

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIER ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
Département de Biologie des Population et organisme
PFE en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique
Spécialité : Biodiversité et physiologie végétale.

THEME

**Effet du stress salin sur la phytobiologie du pistachier de
l'atlas *Pistacia atlantica desf.***

Présenté par :

❖ Belmahdi habiba.
❖ Boumechida lilia.

Devant le jury :

M ^{me} BENASSEL N.	MAA	USD. Blida 1	Présidente
M ^{me} FAIDI H.	MAA	USD. Blida 1	Examinatrice
M ^{me} KEBOUR D.	MCA	USD. Blida 1	Promotrice
M ^{me} TAKARLI S.	MAA	USD. Blida 1	Co- Promotrice

Année universitaire : 2017/2018.

Remerciements

En premier lieu, on tient à remercier notre directeur de recherche, M^{me} KEBOUR Djamila, Maître de conférences classe A, dans le département de biotechnologies (ex agronomie) de nous avoir guidé, encouragé, conseillé tout au long de ce mémoire. Son expertise incomparable a été pour nous un modèle et un exemple à suivre. Merci ...

On remercie Mme TAKARLI, notre Co promotrice de nous avoir conseillé.

On remercie également Madame BENASSEL de l'université de Blida 1 pour son amabilité, d'avoir accepté d'assurer la présidence du jury de notre mémoire.

On remercie Madame FAIDI de l'université de Blida1 pour sa gentillesse et son savoir lors de notre cursus, on a beaucoup appris avec vous. Merci d'avoir eu la gentillesse d'accepter d'examiner notre travail.

Une pensée pour les ingénieurs du laboratoire de biotechnologie et les ingénieurs du laboratoire d'amélioration végétale, Mr ABBAD, Mr DEGUAICHIA, Mr BOUNAKHLA, Mr BENMAALEM, merci pour votre aide et pour vos conseils.

Un grand merci à tous nos professeurs qui nous ont enseignés et donnés des conseils. On est fière de vous avoir eu comme enseignants.

On a certainement un mot particulier pour les membres de notre famille. Nos parents, nos frères et nos sœurs. Vous nous avez sans cesse soutenus et encouragés durant cette étude.

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à:

A ma très chère mère, vous représentez pour moi le symbole de la bonté par excellence et la source de tendresse.

Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon très cher père, rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.

A mes chères sœurs Romaïssa, Hakima et Samia, En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.

A mes chers frères Hamza, Amine, Mouad et Abd aljabar. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.

A mon petit neveu .

A tous les membres de ma famille, petits et grands.

A mes chères amies, asmaa ,Om elkhire , zahia ,aicha, siham,assia , chahra zad , sara ,samia , feriale ,saidaet salima .

En témoignage de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

HABIBA

DÉDICACE

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail réalisé grâce à l'aide de dieu tout puissant

A

Celui qui m'a toujours encouragé et soutenu durant toutes mes années d'études.

Merci pour ton amour et ta confiance totale...A toi très cher papa.

A

Celle qui m'a tant bercé, tant donné et tant enseigné, toi qui m'as guidé dans le droit chemin, toi qui m'a appris que rien n'est impossible...A toi ma maman.

A

Ma chère sœur : Ilham

A

Mon cher frère: Salah

A

Mes chères amies, pour tous les moments que nous avons partagés

A

La mémoire de mes chers grands-pères Abdelkader et Abdelhafid, que dieu tout puissant vous accordent sa sainte miséricorde et vous accueillent en son vaste paradis.

A

Tous les membres de la famille de Boumechida et Loudini

Lilia

LISTE DES tableaux

Tableau n 1.1 : Classification botanique de <i>Pistacia atlantica</i> Desf.....	4
Tableau n 1.2 : Dégradation des terres cultivées par la salinisation des divers pays au cours de la dernière décennie.....	20
Tableau n 1.3 : classification des wilayat touchés par la salinité en fonction de la superficie affectée par les sels de la surface agricole utile.....	20

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1: Arbre de pistachier de l'Atlas	5
Figure 1.2 : Feuilles de pistachier de l'Atlas.....	6
Figure 1.3 : Grappes rameuses des fleurs du pistachier de l'Atlas.....	6
Figure 1.4 : Fleur mâle isolée (x40).....	7
Figure 1.5 : Fleur femelle isolée (x50).....	8
Figure 1.6 : Fruits du Pistachier de l'Atlas.....	9
Figure 1.7 : le bois du pistachier de l'atlas.....	10
Figure 1.8 : Système racinaire du Pistachier de l'Atlas.....	11
Figure 1.9 : aire naturelle de <i>pistacia atlantica</i>	12
Figure 1.10 : distribution de <i>pistacia atlantica</i> en Algérie.....	13
Figure 1.11 : aire de répartition du pistachier de l'Atlas en Algérie.....	13
Figure 1.12 : Vieillessement des arbres de pistachier de l'Atlas.....	14
Figure 1.13 : Pied de pistachier utilisé comme cheminée.....	15
Figure 1.14 : Facteurs de dégradation des pistacherais.....	15
Figure 1.15 : schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes de type incluer.....	21
Figure 2.1: Présentation du site d'étude expérimentale.....	27
Figure 2.2: Graines du pistachier de l'Atlas.....	28
Figure 2.3: Germination des graines dans les boites de pétri.....	29
Figure 2.4: Pré-germination des graines de pistachier.....	29
Figure 2.5: Repiquage des plantules dans des gobelets.....	30
Figure 2.6 : Repiquage des plantules dans des pots.....	30
Figure 2.7: Dispositif expérimental adopté au stade plantule (stress salin).....	31
Figure 3.1: Taux de germination des graines de <i>pistacia atlantica Desf</i>	35
Figure 3.2: longueur de tige des plantules de <i>pistacia atlantica Desf</i>	36
Figure 3.3: longueur de racine des plantules de <i>pistacia atlantica Desf</i>	37
Figure 3.4: nombre de feuilles des plantules stressés	38
Figure 3.5 : Teneur en chlorophylles (a).....	39
Figure 3.6 : Teneur en chlorophylles (b)	39
Figure 3.7 : Teneur en chlorophylles (c).....	40
Figure 3.8: Teneur en proline dans les feuilles des plantules.....	41
Figure 3.9: Teneur en proline dans les racines des plantules.....	42

Figure 3.10: Teneur en sucre soluble dans les feuilles des plantules.....43

Table des matières

Introduction

Chapitre I : synthèse bibliographique

Partie 1 généralités sur le pistachier d'atlas (*Pistacia atlantica Desf*)

1.1. Historique et origine du pistachier de l'atlas	4
1.2. Taxonomie.....	4
1.3. Description de l'espèce	5
1.3.1. L'arbre.....	5
1.3.2. Les Feuilles.....	5
1.3.3. L'inflorescence	6
1.3.4. Les fleurs.....	7
1.3.4.1. Les fleurs mâles.....	7
1.3.4.2. La fleur femelle.....	8
1.3.5. Fruits	8
1.3.6. Le Bois.....	9
1.3.7. L'écorce.....	10
1.3.8 Le Système racinaire	10
1.4. Répartition géographique du pistachier de l'Atlas.....	11
1.4.1. Dans le monde.....	11
1.4.2. En Algérie.....	12
1.5. Cause de dégradation du pistachier de l'Atlas.....	14
1.6. Caractéristiques écologiques et édaphiques de l'espèce.....	15
1.6.1. Exigences écologiques.....	15
1.6.1.1.Température	16
1.6.1.2. Pluviométrie	16
1.6.1.3. Lumière	16
1.6.2.Exigences édaphiques.....	16
1.6.2.1. Altitude	16
1.6.2.2. Sol	16
1.7. les intérêts de l'espèce	17
1.7.1. La valeur nutritionnelle	17
1.7.2. La valeur fourragère ;.....	17
1.7.3. La valeur écologique	17

Partie 2/ La salinité

1.8. La salinité.....	18
1.8.1. La salinisation	18
1.9. L'origine de sol salé.....	18
1.9.1. Salinité primaire et naturelle	18
1.9.2. Salinité secondaire.....	19
1.10. Les causes de la salinité du sol.....	19
1.11. Répartition des sols salés.....	19
1.11.1. Dans le monde.....	19
1.11.2. en Algérie.....	20
1.12. La classification des plantes	21
1.13. L'accumulé des sels dans les plantes.....	21
1.14. Les effets de la salinisation sur le sol et la végétation.....	22.
1.14.1. L'effet de salinité sur le sol.....	22
1.14.2. Effet de la salinité sur la germination et la levée	22.
1.14.3. Effet de salinisation sur la végétation.....	22
1.14.3.1. Effet de la salinité sur la croissance.....	22
1.14.3.2. Effets de la salinité sur l'anatomie de la feuille.....	23
1.14.3.3. Effet de salinité sur les racines.....	23.
1.14.4. Effet de la salinité sur l'absorption de l'eau dans la plante.....	23
1.14. 5. Effet de la salinité sur la nutrition minérale.....	23
1.15. Les mécanismes de tolérance des plantes à la salinité.....	24
1.15.1. Exclusion des ions.....	24
1.15.2 . Régulation de croissance	24
1.15.3. contrôle membranaire	24
1.16. L'adaptation des végétaux à la salinité	24
1.16.1. L'adaptation morphologique.....	24
1.16.2. L'adaptation physiologique.....	25
1.17. Possibilités de réduction de la salinité.....	25
1.17.1. Lixiviation	25.
1.17.2. Drainage.....	25
1.17.3. Irrigation	26

Chapitre II matériel et méthode

2.1-Objectif de travail	27
2.2. Site d'expérimentation	27.
2.3. Matériel végétal et conditions de culture	28
2.4. Préparation des graines	28
2.5. La pré-germination.....	29.
2.6. Repiquage des plantules.....	30
2.7. L'effet du stress salin au stade plantule.....	31
2.8. Dispositif expérimental	31
2.9. Paramètres étudiés	32
2.9.1. Taux de germination	32.
2.9.2.Paramètres morphologiques au stade plantule	32
2.9.2.1. Croissance en longueur	32
2.9.2.2. Nombre de feuilles.....	32
2.9.3. Paramètres physiologiques.....	33
2.9.3.1. Dosage de la chlorophylle.....	33
2.9.4. Paramètres biochimiques.....	33
2.9.4.1. Dosage de la proline des feuilles et racines.....	33
2.9.4.2. Dosage des sucres solubles.....	34.
2.9. Analyse statistique.....	34

Chapitre III résultats et discussion

1-EFFET DU STRESS SALIN SUR DES PLANTULES DU PISTACHIER

3.1.Taux de germination.....	35
3.2. Paramètres morphologiques au stade plantule	36
3.2.1. Longueur de tige.....	36.
3.2.2. Longueur de racine.....	37
3.2.3. Nombre de feuilles	38
3.3. Paramètres physiologique	38
3.3.1.Teneur en chlorophylle.....	38
3.3.1.1. Chlorophylle (a).....	38
3.3.1.2. Chlorophylle (b).....	39
3.3.1.3. Chlorophylle (c).....	40
3.4. Paramètres biochimiques.....	41
3.4.1. Teneur en proline des feuilles et des racines.....	41

3.4.1.1. Teneur en proline des feuilles.....	41
3.4.1.2. Teneur en proline des racines.....	42
3.4.2. Teneur en sucres solubles.....	42
Conclusion	

RÉSUMÉ

Dans le but d'une compréhension de la dynamique, de l'écophysiologie et des stratégies adaptatives du pistachier de l'Atlas vis-à-vis des stress environnementaux ainsi qu'une mise en valeur des potentialités de cette espèce, nous avons entrepris dans ce travail quelques expérimentations sur les capacités germinatives de cette espèce sous différents traitements en prenant en compte quelques paramètres de croissance des plantules en conditions de laboratoire. Un autre aspect de l'effet de différentes concentrations salines sur quelques paramètres physiologiques, morphologiques et biochimique des plantules a été réalisé. Enfin, nous avons essayé de mettre en valeur cette espèce à travers une étude phytochimique et biochimique de ses feuilles.

Afin de déterminer la tolérance de pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica Desf.*), vis-à-vis du stress salin, des concentrations en NaCl ont été utilisées pour élucider le comportement morphologique, physiologique et biochimique de cette espèce. Le stress salin appliqué a affecté tous les paramètres étudiés. Une concentration de l'ordre de 16g/l semble stimuler la croissance du végétal. Au de-là de cette concentration, une diminution significative est observée progressivement avec l'augmentation de la concentration en NaCl. Au niveau foliaire, l'effet du sel se traduit par une augmentation de la teneur en proline et sucre solubles pour. Par contre la teneur en chlorophylle diminue progressivement en arrivant à 28 g/l. en même temps que la proline chez les feuilles du pistachier d'atlas augmente, on remarque que chez les racines le taux du même paramètre augmente en parallèle. Ces résultats montrent que le pistachier de l'Atlas est une espèce à caractère halophyte facultatif. Elle se développe mieux en présence de 5g/l de NaCl et elle présente aussi des mécanismes d'adaptation morpho-physiologique et biochimiques lorsque la concentration en sel est plus élevée.

Cette espèce est en dynamique régressive et nécessite plus d'attention dans les programmes du développement durable.

Mots clés: Stress salin, Chlorophylles, Proline, Sucres Solubles.

SUMMARY

In order to understand the dynamics, ecophysiology and adaptive strategies of the Atlas Pistachio tree with respect to environmental stresses and to highlight the potential of this species, we undertook this work some experiments on the germinative capacities of this species under different treatments taking into account some parameters of growth of seedlings under laboratory conditions. Another aspect of the effect of different saline concentrations on some physiological, morphological and biochemical parameters of seedlings was realized. Finally, we tried to highlight this species through a phytochemical and biochemical study of its leaves. In order to determine the pistachio tolerance of Atlas *Pistacia atlantica* Desf., In relation to salt stress, NaCl concentrations were used to elucidate the morphological, physiological and biochemical behavior of this species. The applied salt stress affected all the parameters studied. A concentration of about 16g / l seems to stimulate plant growth. Beyond this concentration, a significant decrease is observed gradually with the increase in NaCl concentration. At the leaf level, the effect of salt is reflected in an increase in the content of proline and soluble sugar for. On the other hand, the chlorophyll content gradually decreases to 28 g / l. at the same time as the proline in the leaves of the pistachio atlas increases, we notice that in the roots the rate of the same parameter increases in parallel. These results show that the Atlas pistachio is an optional halophyte species. It develops better in the presence of little quantity of NaCl and it also has morpho-physiological and biochemical adaptation mechanisms when the salt concentration is higher. This species is regressively dynamic and needs more attention in sustainable development programs.

Keywords: salt stress, Chlorophylls, Proline, soluble sugars.

ملخص

بههدف فهم الديناميكية والايكوفيزيولوجيا واستراتيجيات التأقلم لشجرة فستق الأطلس فيما يتعلق بالضغط البيئية وإبراز قيمة امكانات هذه النبتة.

تعهدنا في هذا العمل البعض من التجارب حول قدرات الانتاش لهذه النبتة تحت مختلف العلاجات مع الأخذ بعين الإعتبار بعض المعلمات من نمو الشتلات في ظل الظروف المخبرية.

تم تحقيق جانب آخر من تأثير تركيزات ملحية مختلفة على بعض المعايير الفزيولوجية والمورفولوجية والبيوكيميائية من حاولنا تسليط الضوء على هذه النبتة من خلال دراسة فيتوكيميائية وبيوكيميائية لأوراقه.

لتحديد مدى مقاومة فستق الأطلس تجاه الإجهاد الملحي، استخدمنا بعض التركيزات من كلوريد الصوديوم.

