



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور - الجلفة

Université Ziane Achour – Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Biologie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Thème

Contribution à l'étude de la tolérance au stress salin de
Pistacia lentiscus L.

Présenté par: Oudea Nacera

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Mr. Nedjimi Bouzid	Professeur	Université de Djelfa	Président
Mme. Hadadou Djamila	M.A.A	Université de Djelfa	Examinatrice
Mme. Smaili Yasmina	M.A.A	Université de Djelfa	Examinatrice
Mme. Belhadj Safia	Professeur	Université de Djelfa	Promotrice
Mr. Merbah Kamel Z	Magister	Université de Djelfa	Co-promoteur

Année Universitaire 2017/ 2018

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Sommaire

Dédicaces

Remerciements

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....1

Chapitre I : Synthèses bibliographiques

I. Présentation de *Pistacia lentiscus* L.....4

I.1. Classification taxonomique.....4

I.2. Description botanique de *P. lentiscus*.....4

I.3. Répartition géographique de *P. lentiscus*5

I.4. Utilisation thérapeutique et propriétés biologiques de *P. lentiscus*.....6

I.4.1. Produits dérivés à base de *P. lentiscus*.....6

I.4.2. Utilisation thérapeutique traditionnelle.....6

I.4.3. Intérêts biologiques et pharmacologiques de *P. lentiscus*.....7

II. Germination des graines.....8

II.1. Définition de la germination.....8

II.2. types de germination.....8

II.3. Phases de la germination.....8

II.4. Conditions de la germination.....9

II.4.1. Conditions internes de la germination.....9

II.4.2. Conditions externes de la germination.....9

II.4.2.1. Eau.....9

II.4.2.2. Oxygène.....9

II.4.2.3. Température.....9

II.4.2.4. L'humidité.....9

III. Salinité.....9

III.1. Définition de la salinité.....9

III.2. Origine de la salinité.....10

III.3. Répartition de la salinité dans le monde et en Algérie.....10

III.4. Définition de sols salés.....11

III.5. Le stress salin.....11

III.5.1. Définition du stress.....11

III.5.2. Types de stress.....11

III.5.2.1. Le stress abiotique.....12

III.5.2.2. Le stress biotique.....	12
III.6. Définition du stress salin.....	12
III.7. Effets de la salinité sur la physiologie des plantes.....	12
III.7.1. Sur la germination.....	12
III.7.2. Sur la croissance et le développement.....	13
III.8. La réponse des plantes au stress salin.....	13
III.9. Adaptation des végétaux à la salinité.....	13
III.9.1. Adaptation physiologique.....	13
III.9.1.1. Accumulation de la proline.....	13
III.9.1.2. L'augmentation de la teneur des sucres solubles.....	14
III.9.2. Adaptation morphologique.....	14

Chapitre II : Matériel et méthodes

II. Matériel d'étude.....	16
II.1. Matériel végétal.....	16
III. Méthodes.....	16
III.1. Première partie.....	16
a.1) Germination des graines.....	16
a.2) Traitements salins utilisés.....	17
III.2. Deuxième partie	18
III.3. Troisième partie.....	19
III.4. Mise en place des dispositifs expérimentaux.....	21
III.5. Paramètres étudiés.....	21
III.5.1 Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la germination des graines de <i>Pistacia lentiscus</i>	21
a) Pourcentage moyen de germination.....	21
b) Cinétique de la germination.....	21
c) Nombre moyen de jours à la première germination($J_{1èreG}$) (temps moyen de latence), à 50%($J_{50\%G}$) et à la germination maximale(JG_{max}).....	22
III.5.2. Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la croissance de jeunes plantules de <i>P.lentiscus</i> âgées de 2 mois.....	22
a)Taux moyen de mortalité des plantules.....	22
b) Longueur moyenne de la tige.....	22
c) Nombre moyen de feuilles et de folioles par plantule.....	22
d) Longueur moyenne des racines et le nombre moyen de ramifications racinaires.....	22
e) Biomasse fraîche et sèche des deux parties des plantules	22

f) Teneur moyenne en eau de la partie aérienne et souterraine.....	22
III.5.3 Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la croissance de jeunes plants de <i>P.lentiscus</i> âgés de 18 mois.....	22
a) Indice de stabilité membranaire.....	22
b) Teneur relative en eau.....	23
c) Teneur moyenne en proline.....	23
III.6. Analyses statistiques des données.....	24

