47:</b> Effet de stress hydrique sur la teneur en chlorophylle (b) $\text{mg/g}$ MF.....	66
<b>Figure 48:</b> Effet de stress hydrique sur la teneur en chlorophylle (c) $\mu\text{g/g}$ MF.....	66
<b>Figure 49:</b> Teneur en proline dans les organes du pistachier de l'Atlas.....	67
<b>Figure 50:</b> Teneur en sucres solubles dans les feuilles des plantules de pistachier.....	68

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableaux 01:</b> Superficie affectée par la salinité dans le monde.....	20
--	----

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**DO:** la densité optique

**mg:** Milligramme.

**NaCl:** Chlorure de sodium.

**PF:** Poids frais

**PFA:** parties' fraiche aérienne

**PFR:** poids frais racinaire

**PR:** poids de réhydratation (poids après saturation)

**PSA:** poids sec aérien

**PSR:** poids sec racinaire

**RWE:** relative water content

**TRE:** teneur relative en eau

**µg:** Microgramme.

## ***INTRODUCTION***

Le déséquilibre écologique est dû aussi à des contraintes naturelles comme la salinité et la sécheresse qui constituent des facteurs limitant la productivité végétale sur 40 % de la surface terrestre, notamment en régions méditerranéennes (**M'BAREK et al., (2001)** ; **JEBARA et al., (2000)**).

Selon **TRINCHANT et al., 2004**, chaque année, les surfaces perdues à cause de sécheresse et la salinisation varient autour de 20 millions d'hectares dans le monde. Dans les zones arides et semi-arides, une grande hétérogénéité des formes de sécheresse sont rencontrées (**ANNEROSE et OLÉAGI, 1991**). 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 (**BENMAHIOUL et al., 2009**). Ces deux contraintes naturelles, ont modifié la stabilité des écosystèmes et sont en grandes partie les causes de la désertification des sols.

L'eau est une ressource indispensable pour les végétaux, sa présence est une condition incontournable pour que toute plante puisse se développer et assurer ses fonctions physiologiques vitales. Cependant, cette ressource n'est pas toujours facile à l'accès dans le sol, suivant le milieu naturel (**ZHU, 2001**).

Dans le cas de stress salin, une double problématique se pose à l'organisme végétal ; d'un côté, la présence de sel, qui abaisse le potentiel hydrique du sol et menace l'approvisionnement en eau de la plante, de l'autre, l'absorption de sel dans les tissus, menace le bon fonctionnement physiologique des cellules. Face à ce danger, toutes les plantes ne réagissent pas de la même manière (**ZHU, 2001**).

De ce fait, l'introduction d'espèces végétales tolérantes aux stress abiotiques et de haute valeur socio-économique, constitue une des approches pour réhabiliter les sols salins en zone aride et semi-aride. Parmi ces espèces, le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) C'est l'une des rares espèces arborescentes encore présente dans les régions arides et semi-arides, voir même sahariennes (**MONJOAUZE, 1980**).

Le pistachier de l'Atlas se régénère et se développe dans les endroits les plus arides, où peu d'espèces d'arbres peuvent s'établir et se développer (**BELHADJ et al., 2008**).

Pour maintenir leur survie et leur reproduction, les végétaux ont ainsi développé au cours de leur évolution différentes stratégies adaptatives face aux facteurs de stress. Elles se portent sur l'ensemble de l'appareil végétatif de l'arbre (**NEVO et al., 2000**). Elles se résument essentiellement par des ajustements morpho-anatomiques et physiologiques (**SITI ZAHRAH et RAZIAZI, 2009**). Généralement les adaptations des plantes désertiques portent sur la réduction de la surface foliaire, l'intensité de transpiration et la constitution de réserve en eau à l'intérieur des tissus (**OZENDA, 1977**).

Dans ce contexte s'inscrit notre travail de recherche dont l'objectif est d'étudier les effets de stress abiotique sur la germination et les premiers stades de la croissance et développement des plantules.

# *CHAPITRE I*

# *CHAPITRE II*

# *CHAPITRE III*

# *INTRODUCTION*

**PARTIE I : GÉNÉRALITÉS SUR LE PISTACHIER DE L'ATLAS****1- Historique et origine de pistachier de l'Atlas**

Le nom *pistacia* donné par les romains, dérive du persan (Posta), par les grecs (Pistake) qui se rapproche du nom syrien (Foustok) (DEYSSON, 1979). Le pistachier est originaire d'Asie Centrale. Il est présent en Turquie depuis 7000 ans avant J.C (MOGHTADER, 2010).

Selon BELHADJ, (1999) ; GHALEM et BENHASSAINI, (2007) en Algérie le genre *Pistacia* est représenté par quatre espèces, en l'occurrence :

- *Pistacia atlantica*
- *Pistacia lentiscus*
- *Pistacia terebinthus*
- *Pistacia vera*

**2- Taxonomie**

La classification botanique du pistachier de l'Atlas est la suivante JUDD et al., (2002) ; KADDOUR, (2008) ; MAAMRI, (2008) :

**Règne :** Plantae

**Sous règne :** Tracheobionta

**Embranchement :** Phanérogames

**Sous embranchement :** Angiospermes

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous classe :** Dialypétales ou Rosidae (classification récent)

**Série :** Disciflores

**Sous série :** Diplostémones

**Ordre :** Térébinthales ou Sapindales

**Famille :** Anacardiaceae

**Sous famille :** Anacardiées

**Genre :** *Pistacia*

**Section :** Térébenthus

**Espèce :** *Pistacia atlantica* Def.

Le pistachier de l'Atlas peut être classé en 4 sous-espèces, à savoir *mutica*, *calibula* qui se trouve au Pakistan, Afghanistan et au sud de l'Iran, *kurdica* qui se répartit dans la région de

Zagros (Ouest de l'Iran), au sud de la Turquie, en Syrie et en Palestine et enfin atlantica native du maghreb [BENHASSAINI et BELKHOJA, (2004); BELHADJ et al., (2008); YAAQOBI et al., (2009)]. Ces sous-espèces présentent la même formule chromosomique de  $2n=28$  (GHAFFARI et al., 2003).

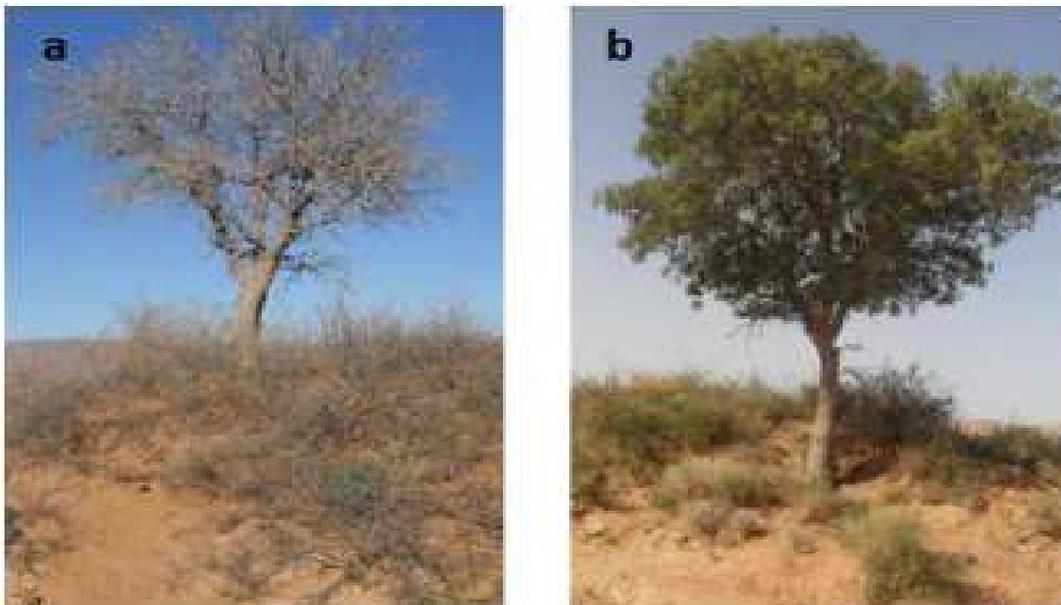
### 3- Description de l'espèce

#### 3-1. L'arbre

Le pistachier de l'Atlas est appelé communément El bétoum, en langue Arabe et Igeghéne (Iggh) en Berbère et Tedjog dans les Touaregs (MONJAUZE, 1980). Le pistachier de l'Atlas ou "Betoum" (*Pistacia atlantica* Desf.) est nommé aussi "Betm" (FENNANE et al., 2007). Il est généralement connu comme pistachier spontané ou faux pistachier (BABA AISSA, 2000 ; BELHADJ, 2003).

Le pistachier de l'Atlas, est une espèce ligneuse (QUEZEL et SANTA, 1963), c'est un plant dioïque (MONJAUZE, 1980 ; BELHADJ et al., 2008). L'arbre peut atteindre 12-15m de hauteur, à la cime ample et touffue (BROSSE, 2005), sa croissance est très lente avec une longévité de plus de 1000 ans (MONJAUZE, 1982 ; BELHADJ, 1999).

L'arbre possède un tronc bien individualisé hémisphérique, le port est arrondi et à ramifications étalées (MONJAUZE, 1980 ; BELHADJ et al., 2008).



**Figure 1 : Pistachier de l'Atlas (BENARADJ et al., 2015).**

**a : durant le période d'hivernation caduc**

**b : durant le période estivale**



**Figure 2 : Arbre de pistachier de l'Atlas (Originale, 2017).**

### **3-2. Feuilles**

Elles sont composées, stipulées, à rachis finement ailé et à folioles lancéolées obtuses au sommet (FENNANE et *al.*, 2007). Les feuilles sont caduques et chutent en automne, elles sont de couleur vert pâle et sont imparipennées, glabres et sessiles (YAAQOBI et *al.*, 2009). Les feuilles de Bétoum sont riches en huiles essentielles [TZAKOU et *al.*, (2007) ; GOURINE et *al.*, (2009)]. Elles ont une concentration très élevée en produits phénoliques (TAKHI et *al.*, 2011).



**Figure 3 :** Feuilles de pistachier de l'Atlas (Originale, 2017).

### 3-3. Inflorescence

Le pistachier de l'Atlas a une inflorescence en grappe rameuse. La floraison qui apparaît juste avant la feuillaison débute la mi-mars (YAAQOBI et *al.*, 2009).



(a)

(b)

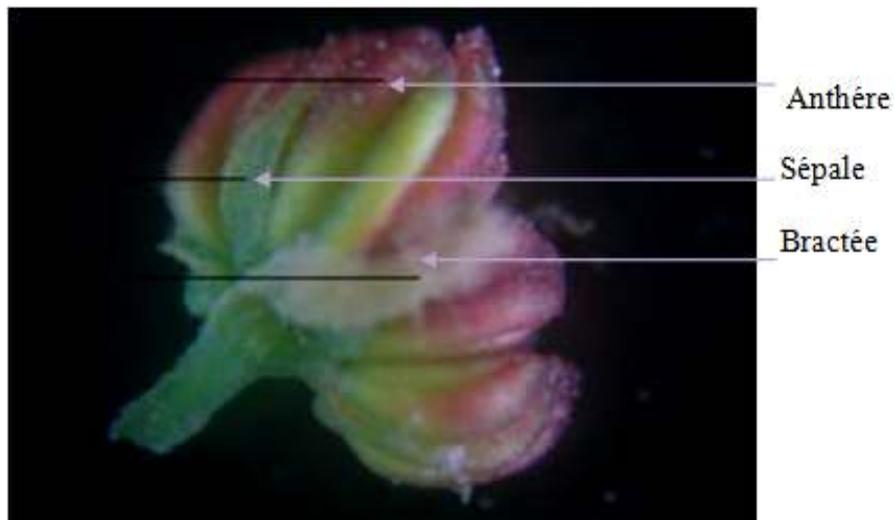
**Figure 4 :** Grappes rameuses des fleurs du pistachier de l'Atlas (YAAQOBI et *al.*, 2009)  
(a : Grappes rameuses des fleurs femelles)      (b : Grappes rameuses des fleurs mâles).

**3-4. Fleurs**

Les fleurs sont apétales, rougeâtres en grappes terminales pour les mâles et axillaires pour les femelles (SEIGUE, 1985).

**3-4-1. Fleur mâle**

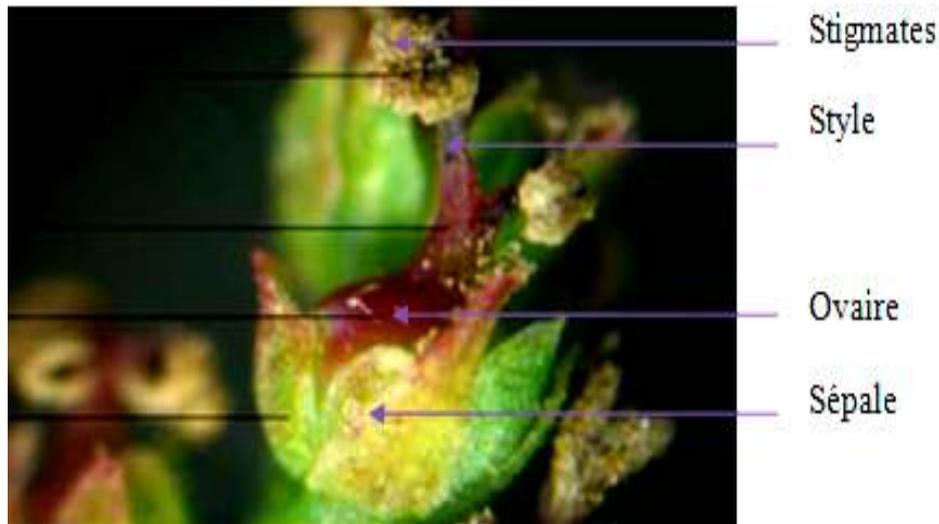
Le calice possède quatre sépales, à l'aisselle du calice il se trouve une bractée, de couleur jaune pâle. Androcés chaque anthère possède deux fentes de déhiscence longitudinale (YAAQOBI et *al.*, 2009). Les fleurs mâles contiennent cinq à sept étamines (SIDI ACHOUR, 2014).



**Figure 5 : Fleur mâle isolée (x40) (YAAQOBI et *al.*, 2009).**

**3-4-2. Fleur femelle**

Le gynécée présente trois carpelles concrescents avec une seule loge ovarienne fertile et un seul ovule. Le style porte trois stigmates rugueux facilitant la fixation des grains de pollen (YAAQOBI et *al.*, 2009).



**Figure 6 : Fleur femelle isolée (x50) (YAAQOBI et al, 2009).**

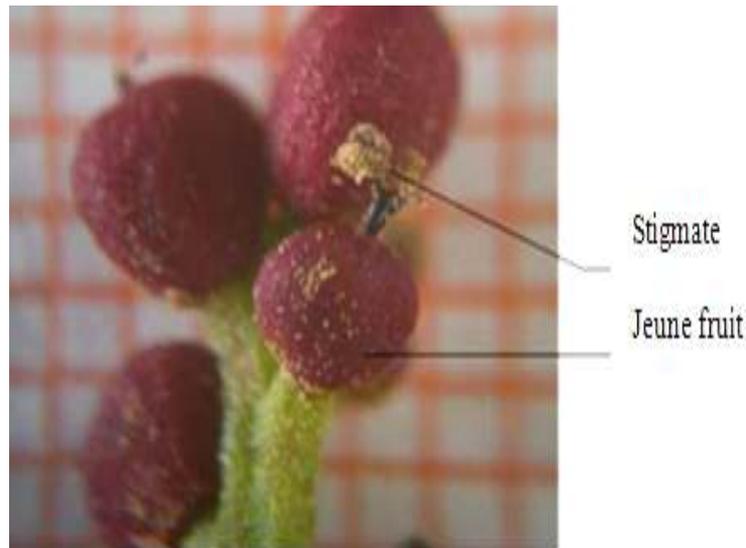
### **3-5. Fruit**

D'après **OZENDA (1977)**, **BELHADJ (2001)** et **BELHADJ et al., (2008)**, le fruit de pistachier est appelé *El khodiri* par la population locale algérienne, appellation due à la prédominance de la couleur vert foncé à maturité. Les fruits sont des drupes ovoïdes de 6 à 8 mm de long et 5 à 6 mm de large, pointues au sommet, monospermes à endocarpe osseux et mésocarpe sec plus ou moins plissé. Ils arrivent à maturité en septembre et on compte en moyenne 10000 grains dans 1kg (**SAHLI, 1997**).

Le fruit au début du mois avril est de couleur rougeâtre. Au stade de la maturité la couleur devient vert foncé (**MAAMRI, 2008**). A la fin d'Aout, Septembre et début d'Octobre la couleur devient noir ou brunâtre (**CHABA et al., 1991**).



**Figure 7 : Fruits du Pistachier de l'Atlas (BENARADJ et al., 2012).**



**Figure 8** : Fruits du pistachier de l'Atlas au début de la fructification (x20)  
(YAAQOBI *et al.*, 2009).

### 3-6. Graines

DAHMANI (2011), signale que la composition minérale des graines en maturité (de couleur noire) est estimée à 183 $\mu$ g/g de lipide 178  $\mu$ g/g de protéines et 183  $\mu$ g/g de sucres. Les graines de pistachier de l'Atlas sont riches en lipides notamment en acides gras insaturés (oléique et linoléique) et en phytostérols, présentant des intérêts diététiques et nutritionnels (GHALEM et BENHASSAINI, 2007).

La graine est plus ou moins verte contenant 50% d'huile. Les semences du Bétoum ont une germination très difficile, elles sont trop huileuses pour être conservées. Dans une chambre froide, la conservation est plus longue pouvant aller jusqu'à 4 à 6 années (MANJAUZE, 1980). Ce point de vue ne semble pas à être partagé par KHELLIL et KHELLAL, (1980). En effet, ces derniers concluent d'après leur étude que les graines de pistachier de l'Atlas perdent leur pouvoir germinatif très rapidement après quelques mois de conservation dans un milieu frais.



**Figure 9** : Graines du pistachier (**Originale, 2017**).

### 3-7. Système racinaire

Le système racinaire du pistachier de l'Atlas est très vigoureux pouvant atteindre 6 mètres de profondeur. Par ailleurs, le pistachier de l'Atlas arrive à végéter sous une tranche pluviométrique très faible et sa résistance aux conditions climatiques très difficiles peut être attribuée à la vigueur de son système racinaire. Il présente un type d'architecture bien hiérarchisé comportant un pivot orthogéotrope à croissance rapide et indéfini et de fines racines latérales obliques plagiotropes à croissance faible (**BENARADJ et al., 2015**).



**Figure 10** : Système racinaire du Pistachier de l'Atlas (**BENARADJ et al., 2012**).

### 3-8. Ecorce

**BELKHODJA (2014)**, note que l'écorce de pistachier de l'Atlas est lisse à l'âge jeune et squameux à un âge très avancé. A partir de cette dernière, on extrait de la résine et du tanin. L'écorce est d'abord rouge puis grisâtre assez claire avant de devenir dure, crevassée et noirâtre.

### 3-9. Bois

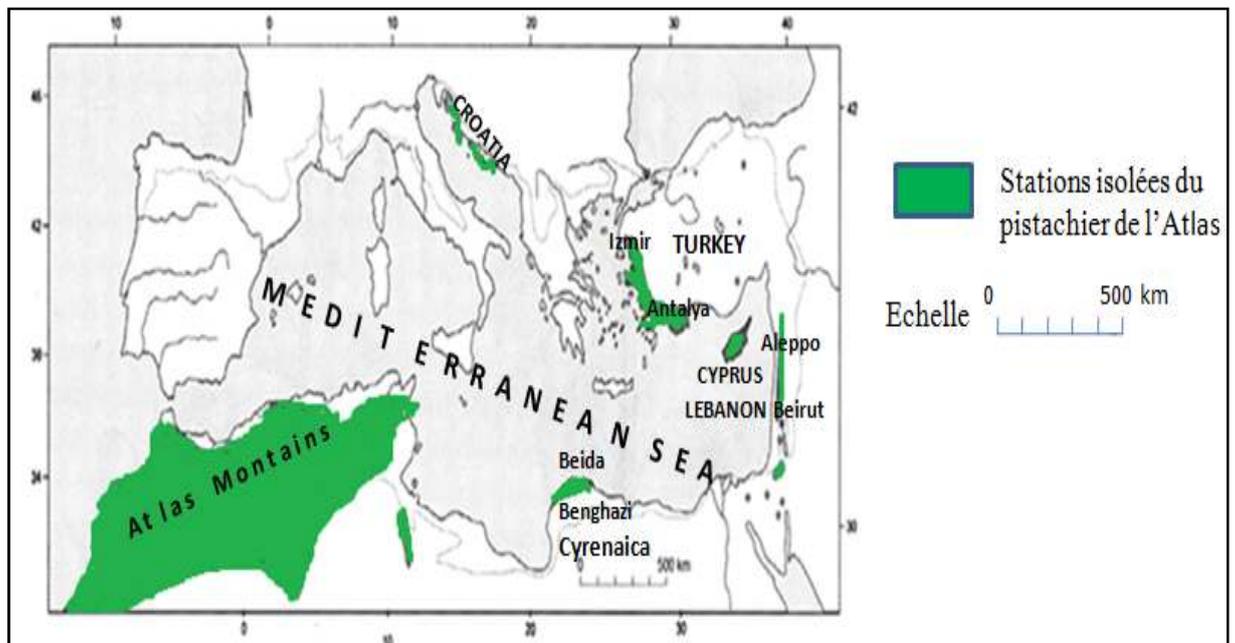
Le pistachier de l'Atlas possède un aubier blanchâtre. De cœur brun veine, dense, dur et homogène. **MONJAUZE (1980)**, décrit le bois du bétoum comme un bois lourd, peu résilient et de bonne conservation, il est utilisé en artisanat et comme bois de chauffage.

### 4- Répartition géographique du pistachier de l'Atlas

**YAAQOBI et al., (2009)** et **RHARRABTI (2015)**, soulignent que le pistachier de l'Atlas est un arbre précieux pour les zones méditerranéennes pré-désertiques. Il a une écologie difficile à cerner, il est d'une grande plasticité, lui permettant d'exister depuis les marges du Sahara jusqu'aux moyennes montagnes subhumides. Il se rencontre dans la plupart des zones semi-arides ou steppiques, solitaire ou en association avec *Ziziphus lotus* ou *Pinus halpensis* (**BEN ABDERRAHMENE et al., 2009**).

#### 4-1. Dans le monde

**MONJAUZE (1968)**, souligne que l'aire de répartition de *Pistacia atlantica* Desf. est très vaste et discontinue (**fig.11**). Il s'étend depuis les Iles Canaries à l'Ouest jusqu'au Pakistan (longitudes 20 à 40°E) (**SEIGUE, 1985**). Les sous-espèces (calibula, mutica, et atlantica) englobent le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye, la Turquie, la Syrie, la Jordanie, Palestine occupée, l'Iran et l'Afghanistan [**KASKA et al., (1996)** ; **MONASTRA et al., (1997)**].



**Figure 11** : Aire de répartition du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf) en région méditerranéenne (**QUEZEL et MEDIAL, 2003**).

4-2. En Algérie

D’après SEIGUE (1985), le pistachier de l’Atlas se retrouve à l’état de groupements isolés en Oran et Ain Sefra à l’ouest jusqu’à la Tunisie à l’est. Il est présent aussi dans l’Atlas saharien, dans le secteur du Sahara septentrional et dans le Hoggar (fig.12).