من أجل توضيح السلوك المورفولوجي والفيزيولوجي والبيوكيميائي لهذه النبتة لإجهاد الملحي المطبق يضم كل المعلومات المدروسة.

تركيز 16 غ/ل بدا أنه محفز لنمو النبتة المدروسة، 16 غ/ل فما فوق هذا التركيز، لوحظ انخفاض كبير مع زيادة تركيز كلوريد الصوديوم.

على مستوى الأوراق، تأثير الملح يترجم بارتفاع نسبة البرولين والسكريات الذائبة .

بالعكس تماما بالنسبة لليخضور الذي تتناقص نسبته تدريجيا ابتداءً من 28 غ/ل وفي نفس الوقت نسبة البرولين في الأوراق تزداد.

نلاحظ على مستوى الجذور أن نسبة البرولين تزداد.

النتائج تبين أن فستق الأطلس من النبات المقاوم للأملح بطريقة معتبرة كما انه يستعملها في نشاطاته الحيوية، باستطاعته التطور بطريقة أحسن في حضور كلوريد الصوديوم بـ 5 غ/ل وهي تبدي ميكانيزمات للتأقلم مرفولوجيا ايضاً . وفيزيولوجيا وحتى بيوكيماويا عندما يكون الملح أكثر تركيزاً .

هذه النبتة في ديناميكية متناقصة وفي طريق الانقراض وتستحق برنامج أكثر كثافة في ميدان التنمية المستدامة.

كلمات مفتاحية: الإجهاد الملحي، الكلوروفيل، البرولين، السكريات الذائبة

Introduction

La salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres. En moyenne, le monde perd la majorité des terres et surtout les terres cultivées à cause de la salinisation. 10 à 15% des surfaces irriguées (20 à 30 millions d'hectares) souffrent à des degrés divers, de problèmes de salinisation (Mermous, 2006).

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe, Elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente à 3,2 million d'hectares qui subit la salinisation à des degrés de sévérité variable. Une bonne partie du phénomène de salinisation se trouve localisée dans les terres arides et semi arides, du fait que le processus de salinisation est plus marqué par des températures élevées durant presque toute l'année, du drainage restreint et de la faiblesse des précipitations insuffisantes pour lixivier les sels solubles du sol. (FAO, 2005)

Au niveau du littoral, la salinisation des sols pourrait être liée à l'irrigation avec les eaux salées des nappes souterraines et par les apports des embruns marins (Diakhate, 1986).

Les zones arides et semi-arides couvrent une grande partie des pays de la frange méridionale du pourtour méditerranéen. Dans ces régions, la disponibilité des eaux, leur salinité et celle des sols sont parmi les principaux facteurs limitant la productivité végétale (Zid et Grignon, 1991). L'introduction des espèces tolérantes au stress salin est l'une des techniques utilisées pour faire face à ce problème.

La conservation, la valorisation et le développement de la flore et plus particulièrement les espèces en voie de disparition et localisées dans les étages semi-arides et arides, devrait être une priorité des autorités administratives et scientifiques de notre pays (FAO, 2005).

Parmi cette végétation autochtone, le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica Desf.*), arbre hors forêt, fait partie des ressources méconnues. Ce n'est que récemment qu'ailleurs dans le monde que les services environnementaux et autres accordent davantage d'attention à cette ressource. Le pistachier de l'Atlas (le Bétoum) qui par son état de dégradation nécessite une prise en charge effective et immédiate (Benhassain et *al.*, 2004). Il n'existe pas actuellement d'inventaire national spécifique et exhaustif pour les arbres hors forêt, ni d'ailleurs un

classement selon la référence au couvert, dans les diverses définitions nationales de la forêt (Bellfontaine, 2001).

Le pistachier d'Atlas est connu parmi les espèces qui ont une résistance en plein zone steppique aride soumis aux contraintes édapho-climatiques d'une part et anthropogènes d'autre part, Il supporte les vents forts et les longues périodes de sécheresse steppiennes due aux phénomènes naturels qui sont amplifiée par la pression croissante de l'homme et de ses troupeaux. Cette plasticité attire l'attention sur la connaissance actuelle de ce peuplement et son interaction avec le milieu dont le but de protection et de la lutte contre la désertification (Zid et Grignon, 1991).

Le Bétoum se développe en général sous forme éparse et isolé. Il est soumis à de très fortes pressions biotiques et abiotiques qui limitent énormément son expansion et son développement. Actuellement, le Pistachier commence à prendre de l'importance à l'échelle nationale et même à l'échelle mondiale ce qui engendrera une meilleure prise en compte. Le Pistachier ainsi que les arbres hors forêt sont indispensables pour maintenir et rétablir la fertilité des sols, la diversité floristique des terres marginales et l'adoucissement des microclimats sur lesquels ils se développent. En Algérie peu des travaux ont abordé l'écologie de cet arbre, le travail le plus ancien en Algérie s'est fait par Manjauze en 1968. Sa valeur économique et écologique reste encore mal connue. Par contre dans la partie orientale de la méditerranée son utilisation est considérable : production de résine, utilisation comme porte greffe dans la culture de pistachier vrai. En Algérie, il a été utilisé récemment par l'INRF comme porte greffe dans la culture de pistachier vrai et il a donné de bons résultats (Benhassain et *al.*, 2004).

Menacé de dégradation et de disparition, le pistachier de l'Atlas doit recevoir tous les soins particuliers. Devant cette situation. Il faudra donc approfondir les études relatives à sa répartition, à sa caractérisation, à son évolution et aux stratégies pour sa pérennisation et son développement (Manjauze; 1968).

Dans cette perspective, notre travail consiste à étudier l'influence de la salinité sur la physiologie du pistachier d'atlas et ce, afin de suivre le comportement de la variété de la région de Had Shari (wilaya de Djelfa) vis-à-vis du milieu salin.

En général, cette recherche est divisée en trois parties distinguées :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique concernant le thème de travail, en l'occurrence la salinité et la bibliographie de l'espèce étudiée.
- La deuxième partie est réservée à une étude expérimental comporte la présentation du site expérimental et les différentes méthodes de travail utilisés pour étudier l'effet de la salinité sur la physiologie du pistachier.
- La troisième partie présente les réponses de différents paramètres de morphologie et de physiologie de la variété de Djelfa, vis-à-vis la salinité et l'interprétation de ces résultats.

PARTIE 01 : GÉNÉRALITÉ SUR LE PISTACHIER DE L'ATLAS (*Pistacia atlantica* Desf)

1.1. Historique et origine du pistachier de l'atlas :

Le mot de Pistaches apparut dans la langue française au XIII siècle et vient de l'Italien pistachio, emprunté par l'intermédiaire du latin pistacium au grec pistakion, formé lui même d'après l'ancien non persan pista, qui est la domination originelle du fruit la pistache (BROSSE, 2000). On croit que Pistacia est né dans L'Asie Centrale il y a 80 millions d'ans (AL-SAGHIR, 2010).

Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.), communément appelé El Betoum, Botma en langue arabe ; c'est une espèce ligneuse et spontanée pouvant atteindre 10 m de haut. L'arbre possède un tronc individualisé et à frondaison hémisphérique (Quézel et Santa, 1963).

1.2. Taxonomie :

La classification botanique du pistachier de l'Atlas est synthétisée dans le tableau 1

Tableau 1 : Classification botanique de *Pistacia atlantica* Desf. (Yaaqobi et al., 2009).

Règne	Plantae
Embranchement	Tracheobionta
Super-division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Sapindales
Famille	Anacardiaceae
Genre	Pistacia
Espèce	<i>Pistacia atlantica</i>

1.3. Description de l'espèce :**1.3.1. L'arbre :**

Le pistachier de l'atlas est appelé en arabe local betoum, betouma, botma ou encore boutmaia (en Afrique du nord) et boutme la au proch-orient, iggh en berbère. Cet arbre est également appelé pistache sauvage ou faux pistachier (Monjause, 1980).

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) (figure1.1).

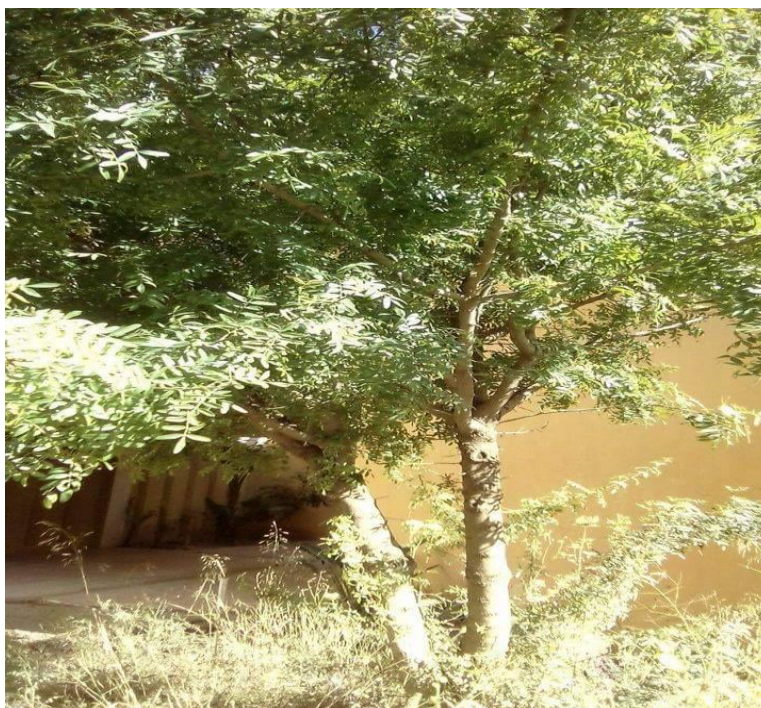


Figure 1.1 : Arbre du pistachier de l'Atlas (Originale, 2017).

1.3.2. Les 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 verte pâle et sont imparipennées, glabres et sessiles (Yaaqobi et *al.*, 2009) (figure1.2).

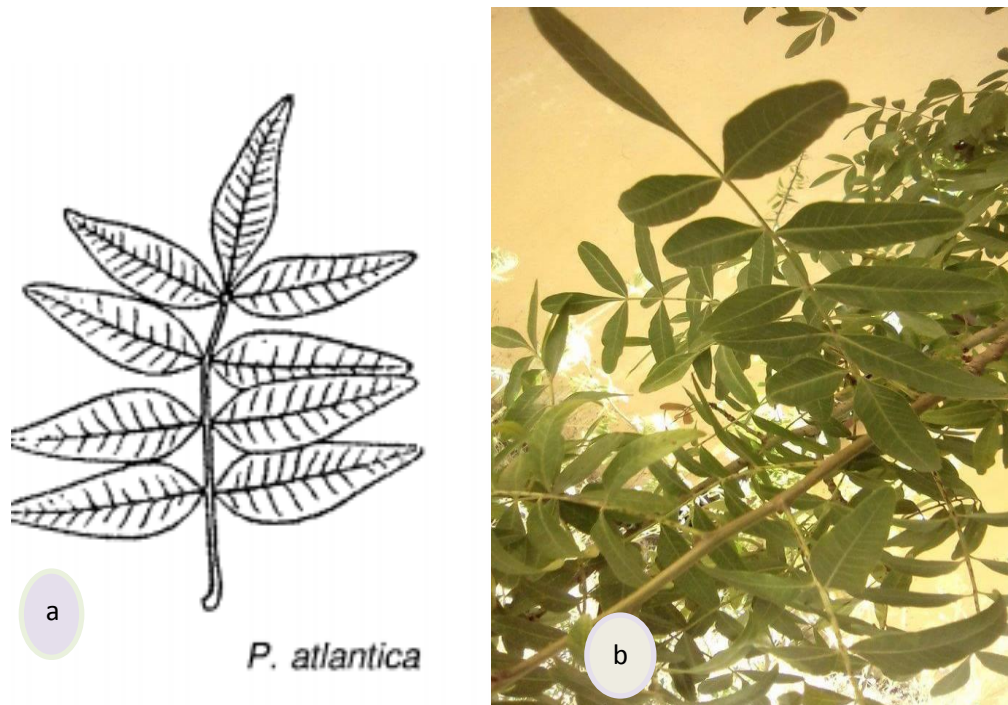


Figure 1.2: feuilles du pistachier de l’atlas

a-schéma de feuille de *Pistacia Atlantica* (Zohary, 1996)

b- Feuilles du pistachier de l’Atlas (Originale, 2017).

1.3.3. L’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). Le rameau jeune est rougeâtre feuillage caduc, composé, imparipenné (7 à 9 folioles ovales acuminées, tomenteuses puis coriaces à l’âge adulte). Monjause, 1980 et Belhadj et *al.*, 2008).

(figure 1.3).



Figure 1.3 : 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

1.3.4. Les fleurs :

Le *Pistacia atlantica* est un arbre dioïque. Il est difficile d'en distinguer le sexe avant la première floraison (Pesson et Louveaux, 1984) (fig.1.3).

Les fleurs mâles et femelles sont portées par des pieds différents. Mais quelques pieds monoïques ont été observés dont les fleurs mâles et femelles sont portées par des rameaux différents. Aucun hermaphrodisme n'a été observé. Les fleurs sont petites en panicules axillaires et sont apétales. Ce sont des fleurs régulières avec une tendance à la zygomorphie (Yaaqobi et *al.*, 2009).

1.3.4.1. Les fleurs mâles :

Elles sont disposées en grappes terminales composées par 450 à 500 fleurs apétales. Chaque fleur est constituée d'un calice de 3 à 5 sépales, et d'un androcée composé de 5 à 8 étamines opposées (Pesson et Louveaux, 1984) (figure 1.4).

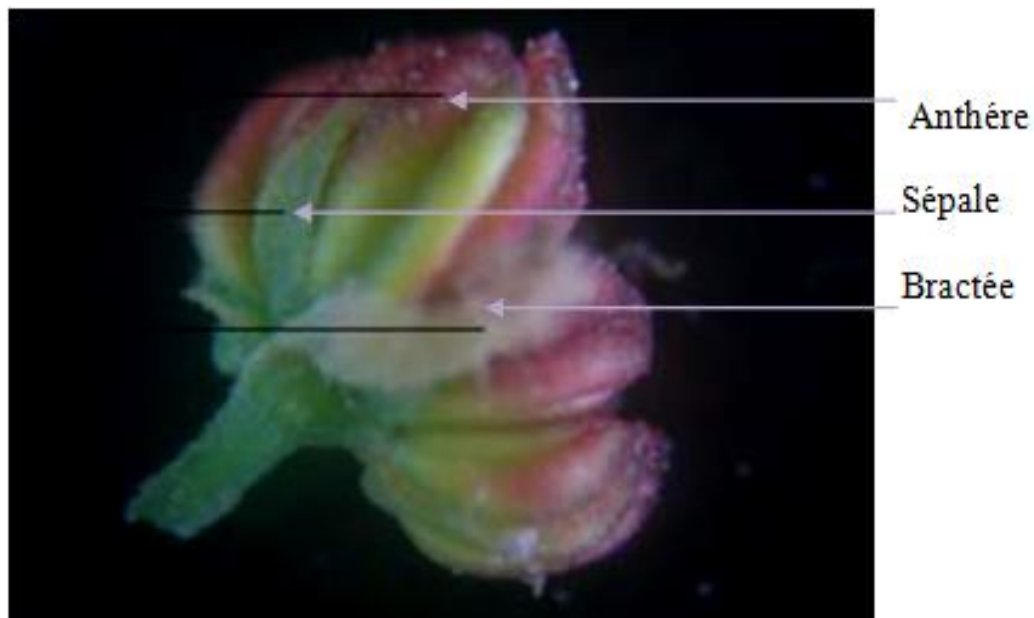


Figure 1.4 : Fleur mâle isolée (x40) (Yaaqobi et *al.*, 2009).