Chapitre III : Résultats et Discussion

I. Résultats.....	26
I.1. Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la germination des graines de <i>Pistacia lentiscus</i>	26
a) Pourcentage moyen de germination.....	26
b) Cinétique de la germination.....	28
I.2. Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la croissance de plantules de <i>Pistacia lentiscus</i> âgées de 2 mois.....	30
a) Taux moyen de mortalité des plantules.....	30
b) Longueur moyenne de la tige.....	31
c) Nombre moyen de feuilles et de folioles par plantule.....	32
d) Longueur moyenne des racines et le nombre moyen des ramifications racinaires.....	33
e) Biomasse fraîche des deux parties des plantules.....	35
f) Biomasse sèche des deux parties des plantules.....	36
g) Teneur moyenne en eau de la partie aérienne et souterraine.....	37
I.3. Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la croissance des plants de <i>Pistacia lentiscus</i> âgés de 18 mois.....	38
a) Taux moyen de mortalité des plants.....	38
b) Indice de stabilité membranaire.....	38
c) Teneur relative en eau.....	39
d) Teneur moyenne en proline.....	40
II. Discussion	41
Conclusion	45

Références bibliographiques

Résumé

Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu de la volonté, de la santé et de la patience qui m'ont guidé tout au long de ces années d'études afin que je puisse en venir à ce point.

Je remercie en particulier la promotrice: Mme Belhadj Safia, Professeure à l'Université de -Ziane Achour- de Djelfa, qui m'a offert le sujet de cette mémoire et son professeur préféré pour les documents qu'elle m'a remis, pour ses précieux conseils, pour me suivre tout au long de ce travail, j'espère que vous trouverez ici une expression de profonde gratitude envers elle.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements au Copromoteur: Merbah Kamel pour son aide dans mon travail, merci beaucoup pour les conseils et les informations fournis, ainsi que pour ses efforts, sa compréhension et sa patience.

Je remercie également Mr Nedjmi Bouzid, Professeur à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université de Djelfa, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant la présidence de jury de ma soutenance.

Je remercie vont également aux autres membres du jury qui ont bien voulu juger ce modeste travail. Je nomme: Mme Smaili Yasmina, Maitre assistante 'A' à Université de Djelfa, ainsi que Mme Haddadou Djamilia, Maitre assistante 'A' à Université de Djelfa.

Je remercie tout le personnel du laboratoire de l'université de Djelfa et le personnel de la bibliothèque de l'Institut de biologie pour leur collaboration et leur aide.

En fin, à toute mes amies qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

LISTE DES ABREVIATIONS

%	Pourcentage
°C	Degré Celsius
µg/g	Microgramme par gramme
ANOVA	Analyse de la Variance
BF	Biomasse fraîche
BFA	Biomasse fraiche aérienne
BFR	Biomasse fraiche racinaire
BS	Biomasse sèche
BSA	Biomasse sèche aérienne
BSR	Biomasse sèche racinaire
C1	première lecture
C2	deuxième lecture
CE	Conductivité électrique
CM	Carré moyen
cm	Centimètre
cm ²	centimètre carré
Ddl	Degré de liberté
DO	densité optique correspondante
E	Est
Fig	Figure
g	Gramme
g/L	gramme par litre
h	Heures
H. pylori	Helicobacter pylori
H3P _o 4	acide orthophosphorique
ISM	Indice de stabilité membranaire
J _{1ère} G	Nombre de jours à la première germination
J _{50%} G	Nombre de jours à 50% de la germination
JG _{max}	Nombre de jours à la germination maximale
Kg	Kilogramme
Km	Kilomètre
LMR	Longueur moyenne des racines

LMT	Longueur moyenne de la tige
m	Mètre
mg	Milligramme
min	Minute
ml	Millilitre
mm	Millimètre
mM	milli mole
mM/L	milli mole par litre
N	Nord
Na ₂ SO ₄	Sulfate de sodium anhydre
NaCl	Chlorure de sodium
NMF	Nombre moyen de feuilles par plantule
NMFO	Nombre moyen de folioles par plantule
NMRR	Nombre moyen de ramifications racinaires
NS	Différence non significative
PF	Poids frais
PMG	Pourcentage moyen de germination
PS	Poids sec
PT	pleine turgescence
R.A.P.D	Random Amplified Polymorphic DNA
rpm	rotation par minute
SCE	Somme carrée des écarts
Syn	Synonyme
T	Traitements
Tm	Traitement témoin
TME	Teneur moyenne en eau
TMEA	Teneur moyenne en eau de la partie aérienne
TMER	Teneur moyenne en eau de la partie souterraine
TMM	Taux moyen de mortalité des plantules
TMPro	Teneur moyenne en proline
TRE	Teneur relative en eau
V	Volume