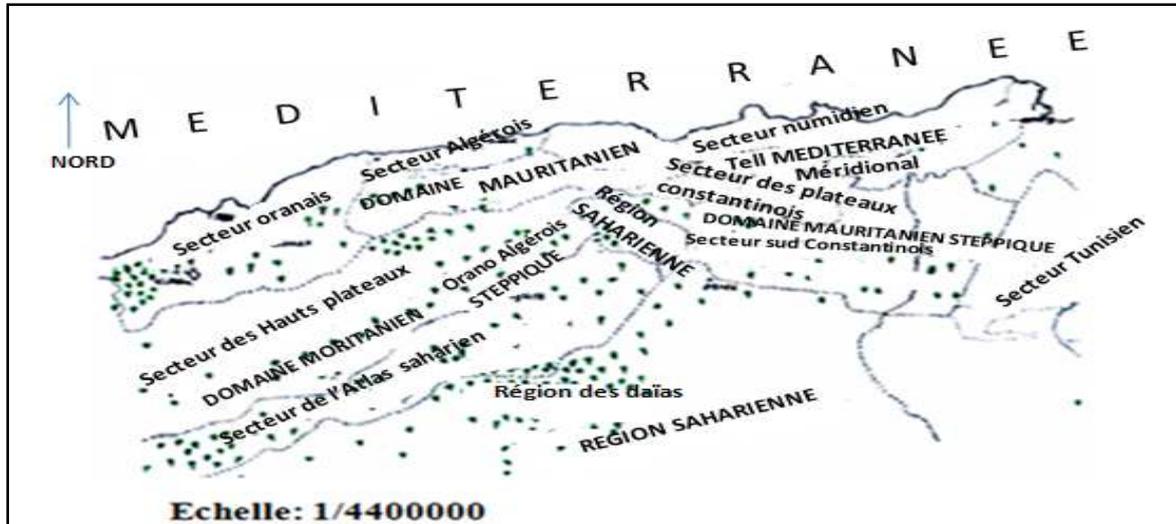


Figure 12 : Répartition du pistachier de l’Atlas en Algérie et en Tunisie (MONJAUZE, 1968).

Il existe à l’état disséminé dans la région de Djelfa (Senalba, Ain-Oussara, Messaad), Médéa (Oued-Besbes), Laghouat (partie sud Tilghemt) et Ghardaia (dans l’ouest de M’zab), et dans la station la plus aride de Bechar (Béni-Bonif) sa limite extrême se trouve en plein cœur du Hoggar où il existe à l’état de relique (BENABDALLAH, 2012). (fig.13).

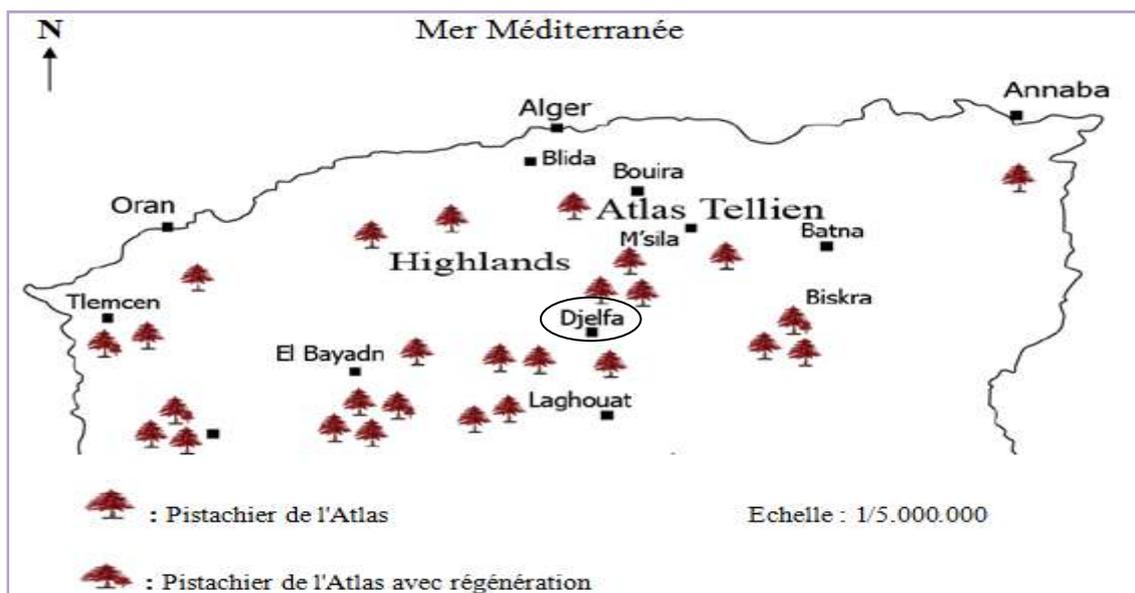


Figure 13 : Distribution du pistachier de l’Atlas en Algérie (CHEBOUTI-MEZIOU et al., 2014).

**5-Cause de dégradation du pistachier de l'Atlas**

En Algérie, si la régénération de l'espèce avait été protégée depuis longtemps, elle serait traduite par la constitution de population plus homogène, plus nombreuse et plus productive (MONJAUZE, 1980). Le déclin du pistachier est dû d'abord à des raisons économiques et à des budgets investis très limités dans la production, la régénération et l'entretien des pistacheraies naturelles des dayas. Selon BELHADJ 1999, les facteurs ayant contribué à la dégradation des pistacheraies sont :

- \* L'exploitation anarchique des pistachiers comme fourrage et bois de chauffage par les bergers et la population locale.

- \* Le pâturage empêchant la régénération naturelle et le développement des jeunes pousses.

- \* Le réseau routier qui traverse la plaine d'Oussara (destruction de centaines de pieds de pistachier).

- \* Mauvais état sanitaire des arbres (attaque par le puceron doré provoquant des cloques ou des galles au niveau des feuilles. (fig.14).



Vieillesse des arbres de pistachier de l'Atlas (Région de Aïn Oussara)



Pied de pistachier utilisé comme cheminée (Région de Aïn Oussara)



Développement du réseau routier (Aïn Oussara)

Surpâturage (Région de Messad)

**Figure 14** : Facteurs de dégradation des pistacheraies (IFTISSANE, 2013).

## **6- Caractéristiques écologiques et édaphiques de l'espèce**

Le pistachier de l'Atlas présente un intérêt particulier avec l'arganier, qui sont les seuls arbres qui s'accommodent à l'étage bioclimatique aride et résistent aux conditions écologiques les plus sévères (MONASTRA *et al.*, 2000).

### **6-1. Exigences écologiques**

#### **6-1-1. Climat**

Le climat de la région des dayas se caractérise par des précipitations de 130 à 160 mm par an, ces précipitations sont irrégulièrement réparties au cours de l'année.

##### **6-1-1-1. Température**

Le pistachier de l'Atlas est très sensible aux gelées printanières qui détruisent les fleurs (SPINA *et* PENNIS, 1997). C'est une espèce héliophile (LAROUCI *et* RUIBAT, 1987). Il résiste à des températures basses ( $-12^{\circ}\text{C}$ ) et résiste bien aux températures élevées à plus de  $49 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Les fleurs sont sensibles, mais échappent généralement à l'action néfaste des températures, en raison de leur tardivité (KASKA, 1994).

Le pistachier de l'Atlas pourrait résister à des températures de  $50^{\circ}\text{C}$  en été. Il est capable de survivre même si l'humidité du sol descend jusqu'à 4% dans les sols sableux (HADJ BRAHIM, 1993).

##### **6-1-1-2. Pluviométrie**

Selon REBOUR, (1968), le Bétoum supporte une pluviométrie extrêmement faible. Il semble qu'il pourrait pousser sous les isohyètes de moins de 127mm par an.

Le pistachier de l'Atlas ne serait à sa place que dans la moitié de l'étage aride tempéré et de l'étage semi-aride (MONJAUZE, 1968). A cet effet, il bénéficie d'une pluviométrie

maximale de l'ordre de 1000 mm au niveau septentrionale à l'ouest d'Algérie et au versant du Zaccar il reçoit 600 mm sur le bord méridional de l'Atlas Tellien entre BENCHICAO et BERROUAGHIA. La faible précipitation ne dépassant pas les 250 mm est recensée dans les plaines de Boghari et Boughazoul (AIT RADI, 1979).

### **6-1-1-3. Lumière**

Le pistachier de l'Atlas est une essence héliophile généralement dans les dayas. Les pieds sont assez distants les uns aux autres. Les semis se trouvent dans les touffes de *Zizyphus lotus* Desf. Ils bénéficient eux-mêmes de la lumière nécessaire sans difficulté. Il est à noter qu'un ombrage important nuira à la fructification (AIT RADI, 1979).

### **6-1-1-4. Vent**

La pollinisation chez le pistachier de l'Atlas est très souvent anémophile rarement entomophile. Il est à noter que cette espèce ne craint pas les vents violents, son système racinaire puissant et profond le maintient énergiquement au sol.

## **6-2. Exigences édaphiques**

### **6-2-1. Altitude**

En Iran au Kerman, en Turquie au Gaziantep et en Syrie, le pistachier se trouve respectivement à environ 1800, 900, 400 mètres d'altitude (ANONYME, 1999). En Afrique du Nord, il est localisé au-dessous de 1500 mètres à 2000 mètres d'altitude (MONJAUZE, 1980).

### **6-2-2. Sol**

Du point de vue édaphique, le pistachier de l'Atlas s'accommode à tous les sols, exceptés du sable et peut vivre dans les conditions écologiques les plus sévères, il préfère les terrains argileux et les alluvions des plaines. On le trouve sur les roches calcaires en montagne sèche et se cantonne dans les dépressions des vallées où la nature du sol est de type gypso-calcaire [BOUDY, (1955); MONASTRA et al., (2000); BENHASSAINI et BELKHODJA, (2004); YAAQOBI et al., (2009)].

## **7- Multiplication de l'espèce**

Dans la nature le Bétoum ne régénère que par rejets à l'ombre de *Zizyphus lotus* Desf, dont il est l'hôte classique (MONJAUZE, 1980). Selon le même auteur, le bouturage n'a donné aucun résultat pratique. De nombreuses études ont été mises au point pour ce mode de propagation mais les résultats obtenus sont loin d'être satisfaisants car ces tissus émettent très difficilement ou n'émettent pas du tout de racines, même avec l'utilisation d'hormones stimulatrices et sous des conditions de mist système.

Quand au semis, il est assez délicat et demande beaucoup de soin, plusieurs étapes le caractérisent (**HADJ BRAHIM, 1993**):

- ✓ Le trempage préalable des graines dans l'eau pendant 24 heures avant le semis facilite l'enlèvement de l'épicarpe qui exerce une action inhibitrice sur la germination. Ce trempage fournit immédiatement aux graines, l'eau nécessaire à leur réhydratation et leur germination.
- ✓ La stratification consiste à placer les semences avant de les repiquer définitivement dans d'excellentes conditions de milieu et d'humidité permanentes dans des tranchées de 1 à 5 mètres. Les fonds de ces tranchées sont recouverts d'une couche de sable grossier de 20 centimètres. Après trempage les graines sont recouvertes d'une première couche de sable et d'une recouvertes d'une autre couche de sable de 10 cm. Cette opération permet de conserver une faculté germinative assez fugace des graines du Bétoum.
- ✓ La mise à la terre a lieu généralement au mois de février jusqu'à la fin de mars. La levée ne se manifeste qu'après un mois et demi après le semis. Avant tout semis, les graines doivent être débarrassées de leurs enveloppes, et ceci en pratiquant, une décortication manuelle ou chimique. Pour la décortication chimique, les graines sont trempées dans une solution d' $H_2SO_4$  (N) pendant deux heures.

### **8- Intérêts de l'espèce**

**MONJAUZE(1980)**, note que le pistachier de l'Atlas peut jouer un rôle important dans les actions de mise en valeur en zone arides et semi-arides.

#### **8-1. Intérêt écologique**

Le pistachier de l'Atlas est l'arbre le plus représenté dans les zones arides en raison de sa rusticité et de sa résistance à la sécheresse. Il peut vivre dans les conditions écologiques les plus sévères (**MONASTRA et al., 2000**).

Le pistachier de l'Atlas tolère un taux élevé de calcaire dans le sol allant jusqu'à plus de 75% . Il a un rôle important dans la conservation des sols [**HOSSEINI et al., (2007)** ; **REZAEYAN et al., (2009)**].

**BELHADJ (2003)**, note que le pistachier de l'Atlas peut entrer dans le cadre de la lutte contre l'érosion et la désertification et il est utilisé pour la fixation des dunes.

Le pistachier de l'Atlas est considéré comme étant l'espèce la plus résistante aux attaques parasitaires et à l'asphyxie racinaire par rapport aux autres espèces du genre Pistacia (**ALETA**

et *al.*, 1997). Il résiste aux attaques de nématodes contrairement au pistachier vrai (BROUSSE, 1974).

### **8-2. Intérêts socio-économiques**

Dans le cadre du barrage vert, environ 100 ha sont reboisés chaque année (CHABA et *al.*, 1991). Il ne craint pas le problème de transplantation car son système racinaire est vigoureux (ALETA et *al.*, 1997).

Le pistachier d l'Atlas est utilisé comme porte greffe pour le pistachier fruitier (*Pistacia vera*). Les arbres greffés sont d'une grande vigueur, très rustiques et d'une longévité remarquable (MONASTRA et *al.*, 2000).

**CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES****1-Objectif de travail**

Notre travail consiste à l'étude de l'effet de stress abiotique salin et hydrique sur la germination et la croissance des plantules du pistachier de l'Atlas.

Cette expérimentation permet de suivre la réaction, la tolérance ainsi que l'adaptation des plantules de pistachier de l'Atlas aux conditions extrêmes et difficiles.

**2-Site d'expérimentation**

Nous avons réalisé notre travail au sein du laboratoire d'amélioration des plantes du département de biotechnologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Blida 1.

La mise en place des plantules s'est déroulée dans une serre en polycarbonate dont l'orientation est Nord-Sud et d'une superficie de 382,5m<sup>2</sup>.

L'aération est assurée par des fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre. Le chauffage de la serre en période froide est réalisé à l'aide de radiateurs à eau chaude.

**3-Matériel végétal et conditions de culture**

Au cours de notre expérimentation, nous avons utilisé des graines des arbres de pistachier de l'Atlas. Les graines ont été récoltées en septembre (2016) sur des arbres adultes, qui se trouvent à l'état naturel dans les régions d'Aïn Oussara dans la wilaya de Djelfa et Ouzera dans la wilaya de Médéa.



(a)

(b)

**Figure16 : Graines du pistachier de l'Atlas (Originale, 2017).**

(a : Ain Oussa)

(b : Ouzera)

Nous avons conservé les graines dans un sachet en papier kraft à l'abri de l'humidité jusqu'à leur utilisation.

#### **4- Préparation des graines**

Les étapes suivantes sont nécessaires pour faire germer les semences :

- Choix des semences
- Uniformisation des graines (plus grands calibre)

Après sélection des graines, la levée de la dormance est une étape primordiale. Pour cela nous avons adopté les prétraitements suivants :

- Une stratification consistant à faire subir aux graines un traitement au froid à une température de 4°C pendant 30 jours.
- Elimination de l'épicarpe qui consiste à tremper les graines dans de l'eau du robinet pendant 24 heures afin de ramollir l'épicarpe.
- Scarification chimique qui consiste à tremper les graines dans acide sulfurique (98%) pendant 1 heure.
- Rinçage abondant à l'eau distillée afin d'éliminer toute trace de l'acide sulfurique (3 rincages).

#### **5- Pré-germination**

La germination a été réalisée dans des boîtes de Pétri en plastique de 9 cm de diamètre contenant du coton et du papier filtre imbibé d'eau distillée. Chaque boîte comprend 25 graines avec quatre (04) répétitions.



**Figure 17** : germination des graines dans les boîtes de pétri (Originale, 2017).

Les boîtes sont déposées dans une étuve réglée à  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 30 jours. Les graines ont été arrosées par l'eau distillée.



**Figure 18** : Pré-germination des graines de pistachier (**Originale, 2017**).

#### **6- Effet de la salinité au stade germinatif**

Les graines utilisées pour étudier l'effet de stress salin sur la germination sont arrosés pendant 30 jours par les différentes concentrations préparées de NaCl.

Les solutions salines sont préparées en mélangeant le chlorure de sodium (NaCl) avec de l'eau distillée

Six (06) traitements en comparaison avec un témoin ont été utilisés il s'agit :

**T<sub>0</sub>** : Témoin (0 g/l de NaCl).

**T<sub>1</sub>** : 5 g/l de NaCl.

**T<sub>4</sub>** : 20 g/l de NaCl.

**T<sub>2</sub>** : 10 g/l de NaCl.

**T<sub>5</sub>** : 25 g/l de NaCl.

**T<sub>3</sub>** : 15 g/l de NaCl.

**T<sub>6</sub>** : 30 g/l de NaCl.

#### **7- Repiquage des plantules**

Après germination des graines, un repiquage des jeunes plants est réalisé individuellement dans des gobelets en plastique. Ces derniers sont remplis de substrat et mises dans une mini-serre. Le substrat utilisé est composé d'un mélange tourbe-sol (1v/2v).



**Figure 19 :** Repiquage des plantules dans des gobelets (Originale, 2017).

Les jeunes plantules ont été arrosées avec de l'eau de robinet pendant 45 jours. Elles ont été repiquées pour la deuxième fois dans des pots avec un substrat constitué de sol tourbe (2v/1v) et arrosées avec l'eau de robinet durant 30 jours pour favoriser leur reprise avant l'application du stress dans la serre.



**Figure 20 :** Repiquage des plantules dans des pots (Originale, 2017).

### **8- Effet de stress salin au stade plantule**

L'application du stress salin a été effectuée par les différentes concentrations préparées de NaCl.

Les plantules sont arrosées un jour sur deux à raison de 100 ml/pot, avec les solutions salines préparées.

### **9- Effet du stress hydrique au stade plantule**

Après un mois de deuxième repiquage, les plantules ont subi un stress hydrique par arrêt d'arrosage de 5, 10, 15 et 20 jours. Les plantules témoins ont été arrosées uniquement à l'eau du robinet.

Nous avons arrosé les plantules témoins un jour sur deux à raison de 100 ml/pot.

### **10- Disposition expérimental**

Le dispositif expérimental adopté au cours de notre expérimentation est un bloc aléatoire complet sans contrôle d'hétérogénéité à randomisation totale.

#### **10-1. Stress salin au stade germinatif**

Dans cette étape, deux facteurs ont été étudié :

-Sel (NaCl) à 7 niveaux : T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>.

-Provenances :

- ✓ Ain Oussara. (W.Djelfa).
- ✓ Ouzera. (W.Médéa).

Le nombre de répétitions étant de quatre (4), nous avons alors 28 observations (4\*7) (pour chaque provenance) (**fig. 21**).

- Provenance d'Ain Oussara. (W.Djelfa).

R1t0	R4t5	R3t6	R2t1	R4t0	R2t3	R3t1
R3t2	R1t6	R2t2	R4t3	R3t6	R1t2	R4t4
R2t3	R3t1	R4t0	R1t5	R2t4	R4t6	R1t5
R4t1	R2t4	R1t4	R3t2	R1t3	R3t5	R2T0

- Provenance d'Ouzera. (W.Médéa)

R1t2	R3t5	R2t6	R1t4	R4t0	R3t1	R1t3
R3t1	R1t3	R4t1	R2t6	R3t5	R1t0	R4t2
R2t4	R4t0	R1t4	R3t2	R1t3	R4t6	R2t6
R4t3	R2t2	R3t5	R4t0	R3t1	R2t4	R3T5

R1 à R4 : Répétitions

T<sub>0</sub>: Témoin T<sub>1</sub>: 5g/l T<sub>2</sub>: 10g/l T<sub>3</sub>: 15g/l T<sub>4</sub>: 20g/l T<sub>5</sub>: 25g/l T<sub>6</sub>: 30g/l de NaCl

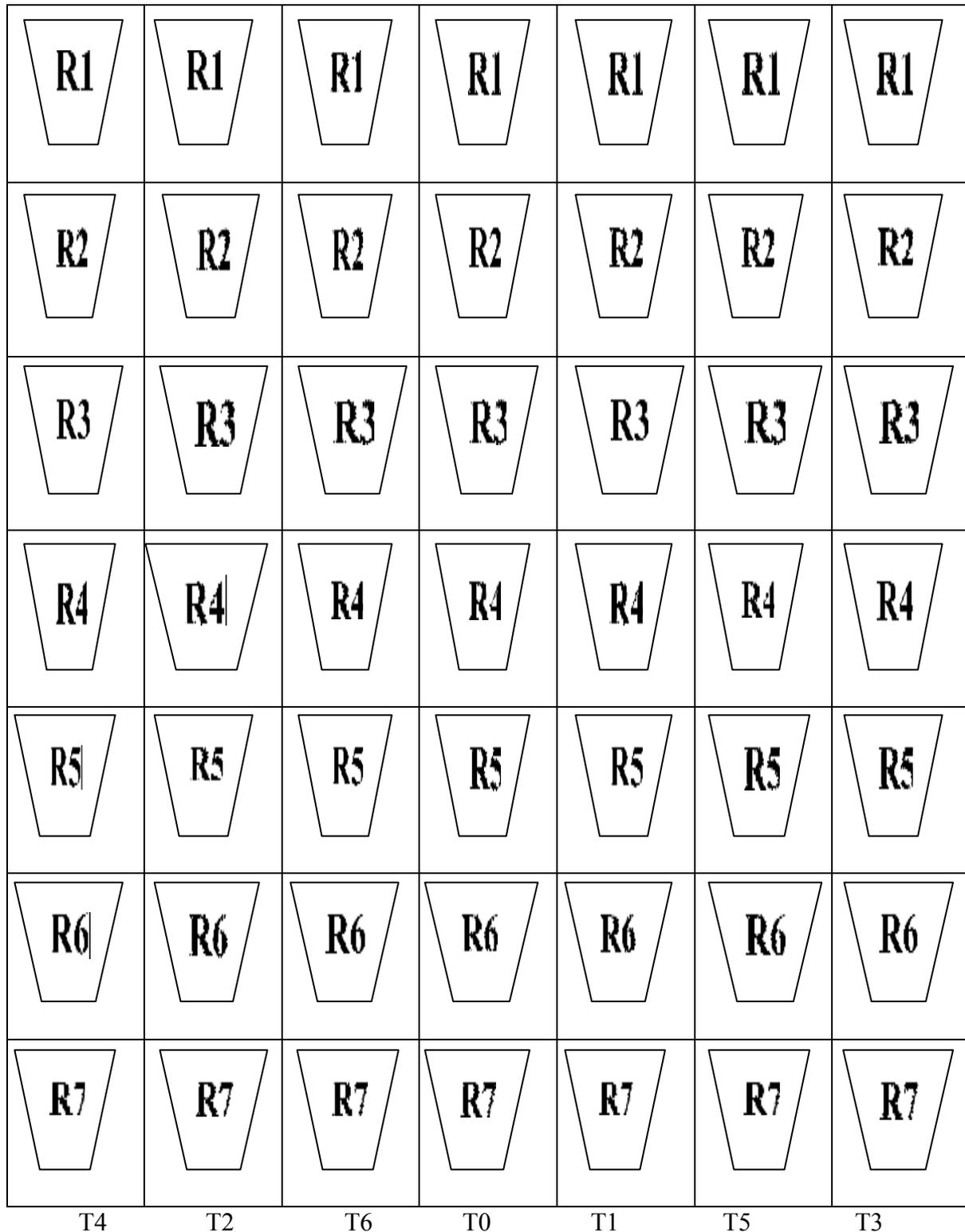
**Figure 21** : Dispositif expérimental adopté pour la germination (Stress salin)

**10-2. Stress salin au stade plantule**

Au stade plantule, une seule région est étudiée suite aux difficultés rencontrées lors de notre expérimentation où les graines provenant de la région d'Ouzera ont été écartées à cause de la lenteur de germination et du pouvoir germination plus faible. Nous avons travaillé uniquement sur les graines provenant de la région de Ain ossara (W de Djelfa) où la germination est rapide ne dépassant pas les 03 jours et le pouvoir germinatif est plus important allons jusqu'à 80%.