1.3.4.2. La fleur femelle :

Le calice a neuf sépales enchevêtrés entre eux et soudés à la base. Les sépales sont de taille variable selon les provenances. A l'aisselle du calice, il se trouve une bractée semblable à celle de la fleur mâle. 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) (figure1.5).

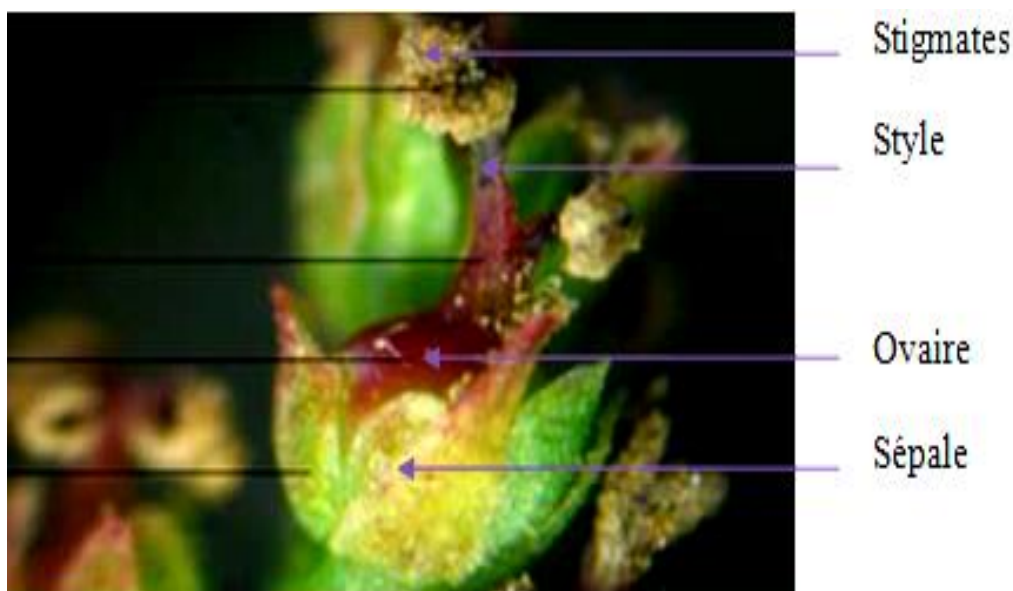


Figure 1.5 : Fleur femelle isolée (x50) (Yaaqobi et *al.*, 2009).

1.3.5. Fruits :

Après la pollinisation, les fruits apparaissent au mois d'Avril. Ils sont d'abord de couleur rougeâtre, et lorsqu'ils atteignent la maturité, vers la fin d'Août, Septembre et début d'Octobre, deviennent vert foncé, noirs ou brunâtre ou ils gardent la même couleur (Chaba et *al.*, 1991 Monjauze, 1980).

Les fruits sont des drupes de la grosseur d'un pois, légèrement ovales quelquefois plutôt allongées, plus rarement sensiblement trapues ou un peu aplaties, à épiderme qui se ride en séchant sur un endocarpe induré mais très mince abritant deux cotylédons exalbuminés, riches en huile et comestibles (Monjauze.,1980) (figure 1.6).



Figure 1.6 : Fruits du Pistachier de l'Atlas (Benaradj et *al.*, 2012).

1.3. 6 . Le Bois :

D'après Monjauze (1980), le bois du Bétoum est lourd, peu résilient, de bonne conservation. A l'aubier jaunâtre peu épais succède un bois de cœur brun flammé. La faible longueur des troncs exploitables et leur médiocre rectitude ne permettent pas dans les conditions habituelles de croissance d'un arbre isolé, facilement multicaule et bas branchu, d'en tirer des débits commercialisables.

Le bois est donc un bois d'artisanat et bien entendu, un bois excellent pour le chauffage et la carbonisation Le bois du Pistachier est très dur, lourd et résistant ce qui lui confère de grandes qualités. Dans son jeune âge il est d'un jaune intense; plus tard il devient rouge-brun (Dr V. A. Evreinoff, 1955) (figure 1.7).

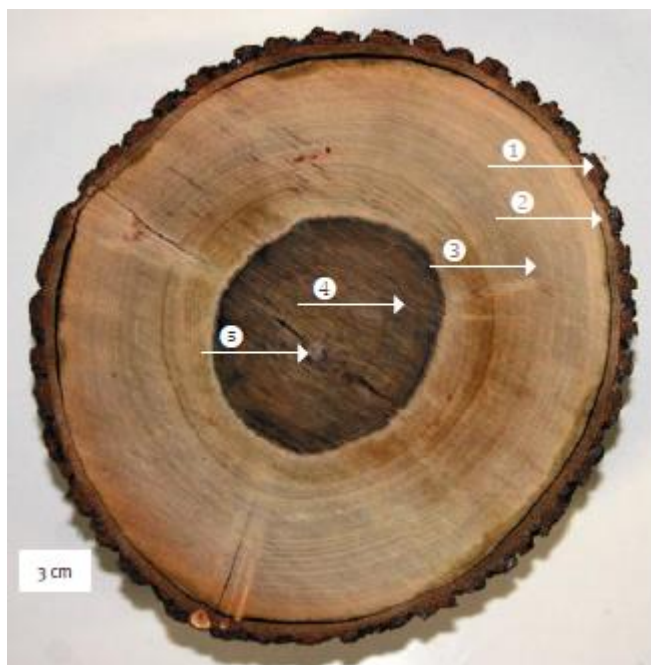


Figure 1.7- section transversale du tronc d'un pistachier de l'Atlas sur laquelle l'aubier est nettement différencié du bois parfait par sa couleur blanc jaunâtre. (Dr V. A. Evreinoff, 1955).

1.3.7. L'écorce :

L'écorce est d'abord rougeâtre, puis grisâtre assez claire avant de devenir craquelée et crevassée, se détachant du tronc.

L'écorce produit une résine-mastic qui exsude naturellement de façon abondante par temps chaud. Les populations locales s'en servent pour usage médical. (Monjauze 1980).

1.3.8 . Le Système racinaire :

Le système racinaire est pivotant et plus vigoureux que celui de pistachier vrai; il présente une bonne reprise à la plantation (Ait radi, 1979).

Le système racinaire non traumatisé est caractérisé par un pivot et de racines latérales obliques à croissance faible (Chaba et al, 1991).

Une part de système racinaire très puissant qui participe à la fixation des sols et d'autre part très étendu et très profond permettant à l'arbre de demeurer vert même en années de sécheresse (Oukabli , 1994 et Hadjaissa , 2004) (figure 1.8) .



Figure 1.8 : Système racinaire du Pistachier de l'Atlas (Benaradj et *al.*, 2012).

1.4. Répartition géographique du pistachier de l'Atlas :

L'espèce *Pistacia atlantica* Desf, à distribution géographique très large, a été décrite il y a plus de 200 ans pour la première fois en Algérie par Desfontaines dans son ouvrage flora Atlantica (Desfontaine ,1798).

1.4.1 Dans le monde :

Le *Pistacia atlantica* est largement distribué au sud de la méditerranée et dans Moyen-Orient, elle est répandue depuis les Canaries (Gomera, teneriffe,) jusqu'au Pamir, en passant :

- Par l'Afrique du nord, le Sahara septentrional et Tripolitaine, avec relique au Hoggar.
- Par Chypre, Chio, Rhodes, la Grèce, la Turquie, la Bulgarie, la Crimée, le Caucase, la Transcaucasie et l'Arménie.
- Par la Palestine, la Syrie, la Transjordanie, l'Iraq et l'Iran.
- Par l'Arabie, le Baloutchistan et l'Afghanistan.

Le type de l'espèce (selon Zohary, 1952) est d'habitat occidental. On le rencontre depuis les Atlantide jusqu'à la Syrie en passant par les trois pays d'Afrique du Nord (Monjauze, 1968). À savoir le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, et la Libye (Yahia, 2011) (Figure 1.9).

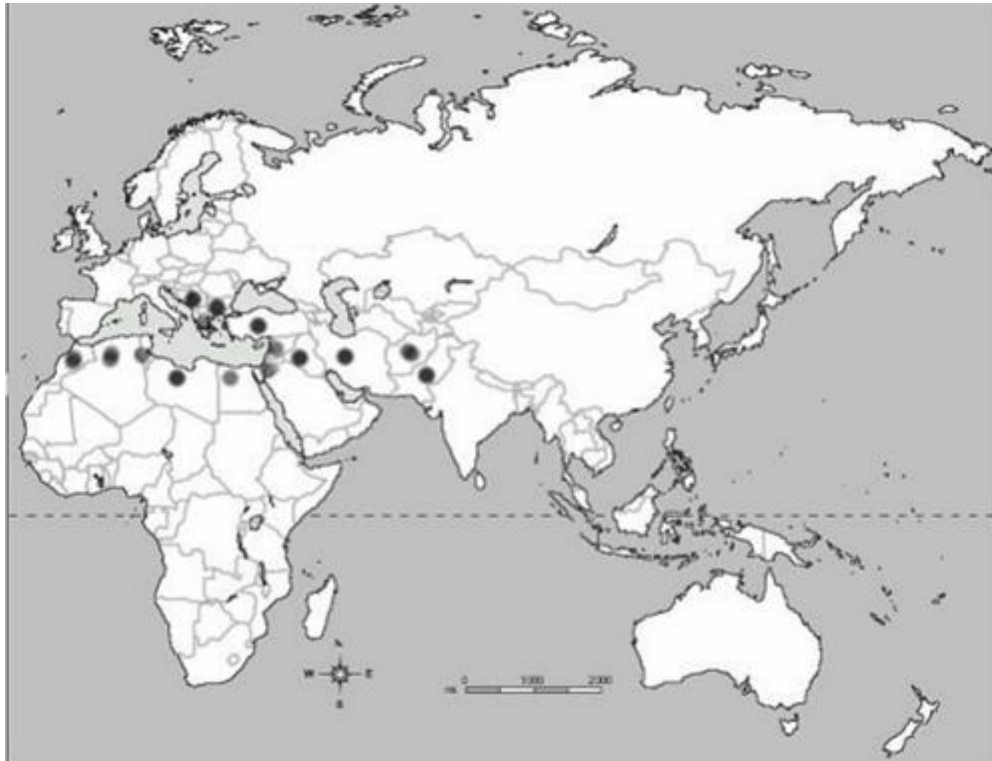


Figure 1.9 : aire naturelle de *pistacia atlantica* (Al-saghir, 2006)

1.4.2. En Algérie :

C'est une espèce endémique qui figure parmi les plantes non cultivées protégées en Algérie (Kaabeche et *al.*, 2005).

D'après Boudy (1952), en Algérie on le trouve disséminé dans les forêts chaudes du tell méridional mais surtout dans la région steppodésertique des hauts plateaux et du Sahara septentrional où il ne subsiste que dans les Dayas. On le rencontre parfois en montagne dans l'Atlas saharien (région Ain Sefra) et sur les hauts plateaux oranais.

Le Bétoum est un arbre par excellence du dayas méridional de l'Atlas saharien, sa limite extrême se trouve en pleine cœur du Hoggar où il existe à l'état de relique (Manjauze.1980) (Figure 1.10) et (Figure 1.11).

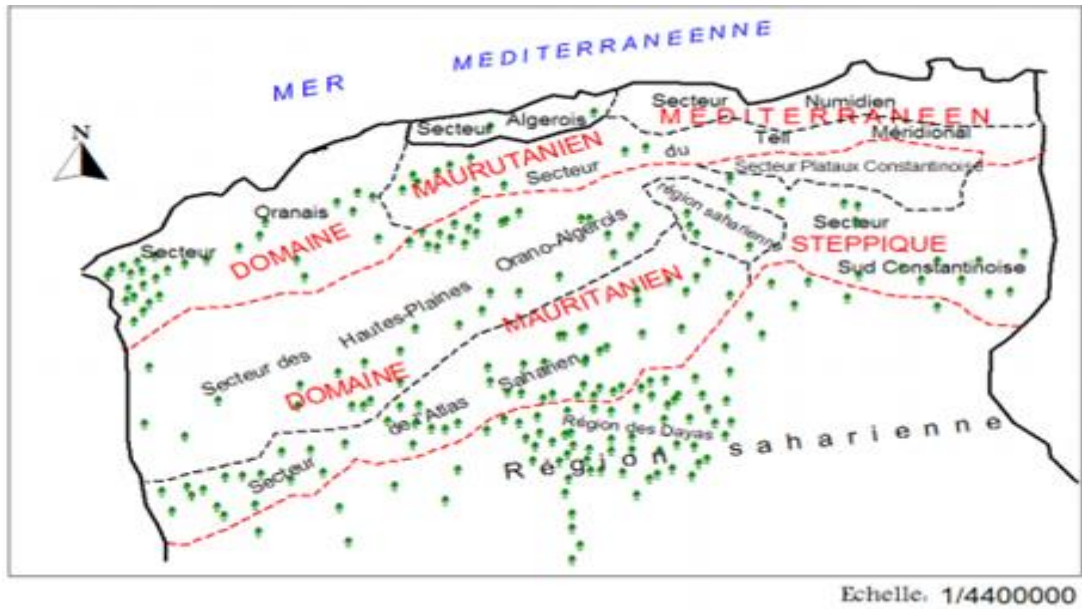


Figure 1.10 : distribution de pistacia atlantica en Algérie (Monjauze, 1968)

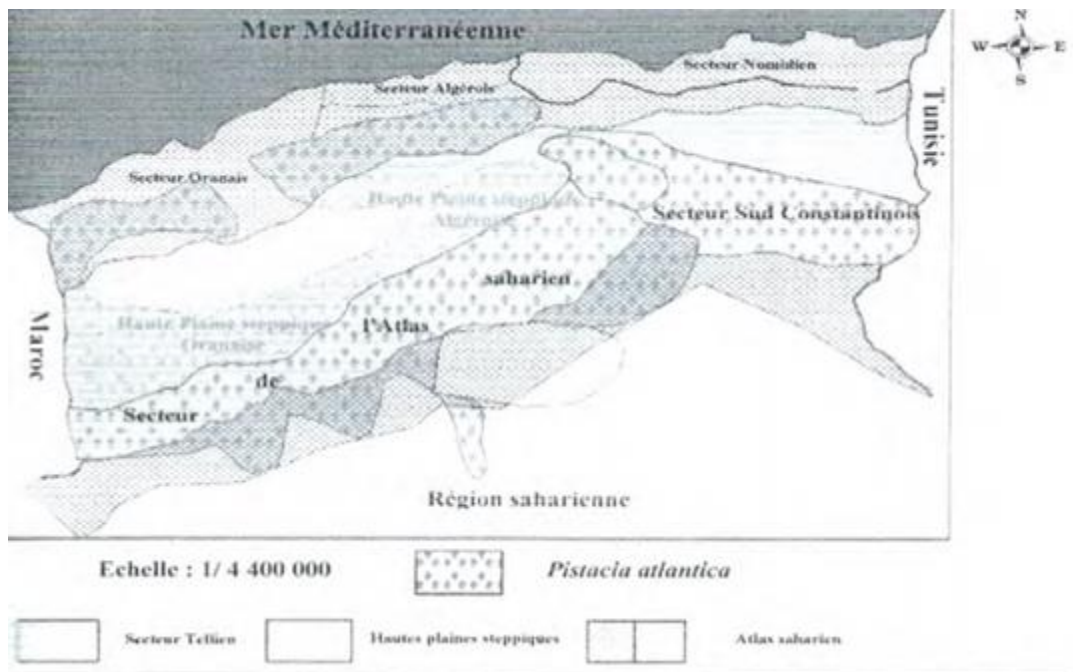


Figure 1.11 : aire de répartition du pistachier de l'Atlas en Algérie (Monjauze , 1980).