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
Figure 1	Description botanique de <i>P.lentiscus</i> . Arbuste de <i>P. lentiscus</i> (A) montrant la partie aérienne (B) avec les fruits (C)	5
Figure 2	Aire de répartition de <i>Pistacia lentiscus</i> en Méditerranée	6
Figure 3	Mise en culture des graines de <i>P. lentiscus</i>	17
Figure 4	Mise en culture des plantules de <i>P. lentiscus</i> . A : chambre de culture. B : plantules recouvertes de gobelets transparents perforés. C : Plantules à 2 mois de croissance à l'intérieur de la chambre de culture	19
Figure 5	Plants de <i>P. lentiscus</i> âgés de 18 moi	21
Figure 6	Effet du NaCl sur la germination des graines de <i>Pistacia lentiscus</i> .	26
Figure 7	Effet du NaCl sur le pourcentage moyen de germination	27
Figure 8	Evolution de la germination (courbe de croissance) sous l'effet de la concentration en NaCl	28
Figure 9	Effet du NaCl sur la cinétique de la germination. A, nombre de jours à la première germination ($J_{1èreG}$) ; B, nombre de jours à 50% de la germination ($J_{50\%G}$) ; C, nombre de jours à la germination maximale (JG_{max}).	29
Figure 10	Effet du NaC sur le taux de mortalité des plantules (TMM).	30
Figure 11	Effet du NaCl sur la croissance des plantules de <i>P.lentiscus</i> âgées de 2 mois	31
Figure 12	Effet du NaCl sur la longueur moyenne de la tige	32
Figure 13	Effet du NaCl sur le nombre moyen de feuilles et de folioles	33
Figure 14	Effet du NaCl sur la longueur des racines et le nombre des ramifications racinaires	34
Figure 15	Effet du NaCl sur la biomasse fraîche aérienne (BFA) et racinaire (BFR)	35
Figure 16	Effet du NaCl sur la biomasse sèche aérienne et racinaire	36
Figure 17	Effet du NaCl sur la teneur moyenne en eau de la partie aérienne et souterraine	37
Figure 18	Effet du NaCl sur les plants de <i>P.lentiscus</i> âgés de 18 mois	38

Figure 19	Effet du NaCl sur l'indice de stabilité membranaire	39
Figure 20	Effet du NaCl sur la teneur relative en eau	40
Figure 21	Effet du NaCl sur la teneur moyenne en proline	41

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
Tableau 1	Analyse de la variance du PMG final des graines	27
Tableau 2	Analyse de la variance pour le nombre de jours à la première germination, à 50% et à la germination finale	30
Tableau 3	Analyse de la variance pour le taux moyen de mortalité	31
Tableau 4	Analyse de la variance pour la longueur de la tige	32
Tableau 5	Analyse de la variance pour le nombre moyen des feuilles développées	33
Tableau 6	Analyse de la variance pour le nombre moyen des folioles	33
Tableau 7	Analyse de la variance pour la longueur des racines	34
Tableau 8	Analyse de la variance pour le nombre des ramifications racinaires	34
Tableau 9	Analyse de la variance pour la biomasse fraîche aérienne	35
Tableau 10	Analyse de la variance pour la biomasse fraîche racinaire	35
Tableau 11	Analyse de la variance pour la biomasse sèche aérienne	36
Tableau 12	Analyse de la variance pour la biomasse sèche racinaire	36
Tableau 13	Analyse de la variance pour la teneur en eau de la partie aérienne	37
Tableau 14	Analyse de la variance pour la teneur en eau de la partie souterraine	38
Tableau 15	Analyse de la variance pour l'indice de stabilité membranaire	39
Tableau 16	Analyse de la variance pour la teneur relative en eau	40
Tableau 17	Analyse de la variance pour la teneur en proline	41

Introduction

Le pistachier est un arbre dioïque appartenant à la famille des Anacardiacees. L'étude monographique du genre *Pistacia* faite par ZOHARY en 1952, montre que ce genre comprend quatre sections et onze espèces.

En Algérie le pistachier est présent à l'état spontané sous diverses conditions pédoclimatiques. Il se trouve représenté par des espèces spontanées en particulier *Pistacia atlantica* Desf., *P. terebinthus*, *P. lentiscus* et *P. sapotea* (ABBAS, 2005).