La concentration en sel (NaCl) à sept (7) niveaux : T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub> (**fig.22**).

Le nombre de répétitions étant de sept (7), nous avons alors 49 observations (7\*7).



R1 à R7 : Répétitions

T<sub>0</sub> : Témoin T<sub>1</sub> : 5g/l T<sub>2</sub> : 10g/l T<sub>3</sub> : 15g/l T<sub>4</sub> : 20g/l T<sub>5</sub> : 25g/l T<sub>6</sub> : 30g/l de NaCl

**Figure 22** : Dispositif expérimental adopté au stade plantule (stress salin).

### **10-3. stress hydrique au stade plantule**

Les plantules ont subi un stress hydrique par arrêt d'arrosage après 30 jours dans les pots.

Le nombre de traitement retenu est de 05 avec six répétitions pour chaque traitement comparé au témoin.

T0 : témoin (arrosées avec l'eau de robinet un jour sur deux 1/2).

T1 : Arrêt d'arrosage pendant 5 jours (1/5)

T2 : Arrêt d'arrosage pendant 10 jours (1/10)

T3 : Arrêt d'arrosage pendant 15 jours (1/15)

T4 : Arrêt d'arrosage pendant 20 jours (1/20)

Les plantules stressées, elles sont aussi analysées. Une étude morphologique et biochimique est effectuée.

### **11-Paramètres étudiés**

Afin de déterminer l'effet des différents traitements de NaCl et de l'arrêt d'arrosage sur les plantules du pistachier de l'Atlas, des paramètres, morphologiques, physiologiques et biochimiques ont été mesurés.

#### **11-1.Taux de germination**

Le comptage consiste à dénombrer quotidiennement le nombre des graines germées dans chaque boîte de Pétri. Une graine est considérée germée lorsqu'elle émet une radicule et une gemmule de 1mm.

La formule de taux de germination :

$$\text{Taux de germination (\%)} = \frac{\text{Nombre des semences germées}}{\text{Nombre des semences totales}} * 100$$

#### **11-2. Paramètres morphologiques au stade plantule**

Ces paramètres morphologiques permettent de mesurer l'évolution des plantules au cours de temps.

### **11-2-1. Croissance en longueur**

A la fin d'application des stress salin et hydrique nous avons procédé à l'arrachage des plantules.

La croissance en longueur de la partie aérienne et racinaire est évaluée après avoir récolté les plantules. Nous avons alors séparé la partie aérienne (tige) de la partie souterraine (les racines).

Pour cela, nous avons lavé soigneusement les racines avant de les sécher rapidement avec du papier filtre.

La longueur de la tige et de la racine principale est mesurée en centimètres (cm) à l'aide d'une règle graduée.

### **11-2-2. Poids frais de la partie aérienne et racinaire**

Le poids frais (PF) exprimé en grammes (g), a été effectué par pesée de la matière fraîche de la partie aérienne (PFA) et racinaire (PFR).

### **11-2-3. Poids sec de la partie aérienne et racinaire**

Le poids sec aérien (PSA) et racinaire (PSR), exprimée en grammes (g) a été effectué par pesée de la matière sèche après étuvage à  $80 \pm 2^\circ\text{C}$  de la matière fraîche pendant 48 heures.

### **11-2-4. Nombre de feuilles**

Ce paramètre a été réalisé au moment de la coupe, le principe consiste à faire un comptage des feuilles pour chaque plantule.

## **11-3. Paramètres physiologiques**

### **11-3-1. Teneur relative en eau**

La teneur relative en eau (TRE) ou relative water content (RWC) est une méthode qui exprime la quantité d'eau présentée en pourcentage de la quantité mesurée à saturation et permet une évaluation physiologique de l'état hydrique du végétal.

La teneur relative en eau (RWC) a été mesurée sur une feuille bien développée selon la méthode de **BARRS et WEATHERLEY, (1962)**. Le limbe foliaire excisé à sa base est immédiatement pesé pour déterminer le poids frais (Pf). Son extrémité est coupée est ensuite placée dans un tube à essai contenant de l'eau distillée et mis à l'obscurité à  $2^\circ\text{C}$  pendant 24 heures. La pesée de la feuille après la réhydratation donne un poids de réhydratation (Pr).

Le poids sec (Ps) est déterminé après passage des échantillons dans l'étuve à  $80 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 48 heures. La RWC est calculée à partir de la formule suivante :

$$\text{RWC (\%)} = (\text{Pf} - \text{Ps} / \text{Pr} - \text{Ps}) * 100.$$

Pf = poids frais.

Pr = poids à saturation.

Ps = poids sec.

### 11-3-2. Dosage de la chlorophylle

Pour chaque essai nous avons prélevé 0.1 mg de matière végétal sur les tiers médians des feuilles. Les fragments végétaux sont broyés dans 10 ml d'un mélange de l'acétone et de l'éthanol (75% et 25%) de volume et (80% et 40%) de concentration. Le mélange est mis dans des tubes à essais et placés à l'obscurité pendant 48 heures. La densité optique (DO) de la totalité des surnageant obtenus est mesurée à 470 nm et 645 nm et 663 nm (spectrophotomètre Perkin Elmer Lambda 5 U.V).

La mesure de la chlorophylle est calculée selon la méthode de **FRANCIS et al., (1970)** :

- Chl(a) (mg /g MF) =  $12.6 * \text{DO}_{663} - 2.59 * \text{DO}_{645} * V / (1000 * W)$

- Chl(b) (mg /g MF) =  $22.9 * \text{DO}_{645} - 4.68 * \text{DO}_{663} * V / (1000 * W)$

- Chl(c) (mg /g MF) =  $1000 * \text{DO}_{470} - [1.82 \text{ Chl a} - 85.02 \text{ Chl b}] / 15$

**V**: volume de solution extraite.

**W**: poids de la matière fraîche de l'échantillon.

## 114. Paramètres biochimiques

### 11-4-1. Dosage de la proline

La méthode utilisée est celle de **TROLL et LINDSLEY, (1955)**, améliorée et citée par **DREIER et GARING (1974)**.

Cette technique consiste à prendre 100 mg de matière végétale sur le tiers médian de l'avant dernière feuille puis ajouter 2 ml de méthanol à 40 %. Le mélange est chauffé au bain-Marie à 85 °C pendant 60 mn. Après refroidissement, 1 ml d'extrait est prélevé auquel il faut ajouter :

- 1 ml d'acide acétique ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ),
- 25 mg de ninhydrine ( $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$ ),
- 1 ml de mélange contenant :
  - 120 ml d'eau distillée.
  - 300 ml d'acide acétique.
  - 80 ml d'acide ortho-phosphorique ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $d=1.7$ ).

Le mélange est porté à ébullition pendant 30 minutes où la solution devient rougeâtre. 5 ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée. Deux phases se séparent, on laisse refroidir et après avoir déshydraté la phase supérieure par l'ajout d'une spatule de sulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhydre), la densité optique (DO) est mesurée à 528 nm en utilisant le spectrophotomètre. Les valeurs obtenues sont converties grâce à la courbe étalon construit à partir d'échantillon contenant des quantités de proline connues. La lecture de la densité optique des échantillons avec la spectrométrie à la longueur d'onde de 528 nm. La détermination de la teneur en proline est réalisée selon la formule :

$$\text{Proline (mg/g MF)} = \text{DO}_{528} \times 0.62.$$

#### 11-4-2. Dosage des sucres solubles

Nous avons procédé au dosage des sucres solubles dans les feuilles des plantules selon la méthode de **DUBOIS, (1956)**. La méthode de l'extraction des sucres solubles est comme suit :

- Mettre 100 mg de matière fraîche végétale (feuilles) dans des tubes à essai puis ajouter 2ml d'éthanol à 80%. Laisser les tubes fermés au repos pendant 48h.
- Faire évaporer l'alcool en mettant les tubes à essai dans un bain Marie à  $70 \pm 4^\circ\text{C}$ .
- Après refroidissement, on ajoute 20 ml d'eau distillée dans chaque tube à essai.
- Prendre 1 ml de la solution et ajouter 1 ml de phénol à 5% et bien agiter.
- Ajouter 5 ml d'acide sulfurique concentré, dans chaque tube à essai puis les passer au vortex. Laisser reposer pendant 10 mn puis les passer au bain marie pendant 15mn à  $30^\circ\text{C}$ .
- Procéder à la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 490 nm.

La détermination de la teneur en sucres solubles est réalisée selon la formule :

$$\text{Sucres solubles } (\mu\text{g/g MS}) = \text{DO}_{(490)} \times 1.657.$$

#### 12- Analyse statistique

Tous les essais réalisés ont été répétés trois fois (stade germinatif répétés quatre fois), (mesures des paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques en relation avec la tolérance à la sécheresse et à la salinité). Les résultats, présentés sous forme d'histogrammes, rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes et leurs écart-types. Il se fait à l'aide de logiciel EXSEL 2007.

**RESULTATS ET DISCUSSION**

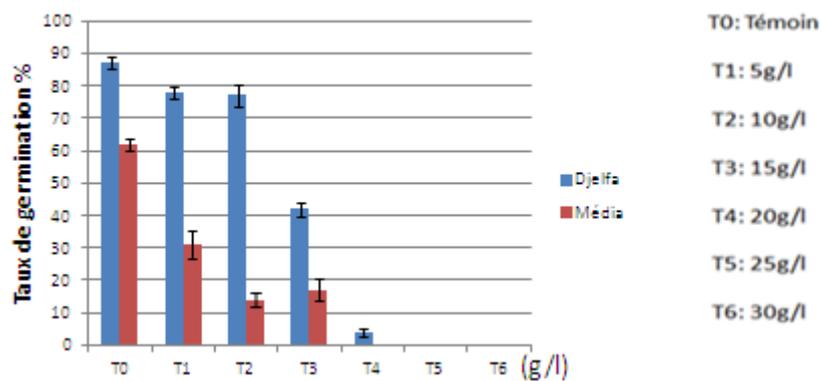
**1. EFFET DU STRESS SALIN SUR DES PLANTULES DU PISTACHIER**

Dans ce chapitre nous allons exposer les résultats et la discussion sur l'effet des différentes concentrations en sel sur la germination et la croissance du pistachier.

**1-1-Taux de germination**

La figure 23 montre l'effet des différentes concentrations en NaCl sur la germination de deux de provenance de graines (Ain Oussara et Ouzera). Les taux de germination minimum fixés par les graines provenant de Ouzera au ils tolérant un seuil de 5 g/l de NaCl, les graines provenant de Ain Oussara représentant un seuil de 10 jusqu'à 15 de NaCl.

Nous constatons pour la provenance de Ain Oussara que les plantules ayant des taux les plus élevés sont enregistrés chez les graines témoins et celles traitées à 5g/l et 10 g/l en Na Cl (T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub>) elles enregistrent respectivement un taux de 87 ; 78 et 77 %. Pour les graines provenance de Ouzera le témoin enregistre le taux le moins élevé par rapport au graine provenant de Ain Oussara avec 62 %. Le traitement (T<sub>1</sub>) enregistré un taux de 31% pour la provenance de Ouzera .Le traitement (T<sub>2</sub>) enregistré un taux de 14% pour la provenance de Ouzera .Quant au le traitement T<sub>3</sub> (15g/l de Na Cl) on enregistre un taux de 42% pour les graines de la provenance de Ain Ossara et 17% pour celles provenant de Ouzera.



**Figure 23 :** Taux de germination des graines de *Pistacia atlantica*

Les concentrations de 20 et 25g/l de la solution saline du Na Cl ont présenté les taux de germination les plus faibles avec 4 % pour le traitement T<sub>4</sub> (20 g/l) pour la provenance de Ain Oussara, notons que la germination est complètement bloqué à 20 ; 25 et 30 g/l de Na Cl

pour les graines provenant de Ouzera. Les graines de la provenance de Ain Oussara bloquent leurs germination à 25 et 30 g/l.

L'analyse de la variance à un seul critère de classification montre une différence très hautement significative des différentes concentrations en NaCl sur la germination de la provenance de Ain Oussara : ( $p= 0.00$ ) (**Annexe 1**)

Concernant les graines provenant de Ouzera, le taux de germination est le plus faible avec l'augmentation de la concentration en NaCl .Pour le traitement T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> et T<sub>6</sub> de NaCl la germination est complètement inhibée. Les graines de provenance de Djelfa montrent un taux de germination diminue significativement avec l'augmentation de la concentration en Na Cl. La germination est complètement bloqué pour les graines ayant subies un traitement T<sub>5</sub> (25 g/l) et T<sub>6</sub> (30 g/l).

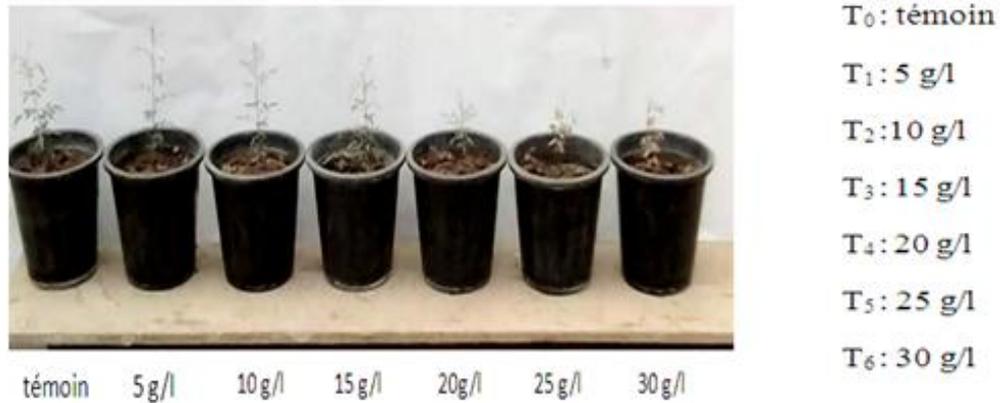
A partir de l'analyse de la variance, un seul critère de classification montre une différence très hautement significative des différentes concentrations en NaCl sur la germination de la provenance de Ouzera : ( $p= 0.00$ ) (**Annexe 2**).

Nos résultats s'accordant avec ceux de **NDOUR et DANTHU, (2000)**. En effet, ces auteurs montrent que la germination des graines de l'*Acacia tortilis raddiana* est moins perturbée par la salinité. En revanche, **KHAN et al., (2002)** constatent que les concentrations croissantes en sel inhibent progressivement la germination des graines de *Salsola iberica* et peu de graines germent en présence de 100 mM de NaCl. Ainsi **BOULGHALAGH et al., (2006)**, 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.

## **1-2- Paramètres morphologiques**

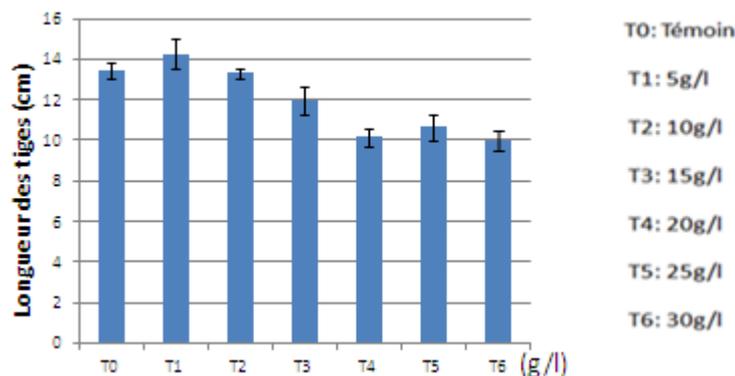
### **1-2-1- Longueur de la tige**

Les résultats obtenus montrent que les différentes concentrations de NaCl dans le milieu ont un effet sur la croissance en longueur des tiges chez *Pistacia atlantica* (**fig.24**).



**Figure 24 :** Comparaison de la longueur des tiges en fonction des traitements.

Ces résultats sont confirmés par l’analyse de la variance à un seul critère de classification qui montre une différence très hautement significative entre les moyennes de la longueur des tiges pour les différents traitements : (p=0,00) (**Annexe 3**)



**Figure 25:** Longueur des tiges en fonction des traitements.

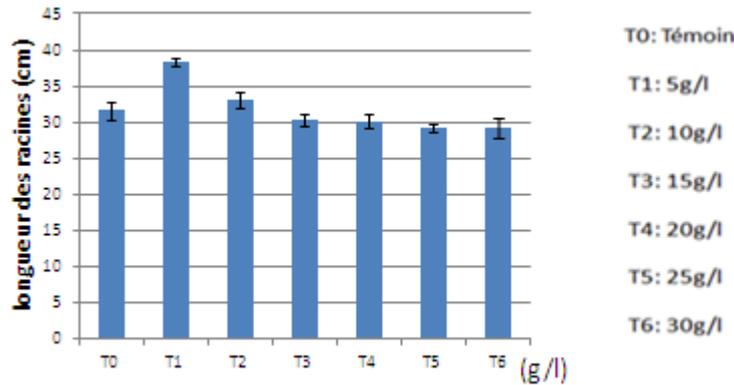
Les hauteurs les plus importantes sont obtenus chez les plantules témoins et celles traitées par 5 ; 10 et 15 g/l de NaCl. Les valeurs enregistrées sont 14.26 ; 13.33 et 12 cm respectivement .Une diminution de la longueur de la tige est observée dès que la concentration en NaCl dépassé 5 g/l, pour le traitement T<sub>4</sub> (20g/l) suivi de traitement T<sub>5</sub> (25 g/l) où la longueur moyenne et plus faible avec 10.16 et 10.66 cm respectivement, elle continue diminuer jusqu'à 10.03 cm pour le traitement T<sub>6</sub> (30 g/l) (**fig.25**).

Nos résultats sont en accords avec ceux de **LEMZERI, (2006)**, où il signale que l’augmentation de la salinité induit une diminution de la croissance de la partie aérienne

notamment d'*Acacia cyanophylla* et d'*Eucalyptus gomphocephala*. Ainsi, (BENMAHIOUL et al., 2009) signalent que la présence de NaCl dans le milieu de culture entraîne chez le pistachier fruitier, une diminution significative de la longueur de la tige, résultats similaires à ceux obtenus lors de notre expérimentation.

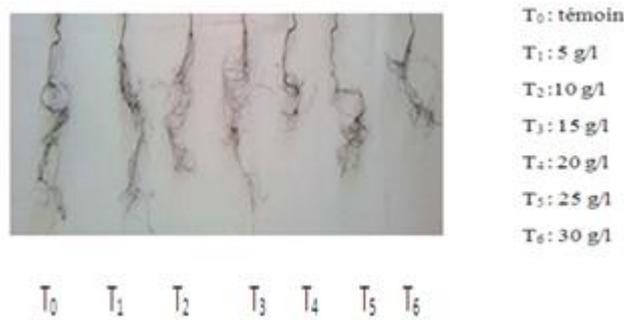
**1-2-2- Longueur de la racine**

Les résultats obtenus montrent que le stress salin induit par les différents traitements de NaCl n'influe pas que sur la croissance en longueur de la partie aérienne mais également celle de la partie souterraine (figures 27). L'analyse de la variance à un critère de classification confirme ces résultats en montrant une différence très hautement significative entre les moyennes de la longueur des racines chez le *Pistacia atlantica* (p=0.00) (Annexe 4).



**Figure 26:** Longueur des racines (cm) en fonction des traitements.

L'allongement le plus important de la racine est enregistré au niveau de traitement T<sub>1</sub> (5 g/l) avec 38.33 cm. Le témoin (T<sub>0</sub>) enregistré la valeur moyenne de 31.66 cm. Nous constatons que les traitements T<sub>2</sub> (10g/l), T<sub>3</sub> (15 g/l), T<sub>4</sub> (20 g/l) et T<sub>5</sub> (25 g/l) enregistrent des longueurs de la racine principale moyenne respectivement de 33.16 ; 30.33 ; 30.1 et 29.2 cm. Le traitement T<sub>6</sub> (20g/l) induit une faible augmentation de la longueur de la racine par rapport aux précédentes concentrations avec une valeur voisine de 29.23 cm (Fig. 26).

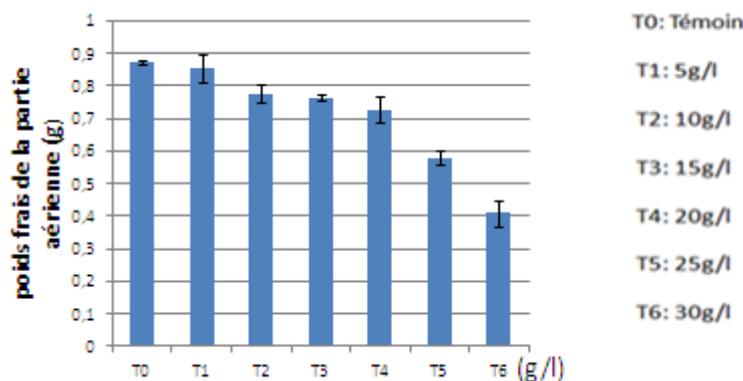


**Figure 27:** Longueur des racines en fonction des traitements.

Nos résultats s'accordent avec les travaux de **ARAUJO et al., (2006)** qui ont étudié l'effet du NaCl sur *Atriplex numularia* où ils signalent une modification induite par la salinité sur la longueur des racines.

**1-2-3-Biomasse fraîche de la partie aérienne**

Le poids frais de la partie aérienne (tiges + feuilles) est caractérisé par une grande influence des différentes concentrations salines ( $p=0.00$ ), ceci explique qu'il y'a une réduction très hautement significative de la production de la matière fraîche aérienne en fonction d'augmentation des concentrations en NaCl (**Annexe 5**).



**Figure 28 :** Biomasse fraîche de la partie aérienne

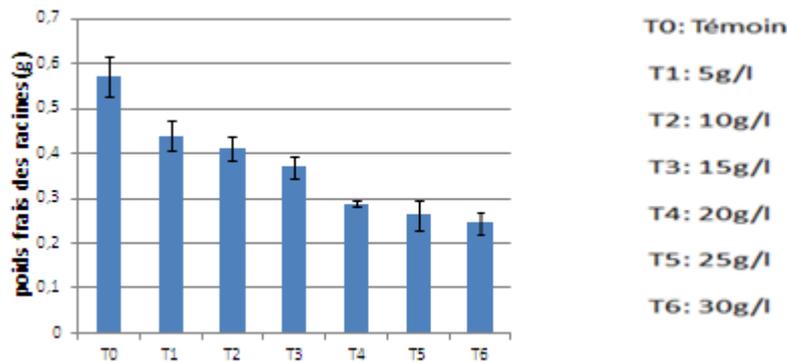
Nous relevons que les plantules témoins présentent le poids le plus élevé avec une valeur estimée à 0.8725g. En revanche, les plantules arrosées avec les solutions salines élaborent moins de matière fraîche ainsi la valeur enregistrée chez les plantules arrosées à 30 g/l est estimée à 0.4088g (**fig.28**).