1.5. Cause de dégradation du pistachier de l'Atlas :

Des différents processus ont entraîné la dégradation :

- Le Défrichement et prélèvement du couvert végétal puis labour des daya,
- Surpâturage.
- érosion des sols et détérioration de leur fertilité.

Une protection de cette ressource naturelle et de tout l'écosystème dans lequel elle se retrouve nécessaire. Ceci doit se faire dans un cadre plus global de développement durable des régions arides.

En Algérie, si la régénération de l'espèce avait été protégée depuis longtemps, elle se serait traduite par la constitution de populations plus homogènes, plus nombreuses et plus productives (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. Parmi les facteurs ayant contribué à la dégradation des pistacheraies on peut citer :

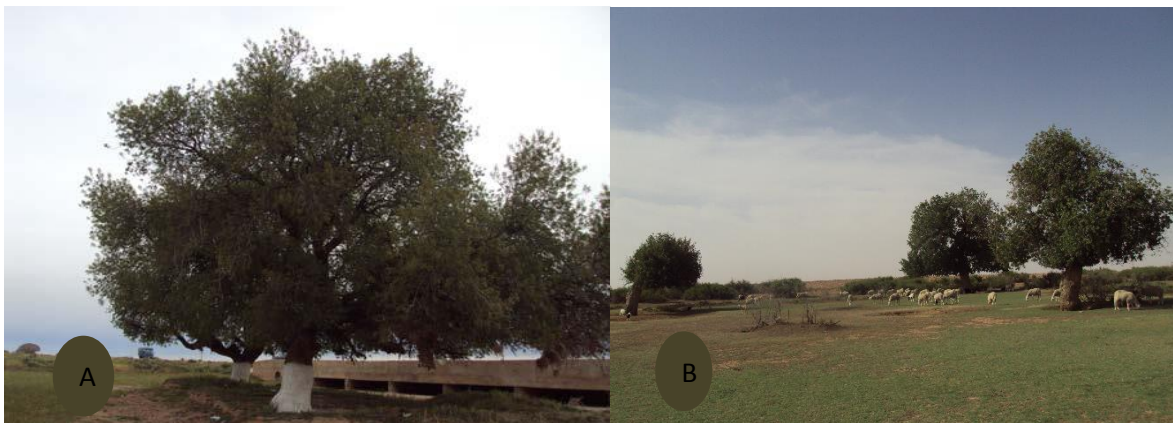
- (i) L'exploitation anarchique des pistachiers comme fourrage et bois de chauffage par les bergers et la population locale.
- (ii) Le pâturage empêchant la régénération naturelle et le développement des jeunes pousses.
- (iii) Le réseau routier qui traverse la plaine d'Oussera (destruction de centaines d'individus).
- (iv) Mauvais état sanitaire des arbres (attaque par le puceron doré provoquant des cloques ou des galles au niveau des feuilles). (Belhadj 2001)
- (v) D'autres facteurs tels les ravageurs, les maladies et la sécheresse contribuaient à sa dégradation (Benhssaini et Belkhodja, 2004)
(Figure 1.12) (Figure 1.13) et (Figure 1.14).



Figure 1.12 : Vieillesse des arbres du pistachier de l'Atlas (Région de Aïn Oussara)
(Iftissane, 2013).



Figure 1.13 : Pied de pistachier utilisé comme cheminée (**Région de Aïn Oussara**)
(Iftissane, 2013).



A-Développement du réseau routier (**Aïn Oussara**)

B-Surpâturage (**Région de Messsad**)

Figure 1.14 : Facteurs de dégradation des pistacherais (Iftissane, 2013).

1.6. Caractéristiques écologiques et édaphiques de l'espèce :

Le pistachier est un arbre de l'étage bioclimatique aride et accessoirement de l'étage semi-aride. Il se contente d'une tranche pluviométrique très faible de 200 à 250mm/an et même jusqu'à 150mm/an (Boudy, 1951). Il a une préférence pour les sols argileux et les alluvions de plaines, notamment les dayas qui sont des dépressions alluvionnaires à texture limoneuse où il forme des groupements avec le Jujubier (*Zizyphus lotus*). On le trouve jusqu'à 2000 m d'altitude dans les montagnes sèches (Atlas saharien).

1.6.1. Exigences écologiques :

Le pistachier de l'atlas est l'une des rares espèces arborescentes présentes dans les régions semi arides, arides et voir même sahariennes (Saadoun, 2005).

1.6.1.1. Température :

Le pistachier de l'Atlas a une grande amplitude thermique allant d'une température très basse de l'ordre de 5 °C parfois même à - 12°C (Djelfa) jusqu'à une température très élevée de +49 °C avec un maximum de 52 °C, cependant les jeunes plants craignent les gelées fréquentes (Pesson et Louveaux, 1984).

1.6.1.2. Pluviométrie :

Le pistachier de l'Atlas est un arbre d'une grande plasticité vis-à-vis de la sécheresse. Son adaptation reste exceptionnelle pour des grandes variations climatiques, hiver froid, été sec et chaud. Pour une bonne fructification de cette essence, la tranche pluviométrique doit être entre 200 à 150 mm /an (Monjauze, 1965 et Alyafi, 1979).

1.6.1.3. 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 *Ziziphus 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).

1.6.2. Exigences édaphiques :**1.6.2.1. Altitude :**

D'après Boudy (1952) et de Monjauze (1968), le meilleur développement de cet arbre est entre 600 et 1200 m. Il peut atteindre 2000 m d'altitude dans les montagnes sèches. Et selon ZOHARY (1952) jusqu'à 3000 m à l'orient de son aire. Selon Belhadj et al, (2008), l'espèce se trouve à 107 m (station de Guerrara).

Le pistachier de l'atlas peut se développer jusqu'à 2000 m d'altitude dans les montagnes sèches (Atlas saharien) belhadj, 1999) par ailleurs, (Alkaraz 1970), note que le pistachier de l'Atlas se rencontre à une altitude de 45 m dans la région de mohammedia (Ouest Algérien), et jusqu'à une altitude de 590 m à Mascara.

1.6.2.2. Sol :

Selon Zohary (1996), le Bétoum est très peu exigeant du point de vue édaphique, il s'accommode avec une large gamme de sols: des terrains acides en silice aux sols calcaires en Syrie, à l'exception des sols sablonneux (Boudy, 1955). Les terrains argileux et les alluvions de plaine : On le trouve quasi rarement sur roche calcaire en montagne sèche (boudy,1952). L'espèce grandit bien dans l'argile ou les sols limoneux, bien que celui-ci puisse se développer aussi sur les roches calcaires (Khaldi et Khouja, 1996).

1.7. les intérêts de l'espèce :**1.7.1. La valeur nutritionnelle :**

Les drupes comestibles sont très énergétiques. L'huile est souvent mélangée aux dattes écrasées et peut être consommée à toute heure de la journée avec du petit lait. L'huile a un goût très proche de celui du beurre, elle est très appréciée dans la région. Les graines sont séchées, écrasées ou moulues et ramassées avec de l'eau sucrée et consommées en boulettes ou bien séchées et croquées telles quelles comme des cacahuètes. (Belhadj ; 2008).

1.7.2. La valeur fourragère :

Le pistachier constitue une excellente espèce fourragère, son feuillage étant très apprécié par les animaux, l'arbre fournit un aliment apprécié par le bétail en période de disette.

1.7. 3. La Valeur écologique :

Le pistachier de l'Atlas est une plante xérophile rustique, qui participe à la lutte contre la désertification. Il peut être utilisé comme porte greffe pour le pistachier vrai (*Pistacia vera L*). (Chebouti .Y, 2011). Grâce à son enracinement pivotant bien adapté dans les zones arides susceptible de puiser l'eau en profondeur. Sa réhabilitation et sa conservation sont donc nécessaires pour contribuer au développement durable des zones arides. (Benaradj . A , 2015). *Pistacia atlantica* est trouvée en association avec *Ziziphus lotus* qui protège ces nouvelles plantes contre les animaux et les vents violents (Belhadj , 2008).

PARTIE 2 : LA SALINITÉ**1.8. La salinité :**

Selon Imalet, (1979), la salinité peut être définie comme étant la quantité globale des sels contenus dans « la solution du sol ». Elle constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et qui limite fortement les rendements agricoles, notamment dans les régions arides et de semi-arides, où les précipitations sont limitées et ne sont pas suffisantes pour transporter les sels du profil racinaire des plantes (Khalet et Baaziz ,2006 et Schulze et *al.*, 2005). La salinité se produit après l'évaporation de l'eau dans son état pur laissant derrière elle les sels et les autres substances (Carter, 1975).

Elle se produit en raison de l'augmentation des concentrations de ces sels comme le chlorure de sodium (Sun et *al.*, 2007).

La salinité des sols constitue l'un des stress abiotiques les plus répandus au niveau de la planète. Elle limite fortement les rendements et menace la productivité des terres dans les régions arides et semi-arides du Maghreb, notamment en cultures irriguées, ce qui entraîne une réduction des surfaces cultivables et représente une menace pour l'équilibre alimentaire de ces régions.

1.8.1. La salinisation

D'après Mermoud , (2006), la salinisation des sols est le processus d'accumulation des sels à la surface du sol et plus particulièrement dans la zone racinaire, elle se solde par des effets nocifs sur les végétaux et le sol.

1.9. L'origine du sol salé**1.9.1. Salinisation primaire et naturelle :**

Selon (Gomez-Cadenas ,2002), 80% des terres salinisées ont une origine naturelle. La salinisation primaire ou naturelle est due aux sels qui se forment lors de l'altération des roches ou à des apports naturels externes :

- Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses.
- Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.
- Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (Mermoud, 2006).

1.9.2. Salinisation secondaire :

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique ; sont qualifiées de «secondaires» dues principalement à l'irrigation des terres avec une eau de mauvaise qualité (eau saline), un lessivage insuffisant et un drainage défaillant (Anonyme, 2006 et Le goupil, 1974).

L'accumulation de sels solubles à la surface au en dessous de la surface du sol à des concentrations qui ont des effets négatifs sur la croissance des plantes et/ou sur les sols. Ceci se produit du fait de l'évaporation qui abandonne sur le sol les sels dissous dans l'eau. La salinisation peut aussi être causée par la remontée capillaire des eaux souterraines salines ou résulter d'une irrigation réalisée avec de l'eau saline (Ipriid, 2006).

1.10. Les causes de la salinité du sol :

Les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec de l'eau saline, et les pratiques culturelles sont parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante (Ashraf et Foolad, 2007).

Le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions semi-arides et arides accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures (Denden et *al.*, 2005).

En Algérie, ce problème s'est peu posé dans le passé mais durant les dernières années, OÙ des intrusions des eaux marines dans les nappes côtières d'Annaba et d'Oran ont été décelés (phénomène analogue au niveau de la sebkha) (Kuper et *al.*, 2004).

1.11. Répartition des sols salés.**1.11.1. Dans le monde :**

Les sols affectés dans le monde par la salinité représentent 954,8 millions d'hectares ; plus de 27% des terres irriguées sont confrontées à ce phénomène (Hamdy et *al.*, 1999). Au Maghreb et au Moyen-Orient, 15 millions d'hectares de terres agricoles sont sujets à une salinisation croissante (Kinet et *al.*, 1998). La salinisation des sols, dans ces régions, est non seulement liée aux conditions climatiques mais également au recours souvent mal contrôlé de l'irrigation. Le fort ensoleillement et la faible pluviométrie font accumuler les sels dissous en surface (Levigneron et *al.*, 1995).

Selon (Mermoud et *al.*, 2006) 10 millions d'hectares des terres irriguées sont perdues chaque année dans le monde (Tableau n°2).

Tableau n°2 : Dégradation des terres cultivées par la salinisation de quelques pays au cours de la dernière décennie (Hosni, 2009).

Pays	Surfaces irriguées en 10 ⁴ ha	Accroissement (en %)	% atteint par le sel
Egypte	2474	-12	40
Soudan	1700	-2	20
Etats unis	19830	19	25
Chine	45420	6	15
Inde	39800	18	27
Iran	5730	-3	30
Irak	1750	11	50
Pakistan	15320	13	40

1.11.2. en Algérie :

En Algérie, les travaux de recherche réalisés par(Daoud et *al.*, 1994), montrent que la majorité des sols agricoles sont affectés par les sels, surtout dans les régions arides et semi arides (Tableau n°3).

Tableau n°3 : classification des wilayas touchées par la salinité en fonction de la superficie affectée par les sels de la surface agricole utile (Abbad, 2007).

WILAYAT	SAU (ha)	Surface agricole affectée par la salinité (ha)	% de la SAU affecté par la salinité	WILAYAT	SAU (ha)	Surface agricole affectée par la salinité (ha)	% de la SAU affecté par la salinité
Tamanrasset	2510	1445	57.57	Alger	7940	150	1.89
Ouargla	17390	9850	56.64	Mostaganem	131730	1977	1.50
Ghardaïa	7930	3284	41.41	Naama	415	62	1.49
Bechar	13250	2249	16.97	Laghouat	53880	800	1.48
Illizi	570	60	10.53	Batna	487740	5100	1.05
Djelfa	67760	6250	9.22	Oran	85860	850	0.99
Relizane	641670	20000	8.28	Cheliff	188620	1490	0.79
Ain temouchent	18350	15000	8.14	Guelma	183860	1283	0.7
Tbessa	231750	13000	5.61	Mila	22150	100	0.45
Adrar	14990	780	5.20	Boumerdes	72090	192	0.27
Biskra	151530	7272	4.8	Saida	306480	700	0.23
khanchela	177900	4480	2.52	Tipaza	315340	472	0.08

En Algérie, plus de 20% des sols irrigués sont concernés par des problèmes de salinité (Douaoui et Hartani, 2008). Les sols salins se rencontrent dans les basses plaines et vallées d’Oranie, vallée de la Mina, près de Relizane par exemple, sur les hautes plaines au sud de Sétif et de Constantine, aux bords de certains chotts comme le Chott Melghir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions Sahariennes au Sud de Biskra jusqu’à Touggourt, Ouargla au-delà (Aubert, 1982).

1.12. La classification des plantes :

La production de biomasse des végétaux en présence de sel, quatre grandes tendances :

Les halophytes vraies: dont la production de biomasse est stimulée par la présence de sels. Ces plantes présentent des adaptations poussées et sont naturellement tolérantes au sel.

Les halophytes facultatives, montrant une légère augmentation de la biomasse à des teneurs faibles en sel.

Les non-halophytes résistantes, supportant de faible concentration du sel.

Les glycohytes, sont des plantes sensibles au sel parce que leur croissance est diminuée en présence du sel dans le sol (Levigneron et al., 1995).

1.13. L'accumulé des sels dans les plantes :

Une plante cultivée sur un sol riche en sel doit faire face à la pénétration du sel dans ses tissus. Ce dernier est rejeté ou accumulé par les différents organes, tissus cellules et compartiments cellulaires.

- ✓ à l'échelle de la plante entière, les ions chlorure et sodium entrent par les racines, sont véhiculés par la sève xylémique jusqu'aux tiges et aux feuilles.
- ✓ ils sont soit stockés (plantes de type includer) soit au contraire très peu retenus et revehiculés par la sève phloémique jusqu'aux racines (plantes de type excluder) (figure 2.1)
- ✓ à l'échelle de la cellule, on considère que le chlorure et le sodium pénètrent par des transporteurs ou canaux ioniques peu spécifiques.