Les plantules subissant un stress à 5g/l et 10g/l enregistrent des valeurs voisines avec respectivement 0.8543 et 0.7765g. Les plantules stressées à 20 et 25 g/l de NaCl enregistrent des valeurs qui diminuent progressivement avec l'augmentation de la concentration saline où nous enregistrons 0.7261 et 0.4088 g/l respectivement.

Nos résultats s'accordent avec Les travaux de **THORNTON *et al.*, (1988)** ont montré également que les poids de la matière fraîche sont réduits à partir de 7,5 mM de *NaCl*.

#### **1-2-4-Biomasse fraîche de la partie souterraine**

La figure 29, illustre les résultats concernant le poids frais de la partie souterraine. Les plantules arrosées avec l'eau (T<sub>0</sub>) présentent la valeur la plus élevée avec 0.5722g. Les plantules arrosées par la solution saline à 5 g/l ; 10 g/l et 15 g/l présentent des poids frais moyens respectivement de 0.4391 ; 0.4103 et 0.3691 g. Chez les plantules traitées à l'NaCl de 20 ; 25 et 30g/l de NaCl enregistrent des valeurs voisines avec diminution marquée de 0.2884 ; 0.2623 ; 0.245 g. respectivement.



**Figure 29** : Poids frais (g) des racines

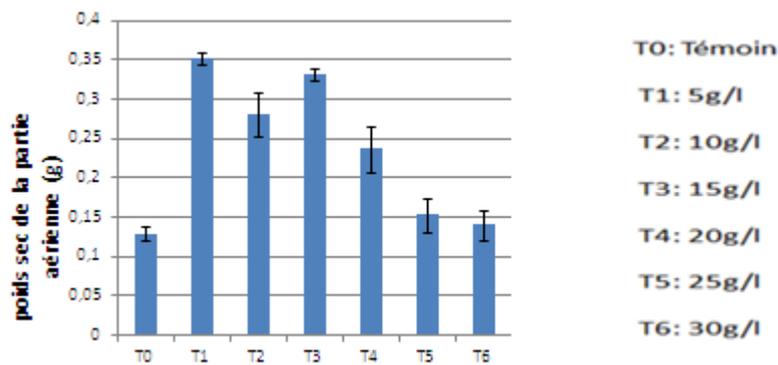
L'analyse de la variance au seuil de 5% révèle que chez les plantules, le traitement salin a un impact très hautement significatif sur la production de la matière sèche du système racinaire. Ceci est vérifié par les probabilités calculées ( $P=0,000$ ) (**Annexe 6**).

Nos résultat corroborant avec ceux de (**BENMAHIOUL *et al.*, 2008**) , Afin d'étudier la tolérance à la salinité chez le pistachier fruitier (*Pistacia vera* L.), des embryons isolés issues de graines matures ont été cultivés *in vitro* et soumis durant 30 jours à différentes concentrations salines: 0 ; 42,8 ; 85,5 ; 171,1 et 256,6 mM de NaCl. L'estimation de la

croissance des vitro semis (la production des biomasses totales des matières fraîches racinaires) a décelé des différences significatives pour les différentes concentrations du sel testées.

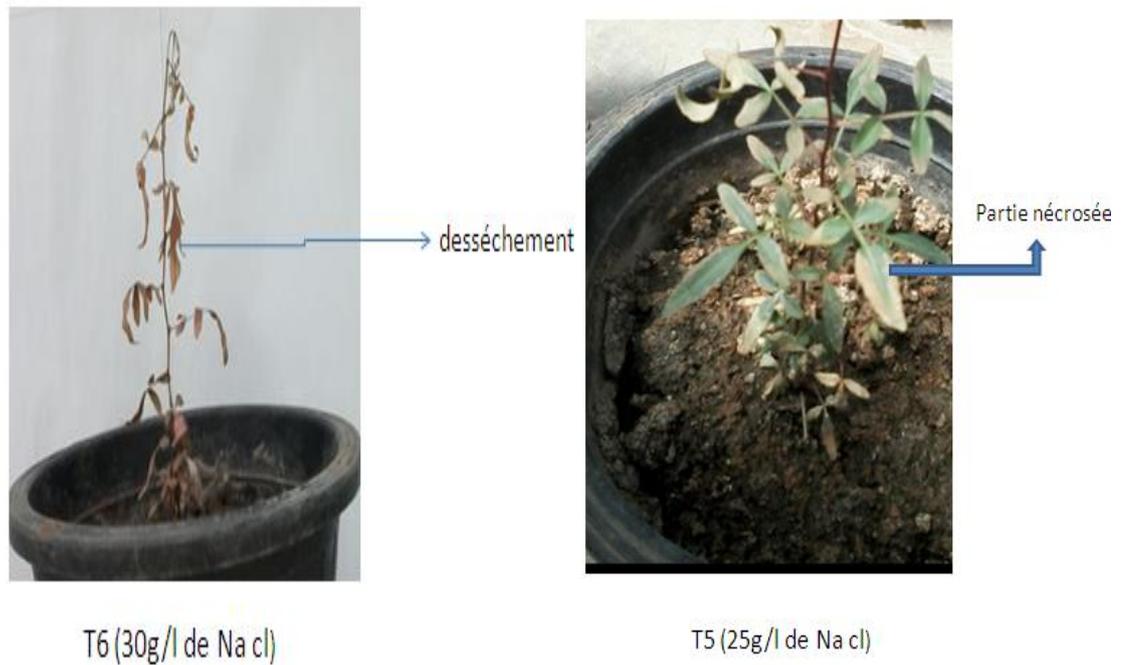
**1-2-5- Biomasse sèche de la partie aérienne**

Le poids sec de la partie aérienne (tiges + feuilles) montrent une grande influence des différentes concentrations salines ( $p=0.00$ ), ceci explique qu'il y'a une augmentation très hautement significative de la production de la matière sèche aérienne (figure 31). Cette constatation est observée chez les plantules ayant subi un stress à 5g/l et 15 g/l (**Annexe 7**).



**Figure 30 :** Biomasse sèche de la partie aérienne.

Le traitement des résultats représentés par la figure 30 montre que, les plantules témoins présentent le poids le plus faible avec une valeur estimée à 0.1294 g. En revanche, les plantules arrosées avec les solutions salines élaborent plus de matière sèche. La valeur enregistrée chez les plantules arrosées à 5g/l est estimée à 0.3525g.

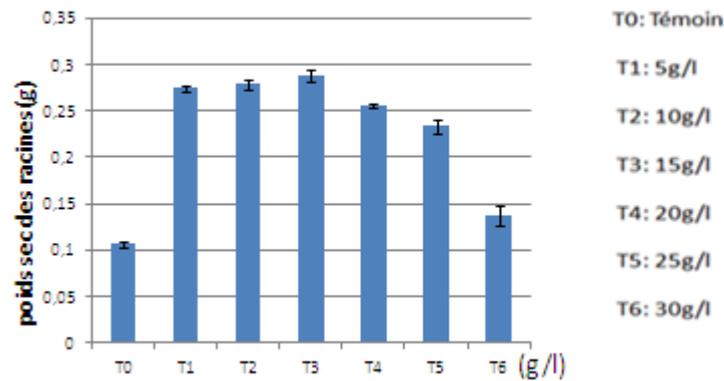


**Figure 31 :** Dessèchement des plantules de *Pistacia atlantica*

Nos résultats s'accordent avec ceux de **EPRON et al., (1999)**, qui soulignent que la biomasse sèche des tiges des plants de chêne (*Quercus robur* L.) est affectée en présence de NaCl en solution nutritive de 22% de réduction du poids sec aérien à 50 mM .

**1-2-6-Biomasse sèche de la partie souterraine**

La figure 32, illustre les résultats concernant le poids sec de la partie souterraine. Les plantules arrosées par la solution saline à 15 g/l présentent un poids plus élevé avec 0.2892g .Les plantules témoins enregistrent la valeur la plus faible estimée à 0.1062 g. Chez les lots de plantules traitées par 10 ; 20 et 25 g/l de NaCl nous avons enregistré des valeurs moyennes avec respectivement 0.279 ; 0.2558 et 0.2337. Le poids sec continue de diminuer, jusqu'à arriver à 0.1378g chez les plantules stressées par 30 g/l (T<sub>6</sub>).



**Figure 32:** Poids sec (g) des racines

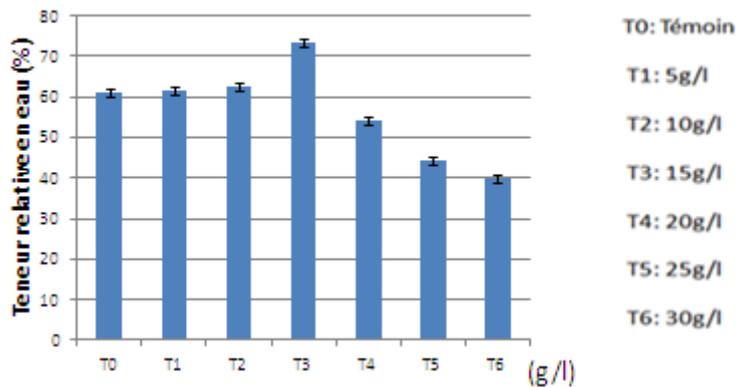
L'analyse de la variance au seuil de 5% révèle que, le stress salin a un impact très hautement significative sur la production de la matière sèche du système racinaire. Ceci est vérifié par les probabilités calculées ( $P=0,00$ ) (**Annexe 8**).

Les résultats obtenus par les plantes alimentées par les eaux salines est en réduction continue avec l'augmentation de la concentration de NaCl qui sont confirmés par les travaux de **BEN LAAZIZI et al., (2007)** où nos résultats sont similaires. L'inhibition par le sel concerne la production de matière sèche des racines et des parties aériennes. **BLANC, (1987)**, indique que la conséquence la plus immédiate d'une concentration saline est une lésion des racines suivies du flétrissement de la plante, confrontée à une difficulté d'absorption hydrominérale.

### 1-3- Paramètres physiologiques

#### 1-3-1- Teneur Relative en Eau (TRE) ou Relative Water Content (RWC)

La figure 33, illustre les résultats concernant la teneur relative en eau des feuilles. Les plantes arrosées par la solution saline à 15 g/l provoque une augmentation de la teneur relative en eau avec 73.52 % par rapport au plantules témoins qui enregistré la valeur de 61.19 % .Les plantules traitées par 30 g/l de NaCl enregistré la valeurs la plus faible avec 40.05 %.



**Figure 33** : Teneur Relative en Eau (RWC en %) des feuilles

Ce résultat est confirmé par l'analyse de la variance à un seul critère de classification montre que une différence hautement significative entre les moyennes de (TRE) ( $p = 0,005$ ) (**Annexe 9**).

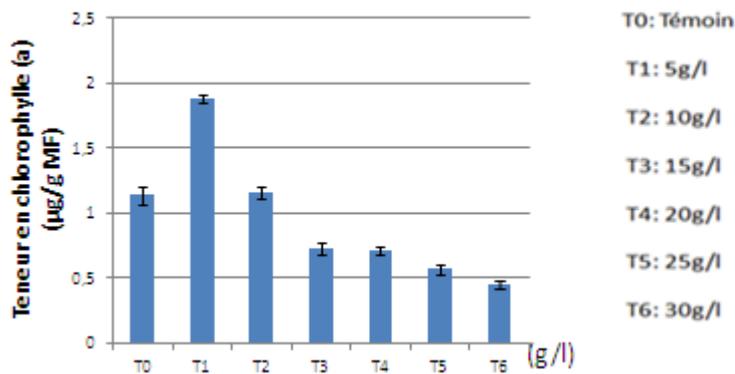
Ces résultats corroborent avec les travaux de recherche sur le pistachier (*pistacia atlantica*) de **KADDOUR HOCINE, 2008**. Les travaux de recherche de **SOUALMI, (2008)** in **MOUFFAK, (2008)**, ont démontré que l'accroissement de la salinité aboutit à une baisse de la (TRE) et cause des changements biochimiques grâce à l'ajustement osmotique. Cette recherche est confirmée par **TEMAGOULT, (2009)** qui ont effectué des travaux similaires et ont obtenu les mêmes résultats sur le tournosol (*Heliathus annus L.*).

**1-3-2-Teneur en chlorophylle**

Les résultats obtenus montrent que le stress salin influe sur la moyenne de la teneur en chlorophylles (a), (b) et (c) chez le pistachier de l'Atlas (Figures 34, 35 et 36).

**1-3-2-1-Chlorophylle (a)**

La moyenne la plus élevée de la teneur en chlorophylle (a) est enregistrée pour le traitement T<sub>1</sub> (5 g/l) avec 1.882µg/g MF (Figure 34). Les plantules témoins enregistrent 1.136 µg/g MF. Les plantules traitées à 10 ; 15 et 20g/l de NaCl présentent des moyennes de teneurs en chlorophylle (a) moins élevées. Avec respectivement 1.0856 ; 0.7246 et 0.7066 µg/g MF. Au-delà, de cette concentration ce paramètre subit une diminution pour les plantules traitées par 25 et 30 g/l avec respectivement 0.5666 et 0.446 µg/g MF.

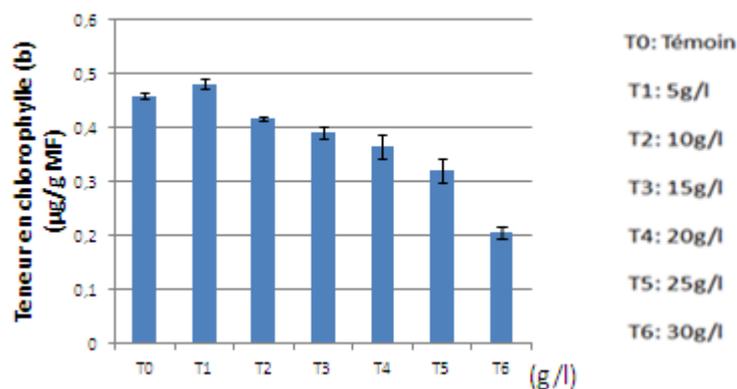


**Figure 34 :** Teneur en chlorophylles (a).

Le stress salin induit de grandes variations de la teneur en chlorophylle (a). L’analyse de la variance à un critère de classification confirme ces résultats et montre qu’il y a une différence très hautement significative ( $p= 0.000$ ) (**Annexe 10**).

**1-3-2-2-Chlorophylle (b)**

Les moyennes les plus élevées de la teneur en chlorophylle (b) est enregistrée chez les plantules traitées à (5 g/l) (T<sub>1</sub>) une valeur maximale de 0.4816 µg/g MF et le témoin avec la valeur de 0.4586 µg/g MF, suivis de 0.4163 ; 0.392 ; 0,3656 et 32.13 µg/g MF respectivement avec 10 ; 15 ; 20 et 25g/l. La valeur minimale est enregistrée chez les plantules de traitement T<sub>6</sub> (30g/l) avec en moyenne de 0,206 µg/g MF (**Fig.35**).

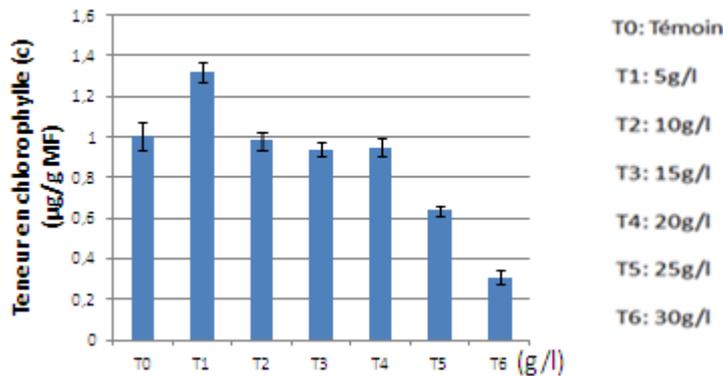


**Figure 35 :** Teneur en chlorophylles (b).

Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la variance au seuil de 5%, qui montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les moyennes de la chlorophylle (b) ( $P = 0,00$ ) (**Annexe 11**).

**1-3-2-3- Chlorophylle (c)**

La moyenne la plus élevée de la teneur en chlorophylle (c) est enregistrée chez le traitement (T<sub>1</sub>) avec 1.321 µg/g MF (Figure 36). Les plantules traitées à 10 ; 15 et 20 g/l enregistrent des moyennes de teneur en chlorophylle (c) oscillent entre 0.9836 ; 0.9393 et 0.9513 µg/g MF. Le témoin enregistre la valeur de 1.003 µg/g MF. Au-delà, de cette concentration, ce paramètre subit une diminution pour les plantules traitées par 25 et 30 g/l avec respectivement 0,638 et 0.31 µg/g MF.



**Figure 36 :** Teneur en chlorophylles (c).

L'analyse de la variance à un critère de classification montre une différence très hautement significative de moyenne ( $P=0,00$ ) pour la teneur en chlorophylle (c) (**Annexe 12**).

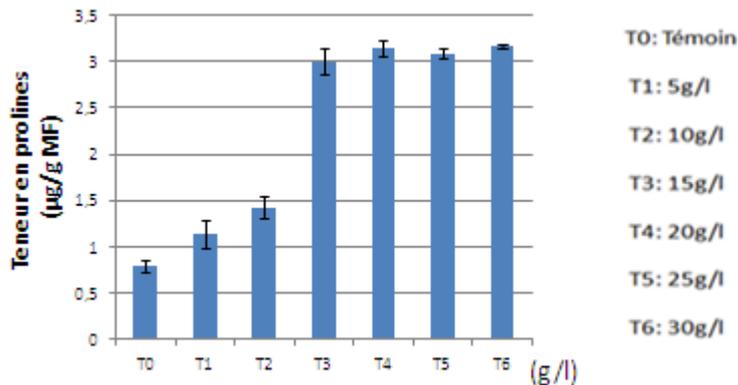
Ces résultats sont conformes avec plusieurs études réalisées sur différentes plantes (**EL JAAFARI, 2000**). En condition de stress salin, il s'avère le contenu de la chlorophylle diminue considérablement chez les plants spontanées *d'Arabidopsis thaliana* en comparaison avec les plants mutants (**MITSUYA et al., 2006**).

**1-4-Paramètres biochimiques**

**1-4-1- Teneur en proline**

La figure 37 montre que Chez le *Pistacia atlantica*, l'accumulation de la proline, dans les feuilles augmente progressivement avec l'intensité du stress salin. La teneur en proline

s'élève à 3.0916 et 3.1683  $\mu\text{g/gMF}$  pour la concentration de 25 et 30g/l de NaCl respectivement comparé au témoin et au traitement T<sub>1</sub> (5 g/l) qui enregistrent des valeurs plus faibles de l'ordre de 0.7916 et 1.1386  $\mu\text{g/gMF}$  (**fig.37**)



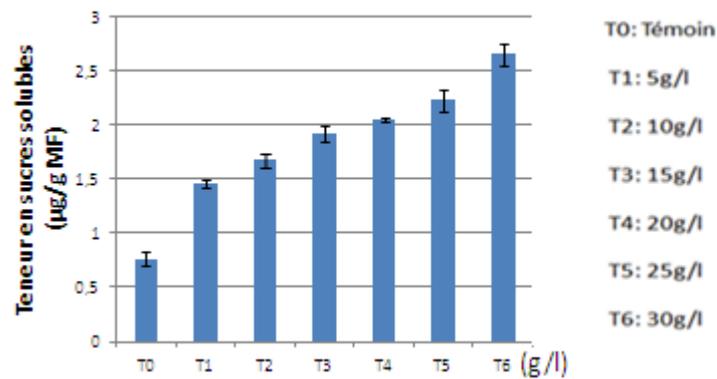
**Figure 37 :** Teneur en proline dans les feuilles des plantules.

L'analyse de la variance à un seul critère de classification montre une différence très hautement significative pour le facteur traitement ( $p=0.00$ ) (**Annexe 13**).

**BOUCHOUKH, (2010)** signale lui aussi que l'accumulation de la proline chez les épinards est variable selon les variétés. Elle augmente en fonction de la concentration de NaCl dans le milieu.

**1-4-2-Teneur en sucres solubles**

La figure 38 montre les variations des teneurs en sucres solubles analysées dans les feuilles des plantules de *Pistacia atlantica Desf.*, ils augmentent progressivement et s'accumulent beaucoup plus chez les plantules stressées à 30 g/l (2.6563  $\mu\text{g/g MF}$ ) comparés au témoin qui enregistrée la valeur la plus faible avec 0.7643  $\mu\text{g/gMF}$ . Pour le dosage de 20 g/l, la teneur en sucres augment jusqu'à (2.0473  $\mu\text{g/g MS}$ ), puis à (2.2636  $\mu\text{g/g MS}$ ) pour les plantules stressées à 25g/l. Le sucre continue à augmenter lorsque la concentration s'élève et arrive à (30 g/l).



**Figure 38 :** Teneur en sucres solubles dans les feuilles des plantules. .

Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la variance à un seul critère de classification qui montre une différence très hautement significative entre les moyennes de la teneur en sucres solubles pour les différents traitements : ( $p = 0,00$ ) (**Annexe 14**).

Nos résultats s'accordant aux travaux sur l'accumulation des sucres totaux solubles est observée chez *Vigna unguiculata* L. Walp, comparée à l'espèce *Vigna radiata* L. Wilczek, où le contenu cellulaire en sucres et en saccharoses est réduit sous stress salin au NaCl **Abed Elhaleem et al., (2007) in Mouffak, (2008)**.

## 2. EFFET DU STRESS HYDRIQUE SUR LES PLANTULES DE PISTACHIER DE L'ATLAS

### 2-1-Paramètre morphologique

#### 2-1-1- Longueur de la tige

L'observation de la figure 39 montre que l'effet d'arrêt d'arrosage pendant 21 jours sur la croissance de la tige et de la racine des plantules de *Pistacia atlantica* est très marqué.

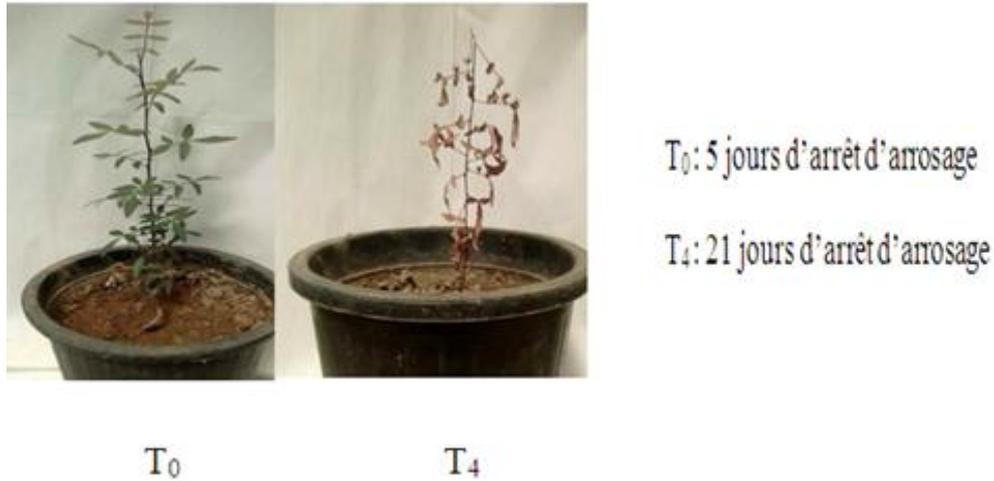


Figure 39: comparaison de la longueur de la tige des plantules stressées avec le témoin.

D'après les résultats (figure 40), nous constatons que le premier niveau de stress (5 jours) ont induit une augmentation de la longueur de la tige avec (14.13 cm) comparé aux témoins (11.1 cm). Par contre, le deuxième ; le troisième et le quatrième niveau de stress (10 ; 15 et 20 jours) ont provoqué une diminution de la longueur de la tige avec (10.36 ; 10.16 et 7.76 cm) comparés aux témoins (11.76 ; 13.5 et 19.33 cm)

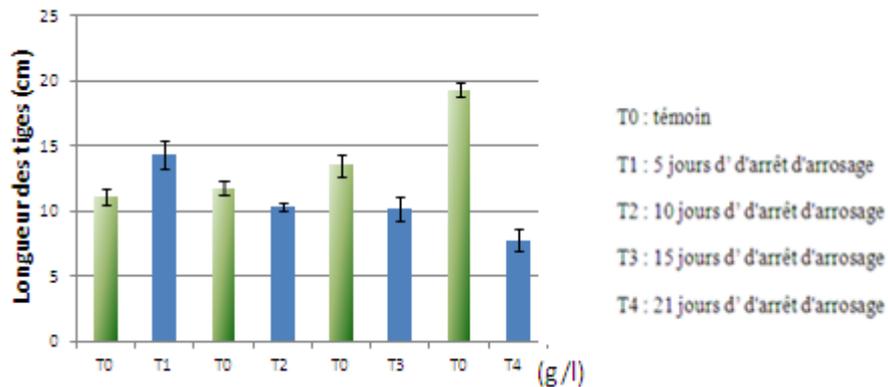


Figure 40 : Effet du stress hydrique sur la longueur de la tige (cm).

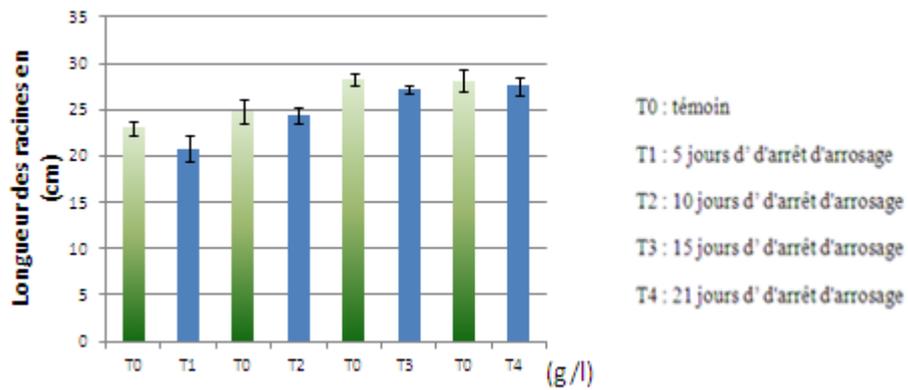
Le traitement des résultats par le test statistique à l'aide de l'analyse de la variance au seuil de 5% révèle que chez les plantules, le stress hydrique a provoqué un effet très hautement significative ( $P = 0,00$ ) sur la longueur des tiges (**Annexe 15**).

Nos résultats corroborent avec plusieurs travaux montrant que l'application d'un stress hydrique sévère réduit la croissance en hauteur par rapport au témoin de (63%) chez *Pinus caribaea* et de (65%) chez *Pinus occarpa* (TESHA, 1971), de 35% chez *Quercus ilex* et de 26% chez *Fagus sylvatica* (VAN HEES, 1997). aussi Selon THAKUR et RAI, (1982) le

déficit en eau entraîne un retard dans la croissance du végétal, il se traduit par une réduction de la hauteur de la tige.

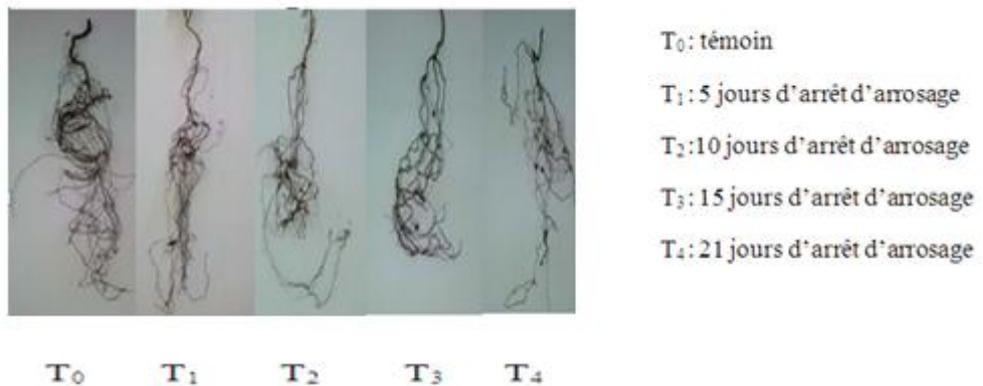
**2-1-2- Longueur de la racine**

D'après les résultats (figure 41), Nous constatons que le premier et le deuxième niveau de stress (5 jours et 10 jours ) ont induit une faible augmentation de la longueur des racines avec (20.8 et 24.4cm) comparée aux témoins (23 et 24.83cm). Par contre, le troisième et le quatrième niveau de stress (15 et 20 jours) ont provoqué une augmentation plus forte de la longueur des racines avec (27.16 et 27.56 cm) par rapport aux témoins (27.3 et 28.13 cm).



**Figure 41:** Effet de stress hydrique sur la longueur de racine (cm).

L'augmentation de la durée d'arrêt d'arrosage incite à l'élongation de la racine principale pour le traitement le plus sévère de 21 jours (T<sub>4</sub>) (**fig.42**).



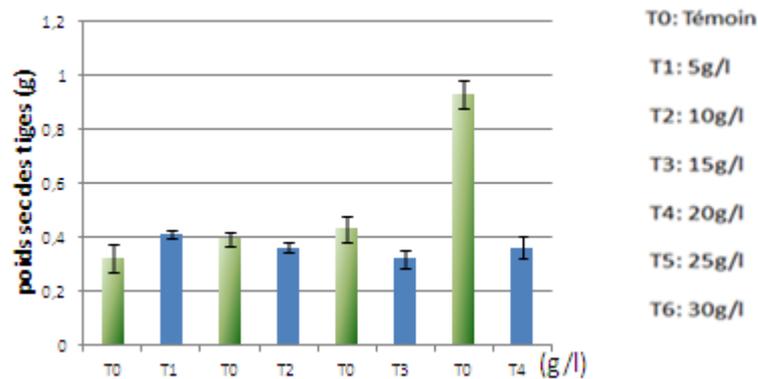
**Figure 42 :** Comparaison des racines de plantule de pistachier selon les traitements.

L'analyse de la variance à un critère de classification confirme ces résultats et montre une différence très hautement significative entre les moyennes de la longueur des racines chez l'espèce *Pistacia atlantica* ( $P = 0,000$ ) (**Annexe 16**).

Nos résultats s'accordent avec **MATSUURA et al., (1996)** qui rapportent que sous un stress hydrique la longueur totale de la racine diminue chez le maïs et augmente chez le millet et le sorgho. Ils estiment ainsi qu'il existe une relation positive entre la longueur de la racine et la tolérance à la sécheresse.

**2-1-3- Poids sec de la partie aérienne**

D'après la figure (43), Nous remarquons que le premier niveau de stress hydrique appliqué de 5 jours induit une augmentation de poids sec des tiges avec 0.4123 g par rapport aux plantules témoins où nous enregistrons 0.3568 g. Les autres niveaux à savoir 10, 15 et 20 jours ont induit une diminution de poids sec de la partie aérienne avec respectivement (0.3638 ; 0.3229 et 0.3627 g) par rapport aux témoins.



**Figure 43 :** Effet de stress hydrique sur le poids sec des tiges (g).

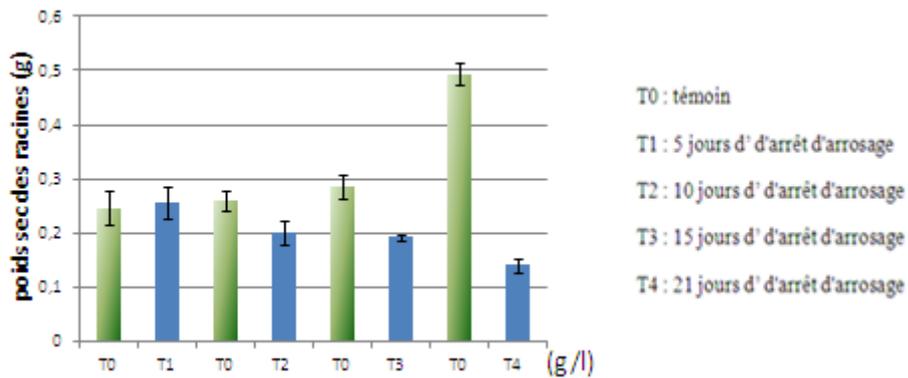
L'analyse de la variance au seuil de 5% révèle que chez les plantules, le stress hydrique a provoqué un effet très hautement significative ( $P = 0,0017$ ) sur le poids sec des tiges (**Annexe 17**).

Nos résultats s'accordent à ceux de (**Anonyme, 2000**). La diminution du poids sec des tiges est attribuée à notre avis à une diminution du nombre de ramifications chez les plantes stressées, ceci a déjà été observé chez la luzerne annuelle par **SIKHENE, (1984)**. De plus

MAURIÉS, (2003) signale également la diminution du poids sec et du taux de croissance des feuilles de luzerne en condition de stress hydrique.

**2-1-4- Poids sec de la partie souterraine**

La figure 48, illustre les résultats moyens du poids sec de la partie souterraine. Plus la durée de stress est élevée et plus le poids sec des racines diminue. Le stress hydrique appliqué provoque donc une diminution de poids sec des racines des plantules stressées par rapport aux plantules témoins. Nous remarquons que les plantules stressées pendant 10 jours induisent une diminution du poids sec de l'ordre de 0.2022 g par rapport au témoin où nous enregistrons 0.2604 g. par contre nous remarquons que les plantules ayant eu une application d'arrêt d'arrosage plus longue de 21 jours a induit une diminution du poids sec qui est de 0.1409 g comparé au témoin avec 0.4935 g.



**Figure 44 :** Effet de stress hydrique sur le poids sec des racines (g).

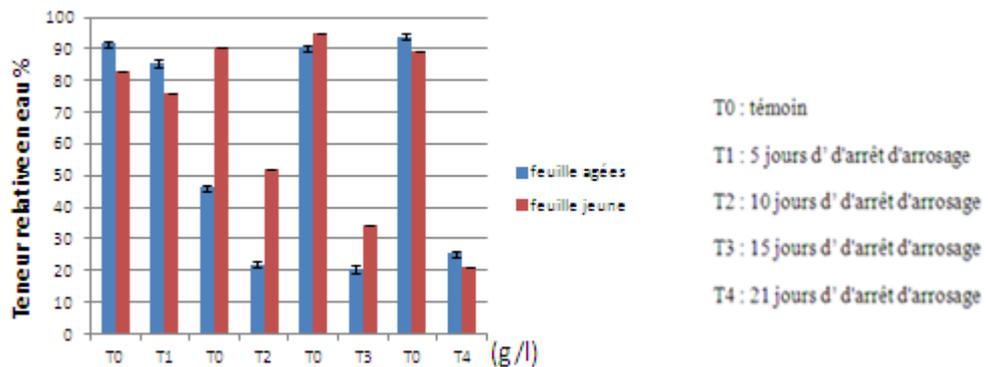
Ceci est confirmé par l'analyse de la variance au seuil de 5% qui révèle que l'effet de stress hydrique sur le poids sec de la racine est très hautement significative (P=0.00) (Annexe 18).

le manque d'eau affecte la distribution de la biomasse chez les plantes stressées (LEDIG, 1981), liée à la complémentarité des fonctions de croissance des parties racinaires et aériennes (MONROY-ATA et al., 1988).

**2-2-Paramètres physiologiques**

**2-2-1-Teneur Relative en Eau (TRE) ou Relative Water Content (RWC)**

L'élévation de la durée de stress hydrique provoque une diminution de la teneur relative en eau par rapport aux plantules témoins (**fig.45**). On remarque que le premier niveau de stress hydrique appliqué de 5 jours provoque une diminution de la teneur relative en eau des feuilles âgées beaucoup plus que les feuilles jeunes avec respectivement 85.52 et 76.20% comparés aux plantules témoins des feuilles âgées et jeunes ou nous enregistrons 91.61 et 82.97 % respectivement. Le deuxième et le troisième niveau de stress de 10 et 15 jours induisent une diminution de la teneur relative en eau. Le quatrième niveau de stress induit une diminution de la teneur relative en eau des jeunes feuilles comparées aux feuilles âgées avec 34.32 et 20.84 % respectivement. Les feuilles des plantules témoins enregistrent des teneurs en eau plus importantes que celles des plantules stressées avec 91.61 (feuilles âgées) et 82.97 % (feuille jeunes).



**Figure 45 : Teneur Relative en Eau (%) des feuilles**

Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la variance à deux critères de classification qui montre une différence très hautement significative entre les moyennes de la teneur relative en eau des feuilles âgées pour les différents niveaux de stress : (p= 0.00)(**Annexe 19**). Une différence hautement significative entre les moyennes de la teneur relative en eau des feuilles jeunes pour les différents niveaux de stress : (p= 0.001). ont été observés (**Annexe 20**).

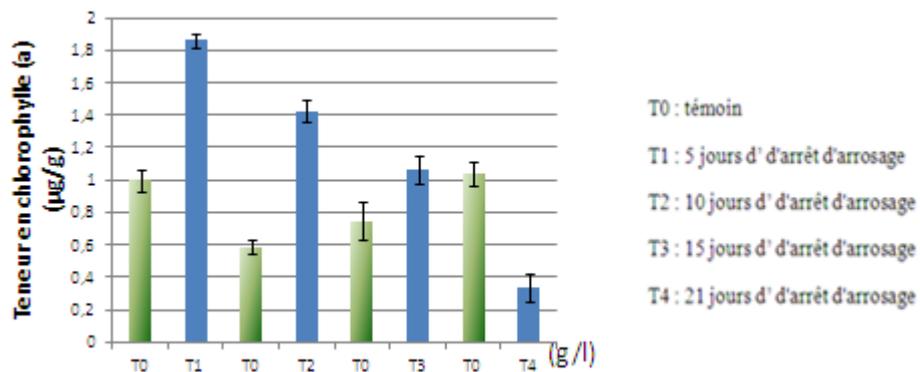
Certaines études précédentes (ALTINKUT *et al.*, (2001), COLOM et VAZZANA, 2003) ont montré que le maintien d'une TRE relativement élevée en période de stress légère est un indicatif de tolérance à la sécheresse. Le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes, particulièrement en région arides et semi arides. Il induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau, et une réduction significative de la production de biomasse totale (ALBOUCHI *et al.*, 2000). L'analyse de la teneur relative en eau permet de décrire d'une manière globale, le statut hydrique en réponse au stress hydrique, et d'évaluer l'aptitude à réaliser une bonne osmorégulation, en maintenant une turgescence cellulaire (EL JAAFARI *et al.*, 2000).

### 2-2-2- Teneur en chlorophylle

Les résultats obtenus montrent que le stress salin influe sur la moyenne de la teneur en Chlorophylles (a), (b) et (c) chez le pistachier de l'Atlas (Figure 43 ; 44 et 45).

#### 2-2-2-1- Chlorophylle (a)

On remarque que les trois niveaux de stress (5 jours ; 10 jours et 15 jours) provoquent une augmentation de la teneur en chlorophylle (a) avec (0.861 ; 1.426 ; 1.064  $\mu\text{g/g}$  MF) par rapport aux témoins (0.998 ; 0.5876 et 0.749  $\mu\text{g/g}$  MF) respectivement. Le quatrième niveau de stress (21 jours) induit une diminution de la teneur en chlorophylle (a) avec 1.339  $\mu\text{g/g}$  MF par rapport au témoin qui enregistre (1.039  $\mu\text{g/g}$  MF) (fig. 46).

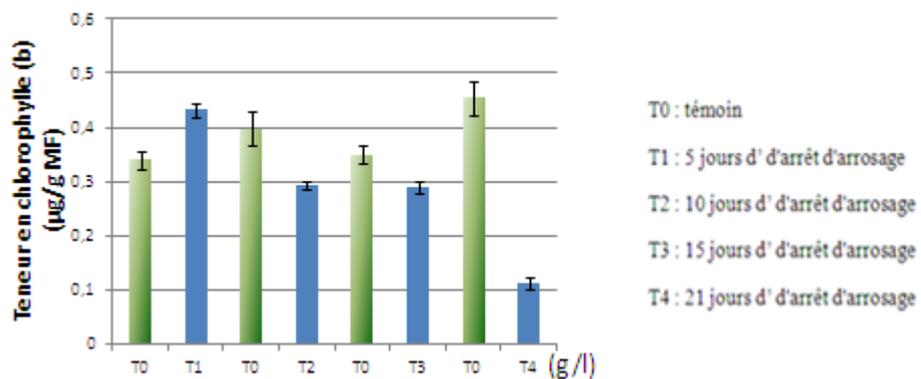


**Figure 46:** Effet de stress hydrique sur la teneur en chlorophylle (a)  $\mu\text{g/g}$  MF.

L'analyse de la variance au seuil de 5 % montre qu'il y'a une différence très hautement significative entre les moyennes de la teneur en chlorophylle (a) ( $p= 0,00$ ) (Annexe 21).

**2-2-2-2- Teneur en chlorophylle (b)**

D’après la figure (47) on remarque que le premier niveau de stress de 5 jours provoque une augmentation de la teneur en chlorophylle (b) avec 0.432 µg/g MF par rapport au témoins (0.34 µg/g MF) .Le deuxième niveau de stress de 10 jours induit une diminution de la teneur en chlorophylle (b) de 0.293 µg/g MF par rapport au témoin qui enregistre 0.397µg/g MF et le troisième et le quatrième niveau de stress (15 et 20 jours ) induit une diminution de la teneur en chlorophylle (b) avec (0.289 et 0.112 µg/g MF) par rapport au plantules témoins avec respectivement (0.3493 et 0.4553 µg/g MF) .

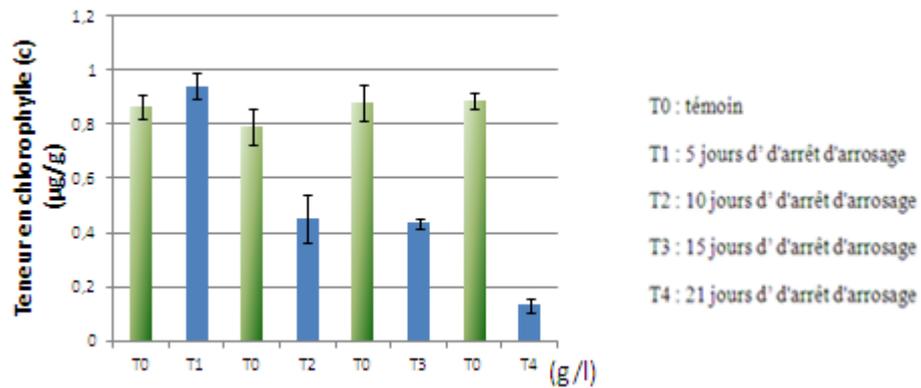


**Figure 47:** Effet de stress hydrique sur la teneur en chlorophylle (b) µg/g MF.

Ce résultat est confirmé par l’analyse de la variance à un seul critère de classification qui montre une différence très hautement significative entre les moyennes de chlorophylle (b) (P = 0,00) (Annexe 22).

**2-2-2-3- Teneur en chlorophylle (c)**

D’après la figure (48) on remarque que le premier niveau de stress (5 jours) provoque une augmentation de la teneur en chlorophylle (c) avec (0.9433 µg/g MF) par rapport aux témoins (0.866 µg/g MF) .le deuxième et le troisième niveau de stress de 10 et 15 jours induit une diminution de la teneur en chlorophylle (c) de 0.453 et 0.4336 µg/g MF par rapport au témoin qui enregistre 0.7903 et 0.8816 µg/g MF. Le quatrième niveau de stress ( 20 jours) induit une diminution de la teneur en chlorophylle (c) avec 0.1306 µg/g MF par rapport aux plantules témoins avec respectivement (0.888 µg/g MF).



**Figure 48:** Effet de stress hydrique sur la teneur en chlorophylle (c) µg/g MF.

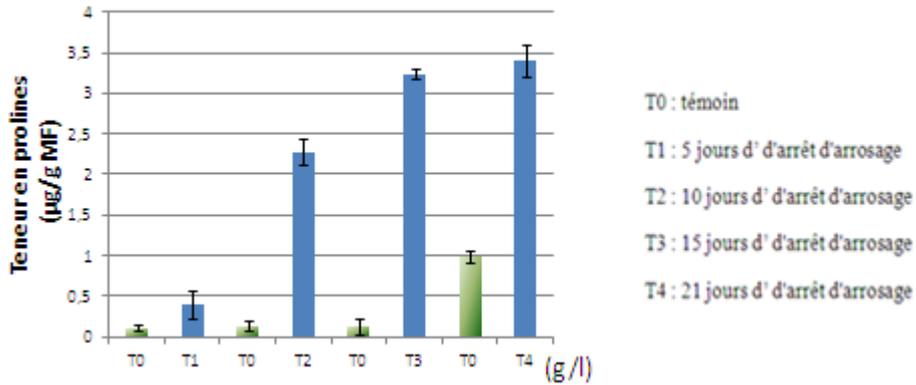
L'analyse de la variance à un critère de classification confirme ces résultats et montre une différence très hautement significative entre les moyennes de chlorophylle (c) d'un traitement à l'autre (P= 0.00) (**Annexe 23**).

D'après les résultats de chlorophylle (a),(b) et (c) la quantité de la chlorophylle des feuilles peut être influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, la position des feuilles et les facteurs environnementaux ( lumière , température et la disponibilité en eau) (**HIKOSAKA et al., 2006**). La chute des teneurs en chlorophylles est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO<sub>2</sub> atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (**BOUSBA et al., 2009**).

### 2-3-Paramètres biochimiques

#### 2-3-1-Teneur en proline

Les résultats illustrés dans la figure 49 montrent que la teneur en proline augmente en fonction de la sévérité du stress hydrique. Les teneurs chez les plantules témoins sont toujours faibles par rapport à celles enregistrées chez les plantules stressées. La valeur de la teneur en proline la plus élevée est enregistrée chez les plantules stressées durant 21 jours avec une teneur en proline de 3.41 µg/g MF.