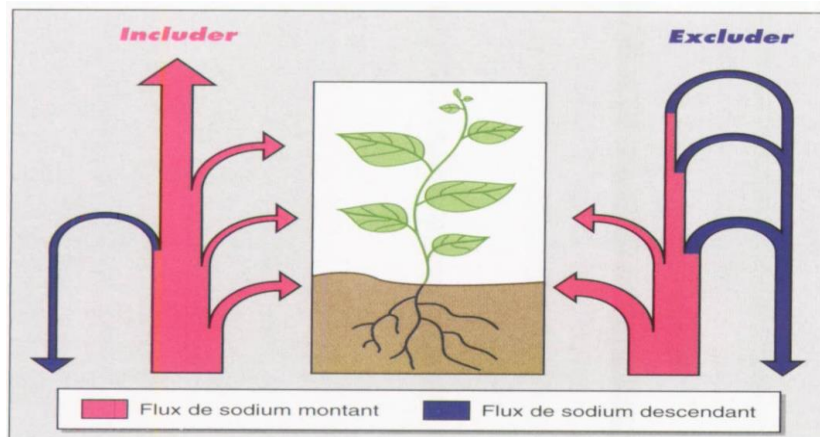


Figure15 : schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes (Levigneron et al., 1995).

1.14. Les effets de la salinisation sur le sol et la végétation**1.14.1. L'effet de salinité sur le sol :**

Les sols salés sont caractérisés généralement par des propriétés physiques, chimiques, et biologiques défavorables à la croissance des végétaux. Ainsi, les sels provenant de l'eau d'irrigation s'accumulent dans le sol en provoquant l'augmentation de la pression osmotique et peuvent conduire à la stérilisation du sol. D'une façon générale la relation entre le rendement relatif des cultures et la salinité est à peu près linéaire sur la base de comparaison entre le rendement de la même culture en sol salé et non salé (Katerji, 1995).

1.14.2. Effet de la salinité sur la germination et la levée :

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et, en particulier, par la disponibilité de l'eau dans le sol (Sharma, 1973, Gutterman, 1993) in (Ndour et Danthu, 2000), Selon Maillard (2001) et Abdelly (2006) la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée dont l'effet nocif est de nature osmotique ou bien toxique. Selon Karmous (2007), elle agit également sur la germination en ralentissant sa vitesse, ce qui expose plus les semences aux risques. il a été démontré que la salinité inhibe la germination par son effet osmotique où elle affecte tous les processus de germination suite à la baisse du potentiel hydrique autour des graines, ce qui rend l'eau inaccessible à cette dernière pour la réhydratation et la reprise de La vie active de l'embryon

(Maas et Poss, 1989).

1.14.3. Effet de salinisation sur la végétation

D'après Munns et Rawson (1999), Maas et Poss (1989), l'effet de la salinité se traduit généralement par une réduction de la croissance végétative (réduction de la hauteur, nombre de talles et de feuilles) qui est en fonction de la division et l'élongation cellulaire. Elle retarde la croissance des pousses qui sont plus sensibles aux sels que les racines mais elle pousse prématurément la plante vers la maturité.

1.14.3.1. Effet de la salinité sur la croissance :

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (Wang Yet al., 2000).

Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakis et al., 2000).

La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines

et la surface racinaire (Mohammad et al., 1998). Le taux élevé de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse des racines, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (Meloni et al., 2001).

1.14.3.2. Effets de la salinité sur l'anatomie de la feuille :

La salinité cause une augmentation de l'épaisseur de l'épiderme, l'épaisseur du mésophyle, la longueur des cellules palissadiques, le diamètre des cellules palissadiques dans les feuilles (Longstreth et Nobel, 1979 in Parida et Das, 2005). La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (Delphine et al., 1998) in (Parida et Das, 2005). L'épaisseur du mésophyle et de l'épiderme ainsi que l'espace intercellulaire diminuent significativement dans les feuilles traitées avec le NaCl (Parida et Das, 2005).

Le stress salin cause le développement de la vacuolisation et un gonflement partiel du réticulum endoplasmique, le gonflement de la mitochondrie, la vésiculation et la fragmentation du tonoplaste et la dégradation du cytoplasme par le mélange de la matrice cytoplasmique et vacuolaire des feuilles de la patate douce (*Ipomoea batatas*) (Mitsuya et al., 2000) in (Parida et Das, 2005).

1.14.3.3. Effet de salinité sur les racines :

Les racines sont les premières organes confrontés à l'augmentation du sel, il a été observé que des concentrations importantes de polypeptide appelés osmotine, s'accumulent dans les plantes au niveau des vacuoles de cellules soumises à des élevées de sel (Singh et al, 1987).

1.14.4. Effet de la salinité sur l'absorption de l'eau dans la plante :

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (Hayashi et al., 1998).

1.14.5. Effet de la salinité sur la nutrition minérale:

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes : la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions.

L'accumulation des ions Na⁺ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K⁺ et Ca²⁺. Il y aurait une compétition entre Na⁺ et Ca²⁺, donc l'interaction entre les ions Na⁺ et Ca²⁺ (Jendoubi, 1997).

1.15. Les mécanismes de tolérance des plantes à la salinité**1.15.1. Exclusion des ions :**

Selon Sentenac et Berthomieu (2003), la plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne de cellules de la racine. Cependant, cette barrière peut être interrompue, en particulier lors de l'émergence des ramifications de la racine. D'autres mécanismes limitent le passage de sel des racines vers les feuilles mais les gènes qui les gouvernent sont encore largement inconnus. IL est aussi indiqué que la capacité d'exclusion de (Na^+ et / ou (Cl^-) des tiges est bien corrélée au degré de tolérance au sel (Greenway et Munns, 1980).

1.15.2. Régulation de croissance :

Il a été démontré que les réponses physiologiques à divers stress tels que la sécheresse ou la salinité, ont des caractéristiques similaires. Ils provoquent toute une augmentation de la concentration en ABA dans la partie aérienne ou une réduction de concentrations en cytokinine (Itai, 1999). D'après Zhu (2001), la réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique .

1.15.3. Le contrôle membranaire :

L'adaptation au stress salin se met en place également au niveau des membranes cellulaires (membrane plasmique, tonoplaste). La sélectivité des ions à l'entrée constitue la composante qualitative qui se définit à partir des différents transporteurs membranaires récents (antiports Na^+ H^+). Dans la diffusion facilitée comme dans le transport actif, les protéines membranaires peuvent être très spécifiques de certains solutés. Néanmoins, plusieurs solutés peuvent entrer en compétition pour une même protéine de transport (Na^+ et K^+) (Niu et *al.*, 1995 ; Terman et Skerrett, 1999).

1.16. L'adaptation des végétaux a la salinité**1.16.1. L'adaptation morphologique:**

La succulence, qui se traduit par une accumulation d'eau dans les cellules constitutives des tissus des organes aériens, est l'un des caractères les plus communs aux halophytes. La succulence des cellules foliaires augmente, se traduisant par une augmentation de l'épaisseur des feuilles. On note de plus la réduction de la surface foliaire.

La présence d'une cuticule épaisse et l'apparition plus précoce de la lignification de quelques organes à la fin de leur cycle de vie (Raache et Karboussa, 2004).

La morphologie et la structure des plantes halophytes sont adaptées dans le sens de l'économie d'eau (Heller et *al.*, 1998).

Les caractères liés à cette adaptation sont :

- ✓ Une cuticule épaisse.
- ✓ Des stomates rares.
- ✓ Des cellules à grande vacuoles ; permettant de stocker le NaCl.
- ✓ Une succulence des feuilles qui deviennent épaisses.

1.16.2. L'adaptation physiologique:

Les adaptations physiologiques ou métaboliques au stress salin au niveau cellulaire sont les réponses principales soumises à des analyses moléculaires et qui ont conduit à l'identification d'un large nombre de gènes induits par le sel (Shinozaki et *al.*, 1998) in (Parida et Das, 2005).

1.17. Possibilités de réduction de la salinité:

Les méthodes employées pour récupérer, améliorer et aménager les sols salins sont très nombreuses.

1.17.1. Lixiviation :

Elle consiste à apporter l'eau juste un peu plus que nécessaire pour réduire l'accumulation des sels dans la zone racinaire et ces derniers sont transportés dans la couche aquifère qui les disperse à condition que le drainage naturel soit suffisant (FAO, 2002).

1.17.2. Drainage :

Selon la **FAO, (1972)**, le drainage est une technique de suppression naturelle ou artificielle des excès d'eau souterraine et de surface des sels dissous dans les terres afin d'améliorer la production agricole. Dans le cas du drainage naturel, l'excès d'eau s'évacue des champs jusqu'aux lacs, fleuves et rivières. Dans le système artificiel, l'excès d'eau souterraine ou de surface est éliminé par des canalisations souterraines ou de surface. Le drainage a pour objectif :

- d'évacuer l'excès d'eau de pluie par les drains de surface qui recueillent essentiellement l'écoulement de surface.
- de contrôler la profondeur de la nappe et de lessiver les sels dans la rhizosphère.
- de transporter l'eau récupérée dans les drains secondaires jusqu'au collecteur.
- de transporter l'eau des collecteurs jusqu'à l'exutoire du système ou au site d'évacuation.

1. 17.3. Irrigation :

Le système d'irrigation goutte à goutte est préférable car il mesure la quantité d'eau distribuée à la surface autour de la plante.

L'irrigation goutte à goutte est caractérisé par un apport d'eau localisée, fréquente et continue, utilisant des débits réduit à des faibles pressions, seule la fraction du sol exploitée par les racines est continuellement irriguée.

L'un des grands avantages de ce système est l'augmentation des rendements et la réduction de la salinisation. Par contre l'irrigation intensive se traduit par des problèmes d'engorgement et de la salinisation (Bourakhoudar et Badraoui ; 2002).

2.1-Objectif de travail :

Notre travail consiste à l'étude de l'effet de stress abiotique salin sur 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.

2.2. Site d'expérimentation :

Notre travail est réalisé au sein du laboratoire d'amélioration des plantes du département des biotechnologies de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université Saad Dahleb Blida 1.

La mise en place des plantules s'est déroulée dans une serre monochapelle, de superficie est de 208 m² dont l'orientation est Nord-Sud (figure 2.1) et recouverte par un film plastique de nature polyéthylène. L'aération est assurée par des fenêtres placées latéralement de part et d'autre. Le chauffage de la serre en période froide est réalisé à l'aide de radiateurs à eau chaude.



Figure 2.1 : Présentation du site d'étude expérimentale (Google earth, 2015).

La flèche indique l'abri serre tunnel recouvert d'un film plastique souple en polyéthylène.

2.3. Matériel végétal et conditions de culture :

Au cours de notre expérimentation, nous avons utilisé des fruits du pistachier de l'Atlas. Les graines ont été récoltées en 2017 sur des arbres adultes poussant naturellement dans la région de Had Shari dans la wilaya de Djelfa (figure 2.2).



Figure 2.2: fruits du pistachier de l'Atlas (Originale, 2018).

Une fois récoltées ces fruits ont été conservés les fruits dans un sachet en papier kraft au freezer à 4°C pendant une période d'un mois pour lever leur dormance.

2.4. Préparation des graines :

Le tri densimétrique des graines par flottage dans de l'eau est d'un usage (qui a permis d'éliminer les graines vides). La levée de la dormance est une étape primordiale pour cette espèce végétale. Pour cela nous avons adopté les prétraitements suivants :

- Une stratification consistant à faire subir aux fruits un traitement au froid à une température de 4°C pendant 30 jours.
- Élimination de l'épicarpe, qui consiste à tremper les graines dans de l'eau distillée stérile pendant 24 heures afin de ramollir l'épicarpe.
- Scarification mécanique qui consiste à enlever l'épicarpe à la main.
- Trempage des graines dans l'hypochlorite de calcium pendant 10min.
- Rinçage abondant à l'eau distillée afin d'éliminer toute trace de l'hypochlorite de calcium (3 rinçages).

2.5. La germination :

La germination a été réalisée dans des boîtes de Pétri en plastique de 9 cm de diamètre contenant du papier filtre imbibé d'eau distillée stérile. Chaque boîte comprend 15 graines avec cinq (5) répétitions (figure 2.3).



Figure 2.3: Germination des graines dans les boîtes de pétri (Originale, 2018).

Les boîtes sont déposées dans une étuve réglée à $25 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 10 jours. Les graines ont été arrosées par l'eau distillée stérile jusqu'à l'émission de leurs premières racinelles (figure 2.4).



Figure 2.4: germination des graines de pistachier (Originale, 2018).

2.6. Repiquage des plantules :

Après germination des graines, un repiquage des jeunes plantules est réalisé individuellement dans des gobelets en plastique. Ces derniers sont remplis de substrat. Le substrat utilisé est composé de tourbe (figure 2.5).



Figure 2.5: Repiquage des plantules dans des gobelets (Originale, 2018).

Les jeunes plantules ont été arrosées avec l'eau du robinet pendant 20 jours. Elles ont été repiquées pour la deuxième fois dans des pots avec un substrat constitué de tourbe et arrosées avec l'eau de robinet durant 20 jours pour favoriser leur reprise avant l'application du stress en serre.



Figure 2.6: Repiquage des plantules dans des pots (Originale, 2018).

2.7. L'effet du stress salin au stade plantule :

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

T₀ : Témoin (0 g/l de Na Cl).

T₁ : 16g/l de Na Cl

T₃ : 24g/l de Na Cl

T₂ : 20g/l de Na Cl

T₄ : 28g/l de Na Cl

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

2.8. Dispositif expérimental :

L'affectation de la dose des traitements est faite d'une manière aléatoire selon la table des permutations des nombres aléatoires de cinq(5) niveaux : T₀, T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ en randomisation totale. Le nombre de répétition par traitement est de 10 observations pour évaluer la part de l'erreur expérimentale dans la construction de l'observation, avec une totalité de 50(5*10) plants (figure 2.6).









































T ₀ (0g/l de Na Cl)	T ₁ (16g/l de Na Cl)	T ₂ (20g/l de Na Cl)	T ₃ (24g/l de Na Cl)	T ₄ (28g/l de Na Cl)
				
				
				
				
				
				
				
				

Figure2.7: Dispositif expérimental adopté au stade plantule (stress salin).

2.9. Paramètres étudiés :

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

2.9.1. Taux de germination :

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

La formule du taux de germination :

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

2.9.2. Paramètres morphologiques au stade plantule :

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

2.9.2.1. Croissance en longueur :

A la fin d'application des stress salin 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.

2.9.2.2. 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.

2.9.3. Paramètres physiologiques

2.9.3.2. 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)** :

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

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

$$\text{- Chl (c) (mg /g MF) = 1000 * DO}_{470} - [1.82 \text{ Chl a} - 85.02 \text{ Chl b}] / 214$$

V: volume de solution extraite.

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

2.9.4. Paramètres biochimiques

2.9.4.1. Dosage de la proline des feuilles et des racines :

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 à ajouter 2 ml de méthanol à 40 %. Le mélange est chauffé au bain-Marie à 85 °C pendant 60 mn. Après refroidissement, 1 ml de l'extrait est prélevé auquel, nous avons ajouté :

- 1 ml d'acide acétique (CH_3COOH),
- 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 (H_3PO_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 (Na_2SO_4 anhydre), la densité optique (DO) est mesurée à 528 nm en utilisant le spectrophotomètre.