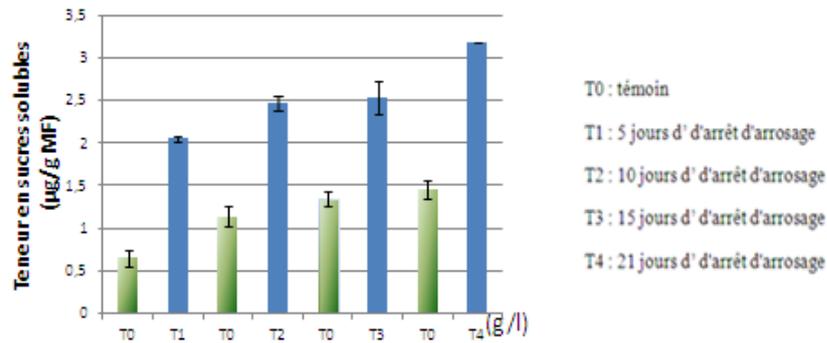
**Figure 49 :** Teneur en proline dans les organes du pistachier de l’Atlas.

L’analyse de la variance à un seul critère de classification montre que Cet acide aminé augmente très hautement significative dans les feuilles ( $p = 0.00$ ) (**Annexe 24**).

Ce résultat est confirmé par **BELKHODJA et BIDAI, 2007** qui montrent que l’accumulation de la proline augmente significativement avec l’augmentation de la concentration de la salinité. Selon **MONNEVEUX, (1989)**, cette augmentation de la proline est une forme d’ajustement du potentiel osmotique. L’une des causes de l’accumulation de la proline serait aussi une protéolyse membranaire, la proline pourrait s’accumuler suite à une perturbation du métabolisme des protéines (**BEZZALA, 2005**).

**2-3-2-Teneur en sucres solubles**

L’accumulation des sucres solubles dans les feuilles du *Pistacia atlantica* augmente progressivement en fonction des périodes d’arrêt d’arrosage appliquées (Figure 50). Après 21 jours d’arrêt d’arrosage, l’accumulation des sucres totaux avoisine les 3.17 µg/g MS, elle est plus élevée comparées à l’accumulation au niveau des plantules témoins avec 1.449 µg/g MS.



**Figure 50:** Teneur en sucres solubles dans les feuilles des plantules de pistachier.

L'analyse de variance à un seul critère de classification confirme ces résultats et montre une différence très hautement significative entre les moyennes de l'accumulation des sucres solubles selon les périodes de stress ( $P = 0.00$ ) (**Annexe 25**).

Nos résultats s'accordent à ceux de **CORTES et SINCLAIR, (1987)** ont attribué l'augmentation des sucres solubles à une dégradation des réserves amylopectines suite à leur conversion rapide en saccharose, fait qui pourrait aussi être attribué à une inhibition de la synthèse de l'amidon. Donc, le stress hydrique altère la compartimentation en faveur de la synthèse du saccharose, de l'amidon puisqu'ils ont enregistré, simultanément, une diminution de l'amidon et une accumulation de sucres solubles dans les tissus stressés (**BOUCHELAGHEM, 2012**).

## Conclusion

Au terme de cette étude, nous pouvons conclure que les stress abiotiques constituent un facteur limitant la germination, la croissance et la tolérance des plantules de *Pistacia atlantica* Desf.

Cette étude a porté sur la réponse morphologique, physiologique et biochimique des plantules de *Pistacia atlantica* Desf., soumises au stress salin (NaCl) et stress hydrique avec l'arrêt d'arrosage.

Pour cela, nous avons déterminé de façon préliminaire les principales caractéristiques de la germination des graines et du développement des plantules de pistachier de l'Atlas pour les deux provenances (Ouzera et Ain Oussara).

Les résultats de l'étude de la contrainte saline au stade germinatif ont montré une variabilité intraspécifique au niveau du taux de germination des provenances étudiées vis-à-vis du sel. En effet, le génotype en provenance de (Ain Oussara, Djelfa) est plus tolérant comparativement au génotype provenant de (Ouzera, Médea).

Le témoin meilleur taux de germination enregistré les plantules provenant de Ain Oussara avec 87% par rapport à celles d'Ouzera avec 62%. Cette variabilité concerne en premier temps la croissance et le développement estimés par la mesure de quelques paramètres biométriques, celle-ci étant complétée par le dosage de chlorophylle et proline et sucre soluble.

Le pistachier de l'Atlas a montré une grande résistance à la salinité manifestée par la croissance en longueur des racines beaucoup plus que les tiges avec une meilleure croissance enregistrée de 35.66 cm (T<sub>5</sub>) et 13.43 cm (T<sub>0</sub>) respectivement.

Le développement de l'appareil végétatif aérien et racinaire est important, avec une augmentation de la biomasse sèche aérienne et racinaire avec 0.3391 g (T<sub>5</sub>) et 0.2492 g (T<sub>3</sub>) respectivement. L'augmentation de la biomasse fraîche aérienne et racinaire est de 0.9059 g (T<sub>0</sub>) et 0.4388 g (T<sub>0</sub>) respectivement.

Lors de notre expérimentation, les résultats obtenus dénotent que l'application des concentrations croissantes de la solution saline (NaCl), influent d'une manière positive sur l'augmentation de la teneur relative en eau (TRE) des plantules du pistachier de l'Atlas au

cours de les 4 premiers traitements ( $T_0$  jusqu'à  $T_3$ ). La moyenne la plus élevée est enregistrée pour le traitement  $T_3$  avec 80.13 %. A partir du traitement  $T_4$  l'intensification du taux de salinité (25 et 30g/l) s'accompagne par une diminution de la teneur relative en eau dans les tissus foliaires.

La proline a été significativement accumulée en fonction du stress salin. La meilleure accumulation de la proline et sucres solubles a été enregistrée pour le traitement ( $T_4$ ) avec 3.1683 $\mu$ g/l MF et ( $T_3$ ) avec 2.6449  $\mu$ g/l MF, il s'agit d'osmoticums dont l'accumulation cytoplasmique permet de neutraliser les effets ioniques et osmotiques de l'accumulation du sel dans la vacuole.

Au cours de stress salin, la teneur en chlorophylles diminue significativement en raison des perturbations causées au niveau des chloroplastes. Il s'agit de trois types de chlorophylles (a ,b et c) dont la meilleure teneur a été enregistrée pour la chlorophylle (c) avec 1.882 $\mu$ g/l MF pour le traitement ( $T_1$ ) par rapport aux chlorophylles ( b et c ) estimées à 0.4483  $\mu$ g/l MF ( $T_2$ ) et 1  $\mu$ g/l MF ( $T_0$ ) respectivement. Ce qui confirme que chaque type de chlorophylle fonctionne de manière différente en fonction du stress.

Pour conclure, le pistachier de l'Atlas est parmi les espèces qui résistent à la salinité et qui peuvent valoriser les sols chargés en sels, ainsi que les sols pauvres et dégradés. C'est le cas de plusieurs régions arides et semi arides de l'Algérie où le problème de salinité est important.

La concentration de 5g/l de sel provoque une stimulation de la croissance chez le pistachier de l'Atlas avec des valeurs similaires aux témoins et parfois supérieures, ce qui reflète la caractéristique halophyte de l'espèce.

Le sel devient de plus en plus nocif jusqu'à atteindre la toxicité à la concentration de 25 et 30 g/l où les plantules se nécrosent, se dessèchent et meurent.

Le stress hydrique est un problème dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, qui affecte la croissance et le développement des plantes. Plusieurs mécanismes rendent compte de la capacité de survie à la sécheresse. Le pistachier de l'Atlas a montré une grande résistance au déficit hydrique manifesté par le développement d'un appareil végétatif moins important.

D'après nos résultats, l'effet d'arrêt d'arrosage durant 21 jours a engendré un flétrissement important des plantules (Température sous serre de 40°C).

Une stimulation de la longueur des racines des plantules *Pistacia atlantica*. à chaque fois que la durée de la contrainte hydrique s'allonge, elles peuvent atteindre jusqu'à 28.13 cm

(T<sub>0</sub>) de quatrième niveau de stress par contre la faible valeur a été enregistrée pour le traitement (T<sub>1</sub>) du premier niveau de stress avec 20.8 cm durant 21 jours d'arrêt d'arrosage.

Par contre la partie aérienne (longueur des tiges) a induit une diminution de la croissance en parallèle avec l'augmentation de la durée de contrainte hydrique. La meilleure croissance a été enregistrée au niveau du traitement (T<sub>0</sub>) du quatrième niveau de stress avec 17.33 cm. La plus faible valeur est obtenue au niveau du traitement (T<sub>3</sub>) du troisième niveau de stress avec 10.33 cm. Nous pouvons déduire que le *Pistacia atlantica* a une grande capacité d'adaptation aux contraintes hydriques.

Une production de la biomasse sèche aérienne et souterraine des plantules *Pistacia atlantica* augmente, elle peut atteindre jusqu'à (0,8778 et 0.4935 g) pour le témoin de 21 jours. La production ayant présentée une biomasse sèche aérienne et souterraine faibles est enregistrée chez les plantules stressées au bout d'un arrêt d'arrosage de 10 jours avec 0.2804 g.

La teneur relative en eau (TRE) est moins élevée par rapport au témoin au cours de 5 et 15 jours d'arrêt d'arrosage, la meilleure teneur en eau enregistrée chez les feuilles âgées avec 93.88 % comparée aux feuilles jeunes avec 89.55%. Ceci confirme que le stress hydrique attaque d'abord les jeunes feuilles fragiles et tendres provoquant la fermeture stomatique qui conduit la diminution de la photosynthèse. Ce résultat explique la diminution progressive de la teneur en chlorophylles au période de stress.

La teneur en proline a été accumulée en fonction du stress hydrique, la plus forte teneur enregistrée est observée au bout de 21 jours avec 3.41 µg/l MF. Cette constatation met en évidence le caractère halophyte de l'espèce qui exprime sa capacité de synthétiser et accumuler la proline. Nos résultats montrent que l'accumulation de la proline au niveau des feuilles est plus élevée.

Il apparaît donc que l'accumulation des sucres solubles dans les feuilles est progressive en fonction des périodes d'arrêt d'arrosage appliquées. La meilleure accumulation est enregistrée chez les plantules témoins de quatrième niveau (21 jours) de stress avec 3.17µg/l MF.

Le taux de chlorophylles varie d'un type à une autre, il est estimé à 1.09µg/l pour le deuxième niveau de stress hydrique (10 jours).

Au terme de cette étude, nous pouvons conclure que les deux stress hydrique et salin constituent un facteur limitant de croissance et de tolérance des plantules de *Pistacia atlantica* Desf. Ceci est reflété par les changements physiologiques, morphologiques et biochimiques qui se sont produits lors de l'expérimentation.

Ces résultats sont préliminaires et méritent d'être approfondies en poursuivis.

### **Perspectives**

Il est important de préserver le pistachier de l'Atlas, de le sauvegarder et de le valoriser. Sa réhabilitation et sa conservation sont nécessaires pour contribuer au développement durable des zones arides.

Il est intéressant de prospecter les possibilités de sélection de certaines populations pour une meilleure adaptation au stress salin et hydrique. Il serait aussi intéressant d'utiliser des techniques basées sur la description du comportement, l'analyse génétique des caractères et la recherche des marqueurs moléculaires pour une amélioration de la tolérance au stress abiotiques.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**AIT RADI A., 1979**-*Multiplication par voie végétative et par semis de Pistacia atlantica Desf. et d'Alianthus altissima*. Thèse Ing d'état INA Alger. 40P.

**ALET R., 1979** -Influence de différentes concentrations de sels (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>) des eaux d'irrigation de l'agriculture sur le rendement du haricot. Thèse Ing, INA, EL Harrach ,43p.

**AUBERT, G. 1983**-Observation sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou salsodiques. Cah. ORSTOM Ser. Péd., Vol. XX N°1, pp73-78.

**ACEVEDO E., CONESA A-P., MONNEVEUX P. and SRIVASTAVA J-P., 1989**- Physiology breeding of winter cereals for stressed mediterranean environments, INRA *Stat.Bioclimatologie*, pp.50-66.

**MENDES GASPAS A., 1997**-La multiplication sur Pistachier. *Option méditerranéenne Amélioration d'espèces à fruits à coques noyer, Pistachier série B : Etudes et recherches N°16. Pp 121-132.*

**ANONYME, 1999**-Délimitation des zones à vocation pistachier au Maroc .Bulletin de liaison du programme national de transfert de technologie en agriculture (Maroc).

**ALBOUCHI A., SEBEI H., MEZNI M. Y. & EL AOUNI M. H., 2000**-Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'*Acacia cyanophylla*. *Annales de l'INRGREF. 4* : 138-61p.

**ALEM C., AMRI A., 2005**- Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la

**ALETA N., NINOTA A., ROUSKAS D., ZAKINTHINOS G., AVANZATO D. et ARAUJO, H.M., CARNEIRO, K., FONTENELE, M.R., NEGREIROS, E.M., BIER, E. 2006**-Delayed effect of a maternal BMP on establishment of the embryonic dorsal-ventral axis. *Dev. Biol.* **295(1)**: 427.

**ASLAM, M., KHAN, I. A., SALEEM, M. AND ALI, Z., 2006**-Assessment of water stress tolerance in different maize accessions at germination and early growth stage. *Pak. J. Bot.*, **38(5)** : 1571- 1579.

**BOUDY P., 1955**-*Économie forestière nord-africaine. Tome IV : Description forestière de l'Algérie*. Ed. Larose, Paris, 483 P.

**BROUSSE G., 1974**-Etude bibliographique sur la culture du pistachier polycopie.I.N.A El Harrach. 40P.

- BLANC D., 1987-** Les cultures hors sol, 2eme, Ed. INRA, Paris. 409p.
- BEKHOUCHE H, 1992 :** Etude de la germination de quelques lignées de pois chiche, soumis à la salinité .Croissance anatomie des racines. Mémoire D.E. S, Biol. Vég, Université d'Oran.
- BENZAHI Y., 1994 :** Contribution à l'étude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigué sous palmeraie. Mém., Ing., INFS/AS, Ouargla, 111p.
- BEN SALEM M., BOUSSE H. et SLAMA A., 1997-**Évaluation de la résistance à la contrainte hydrique et calorique d'une collection de blé dur : recherche de paramètres précoces de sélection. *Sixièmes Journées scientifiques du réseau Biotech.-Génie Génétique des plantes, Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche (AUPELF / U R E F). Orsay. REV.Sécheresse ,VOL ( 2),Pp.75- 83.*
- BAJJI M., 1999-**Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés in vitro. Thèse de Doc, faculté des sciences, université catholique de louvain.
- BELHADJ S., 1999-**Les pistacheraies algériennes. : Etat actuel et dégradation. *Chiers Options MED. Vol (56).XL GREMPA meeting on Pistachios and Almonds Sanliurfa (Turquie) Pp.107-109.*
- BEN NACEUR M., GHARBI M-S.et PAUL R., 1999-**L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en tunisien en matière de céréales. *REV.Sécheresse 1999, VOL (10), Pp 27-33.*
- BABA AISSA F., 2000-**Encyclopédie des plantes utiles : Flore d'Algérie et du MaghrEDAS, 217p.
- BAJJI M., LUTTS S. and KINET J-M., 2001-**Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *REV.Plant Sci.VOL (160), Pp.669 - 681.*
- BELHADJ S., 2001-**Les pistacheraies algériennes : Etat actuel et dégradation. *Option méditerranéennes XI<sup>ème</sup> colloque du GREMPA sur les pistachiers et l'amandier. VOL (56), Pp.107-109.*
- BELHADJ S., 2003-**Les pistacheraies Algériennes : Etat actuel et dégradation. Centre Universitaire de Djelfa, Pp.107-109.
- BENHASSAINI H.et BELKHODJA M., 2004-**Le pistachier de l'atlas en Algérie entre la survie et disparition.*REV la feuille et l'aiguille, VOL (54), Pp.1-2.*

- BEZZALLA A. 2005.** Essai d'introduction de l'arganier (*arganiaspinosa* (L.) Skeels) dans
- BROSSE J., 2005-***Larousse des arbres : dictionnaire des arbres et des arbustes.* Ed. Larousse, 576 P.
- BELKHODJA M. and Y. BIDAI, 2007.** Analyse de la proline pour l'étude de la résistance d'une halophyte (*Atriplex halimus* (L.)) à la salinité. [http://www.tela\\_botanica.org/page:atriplex\\_halimus\\_salinite](http://www.tela_botanica.org/page:atriplex_halimus_salinite) 8p.
- BELHADJ S., DERRIDJ A., AUDA Y., GERS C. et GAUQUELIN T., 2008-**Analyse de la variabilité morphologique chez huit populations spontanées de *pistacia atlantica* en Algérie. *REV. Presse scientifique du CNRC Canada, VOL (86), Pp.520-532.*
- BENMAHIOUL, B., DAGUIN, F. ET KAID-HARCHE, M. (2008).** Effet du stress salin sur la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*Pistacia vera* L.). Université « Abou Bekr Bel KAÏD », Tlemcen, Algérie. *Comptes rendus Biologie. Agronomie.* Vol. 331, issue 2, pp. 164-170.
- BENMAHIOUL B., DAGUIN F., et 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.
- BEN ABDERRAHMANE M., BENALI M., AOUISSAT H. et JORDAN BUESO M-J., 2009-**Activité antimicrobienne des huiles essentielles de *pistacia atlantica* Desf. De l'Algérie. *Phytothérapie 2009, VOL (7), Pp.304-308.*
- BENABDALLAH F-Z, 2012-***Etude morphologique des feuilles et des fruits du pistachier de l'atlas (pistacia atlantica Desf.) et valorisation des huiles essentielles des feuilles et des l'léorésine.* Thèse Mag, BISKRA.76p.
- BENARAD A., HASNAOUI O., BOUCHERIT H., MEDERBAL K., BAGHDADI D. et AIBOUT F., 2012-**Efficacité de la technique de Mise en défens sur la préservation des plantes d'intérêt médicinales dans la région de Naâma: Cas de la station de Zaboudja – Tiout. *REV. PhytoChem&BioSub Journal, Vol 6 (1), ISSN 2170-1768, Pp.39-52.*
- BELKHODJA Y-K., 2014-***Contribution à la description anatomique des phytomères chez le genre pistacia de la wilaya de Tlemcen,* Mémoire, Univ BOU BEKR BELKAID, Tlemcen, 35p.
- BENARADJ A-K., BOUCHERIT H., BOUAZZA M. et HASNAOUI O., 2015-**Ethnobotanique du pistachier de l'atlas (*Pistacia atlantica*) auprès la population de Béchar (Algérie occidentale). *REV. Journal of Advanced Research in Science and Technology, VOL(1)2, Pp.139-146.*

**CARTER D.I., 1975.** ;Problems of salinity in agriculture. Plants in Saline Environnements. Springer-Verlag Berlin. pp. 25-35.

cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51, 463-499.

**CORTES P.M. and SINCLAIR T.R. (1987).** Osmotic potential and starch accumulation in leaves of field-grown soybean. Published in *Crop Sci.*, 27, 80-84.

**CORNIC G., GOUALLEC J-L., BRIANTAIS J-M.and HODGESs M., 1989-**Effect of dehydration and high light on photosynthesis of two c3 plants (phaseolus vulgaris l. And elatostema repens (lour.) Hall (f.). *REV Planta, VOL (177), Pp. 84-90.*

**CHABA B., CHRAA O.et KHICHANE M., 1991-**Germination, morphogenèse acinaire et rythmes de croissance du pistachier de l'atlas (*pistacia atlantica Desf.*) physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. *Groupe d'étude de l'arbre. Paris, France, Pp465-472.*

**CROWE, J.H., HOEKSTRA, F.A., CROWE, C.M., 1992 -** Anhydrobiosis. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 54, 579–599.

**CORDOVILLA MP, LIGERO F, LLUCH C, 1994.** The effect of salinity on N2 fixation and assimilation in *Vicia faba*. *J Exp Bot* 45(10):1483-1488

**CHEVERRY C., 1995:** Comportement des plantes en milieu salé compte rendu de

**CHAABANE S. et ET BENREDA Z. 1997-** inventaires des sols salés d'Algérie. ANRH Pédologie. 22p.

**CALVET R., 2003:** Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques.

**CHAVES M-M., MAROCO J-P.and Pereira J-S., 2003-**Understanding plant response to drought: from genes to the whole plant. *REV Functional plant biology, VOL(30), Pp.239-264.*

**CHUNYANG L. and KAIYUN W., 2003-**Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus microtheca* F. Muell. populations. *Uni of Helsinki. Finland. Forest Ecology and Management, Pp.377-385.*

**CORWIN, D-L. LESCH, S-M. (2005),** *Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity I*, Survey protocols Computers and Electronics in Agriculture, 46, pp. 103–133.

*Crop Science.* 65: 352-360.

**CURTIS, ALLEN, C., CARDON, G., JESSICA, D. (2006),** *Salt chemistry effects on salinity assessment in the Arkansas River Basin, Colorado*, Colorado Water Resources Research Institute, 49 p.

- CHENNAFI H., SACI A. 2012.** The performance of durum wheat yield (*Triticum durum* Desf.) under tillage effect in semi-arid environment. Science direct. Elsevier. Energy Procedia 18: 879-887
- De Vita P., Di Paolo E., Fecondo G., Di Fonzo N., Pisante M. 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research* (92): 69-78
- CHEBOUTI-MEZIOU N., MERABET A., CHEBOUTI Y., BISSAADI F.Z., BEHIDJ-BENYOUNES N. and DOUMANDJI S., 2014-**Effect of cold and scarification on seeds germination of *pistacia atlantica* L. for rapid multiplication. *REV Pak. J. Bot., VOL 46(2), Pp. 441-446.*
- DUCHUFFOUR P, 1976-** Pédologie. Pédogenèse et classification. Tome 1, Ed. Masson, Paris, 477p.
- DEYSSON G., 1979-***Organisation et classification des plantes vasculaires. In "Cours de botanique générale, quatrième série, tome II. Ed. Société d'enseignement supérieur, Paris, 340p.*
- DURAND J.H., 1983 -** Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imprimerie Boudin, Paris, 339 p. *Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol.60, pp. 324*
- DELGADO M.J., LIGERO F. LLUCH C. 1994.** Effects of salt stress on growth and nitrogen fixation by pea, faba-bean, common bean and soybean plants," *International Soil Biol. Biochem*, vol. 26, pp. 371-376, 1994.
- DEBEZ A, CHAIBI W, BOUZIDE S, 2001 :** Effet du NaCl et de régulations de recherche francophones/ *Agri culture, VOL. 10, NO. 2 : 135-138.*
- DUGO M.V.G., 2002.** Effet du déficit hydrique sur l'état de nutrition azotée chez les graminées fourragères. Thèse *Université de Poitiers (France)*, 189p.
- DREVON J.J ET SIFI B., 2003.** Fixation symbiotique de l'azote et développement durable dans le bassin méditerranéen INRA paris. Les colloques, n° 100.381-388
- DEMARTEAU M., 2005-***Réponse de Cedrus atlantica au changement climatiques passés et futurs. Diplôme de Licence en sciences géologiques, Uni de Liège, France, p2.*
- development division, Rome
- DAHMANI W., 2011-***Etude de la variabilité morphologique du pistachier de l'atlas (pistacia atlantica Desf.) dans les zones steppiques de la région de tiaret. These Mag, Univ d'Oran (faculté des science, département de biologie),Oran, 128p.*
- de Magistère en Sciences agronomique, Université Al HadjLakhadar- Batna, Batna, p.143
- EPRON D., TOUSSAT M.L. and BADOT P.M. (1999).** Effect of sodium chloride salinity on root growth and respiration in oak seedlings. *Ann. For. Sci.* 56: 41-47.

**EL JAAFARI S. (2000).** Durum wheat breeding for abiotic stresses resistance - Defining physiological traits and criteria. *Option méditerranéenne*, N°40, 251 – 256.