- Les valeurs obtenues sont converties grâce à un courbe étalon construit à partir d'échantillons contenant des quantités de proline connues.
- La lecture de la densité optique des échantillons se fait au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm.
- La détermination de la teneur en proline est réalisée selon la formule :

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

2.9.4.2. 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°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 :

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

2.9. Analyse statistique :

Tous les essais réalisés ont subi trois répétitions. Stade germinatif répétées quatre fois, mesures des paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques en relation avec la tolérance à la salinité. On a fait une ANOVA et les résultats sont présentés sous forme d'histogrammes, ils correspondent le plus souvent à des valeurs moyennes et leurs écart-types.

L'analyse s'est faite à l'aide du logiciel EXCEL 2013.

3.1. Taux de germination

La figure 3.1 montre le taux de germination des graines du pistachier d'atlas provenant de la région de Had shari (W de Djelfa).

La mise en germination est faite à raison de 15 graines et a raison de 5 boîtes. Elles sont arrosées avec de l'eau distillées.

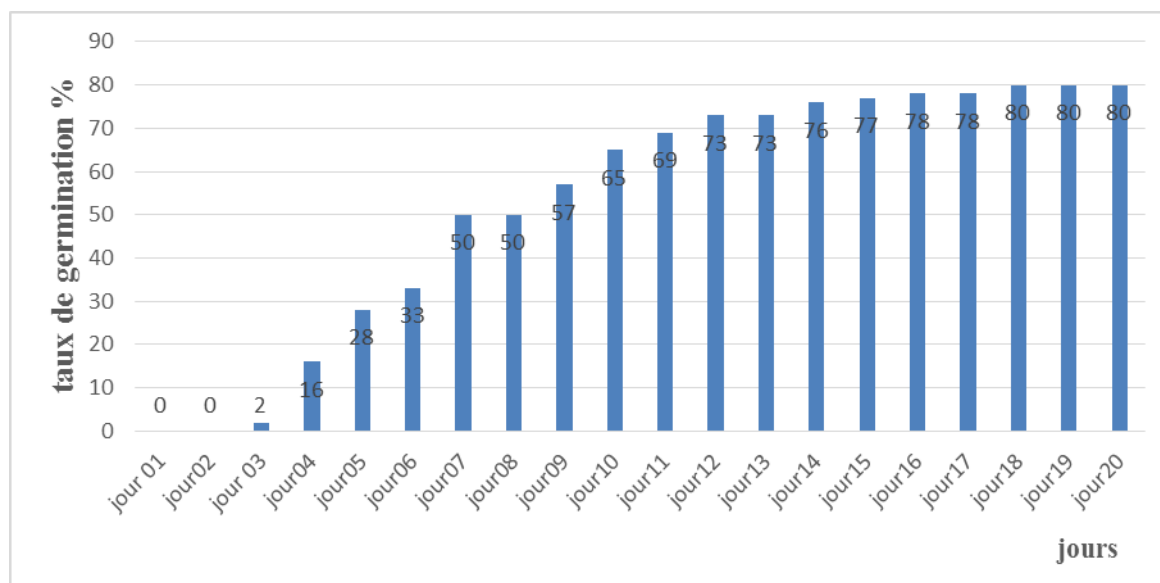


Figure 3.1 : Taux de germination des graines de *Pistacia atlantica*

Les graines sont considérées germer lorsque la radicule perce le tégument. Le dénombrement des graines ayant germé est effectué tous les jours.

On constate que le taux de germination des graines augmente chaque jour, Jusqu'au 20^{ème} jour où l'on a observé 80% des graines germées. Les résultats obtenus indiquent que les graines étudiées montrent des signes d'une dormance due à l'imperméabilité de leur tégument. Ceci pourrait être dû à la dureté du tégument des graines de *pistacia atlantica* Desf. Les résultats obtenus, sont similaires à celles décrits par JAOUADI et al. (2010) pour les graines d'*Acacia tortilis*. Cependant, des traitements similaires sur une fabacée *Retama monosperma* (trempage des graines dans l'acide sulfurique pendant 1, 2 et 3 heures), n'ont permis aucune amélioration des taux de germination. La durée optimale de trempage paraît être en rapport avec la dureté des téguments. Chez l'arganier (*Argania spinosa* L.) réputée par la dureté de son tégument, aucune graine trempée dans de l'H₂S₀₄ concentré pendant 48 heures ne germe. GUERROUJ et al. (2015) signalent l'effet néfaste de l'acide sulfurique sur

les graines de *Medicago arborea* qui se sont montrées très sensibles à un traitement chimique par l'acide sulfurique d'une durée de 4 minutes.

Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la variance au seuil de 5%, qui montre qu'il y a une différence significative entre les moyennes du taux de germination ($P = 0,0011$) (Annexe 1).

3.2. Paramètres morphologiques au stade plantule

3.2.1. Longueur de tiges

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 Desf*

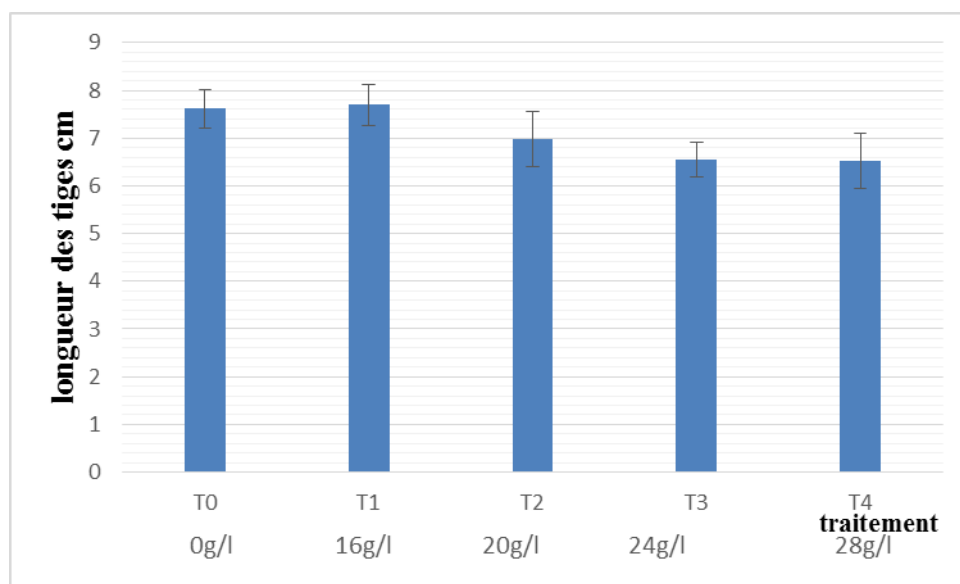


Figure 3.2 : longueur de tige des plantules de *pistacia atlantica Desf* en fonction du stress salin

Les hauteurs les plus importantes sont obtenus chez les plantules témoins et celles traitées par 16 g/l de NaCl, Les valeurs enregistrées sont 7,6 et 7,73 cm respectivement .Une diminution de la longueur de la tige est observée dès que la concentration en NaCl dépassé 16 g/l, pour le traitement T2 (20g/l) suivi de traitement T3 (24 g/l) où la longueur moyenne et plus faible avec 6,97 et 6,55 cm respectivement, elle continue diminuer jusqu'à 6,52 cm pour le traitement T4 (28 g/l)

Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la variance à un seul critère de classification qui montre une différence significative entre les moyennes de la longueur des tiges pour les différents traitements ($p=0,0026$) (annexe 2)

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.

3.2.2. Longueur de 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

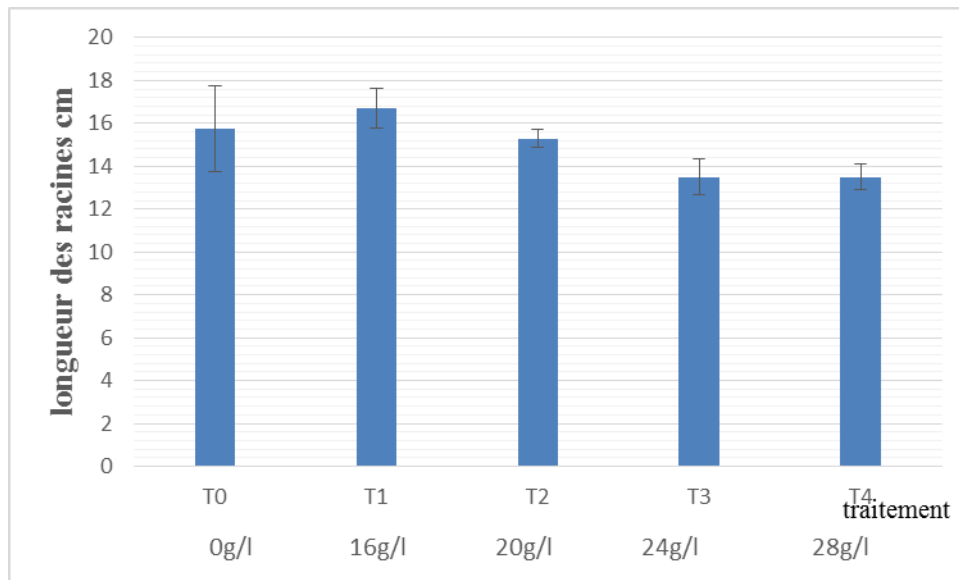


Figure 3.3 : longueur de racine des plantules de *pistacia atlantica Desf* en fonction de stress salin

L'allongement le plus important de la racine est enregistré au niveau de traitement T1 (16 g/l) avec 16,7 cm. Le témoin (T0) et T2 (20g/l) enregistrent des longueurs de la racine principale moyenne respectivement de 15,75 et 15,30 cm. Les traitements T3 (24g/l) et T4 (28 g/l) induisent une faible augmentation de la longueur de la racine par rapport aux précédentes concentrations avec des valeurs constantes de 13,50cm.

L'analyse de la variance à un critère de classification confirme ces résultats par des différences significative entre les différents traitements de la longueur des racines chez le *Pistacia atlantica* ($p=0.0047$) (**annexe 3**)

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.

3.2.3. Nombre de feuilles :

Les résultats obtenus montrent que le stress salin induit par les différents traitements de NaCl influe sur le nombre de feuilles.

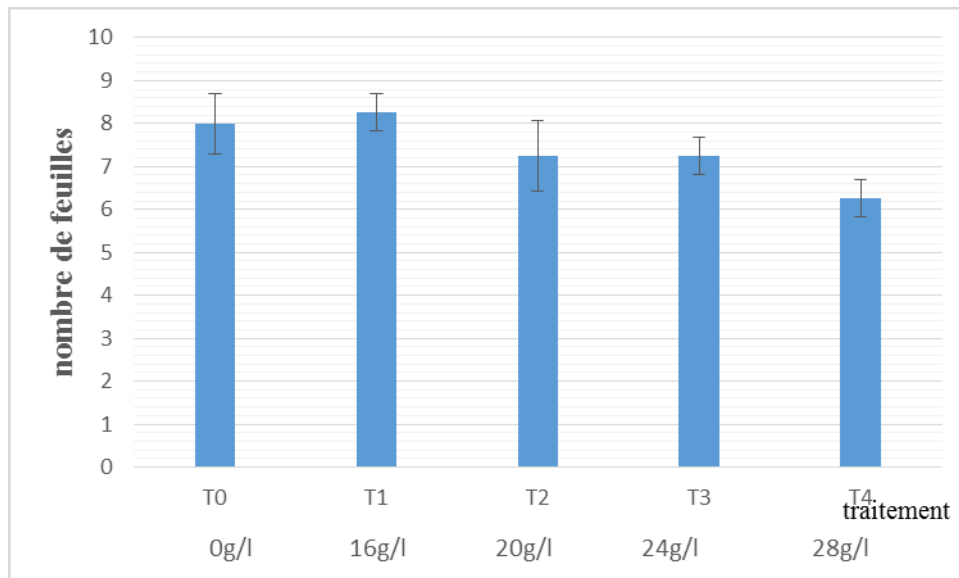


Figure 3.4 : nombre de feuilles des plantules en fonction du stress salin

Le nombre de feuille le plus important est enregistré au niveau de traitement T1 (16 g/l) et T0 avec 8 feuilles. Les traitements T2 (20g/l) et T3 (28 g/l) enregistrent des nombres de feuilles similaires allant à 7 feuilles. Le traitement T4 (28 g/l) induit un faible nombre feuille par rapport aux précédentes concentrations avec une valeur c de 6 feuilles.

L'analyse de la variance à un critère de classification confirme ces résultats ne montre pas une différence significative entre les différents traitements d'NaCl ($p=0.008$) (**annexe4**).

Nos résultats s'accordant avec ceux d'EPRON et *al.* (1999), qui ne soulignent que le nombre de feuilles des plants d'*Atriplex numularia* qui est affectée en présence de NaCl.

3.3. Paramètres physiologiques

3.3.1. 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 3.5, 3.6 et 3.7).

3.3.1.1. Chlorophylle (a) :

La moyenne le plus élevée de la teneur en chlorophylle (a) est enregistrée pour le traitement T₀ avec 1.882 mg/g MF (Figure 3.2). Les plantules T₁ (16g/l) enregistrent 1.136 mg/g MF. Les plantules traitées à 20 et 24g/l de NaCl présentent des moyennes de teneurs en chlorophylle (a) moins élevées. Avec respectivement 0,592 et 0.537 mg/g MF. Au-delà, de cette concentration ce paramètre subit une diminution pour les plantules traitées par 28 g/l avec 0.333 mg/g MF (**annexe 5**)

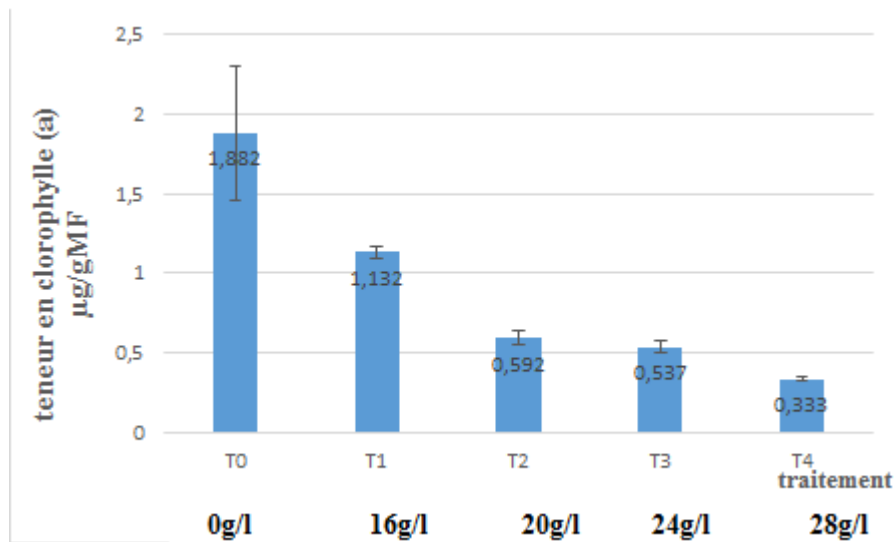


Figure 3.5 : Teneur en chlorophylles (a) en fonction de stress salin

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 entre T0 et T4 ($p= 0.00011$)

3.3.1.2. Chlorophylle (b) :

Les moyennes les plus élevées de la teneur en chlorophylle (b) est enregistrée chez les plantules traitées à (16 g/l) (T₁) une valeur maximale de 0.370 mg/g MF et le témoin avec la valeur de 0.340 mg/g MF, suivis de 0.313 et 0,262 mg/g MF respectivement avec 20 et 24g/l. La valeur minimale est enregistrée chez les plantules de traitement T₄ (28g/l) avec en moyenne de 0,116 mg/g MF (Figure 3.3).