**EL MADIDI, B. EL BAROUDI, F. BANI AAMEUR, 2003.** Variation de la tolérance à la salinité chez l'orge pendant la germination et la croissance des plantes. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, vol 23, No 2. P : 2.

**EL-IKLIL, Y., KARROU, M., MRABET, R. et BENICHOU, M. 2002-** Effet du stress salin sur la variation de certains métabolites chez *Lycopersicon esculentum* et *Lycopersicon sheesmanii*. *Can. J. Plant Sci.* 82: 177–183.

**ESSINGTON M.E., 2004:** Soil and water chemistry, an integrative approach. CRC Press, USA.

**EL MIDAOUÏ M, BENBELLA M, AÏT HOUSSA A, IBRIZ M et TALOUIZTE A., 2007.** Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus L.*) *Revue HTE* 136 : 29-34

**FARDEAU J.C. & FROSSARD E., 1991.** Processus de transformation du phosphore dans les sols de l'Afrique de l'Ouest semi-arides: Application au phosphore assimilable. *In* Tiessen H and Frossard E (eds) "Phosphorus cycles in terrestrial and aquatic ecosystems: regional workshop 4: Africa" S. C. o.P.E.IUNEP Nairobi Kenya, pp 18-22.

**FAO. 1998:** guide to efficient plant nutrient management, land and water

**FLEXAS J, MEDRANO H. 2002.** Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: Stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Ann Bot* 89: 183-189.

**FAO, 2003.** Economie de l'agriculture de conservation. Service de la gestion des terres et de la nutrition des plantes. Division de la mise en valeur des terres et des eaux. Rome, Italie 77p.

**F.A.O, 2005:** Annuaire statistique de la FAO

**FENNENE M., IBN TATTOU M., OUYAHYA A. and El OUALIDI J., 2007-** *Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires.* 2<sup>ème</sup> Ed. Institut Scientifique, Rabat, 636 p.

**F.A.O., 2008:** Annuaire statistique de la FAO

**FAROOQ, M., BASRA, S.M.A., WAHID, A., CHEEMA, Z.A., CHEEMAN M.A. AND KHALIQ, A. ; 2008.** Physiological role of exogenously applied glycinebetaine in improving drought tolerance of fine grain aromatic rice (*Oryza sativa L.*). *J. Agron. Crop Sci.*, 194: 325–333

**GUETTOUCHE R., 1990-** *Contribution à l'identification des caractères morpho physiologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (triticum durum desf).* Thèse diplôme d'agronomie approfondie.

**HADJ IBRAHIM., 1993**-Le pistachier vrai, *revue en arabe des études des zones arides et semi aride (ACSAD), Damas (Syrie) ,47P.*

**GEIGENBERGER P., REIMHOLZ R., GEIGER M., MERLO L., CANALE V. and STITT M., 1997**-Resolution of sucrose and starch metabolism in potato tubers in response to short-term Water deficit. *REV Planta. VOL (201), Pp.502 -518.*

**GHAFFARI S-M., SHABAZAZ M.et BEHBOODI B-S., 2003**-Chromosome variation in Pistacia genus. XIIIème réunion de GREMPA sur l'Amandier et le Pistachier. Portugal. Options méditerranéennes, Série A, *Séminaires méditerranéens, VOL (63), Pp.347-354.*

**GHALEM B-R.et BENHASSAINI H., 2007**-Etude des phytostérols et des acides gras de pistachia Atlantica. *REV Afrique SCIENCE, VOL (3)3, Pp.405-412.*

**GOURINE N., BOMBARDA I., YOUSFI M., GAYDOU E. M. and NADJEMI B., 2009**-Seasonal variation of chemical composition and antioxidant activity of essential oil from *Pistacia atlantica Desf. leaves. J. Am. Oil Chem. Soc. , VOL (87), Pp.157–166.*

**HANDA S., HANDA A K., HASEGAWA P.M and BRESSAN R.A., 1986**-Proline accumulation and the adaptation of cultured plant cells to water stress. *REV Plant. phys. VOL (80), Pp.938-945.*

**HSISSOU D., 1994**-*Sélection in vitro et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse.* Thèse doc, Univ catholique de louvain. (Faculté des sciences).

**HARROUNI M.R., ZAHRI S et EL-HAMAID A., 1995**-Transplantation des jeunes plantules d'arganier : effet combiné de techniques culturales et du stress hydrique. Acte du colloque international la forêt face à la désertification « cas des arganeraies ». Faculté de la science, Agadir, Pp.115 - 33.

**HAMDY A., LIETH H., MEZHER Z., 1995**: Halophyte performance under high

**HAMDI A, 1999.** Saline irrigation and management for sustainable use In:

**HOPKINS W.G., 2003.** Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruscelles:476p.

**HAJLAOUI H., DENDEN M., ET BOUSLAMA M., 2006.** Effet du chlorure de sodium sur les critères morpho-physiologiques et productifs du pois chiche (*Cicer arietinum L.*). Ann. INRGREF, 8: 171-187.

**HIKOSAKA, K., ISHIKAWA, K., BORJIGIDAI, A., MULLER, O. and ONODA, Y. 2006.** Temperature acclimation of photosynthesis: Mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. *Journal of Experimental Botany. 57, 291-302.*

**HASSANI, A., DELLAL, A., BELKHODJA, M. ET KAID- HARCHE, M. (2008)** Effet de la Salinite Sur L'eau et Certains Osmolytes Chez L'orge (*Hordeum Vulgare* L) European Journal of Scientific Research. Vol.23, n°1, pp.61-69.

**HADJADJ SOUMIA, DJERROUDI OUIZA ET BISSATI SAMIA, 2011.** Étude comparative des mécanismes biochimiques de tolérance au stress salin de deux espaces d'atriplex: *atriplex halimus* l. et *atriplex canescens*. Annales des Sciences et Technologie Vol. 2, N° 2. P : 3,4.

**ISMAIL, A.M.A., 1990.** Germination ecophysiology in populations of *Zygophyllum qatarense*. Hadidi from contrasting habitats. Effect of temperature, salinity and growth regulators with special reference to fuscococcin. Journal of arid environments, (18) : 185-194.

**INGRAM J., BARTELS D.- 1996** The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 47: 377–403p.

**JEBARA M., EI ARBI-AOUINI M., MHAMDI R. et GHRIR R., 2000**-Effet du sel sur des isolates de *Sinorzobuim Sp.* De Tunisie in Vitro ou en association avec *medicago sp.* *Agricultures, VOL 5(2), Pp.99-102.*

**JUDD W-S., CAMPBELL C-S., KELLOG E-A. et STEVENS P., 2002-** *Botanique systématique.* Ed. De Boeck, 467p.

**JALEEL, C.A. ; GOPI, R. AND PANNEERSELVAM, R. ; 2008.** Growth and photosynthetic pigments responses of two varieties of *Catharanthus roseus* to triadimefon treatment. *Comp. Rend. Biol.*, 331: 272–277

**KHILLIL .A et KHELLAL., 1980**-Possibilité de culture et détermination des zones à vocation pistachier en Algérie. PP.177-185. Institut de recherche sur les fruits et agrumes.*REV.FRULAS. Vol (35)3, Pp.137-202.*

l'ACAD d'ARGRIC De France. Action n° 04. Revu. Bimestrielle. Vol.81 (2) : 42-46.

**KEREN R. (2000),** *Salinity.* In: Sumner M.E. (Ed). Handbook of Soil Science. CRC Press , NY,USA, pp G3-G25.

**KHAN M.A, GUL B et WEBER D.J., 2002.** Seed germination in the Great Basin halophyte *Salsola iberica* .*Can. J. Bot* (80): 650-655.

**KHALES A et BAAZIZ M., 2006 . ;** Etude des peroxydases d'écotypes d'*Opuntia Ficus indica* L en relation avec le développement dans les conditions de stress Salin. Congrès international de Biochimie, Agadir: pp. 133-136.

**KADDOUR H-A., 2008**-Contribution à l'étude du comportement morpho-physiologique et biochimique de *pistacia atlantica* Desf. *Sp. atlantica.*, stress à la salinité. Thèse magé, Univ. Oran Es-senia, Oran, 94p.

**KADDOUR H, (2008)** Contribution à l'étude du comportement morpho-physiologique et biochimique de *Pistacia atlantica* Desf. *sp. atlantica*, stressée à la salinité. Mém. Mag. en physiologie végétale. 72P.

**KARA, Y. ET BELLKHIRI, C.E. ; 2011.** Etude des caractéristiques d'adaptation au déficit hydrique de quelques variétés de blé dur et d'espèces sauvages apparentées : intérêt potentiel de ces variétés pour l'amélioration de la production. Courrier de Savoir, pp119-126

**LAROUCI-ROUBAT A., 1987**-Etudes biochimiques et physiologiques des semences du pistachier de l'Atlas. D.E.S Physiologie végétale USTHB. Alger.113p.

**LEVIGNERON A, LOPEZ F, VARISUYT G, BERTHOMIEN P et CASSE-DELBAR T., 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture.* (4): 263-273.

**LEVY G.J., 2000:** Sodicity. Sumner M.E. Ed. Handbook of Soil Science.pp 27-62.

lignées recombinantes de Tournesol (*Helianthus annuus* L.) Thèse de Magistère Université Lu, S., Xu, R. et al. (2002). Cloning and functional characterization of a  $\beta$ -pinene synthase from *Artemisia annua* that shows a circadian pattern of expression. *Plant Physiol.* **130**, 477-486.

**LACHIHEB, K., M. Neffati And E. Zid. 2004** Aptitudes germinatives de certaines graminées halophytes spontanées de la Tunisie méridionale. Cah. options Méditerran., 62: 89-93.

**LEBON E, PELLEGRINO A, LOUARN G, LECOEUR J. 2006** - Branch development controls leaf area dynamics in grapevine (*Vitis vinifera*) growing in drying soil. *Annals of Botany* **98**: 175-185.

**LEMZERI H., 2006.** Réponses écophysiological 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 + annexe.

**LUGAN R, 2008. Phénotypage** métabolique des réponses aux stress abiotique chez *Arabidopsis thaliana*. Analyse fonctionnelle et intégrative du métabolome. Thèse de doctorat de l'université de rennes 1. 156 p. France

**MONJAUZE A., 1968**-Répartition et écologie de *pistacia atlantica* Desf. En Algérie.*Bul. Soc. Hist. Nat. d'Afrique du nord, VOL 56(2) Pp.5-131.*

**MARTENS M, AERNOUDT E, DE MEESTER P, ET AL., 1974.** Factors in the mechanical failure of the femoral component in total hip prosthesis : report of six fatigue

fractures of the femoral stem and results of experimental loading tests. *Acta Orthop Scand*,45:693-710. Mendes DC, Brandon D, Galor L, Roffman M. Breakage of the metal.

**MONJAUZE A., 1980**-Connaissance du "betoum" *pistacia atlantica* Desf. *Biologie et forêt*.

**MEYER, W.S. AND GREEN, G.C, 1981.** Plant indicators of wheat and soybean crop water stress. *Irrig. Sci.*, 2: 167-176.

**MONJAUZE A., 1982**-Les pays des dayas et *pistacia atlantica* Desf. Dans le Sahara algérien. *REV. Forestière française, VOL (4), Pp.277-289.*

**MONNEVEUX, P., 1989** - Quelques stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. Journée Scientifique de l'AUPELF, Tunis: 4-91 : 21.

**MONASTRA F., RAVIRA M., VARGAS F-J., ROMEO M-A., BATLLE I., ROMKA D. et MENDES GASPAS A., 1997**-Caractérisation isoenzymatique de diverses espèces du genre *pistacia* et leurs hybrides. Etude de leur comportement comme porte-greffe du pistachier *pistacia vera* L. *Options Méditerranéennes, série B (Ciheam) n°16. Pp .133-142.*

**MONASTRA F., RAVIRA M., VARGAS F-J., ROMERO M-A., BATTLE I., ROMKAS D. et MENDES GASPAS A., 2000**-Caractérisation isoenzymatique de diverses espèces du genre *pistacia* et leur hybrides: Etude de leur comportement comme portegreffe du pistachier *pistacia vera* L. Ed. Cihem-Options Méditerranéennes, 135p.

**M'bBAREK B., CHAABANE R., SDIRI H. et LAID M., 2001**-Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés magrébines de blé. *REV.Sécheresse, VOL( 12), Pp.167-174.*

**MUNN ET TERMATT, 1986 IN PARIDA A.K., DAS A.B., (2005):** Salt tolerance and

**MUNNS R. 2005.** Gènes and Salt tolérance : bringing them together , *new phytologist* 167, 645-663 N° IG. 18. CT.96.55: 20-58.

**MADHAVA RAO ET AL.,2006.**Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S. & Janardhan Reddy K. 2006 . Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants.* Springer: 1-14 p.

**MAZOUZ L., 2006**-Etude de la contribution des paramètres phéno morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Dsf.) dans l'étage bioclimatique semi aride. Th. Mag, (Dept. Agr. Fac. Sci. UHL). Batna, Algérie. 98P.

**MITSUYA, S.,TANIGOCHI, M.,MIAKE,H. et TAKABE, T. (2006)** Overese pression of RCI 2A decreases Na<sup>+</sup> uptak and mitigates salinity –induced damages in *arabidopsis thaliana*

**MENDAN B, KOHLHOF M, MOERSCHBACHER BM. 2007.** wheat cells accumulate a syringyl-rich lignin during the hypersensitive resistance reponse phytochemistry ,68 : 513-520

Mentouri Constantine

**MAAMRI S., 2008-***Etude de pistacia atlantica de deux régions de sud algérien : dosage des lipides, dosage des polyphénols, essais antileishmaniens.* Th. de Mag, Univ. M'HAMED BOUGARA, Boumerdes.

**MENACER A., 2009.** Essai de l'optimisation de la fertilisation organique de la culture de pomme de terre dans les conditions salines des régions sahariennes (Cas de Ouargla). Mém. Ing, Ouargla, 114p.

**MOGHTADER M., 2010-**Comparative Survey on the essential oil composition from the leaves and fruits of *Pistacia mutica* Fischer Kerman Province. *REV Meadle east journal of scientific research, VOL (5)4 Pp.291-297.*

**NDOUR P et DANTHU P., 2000.** Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africains. Projet National de Semences Forestières du Sénégal. 11 p.

**NEVO E., BOISHAKOVA M-A., MARTYN G-I., Musatenko L-I., SYTINK K., PAVLIÉEK T. and BEHARRAV, A., 2000-**Drought and light anatomical adaptative leaf strategies in three woody species caused by microclimatic selection at « Evolution Canyon ». Israel. Isr. J. *REV Plant Sci. VOL(48),Pp.33-46.*

**OZENDA P., 19977-***la flore du Sahara* .Ed. CNRS, paris, 622p.

**O'TOOLE J-C.and Cruz R-T., 1980-**Response of leaf water potential, stomatal resistance and leaf rolling to water stress. *REV Plant Physiol. VOL (51), Pp. 993-997.*

**OMAMI. 2005.**Response of Amranth to salinity stress .these of Ph.D.Horticulturniversity.

**OUSTANI M, 2006.** Contribution à l'étude de l'influence des amendements organiques sur les propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions Sahariennes (Cas de Ouargla) .Thèse Magister. Uuniversité .Ouargla. 187p.

**PASSIOURA J.B., 1977-**Grain yield, harvest index and water use of wheat. *J aust agric sci ; 43: 117-20.REV. Photosynthetica .VOL 44 (1), Pp.143-146.*

**PESSERAKLI M. (1999):** Handbook of Plant and Crop Stress (ed. M. Pessarakali), Marcel Dekker, NewYork.1254 p.

**PARIDA A.K., DAS A.B. (2005):** Salt tolerance and salinity effect on plants: review. parois racinaires.

**QUÉZEL P.et SANTA S., 1963-***Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.* Tome 2. Centre national de la recherche scientifique, Paris, France.

- Quezel P., 2000**-Réflexion sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis press. 117p.
- QUÉZEL P. et MÉDAIL F., 2003**-*Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Ed. Elsevier, paris, coll. environnement, 571 P.
- REBOUR H., 1968**-*Fruits méditerranéens autre que les agrumes*. Ed. La maison rustique 312P.
- RATLIFF LF, RITCHIE JT, CASSEL DK (1983)** Field-measured limits of soil water availability and related laboratory-measured properties. Soil Science Society of America Journal 47, 770-775.
- ROBERT M., 1996**: Le sol : interface dans l'environnement ressource pour le développement. Ed. MASSON, Paris. 96 P.
- RHODES D ET ORCZYK AN. ; 2001**. Stress factors, their influence on plant metabolism and tolerance or resistance to stress.purdue Univ, West lafayette, Indiana USA.
- RAACHE L., KARBOUSSA-HALOUA R., 2004**. Caractéristique morphologique et anatomique de quelque espèce halophile dans la cuvette de ouargla mémoire ingénieur, université de Ouargla, 67P
- ROMEROARANDA ET AL., 2001 IN PARIDA A.K., DAS A.B., (2005)**: Salt Safety. Vol.60, 349 p.
- RAZAVI S., 2006**-Pistachions production. Iran vs.the world. *REV Acta Horti*, VOL (726), Pp.689-694.
- REJILI M, VADEL M.A et NEFFATP M., 2006**. Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. *Revue des Régions Arides*, 1(17): 65-78.
- REZAEYAN S., POURMAJIDIAN M-R., JALILVAND H. et PARSAKHOO A., 2009**-Growth parameters of *pistacia atlantica* Desf. Under different soil conditions in Iran. *REV.African Journal of Plant Science*. VOL(3)9, Pp.184-189.
- RADHOUANE, L.; AISSA, N. ET ROMDHANE, L.; 2014**. Effets d'un stress hydrique appliqué à différents stades de développement des semences chez un écotype autochtone de sorgho grain, Journal of Applied Biosciences, 74: 6149– 6156
- RHARRABTI Y., 2015**-Délimitation des peuplements du pistachier de l'atlas (*pistacia atlantica* Desf.) dans la région orientale du Maroc par le G.P.S.*Combine au S.T.VOL (5)1*, Pp. 32-39.
- SLAYTER R., 1974**-The effect of internal water status on plant growth development and yield in: plant responses to climatic factors .proc.of upsal simpsium, unesco.

**SEIGUE A., 1985-***La forêt circum méditerranéenne et ses problèmes. Techniques agricoles et productions méditerranéennes.* G. P. Maisonneuve et Larousse. 502p.

**SZABOLCS I. (1993):** Strategies for utilisation of the salt affected soils in the World. *Acta Agronomica*, 42: (1-2):39-144.

**SZABOLCS I., 1994 :** Soils and salinization. In: Pessarakli, M. (Ed.), *Handbook of*

**SUBBARAO G V., 1995-**Strategies for improving drought resistance in grain legume. *Crit REV. Plant. Sci. VOL (14), Pp.469-523.*

**SHINOZAKI, K., K. YAMAGUCHI-SHINOZAKI. 1997.** Gene expression and signal transduction in water-stress response. *Plant Physiol.*, **115**: 327- 334.

**SAHLI F., 1997-**Note sur deux espèces forestières sahariennes : Cyprès du tassili et le pistachier des l'atlas. Publication de l'INRF, Pp25-41.

**SAUTER, A., DAVIES, W.J. AND HARTUNG, W. (2001).** "The long-distance abscisic acid signal in the droughted plant: the fate of the hormone on its way from root to shoot." *J. Exp. Bot.* **52**(363): 1991-1997.

**SCHULZE E. BECK E et HOHENSTEIN K. M. ( 2005) ;** Plant ecology. *Springer* Berlin : 117-140.

**SLAMA A., BEN SALEM M., BEN NACEUR M.et ZID B., 2005-**Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *REV. Sécheresse. VOL 16 (3), Pp. 9-225.*

**SUN F et al., 2007. ;**Salt Modulates Gravity Signaling Pathway to Regulate Growth Direction of Primary Roots in Arabidopsis. *Plant Physiol.* pp178-188.

**SITI ZAHARAH S., and Razi, I-M., 2009-**Growth, Stomata aperture, biochemical changes and branch anatomy in mango (*Mangifera indica*) cv. Chokanan in response to root restriction and water stress. *REV.Scientia Horticulturae,VOL(123),Pp.58-67.*

**SIDI ACHOUR L., 2014-***Effet des stress abiotiques salin et hydrique sur le comportement des plantules du pistachier de l'atlas : pistacia atlantica Desf.* TH. Ing, Univ Blida1 (Ecole nat.sup d'agro), Blida, 76p.

**TESHA P. V. (1971).** Check in height growth of pine seedlings due to water deficit. *For Abs*, 5240 – 7287.

**THAKUR P. S. et RAI V. K. (1982).** Effect of water stress on protein content in two maize cultivars differing in drought resistance. *Biologie Plant (Praha) ; 24*, 96 – 100.

**THORNTON F.C., SCHAEDEL 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

- TEULAT B, MONNEVEUX P, WERY J, BORRIES C, SOUYRIS I, CHARRIER A, THIS D, 1997 B** - Relationships between relative water content and growth parameters in barley: a QTL study. *New Phytol* 137: 99-107.
- TURNER N.C., 2001**-Adaptation of grain legume to water-limited environments. *REV. Adv. Agron, VOL (71), Pp.193-231*.
- TYREE, MT., COCHARD, H., 2003**. Vessel contents of leaves after excision: a test of the Scholander assumption. *J. Botany*.54 (390), 2133- 2139.
- TARDIEU F. 2003**. Virtual plants: modeling as a tool for the genomics of tolerance to water deficit. *Trends in Plant Science* 8: 9-14.
- TAZI M.R., BERRICHI A et HALOUI B., 2003**-Effets du polyéthylène glycol sur la germination et la croissance in vitro de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni Snassen (Maroc oriental). *REV Sécheresse. VOL (14)1, Pp.23-27*.
- THOMAS M., ROBERTSON M.J., FUKAI S., PEOPLES M.B., (2004)** The effect of timing and severity of water deficit on growth, development, yield accumulation and nitrogen fixation of mungbean. *Field crops reseach* 86:67-80.
- TESTER, M. AND BACIC, A. ; 2005**. Abiotic stress tolerance in grasses. From model plants to crop plants. *Plant Physiol.*, 137: 791-793.
- TZAKOU O., BAZOS I. and YANNITSAROS A., 2007**-Volatile metabolites of *pistacia atlantica* Desf. From Greece. *REV. Flavour and Fragrance Journal, VOL(22)5. Pp.358-362*.
- TAKHI D., OUINTEN M. and YOUSFI M., 2011**-Study of Antimicrobial Activity of Secondary Metabolites Extracted From spontaneous Plants from the Area of Laghouat, Alegria. *Advances in Environmental Biology VOL 5(2), Pp.469-476*.
- YANCEY, P., CLARK, M.E., HAD, S.C., BOWLUS, R.D., SOMERO, G.N., 1982**. Living with water stress: evolution of osmolyte system. *Science* 217, 1214–1222.
- YAMAGUCHI T, BLUMWALD E (2005)** Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends Plant Sci* 10:615-620
- YAAQOBI A., EL HAFID L. et HALOUI B., 2009**-Etude biologique de *Pistacia atlantica* Desf. De la région orientale du Maroc. *REV. Biomatec Echo, VOL (3)6, Pp.39-49*.
- ZHU J-K., 2001**-Plant salt tolerance. *Plant sciences*, university of Arizona. Pp.66-71.

# TABLE DE MATIERE

REMERCIEMENTS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

RESUME

ABSTRACT

الملخص

INTRODUCTION.....1

## **CHAPITRE I : DONNES BIBLIOGRAPHIQUES**

### ***PARTIE I : GÉNÉRALITÉ SUR LE PISTACHIER DE L'ATLAS***

#### ***(Pistacia atlantica Desf.).***

1-Historique et origine du pistachier de l'Atlas.....	3
2-Taxonomie.....	3
3-Description de l'espèce.....	4
3-1. L'arbre.....	4
3-2. Feuilles .....	5
3-3. Inflorescence.....	6
3-4. Fleurs.....	7
3-4-1. Fleur mâle.....	7
3-4-2. Fleur femelle.....	7
3-5. Fruit.....	8
3-6.Graines.....	9
3-7. Système racinaire.....	10
3-8. Écorce.....	10
3-9. Bois.....	11
4-Répartition Géographique du pistachier de l'atlas.....	11
4-1. Dans le monde.....	11
4-2. En Algérie.....	12

5-Cause dégradation du pistachier de l'Atlas.....	13
6-Caractéristiques écologiques et édaphiques de l'espèce.....	14
6-1. Exigences écologiques.....	14
6-1-1. Climat.....	14
6-1-1-1. Température.....	14
6-1-1-2. Pluviométrie.....	14
6-1-1-3. Lumière.....	15
6-1-1-4. Vent.....	15
6-2. Exigences édaphiques.....	15
6-2-1. Altitude.....	15
6-2-2. Sol.....	15
7-Multiplication de l'espèce.....	15
8-Intérêts de l'espèce.....	16
8-1. Intérêt écologique.....	16
8-2. Intérêt socio-économique.....	17

***PARTIE II : PHÉNOMÈNE DE LA SALINISATION ET DE LA  
SECHERESSE***

<b>Stress abiotique.....</b>	<b>18</b>
1-Stress salin.....	18
1-1. Salinité.....	18
1-2. Salinisation.....	19
1-3. Origines du sol salé.....	19
1-3-1. Salinisation primaire ou naturelle.....	19
1-3-2. Salinisation secondaire.....	19
1-4. Aire de répartition des sols salés.....	20
1-4-1. Dans le monde.....	20
1-4-2. En Algérie.....	21
1-5. Effets de la salinité sur le sol et la végétation.....	21
1-5-1. Effet de la salinité sur le sol.....	21

1-5-1-1. Effet sur les propriétés physiques.....	21
1-5-2. Effet de la salinité sur la végétation.....	21
1-5-2-1. Effet de la salinité sur la germination.....	22
1-5-2-2. Effet de la salinité sur la croissance et le développement.....	23
1-5-2-3. Effet de la salinité sur l'absorption de l'eau dans les plantes.....	23
1-5-2-4. Effet de la salinité sur la nutrition minérale.....	23
1-5-2-5. Effet de la salinité sur l'activité photosynthétique.....	23
1-6. Mécanismes de tolérance des plantes au stress Salin.....	24
1-6-1. Exclusion des ions.....	24
1-6-2. Inclusion et compartimentation des ions.....	24
1-6-3. Ajustement osmotique est solutés compatibles dans les plantes .....	25
1-7. Adaptation des végétaux à la salinité.....	26
1-7-1. Adaptations morphologiques.....	26
1-7-2. Adaptation physiologiques.....	26
<b>2-STRESS HYDRIQUE.....</b>	<b>27</b>
2-1. L'eau et son rôle dans la plante.....	27
2-2. Le déficit hydrique.....	27
2-2-1. État hydrique du sol.....	28
2-2-2. État hydrique de la plante.....	29
2-3. Effet du stress hydrique sur le développement des plantes.....	29
2-3-1. Effet du stress hydrique sur la croissance des plante.....	29
2-3-2. Effets du stress hydrique sur la nutrition minéral.....	29
2-3-3. Effet du stress hydrique sur l'activité photosynthétiqu.....	30
2-4. Mécanismes d'adaptation des plantes à la sécheresse.....	30
2-4-1. Adaptations phénologique.....	30
2-4-2. Adaptations morphologique.....	31
2-4-2-1. Extension du système racinaire.....	31
2-4-2-2. Réduction de la surface foliaire.....	31
2-4-2-3. Réduction du nombre de feuilles.....	32

2-4-3. Adaptations physiologiques.....	32
2-4-3-1. Processus photosynthétique.....	32
2-4-3-2. Teneur en chlorophylle.....	32
2-4-3-3. Ajustement osmotique.....	32
2-4-4. Adaptations biochimiques.....	33
2-4-4-1. Accumulation de la proline.....	33
2-4-4-2. Accumulation des sucres solubles.....	33

## ***CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES***

1- Objectif de travail .....	34
2-Site d'expérimentation.....	34
3-Matériel végétal et conditions de culture.....	34
4-Préparation des graines.....	35
5-Pré-germination.....	35
6-Effet de la salinité au stade germinatif.....	36
7-Repiquage des plantules.....	36
8-Effet de stress salin au stade plantule.....	38
9-Effet du stress hydrique au stade plantule.....	38
10-Disposition expérimental.....	38
10-1. Stress salin au stade germinatif.....	38
10-2. Stress salin au stade plantule.....	40
10-3. Stress hydrique au stade plantule.....	42
11-Paramètres étudiés.....	42
11-1. Taux de germination.....	42
11-2. Paramètres morphologiques au stade plantule.....	42
11-2-1. Croissance en longueur.....	43
11-2-2. Poids frais de la partie aérienne et racinaire.....	43
11-2-3. Poids sec de la partie aérienne et racinaire.....	43
11-2-4. Nombre de feuilles.....	43
11-3. Paramètres physiologiques (TNR).....	43

11-3-1. Teneur relative en eau.....	43
11-3-2. Dosage de la chlorophylle.....	44
11-4. Paramètres biochimiques.....	44
11-4-1. Dosage de la proline.....	44
11-4-2. Dosage des sucres solubles.....	45
12-Analyse statistique.....	45

### ***CHAPITRE III : RESULTAT ET DISCUSSION***

1-EFFET DU STRESS SALIN SUR DES PLANTULES DU PISTACHIER...	46
1-1. Taux de germination.....	46
1-2. Paramètres morphologiques.....	47
1-2-1. Longueur de la tige.....	47
1-2-2. Longueur de la racine.....	49
1-2-3. Biomasse fraîche de la partie aérienne.....	50
1-2-4 Biomasse fraîche de la partie souterraine.....	51
1-2-5. Biomasse sèche de la partie aérienne.....	52
1-2-6. Biomasse sèche de la partie souterraine.....	53
1-3. Paramètres physiologiques.....	54
1-3-1. Teneur Relative en Eau (TRE) ou Relative Water Content (RWC).....	54
1-3-2 Teneur en chlorophylle.....	55
1-3-2-1. Chlorophylle (a).....	55
1-3-2-2. Chlorophylle (b).....	55
1-3-2-3. Chlorophylle (c).....	56
1-4. Paramètres biochimiques.....	57
1-4-1. Teneur en proline.....	57
1-4-2. Teneur en sucres solubles.....	58
2. EFFET DU STRESS HYDRIQUE SUR LES PLANTULES DE PISTACHIER DE L'ATLAS.....	58
2-1. Paramètre morphologique.....	58
2-1-1. Longueur de la tige.....	58

2-1-2. Longueur de la racine.....	59
2-1-3. Poids sec de la partie aérienne.....	60
2-1-4. Poids sec de la partie souterraine.....	62
2-2. Paramètres physiologiques.....	62
2-2-1. Teneur Relative en Eau (TRE) ou Relative Water Content (RWC).....	62
2-2-2. Teneur en chlorophylle.....	63
2-2-2-1. Chlorophylle (a).....	64
2-2-2-2. Teneur en chlorophylle (b).....	64
2-2-2-3. Teneur en chlorophylle (c).....	65
2-3. Paramètres biochimiques.....	66
2-3-1 Teneur en proline.....	66
2-3-2. Teneur en sucres solubles.....	67
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>68</b>
<b>PERSPECTIVES.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>72</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>90</b>

# **TABLE DE MATIERE**

REMERCIEMENTS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

RESUME

ABSTRACT

الملخص

INTRODUCTION.....1

## ***CHAPITRE I : DONNES BIBLIOGRAPHIQUES***

### ***PARTIE I : GÉNÉRALITÉ SUR LE PISTACHIER DE L'ATLAS***

#### ***(Pistacia atlantica Desf.).***

1-Historique et origine du pistachier de l'Atlas.....	3
2-Taxonomie.....	3
3-Description de l'espèce.....	4
3-1. L'arbre.....	4
3-2. Feuilles .....	5
3-3. Inflorescence.....	6
3-4. Fleurs.....	7
3-4-1. Fleur mâle.....	7
3-4-2. Fleur femelle.....	7
3-5. Fruit.....	8
3-6.Graines.....	9
3-7. Système racinaire.....	10
3-8. Écorce.....	10
3-9. Bois.....	11
4-Répartition Géographique du pistachier de l'atlas.....	11
4-1. Dans le monde.....	11
4-2. En Algérie.....	12

5-Cause dégradation du pistachier de l'Atlas.....	13
6-Caractéristiques écologiques et édaphiques de l'espèce.....	14
6-1. Exigences écologiques.....	14
6-1-1. Climat.....	14
6-1-1-1. Température.....	14
6-1-1-2. Pluviométrie.....	14
6-1-1-3. Lumière.....	15
6-1-1-4. Vent.....	15
6-2. Exigences édaphiques.....	15
6-2-1. Altitude.....	15
6-2-2. Sol.....	15
7-Multiplication de l'espèce.....	15
8-Intérêts de l'espèce.....	16
8-1. Intérêt écologique.....	16
8-2. Intérêt socio-économique.....	17

***PARTIE II : PHÉNOMÈNE DE LA SALINISATION ET DE LA  
SECHERESSE***

<b>Stress abiotique.....</b>	<b>18</b>
1-Stress salin.....	18
1-1. Salinité.....	18
1-2. Salinisation.....	19
1-3. Origines du sol salé.....	19
1-3-1. Salinisation primaire ou naturelle.....	19
1-3-2. Salinisation secondaire.....	19
1-4. Aire de répartition des sols salés.....	20
1-4-1. Dans le monde.....	20
1-4-2. En Algérie.....	21
1-5. Effets de la salinité sur le sol et la végétation.....	21
1-5-1. Effet de la salinité sur le sol.....	21

1-5-1-1. Effet sur les propriétés physiques.....	21
1-5-2. Effet de la salinité sur la végétation.....	21
1-5-2-1. Effet de la salinité sur la germination.....	22
1-5-2-2. Effet de la salinité sur la croissance et le développement.....	23
1-5-2-3. Effet de la salinité sur l'absorption de l'eau dans les plantes.....	23
1-5-2-4. Effet de la salinité sur la nutrition minérale.....	23
1-5-2-5. Effet de la salinité sur l'activité photosynthétique.....	23
1-6. Mécanismes de tolérance des plantes au stress Salin.....	24
1-6-1. Exclusion des ions.....	24
1-6-2. Inclusion et compartimentation des ions.....	24
1-6-3. Ajustement osmotique est solutés compatibles dans les plantes .....	25
1-7. Adaptation des végétaux à la salinité.....	26
1-7-1. Adaptations morphologiques.....	26
1-7-2. Adaptation physiologiques.....	26
<b>2-STRESS HYDRIQUE.....</b>	<b>27</b>
2-1. L'eau et son rôle dans la plante.....	27
2-2. Le déficit hydrique.....	27
2-2-1. État hydrique du sol.....	28
2-2-2. État hydrique de la plante.....	29
2-3. Effet du stress hydrique sur le développement des plantes.....	29
2-3-1. Effet du stress hydrique sur la croissance des plante.....	29
2-3-2. Effets du stress hydrique sur la nutrition minéral.....	29
2-3-3. Effet du stress hydrique sur l'activité photosynthétiqu.....	30
2-4. Mécanismes d'adaptation des plantes à la sécheresse.....	30
2-4-1. Adaptations phénologique.....	30
2-4-2. Adaptations morphologique.....	31
2-4-2-1. Extension du système racinaire.....	31
2-4-2-2. Réduction de la surface foliaire.....	31
2-4-2-3. Réduction du nombre de feuilles.....	32

2-4-3. Adaptations physiologiques.....	32
2-4-3-1. Processus photosynthétique.....	32
2-4-3-2. Teneur en chlorophylle.....	32
2-4-3-3. Ajustement osmotique.....	32
2-4-4. Adaptations biochimiques.....	33
2-4-4-1. Accumulation de la proline.....	33
2-4-4-2. Accumulation des sucres solubles.....	33

## ***CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES***

1- Objectif de travail .....	34
2-Site d'expérimentation.....	34
3-Matériel végétal et conditions de culture.....	34
4-Préparation des graines.....	35
5-Pré-germination.....	35
6-Effet de la salinité au stade germinatif.....	36
7-Repiquage des plantules.....	36
8-Effet de stress salin au stade plantule.....	38
9-Effet du stress hydrique au stade plantule.....	38
10-Disposition expérimental.....	38
10-1. Stress salin au stade germinatif.....	38
10-2. Stress salin au stade plantule.....	40
10-3. Stress hydrique au stade plantule.....	42
11-Paramètres étudiés.....	42
11-1.Taux de germination.....	42
11-2. Paramètres morphologiques au stade plantule.....	42
11-2-1. Croissance en longueur.....	43
11-2-2. Poids frais de la partie aérienne et racinaire.....	43
11-2-3. Poids sec de la partie aérienne et racinaire.....	43
11-2-4. Nombre de feuilles.....	43
11-3. Paramètres physiologiques (TNR).....	43

11-3-1. Teneur relative en eau.....	43
11-3-2. Dosage de la chlorophylle.....	44
11-4. Paramètres biochimiques.....	44
11-4-1. Dosage de la proline.....	44
11-4-2. Dosage des sucres solubles.....	45
12-Analyse statistique.....	45

### ***CHAPITRE III : RESULTAT ET DISCUSSION***

1-EFFET DU STRESS SALIN SUR DES PLANTULES DU PISTACHIER..	46
1-1.Taux de germination.....	46
1-2. Paramètres morphologiques.....	47
1-2-1. Longueur de la tige.....	47
1-2-2. Longueur de la racine.....	49
1-2-3. Biomasse fraîche de la partie aérienne.....	50
1-2-4 Biomasse fraîche de la partie souterraine.....	51
1-2-5. Biomasse sèche de la partie aérienne.....	52
1-2-6. Biomasse sèche de la partie souterraine.....	53
1-3. Paramètres physiologiques.....	54
1-3-1. Teneur Relative en Eau (TRE) ou Relative Water Content (RWC).....	54
1-3-2 Teneur en chlorophylle.....	55
1-3-2-1. Chlorophylle (a).....	55
1-3-2-2. Chlorophylle (b).....	55
1-3-2-3. Chlorophylle (c).....	56
1-4. Paramètres biochimiques.....	57
1-4-1.Teneur en proline.....	57
1-4-2.Teneur en sucres solubles.....	58
2. EFFET DU STRESS HYDRIQUE SUR LES PLANTULES DE PISTACHIER DE L'ATLAS.....	58
2-1. Paramètre morphologique.....	58
2-1-1. Longueur de la tige.....	58

2-1-2. Longueur de la racine.....	59
2-1-3. Poids sec de la partie aérienne.....	60
2-1-4. Poids sec de la partie souterraine.....	62
2-2. Paramètres physiologiques.....	62
2-2-1. Teneur Relative en Eau (TRE) ou Relative Water Content (RWC).....	62
2-2-2. Teneur en chlorophylle.....	63
2-2-2-1. Chlorophylle (a).....	64
2-2-2-2. Teneur en chlorophylle (b).....	64
2-2-2-3. Teneur en chlorophylle (c).....	65
2-3. Paramètres biochimiques.....	66
2-3-1 Teneur en proline.....	66
2-3-2. Teneur en sucres solubles.....	67
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>68</b>
<b>PERSPECTIVES.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>72</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>90</b>

**Annexe 1 : Analyse de la variance : Taux de germination**

variable	Moyenne et écart type						
NaCl	Témoin	5g/l	10g/l	15g/l	20g/l	25g/l	30g/l
taux de germination d'Aïn oussara	87±7.14	78±10	77±13.07	42±14.56	4±4	0±0	0±0
taux de germination ouzera	62±6	31±8.66	14±3.46	17±12.44	0±0	0±0	0±0

**Annexe 2 : Analyse de la variance : Paramètres morphologiques (longueurs et rapports).**

variable	Moyenne et écart type						
NaCl	Témoin	5g/l	10g/l	15g/l	20g/l	25g/l	30g/l
Longueur de tige (cm)	13.43±1.14	13.26±2.24	13.33±0.84	12±0.70	9.83±1.69	10.16±1.02	9.4±1.69
Longueur de racine (cm)	31.66±1.24	35.66±3.29	32.5±1.79	30.33±0.84	30.1±0.89	29.2±0.49	29.33±1.31
Rapport longueur racine/ tige (cm)	2.35±1.09	2.68±1.46	2.43±2.11	2.52±1.20	3.06±0.52	2.87±0.48	3.10 ±0.77

**Annexe 3 :** Analyse de la variance : teneur relative en eau.

variable	Moyenne et écart type							
	NaCl	Témoin	5g/l	10g/l	15g/l	20g/l	25g/l	30g/l
Teneur relative en eau(%)		38.21±	57.93±	58.20±	80.13±	48.70±	54.74±	35.94±
		57.93	28.86	29.02	39.99	24.27	27.28	17.91

**Annexe 4 :** Analyse de la variance : Teneur des chlorophylles (a, b et c).

variable	Moyenne et écart type							
	NaCl	Témoin	5g/l	10g/l	15g/l	20g/l	25g/l	30g/l
teneur de chlorophylle(a)		0.8026±	1.882±	1.1623±	0.9846±	0.7066±	0.5666±	0.446±
		0.4194	0.0360	0.0449	0.4806	0.0303	0.0367	0.0271
teneur de chlorophylle (b)		0.4253±	0.383±	0.4483±	0.342±	0.3656±	0.3013±	0.206±
		0.0428	0.0816	0.1260	0,0731	0,0205	0.0391	0,0115
teneur de chlorophylle (c)		1±	0.9576±	0.8866±	0.9793±	0.7546±	0.7113±	0.31±
		0.0710	0.1295	0.5049	0.0938	0.03629	0.0376	0.0364

**Annexe 5 : Analyse de la variance : Proline.**

variable	Moyenne et écart type						
	Témoin	5g/l	10g/l	15g/l	20g/l	25g/l	30g/l
NaCl							
Proline ( $\mu\text{g/g}$ MF)	1.2583 $\pm$ 0.3588	1.1386 $\pm$ 0.1551	1.7646 $\pm$ 0.4822	2.671 $\pm$ 0.5598	3.1526 $\pm$ 0.0856	3.0916 $\pm$ 0.0478	3.1683 $\pm$ 0.0313

**Annexe 6: Analyse de la variance : sucres solubles.**

Variable	Moyennes et écart-type						
	Témoin	5g/l	10g/l	15g/l	20g/l	25g/l	30g/l
NaCl							
sures solubles	1.131 $\pm$ 0.3266	1.4633 $\pm$ 0.0396	1.9913 $\pm$ 0.5735	2.6443 $\pm$ 0.2816	2.114 $\pm$ 0.3246	1.9923 $\pm$ 0.2473	2.323 $\pm$ 0.3705

**Annexe 7 : Analyse de la variance : Longueurs des tiges et racines.**

Variable	Moyennes et écart-type							
	5 jours		10 jours		15 jours		21 jours	
	T0	T1	T0	T2	T0	T3	T0	T4
Longueur de tige (cm)	11.1 $\pm$ 0.64	14.13 $\pm$ 1.85	11.76 $\pm$ 0.52	10.86 $\pm$ 2.17	13.5 $\pm$ 0.81	10.33 $\pm$ 2.35	17.33 $\pm$ 3.29	11.83 $\pm$ 2.39
Longueur de racine (cm)	23 $\pm$ 0.8164	20.8 $\pm$ 1.3490	24.83 $\pm$ 1.22	24.4 $\pm$ 0.94	27.3 $\pm$ 2.06	27.16 $\pm$ 0.47	28.13 $\pm$ 1.1671	27.56 $\pm$ 0.98

**Annexe 8 : Analyse de la variance : Paramètres morphologiques (poids sec) .**

Variable	Moyennes et écart-type							
	5 jours		10 jours		15 jours		21 jours	
PERIODE	T0	T1	T0	T2	T0	T3	T0	T4
Poids sec des tiges (g)	0.3568± 0.0786	0.4123± 0.0122	0.396± 0.0252	0.2804± 0.0902	0.4329± 0.0477	0.3263± 0.0842	0.8778± 0.2597	0.3294± 0.0784
Poids sec des racines (cm)	0.4554± 0.2872	0.2239± 0.0427	0.2270± 0.0348	0.2022± 0.0222	0.3117± 0.0524	0.2155± 0.0526	0.4935± 0.0208	0.1409± 0.0131

**Annexe 9 : Analyse de la variance du stress hydrique : Teneur relative en eau**

Variable	Moyennes et écart-type							
	5 jours		10 jours		15 jours		21 jours	
Période	T0	T1	T0	T2	T0	T3	T0	T4
Teneur relative en eau des feuilles âgées	94.06±	85.52±	46.20±	22.07±	90.29±	80.72±	93.88±	27.36±
	47.002	42.73	23.08	11.02	45.10	40.34	46.91	13.66
Teneur relative en eau feuilles jeunes	82.97±	76.20±	90.63±	52.19±	95.12±	63.43±	89.55±	20.92±
	41.47	38.09	45.29	26.08	47.55	31.70	44.76	10.45

**Annexe 10 :** Analyse de la variance Surface foliaire : Teneur des chlorophylles (a, b et c).

Variable	Moyennes et écart-type							
	5 jours		10 jours		15 jours		21 jours	
Période	T0	T1	T0	T2	T0	T3	T0	T4
chlorophylle (a)	0.99±0.06	0.96±0.15	0.65±0.16	1.09±0.29	0.74±0.11	1.06±0.08	0.66±0.07	0.33±0.08
chlorophylle (b)	0.46±0.02	0.43±0.08	0.29±0.08	0.48±0.11	0.38±0.06	0.33±0.04	0.42±0.07	0.11±0.01
chlorophylle (c)	1.05±0.04	1.01±0.20	0.62±0.18	0.88±0.36	0.81±0.11	0.56±0.11	0.78±0.16	0.13±0.02

**Annexe 11 :** Analyse de la variance : teneur en proline.

Variable	Moyennes et écart-type							
	5 jours		10 jours		15 jours		21 jours	
PERIODE	T0	T1	T0	T2	T0	T3	T0	T4
teneur en Proline	0.11±0.03	0.39±0.17	0.13±0.06	1.74±1.29	0.12±0.10	3.24±0.05	1.24±0.31	3.41±0.19

--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Annexe 12:** analyse de la variance Surface foliaire : Teneur en sures solubles.

Variable	Moyennes et écart-type							
	5 jours		10 jours		15 jours		21 jours	
PERIODE	T0	T1	T0	T2	T0	T3	T0	T4
teneur en sures solubles	1.44±0. 21	1.86±0. 35	0.93±0. 37	2.13±0.52	2.33±0. 28	2.20±0.07	2.21±0. 28	3.17±0.00 3