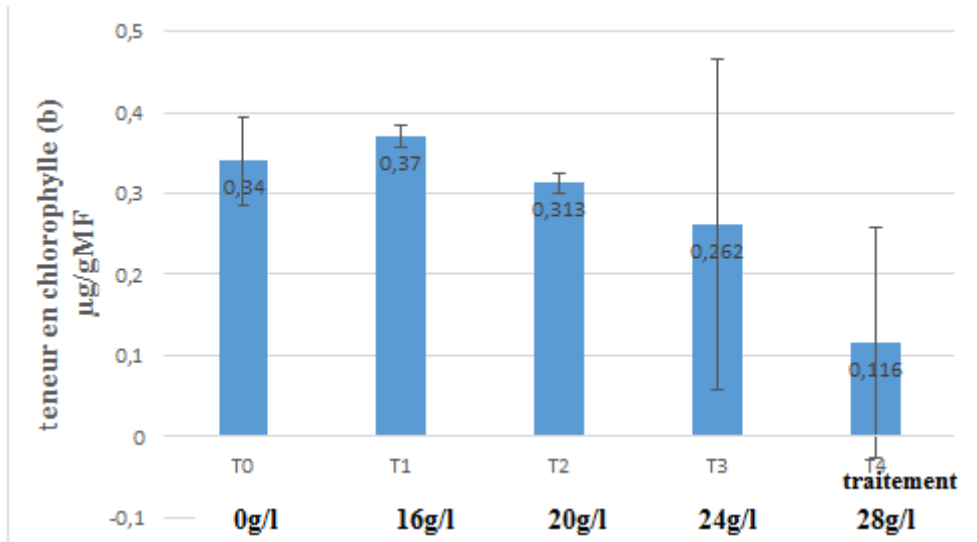


Figure 3.6 : Teneur en chlorophylles (b) en fonction de stress salin

Ces résultats sont confirmés par l’analyse de la variance au seuil de 5%, qui montre qu’il y a une différence significative entre le traitement 16g/l et 28g/l qui approuver les moyennes de la chlorophylle (b) ($P = 0,007$) (Annexe 5).

3.3.1.3. Chlorophylle (c) :

La moyenne la plus élevée de la teneur en chlorophylle (c) est enregistrée chez les plantules témoins (T₀) avec 2,015 mg/g MF (Figure 3.4) et les plantules T1 (16g/l) avec 1,783 mg/g MF. Les plantules traitées à 20 et 24 g/l (T₂ et T₃) enregistrent des moyennes de teneur en chlorophylle (c) oscillent entre 1,155 et 0.852 mg/g MF. Au-delà, de cette concentration, ce paramètre subit une diminution pour les plantules traitées par 28 g/l avec 0.47 mg/g MF.

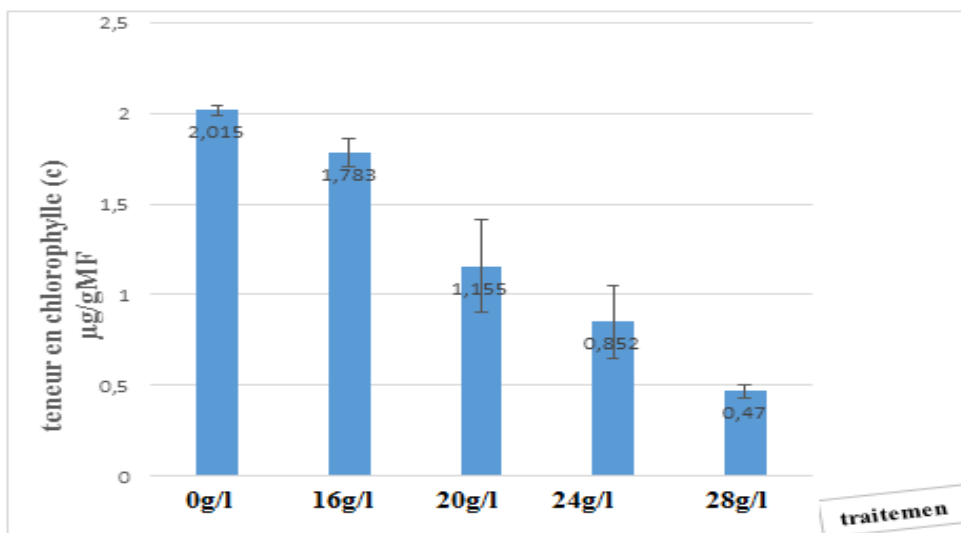


Figure 3.7 : Teneur en chlorophylles (c) en fonction de stress salin

L'analyse de la variance à un critère de classification montre une différence significative ($P=0,0031$) pour la teneur en chlorophylle (c) (**Annexe 5**).

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

3.4. Paramètres biochimiques

3.4.1. Teneur en proline des feuilles et des racines

3.4.1.1. Teneur en proline des feuilles :

La figure 3.8 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 2,168 ; 2,09 et 2,05 mg/g MF pour les concentrations de 20 ; 24 et 28g/l de NaCl respectivement comparé au témoin et au traitement T0 (0 g/l) qui enregistrent des valeurs plus faibles de l'ordre de 0.066 mg/g MF (Figure 3.5). Les plantules traitées à 16 g/l (T1) enregistrent des moyennes de teneur en proline qui arrivent jusqu'à 1,671 mg/g MF.

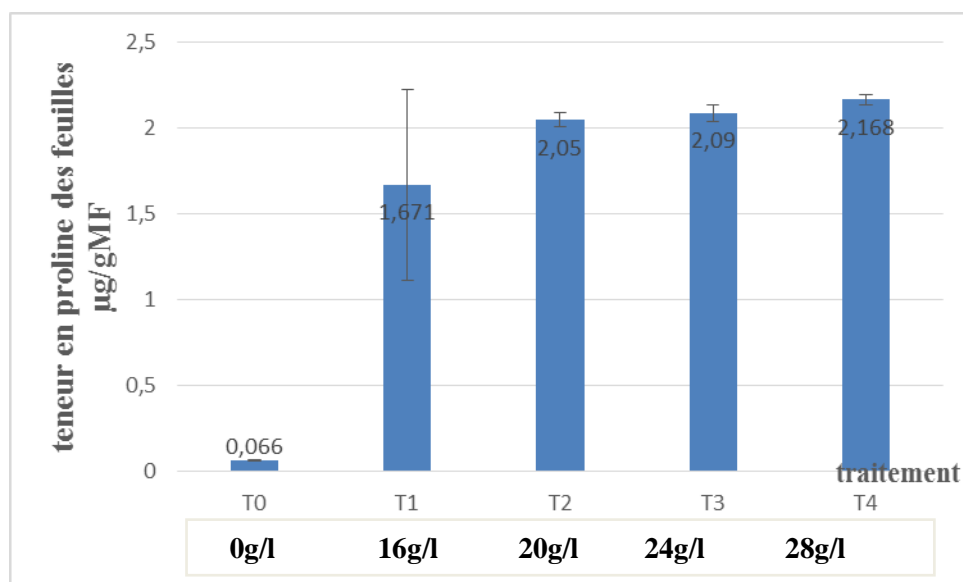


Figure 3.8 : Teneur en proline dans les feuilles en fonction des différents traitements de NaCl

L'analyse de la variance à un seul critère de classification montre une différence significative pour les traitements 16g/l et 28g/l d'NaCl ($p=0.009$) (**Annexe 6**).

L'accumulation de la proline augmente significativement avec l'augmentation de la concentration de la salinité (Belkhodja et Bidai, 2007). Selon Monneveux (1989), c'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).

Une étude sur *Vigna sinensis*, montre le même comportement de cette espèce face au stress salin (Lotmani et al., 1998 ; Mekhaldi, 2007). La proline est la substance qui s'accumule dans les tissus végétaux soumis au stress abiotiques et constitue un moyen de tolérance à la salinité (Zid et Grignon, 1991).

3.4.1.2. Teneur en proline des racines

La figure 3.9 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 3,152 et 3,091 mg/g MF pour les concentrations de 24 et 28g/l (T₄ et T₃) de NaCl respectivement. Les plantules stressées avec une concentration de 20 g/l (T₃) enregistrent des moyennes en teneur de proline chez les racines de 2,671 mg/g MF et 1,136 mg/g MF pour les plantules stressées avec une concentration de 16 g/l. les plantules témoins présentent une moindre teneur en proline chez les racines de 0,043 mg/g MF.

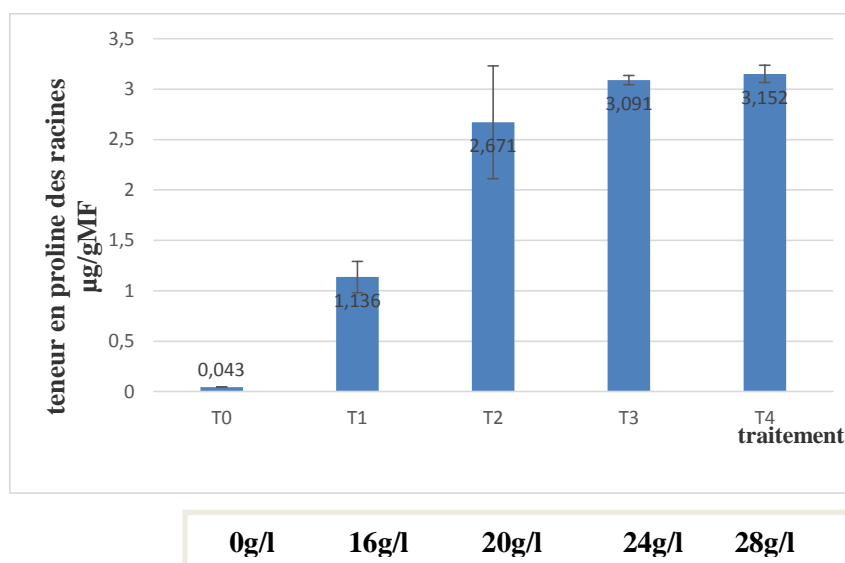


Figure 3.9 : Teneur en proline dans les racines en fonction des différents traitements de NaCl

L'analyse de la variance à un seul critère de classification montre une différence significative pour tous les traitements ($p=0.008$) (Annexe 7).

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.

3.4.2. Teneur en sucres solubles :

La figure 3.10 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 24 et 28 g/l avec respectivement 1,782 et 1,696 $\mu\text{g/g MF}$ comparés au témoin qui enregistrée la valeur la plus faible avec 0.261 $\mu\text{g/g MF}$. Pour le dosage de 16 g/l, la teneur en sucres augment jusqu'à (0,467 $\mu\text{g/g MF}$), puis à (1,325 $\mu\text{g/g MF}$) pour les plantules stressées à 20g/l. Le sucre continue à augmenter lorsque la concentration s'élève et arrive à (28 g/l).

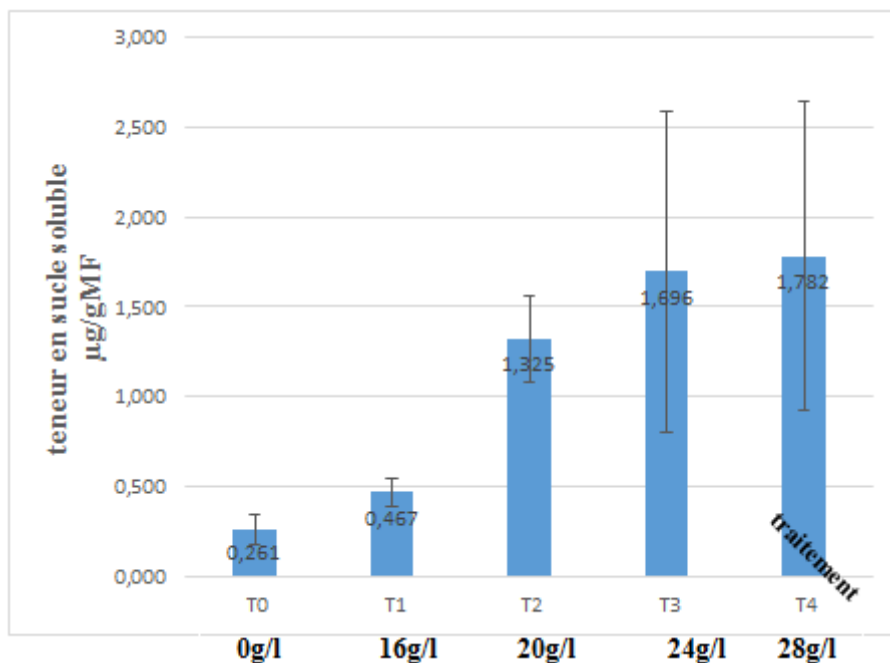


Figure 3.10 : Teneur en sucres solubles dans les feuilles en fonction des différents traitements NaCl

Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la variance à un seul critère de classification qui montre une différence significative entre les moyennes (0,46 et 1,78 $\mu\text{g/g}$ de la teneur en sucres solubles pour les différents traitements ($p = 0,0041$)) (**Annexe 8**).

La très faible accumulation de sucres solubles dans nos échantillons est légèrement similaire à l'étude comparative menée par Zid et Grignon (1991) sur le haricot (espèce très sensible), le riz (sensible), le soja (moyennement sensible) et le cotonnier (tolérant). En effet, les résultats révèlent que la teneur en saccharose des feuilles augmente considérablement chez le haricot et plus faiblement chez le riz. Par contre, elle diminue légèrement chez le soja et plus fortement chez le cotonnier. Ceci nous informe peut être sur la tolérance de notre espèce aux sels et qui réagit quelque peu comme le cotonnier qui est une espèce résistante.

CONCLUSION GENERALE

L'effet de la salinité chez *Pistacia atlantica Desf* peut se traduire par des modifications morphologiques, biochimiques et physiologiques pour augmenter l'absorption d'eau et/ou pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes.

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.

Les résultats de l'étude au stade germinatif ont montré une variabilité intraspécifique au niveau du taux de germination de la provenance étudiée, malgré qu'il fallut un temps de presque 25 jours pour atteindre presque 20% de la totalité des grains et sensible à être infecté mais le pistachier d'atlas a permis de déterminer dans notre cas un taux de germination de 80%.

La proline chez les feuilles a été significativement accumulée en fonction du stress salin. La meilleure accumulation de la proline a été enregistrée pour le traitement (T₄) avec 2.1683µg/l MF et (T₃) avec 2.09 µg/l MF, il s'agit d'osmotocums dont l'accumulation cytoplasmique permet de neutraliser les effets ioniques et osmotiques de l'accumulation du sel dans la vacuole.

La proline chez les racines a été de même significativement accumulée en fonction du stress salin. La meilleure accumulation de la proline a été enregistrée pour le traitement (T₄) avec 3,152µg/l MF et (T₃) avec 2.09 µg/l MF, il s'agit d'une accumulation cytoplasmique qui explique l'accumulation de sel dans la vacuole.

Lors du stress salin, la teneur en sucre soluble est aussi significatif et augmente progressivement, elle enregistre un taux élevés au niveau T₄ 1,782 µg/l MF. Ce taux de sucre soluble et aussi expliqué par l'accumulation du sel dans les vacuoles.

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 2,05µg/l MF pour le traitement (T₁) par rapport aux chlorophylles (a et b) estimées à 1,882µg/l MF (T₀) et 0,37 µg/l MF (T₁) 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.

Des expériences similaires avec des concentrations différentes aux notre ont donné que des concentrations moindre de sel 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 28g/l où les plantules se nécrosent, se dessèchent et meurent.

Au terme de cette étude, nous pouvons conclure que le stress salin constitue un facteur limitant de croissance et de tolérance des plantules de *Pistacia atlantica Desf.*

Ceci est reflété par les changements physiologiques et morphologiques qui se sont produites lors de l'expérimentation. Il est donc intéressant de prospecter les possibilités de sélection de certaines populations pour une meilleure adaptation au stress salin. 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 salin.

Ces résultats ne sont pas définitifs, des travaux devraient être poursuivis ultérieurement pour les confirmer et pour approfondir la compréhension des mécanismes mis en place par l'espèce vis-à-vis de la salinité.

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

ALCARAZ C ; 1970 – Etude géobotanique du pin d'Alep dans le Tell oranais. Thèse de spécialité. Faculté des sciences, Université de Montpellier, 183p.

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

ALYAFID. 1979- Approche systématiques et écologiques du genre Pistacia de la région méditerranéenne. *Thèse de doctorat 3ème cycle.* Faculté de saint Jérôme, Marseille, 130p.

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.

Ashraf, M. Foolad M.R. (2005): Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88: 223-271. M.

ABDELLY C., 2006 : Caractérisation des halophytes pour le dessalement des sols salins et traitement des eaux salines. Rapport d'activités 2007. Centre de biotechnologie à la technopole de Borj-Cedria, Tunisie, pp. 28- 31.

AL-SAGHIR M. G., 2006 - Phylogenetic Analysis of the Genus Pistacia (Anacardiaceae), Thèse, doc. Univ. Virginia.

ANONYME a., (2006) : Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation . Conférence électronique sur la salinisation : Organisée et coordonnée par: IPTRID du 6 février au 6 Mars 2006, 20 p.

Abbad. M, 2007 : Comportement de la tomate cultivée dans un sol Salin et techniques d'aménagements. Thèse d'ingénieur d'Etat, USDB. Pp25.43.

AL-SAGHIR M. G., 2010 - Phylogenetic Analysis of the Genus Pistacia L. (Anacardiaceae) Based on Morphological Data. *Asian Journal of Plant Sciences*, N° 9(1), pp27-35.

BOUDY P, 1952- Guide du forestier en Afrique du nord. Editions la maison rustique, paris, 504p.

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

Boudy P; 1955 – Economie forestière Nord-Africaine. Edition Larousse, paris, 687P.

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*

BELHADJ S.1999 - *Les pistacheraies algériennes : Etat actuel et dégradation. Nucis, Newsletter, N° 8, pp 29-30.*

BELHADJ S., 2001-Les pistacheraies algériennes : Etat actuel et dégradation. *Option méditerranéennes XI^{ème} colloque du GREMPA sur les pistachiers et l'amandier. VOL (56), Pp.107-109.*

BELLEFONTAINE R., PETIT S., PAIN-ORCET M., DELEPORTE P., BERTAULT JG., 2001. Les arbres hors forêt : vers une meilleure prise en compte. Cahier FAO Conservation (Rome), N° 35, 214 p.

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.*

BROSSE J., 2005-*Larousse des arbres : dictionnaire des arbres et des arbustes. Ed. Larousse, 576 P*

BELHADJ S., 2008 - Analyse de la variabilité morphologique chez huit populations spontanées de *Pistacia atlantica* en Algérie. *Botany*, N° 5, pp 520-532.

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.*

Belhadj ; 2008 -Les pistacheraies algériennes : état actuel et dégradation

(Benaradj, A., Bouazza, M. & Boucherit, H.: Ecologie du groupement à *Pistacia atlantica* dans l'atlas saharien oranais (Bechar- Algérie). — *Fl. Medit.* 25: 87-94. 2015. — ISSN: 1120-4052 printed, 2240-4538 online) P 88.

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

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.*

Chartzoulakis K., Klapaki G, 2000: *Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Sci. Hortic.* 86, 247–260.

Daoud, R., Halitim, A., “Irrigation et salinisation au sahara algérienne”, *Secheresse*, V.5, n°3, (1994), 151-160

Delphine S., Alvino A., Acchini M., Loreto F. - 1998 Consequence of salt stress on conductance to CO₂ diffusion, Rubisco characteristics and anatomy of spinach leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* 25: 395- 402p.

Denden, T. Bettaieb, Alef Salhi & M. Mathlouthi : Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales, 2005, *Tropicultura*, 220-225.

DOUAOUI, A. ET HARTANI, T., 2008- Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas - Chellif. *Scientific commons*. Vol. 2, no 3, p. 94

Evreinoff V. A. 1955- Le Pistachier. Etude pomologique. In: *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée*, vol. 2, n°7-9, Juillet-août-septembre 1955. pp. 387-415;

FAO, 2002 : Le sel de la terre: un danger pour la production vivrière. Pp 1.3

FAO (Food and Agriculture Organization), 2005. *Utilisation des engrais par culture en Algérie*. Rome: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

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

Greenway, H., Munns, R. (1980) Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31: 149 - 190.

Gomez-Cadenas A., Arbona V., Jacas J., PrimoMillo E., Talon M. (2002): Abscisic acid reduces leaf abscission and increases salt tolerance in citrus plants. *J. Plant Growth Regu.* 21, 234–240.

Hayashi et Murata, 1998: NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera arviiflora*, in hydroponic cultures. *J. Plant Biol.* 45, 28–36.

Heller et al., 1998 _ .-HELLER R., ESNAULT R., LANCE C., 1998- Physiologie végétale. Tome1. Nutrition.

Hamdy A et al. - 1999 Saline irrigation and management for substainabel use. *Advanced short Course on saline Irrigation Proc.* Agadir: 152-227p.

Hosni, 2009 ; La tolérance au sel, *Ecophysiologie Végétale*. Pp 1-6.

Imalet, 1979- IMALET R., 1979 : Influence de différentes concentrations de sels (NaCl, Na₂SO₄, MgSO₄) des eaux d'irrigation de l'agriculture sur le rendement du haricot. Thèse Ing, INA, EL Harrach ,43p.

Iptrid. 2006: conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation. P2, 11.

I.Cherkaoui 2017 Bétoum: le pistachier de l'Atlas à toute épreuve le géoparc du jbel bani tata

JENDOUBI S. (1997). Contribution du stress salin à la caractérisation physiologique et biochimique de parois racinaires.

Kalsi, R., Singh, N. and Gupta, G.P. (1987). Effects of stress and anti-stress drugs on succinate dehydrogenase enzyme (SDH) in rat brain (A possible role of SDH in stress adaptation phenomenon) *Physiology of Human Performance*, Defence Institute of Physiology and Allied Sciences, Defence Research and Development Organization (DRDO), Govt. of India, Delhi, 114-117.

Khaldi A. and Khouja M.K.,(1996). Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.). North Africa taxonomy, geographical distribution, utilisation and conservation. In: Workshop "Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources", Padulosi S., Caruso T. and Barone S. Palermo, Italy, 1995. IPGRI, Rome, Italy, pp: 57-62.

Kinet M., F.Z Benrebaha, S.Bouزيد, S.Lailcahar & P.Dupuit., 1998. Réseau Atriplex. Atelier biotechnologies et écologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions arides et semi arides. *Cahiers Agricultures*, Vol.7,N°6,,505509

Katerji N., Van Hoorn J.W., Hamdy A., Mastrorilli M., Oweis T. & Erskine W., 2001a. Response of two varieties of lentil to soil salinity. *Agricultural Water Management*, 47, 179-190.

Kuper J., Llamas A., Hecht H.J., Mendel R.R., Schwarz G. (2004): Structure of the molybdopterin-bound Cnx1G domain links molybdenum and copper metabolism. *Nature* (430), 803-806.

KAABACHE M., 2005 - Guide des habitats aride et saharien (typologie de la végétation d'Algérie, Projet/ALG/00/G35.

Khales et Baaziz ,2006 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.

KARMOUS C., 2007 : Contribution à l'étude des mécanismes de tolérance à la salinité au stade juvénile chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) : aspects physiologique, biochimique et moléculaire. Thèse de doctorat en agronomie et science de la production végétale. INAT, Tunis: 211p.

Le goupil, 1974). LE GOUPIL J.C., 1974 : Agronomie Tropicale. Série 3 : Séminaire "développement rural

(Levigneron et al., 1995)._ 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.

MONJAUZE A , 1965 – Répartition et écologie de *pistacia atlantica* Desf. En Algérie ; *bul. Sociol. Histoire naturelle de l'Afrique du nord* . T 56 ; 128p

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.^

MONJAUZE A., 1980-Connaissance du " betoum " *pistacia atlantica* Def. *Biologie et forêt*.
OUKABLI A. (1994) Influence de la nature de 6 types de pollen sur les caractéristiques pomologiques des fruits du Pistachier cv. Mateur. *Rev. Amélior. Prod. Milieu aride*, 6, 241-249.

MONJAUZE, A. 1982 - Le pays des dayas et *Pistacia atlantica* Desf. Dans le Sahara Algérien. *Rev. For. Fran. N° 4*, pp277–291

Munns R., Termaat A. - 1986 Whole-plant responses to salinity. *Aust. J. Plant Physiol.* 13: 143-160 p.

MAAS E. V et POSS J.A., 1989: Salt sensitivity of wheat at different growth stages. *Irrig. Sci.* pp29-40

Mohammad M., Shibli R., Ajouni M., Nimri L. (1998): Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *J. Plant Nutr.* 21, 1667–1680.

MUNNS R et RAWSON H.M., 1999: Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.* pp459-464

Mitsuya S, Takeoka Y and Miyake H (2000). Effects of sodium chloride on foliar ultrastructure of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) plantlets grown under light and dark conditions in vitro. *Journal of Plant Physiology* 157, 661-667.

Maillard .J : Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. Handicap International. Novembre 2001. 35p54.

Meloni D.A., Oliva M.A., Ruiz H.A., and Martinez C.A. 2001: Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *J. Plant Nutr.* 24, 599–612.

Mermoud (2006) – MERMOUD A ., 2006 : Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de lausanne, 23p.

NIU X et al ., 1995 : Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant physiology* pp735-742.

Nadjba Chebouti-Meziou¹, Salaheddine Doumandji² et Yahia Chebouti³ 2011- L'Entomofaune Saisonnière du Pistachier de L'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans la Steppe Centrale de l'Algérie.

PESSON P ET LOUVEAUX J , 1984 – pollinisation et production végétale . **INRA.** Paris 179p.

Parida A.K., Das A.B: Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* (2005) Vol.60, pp. 324-349.

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.

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

Sharma, 1973, Gutterman, 1993) in (Ndour et Danthu, 2000), Selon Maillard (2001) , Abdelly (2006 _ :Caractérisation des halophytes pour le dessalement des sols salins et le traitement des eaux salines. Rapport d'activités 2007. Centre de biotechnologie à la technopole de Borj-Cedria, Tunisie, pp. 28- 31.

SEIGUE A., 1985 - La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Edit. Larousse. Paris P.

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

Shinwari, Z.K., Nakashima, K., Miura, S., Kasuga, M., Seki, M., Yamaguchi-Shinozaki, K., and Shinozaki, K. (1998). An *Arabidopsis* gene family encoding DRE/CRT binding proteins involved in low-temperature-responsive gene expression. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 250 161–170.

SENTENAC H et BERTHOMIEU P., 2003 : Découverte d'un nouveau mécanisme de tolérance des plantes au sel. UMR Biochimie et physiologie moléculaire des plantes (Unité mixte Ecolonationale supérieure agronomique de Montpellier, Service Presse INRA, 34 p.

Schulze et al. 2005.-: SCHULZE E.D et al., 2005: Plant ecology. Edition Springer Berlin, Heidelberg, p692.

SMAIL SAADOUN N. (2005) Types stomatiques du genre *Pistacia*: *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* et *Pistacia lentiscus* L. Options méditerranéennes, série A, N°63, 369-371.

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

TYERMAN S.D. and SKERRETT IM., 1999: Root ion channels and salinity. *Sci. Hort.* pp 175- 235.

Wang Y., Nil N. (2000): Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 75, 623–627.

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.

Zohary M., (1952). A monographical study of the genus *Pistacia*. J. series. Vol.5. *Palestine Journ Bot*, 4 : 187–228.

Zohary M., (1987). Flora Palaestina. Platanaceae to Umbelliferae. Second printing. *Israel Academy of Sciences and Humanities*, 2: 296–30.

ZID, E. et GRIGNON, C. (1991) : Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. Aupef-Uref . John Libbey. Eurotext, Paris, pp. 91-108.

ZOHARY M., 1996 - The genus Pistacia L. Dans *Taxonomy, distribution, conservation and uses of Pistacia*. Genetic Resources. IPGRI, Rome, Italie. pp 1–11.

Zhu, J-K. (2001): Plant salt tolerance. *Trends Plant Science*, 6: 66 - 71.

Annexe 1 : Taux de germination

variable	Moyenne et écart type														
jours	Jour1	Jour2	Jour3	Jour4	Jour5	Jour6	Jour7	Jour8	Jour9	Jour10	Jour11	Jour12	Jour13	Jour14	Jour15
Taux de germination	0±0	0±0	1 ± 0,89	2,4 ± 1,14	4,2 ± 1,30	5 ± 1,22	7,6 ± 1,14	7,6 ± 1,14	8,6 ± 1,14	9,8 ± 0,84	10,4 ± 0,55	11 ± 0,71	11 ± 0,71	11,8 ± 1,3	12 ± 1

Annexe 2 : longueur de tige

variables	Moyenne et écart type				
Na cl	témoins	16g/l	20g/l	24g/l	28g/l
Longueur de tige	7,667±0,403	7,700±0,403	6,975±0,580	6,550±0,350	6,525±0,585

Annexe 3 : longueur de racine

Variabes	Moyenne et écart type				
Na cl	témoins	16g/l	20g/l	24g/l	28g/l
Longueur de racine	15,750±1,997	16,700±0,911	15,300±0,412	13,500±0,854	13,500±0,592

Annexe 4 : analyse de variance : nombre de feuilles

variable	Moyenne et écart type				
Na cl	témoins	16g/l	20g/l	24g/l	28g/l
Nombre de feuille	8±0,707	8,25±0,433	7,25±0,829	7,25±0,433	6,25±0,433

Annexe 5 : Analyse de la variance : Teneur des chlorophylles (a, b et c).

variables	Moyenne et écart type				
Na cl	témoins	16g/l	20g/l	24g/l	28g/l
Chlorophylle a	1,882±0,419	1,132±0,036	0,592±0,045	0,537±0,036	0,333±0,011
Chlorophylle b	0,34±0,054	0,37±0,014	0,313±0,013	0,262±0,203	0,116±0,141
Chlorophylle c	2,015±0,026	1,783±0,08	1,155±0,255	0,852±0,201	0,47±0,036

Annexe 6 : Analyse de la variance : Proline (feuille).

variable	Moyennes et écart type				
Na cl	témoins	16g/l	20g/l	24g/l	28g/l
Teneur en proline (feuille)	0,066±0,006	1,671±0,559	2,05±0,042	2,09±0,047	2,168±0,031

Annexe 7 : Analyse de la variance : Taux de proline (racine)

variable	Moyennes et écart type				
Na cl	témoins	16g/l	20g/l	24g/l	28g/l
Teneur en proline (racine)	0,043±0,002	0,104±0,026	0,116±0,025	0,203±0,044	0,331±0,015

Annexe 8 : Analyse de la variance : Taux de sucre solubles

variables	Moyenne et écart type				
Na Cl	Témoin	16g/l	20g/l	24g/l	28g/l
Taux de sucres solubles	0,261 ± 0,088	0,467 ± 0,078	1,325 ± 0,240	1,696 ± 0,890	1,782 ± 0,862

CHAPITRE I

CHAPITRE II

CHAPITRE III

INTRODUCTION