Les zones arides et semi-arides constituent environ les deux tiers de la surface du globe terrestre. Dans ces zones souvent marquées par des périodes sévères de sécheresse, la salinisation des sols est considérée comme l'un des principaux facteurs limitant le développement des plantes (BENIDIRE *et al.*, 2015). La salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres. En moyenne, le monde perd 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation (IPTRID, 2006). 10 à 15% des surfaces irriguées soit (20 à 30 millions d'hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation (MERMOUD, 2006). En Afrique, près de 40 millions d'hectares sont affectés par la salinisation, soit près de 2% de la surface totale (IPTRID, 2006). Les sols salins sont très répandus à la surface du globe, leur salinité constitue l'un des principaux problèmes du développement agricole (MAHROUZ, 2013).

L'utilisation d'eau d'irrigation présentant des taux élevés de sel et l'application d'engrais contenant du sel constituent les principaux facteurs responsables de l'augmentation de la salinité des sols. Le sel est à l'origine de la dégradation de plus de 40 millions d'hectares de terres irriguées, soit plus d'un tiers des terres cultivables dans le monde. En effet, l'excès de sel dans le sol affecte la germination, la croissance des plantules et leur vigueur, la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables conduisant à terme à des baisses de rendement et de qualité des productions (KADRI et MIDOUN, 2015).

La caractérisation physiologique de la tolérance des végétaux à la salinité résulte des processus qui permettent au végétal d'absorber l'eau et les sels minéraux à partir de substrats à faibles potentiels hydriques, mais aussi de vivre en acceptant la présence importante de sels dans ses tissus; les halophytes qui accumulent le plus de sels, en particulier le chlorure de sodium, se signalent ainsi par une forte capacité d'élaboration de composés organiques, ce qui permet le maintien d'une haute pression osmotique interne qui favorise les échanges d'eau entre les

compartiments externes et cellulaires (BOUCHOUKH, 2010). La réponse au sel des espèces végétales dépend de l'espèce même, de sa variété, de la concentration en sel, des conditions de culture et du stade de développement de la plante (KADRI *et al.*, 2009).

C'est dans ce contexte que nous nous sommes intéressés à l'étude de la germination et de la croissance du pistachier lentisque, qui reste une espèce emblématique du sous-bois des forêts algériennes. Cette espèce encore mal étudiée et dont le profil physiologique reste méconnue, jouerait un rôle très important dans la protection des sols des forêts du subhumide où elle occupe encore une place prépondérante. Elle pourrait constituer une solution de rechange dans les reboisements prévues par le gouvernement algérien afin de renforcer la ceinture verte faisant face à l'avancement des dunes de sable dans les endroits les plus sensibles.

Notre travail consiste en l'évaluation de la tolérance au stress salin de *Pistacia lentiscus* L.A, Ce mémoire est constitué de trois chapitres :

- La première chapitre constitue l'étude bibliographique, est constituée notamment d'une description botanique du lentisque, le germination et le salinité ;

- La deuxième partie décrit le matériel et méthodes physico-chimiques et biologiques utilisées dans le cadre de cette étude ; cet effet, trois parties ont été réalisées, à savoir :

- a) Première partie : Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la germination des graines de *Pistacia lentiscus* ;

- b) Deuxième partie : Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la croissance de jeune plantules de *Pistacia lentiscus* âgées de 2 mois ;

- c) Troisième partie : Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la croissance de jeunes plants de *Pistacia lentiscus* âgés de 18 mois.

- La troisième partie est consacrée à la description et la discussion des résultats obtenus ;

La fin du mémoire est réservée aux références bibliographiques.

I. Présentation de *Pistacia lentiscus* L.

I.1. Classification taxonomique

P. lentiscus est une espèce appartenant à la famille des Anacardiaceae (syn. Pistaciaceae) (QUEZEL et SANTA, 1962), dont la taxonomie est la suivante :

- Règne: Plantae
- Embranchement: Spermatophyta (Angiospermae)
- Classe: Dicotyledones
- Ordre: Sapindales
- Famille: Anacardiaceae (Pistaciaceae) (TORKELSON, 1996).

Les espèces les plus importantes dans le monde du genre *Pistacia*, appartenant à cette famille sont les suivantes : *Pistacia atlantica*, *P. chinensis*, *P. lentiscus* L. (pistachier lentisque), *P. terebinthus* L. (pistachier térébinthe), *P. vera* L. (pistachier vrai, qui donne la pistache), *P. integerrima*, *P. palestina* et *P. khinjuk* (QUEZEL et SANTA, 1962).

Quatre espèces du genre *Pistacia* sont répertoriées en Algérie, en l'occurrence *Pistacia terebinthus*, *Pistacia vera*, *Pistacia atlantica* et *Pistacia lentiscus* (QUEZEL et SANTA, 1962 in BELKHODJA, 2014). Parmi ces espèces *P. lentiscus* est un arbrisseau très commun dans notre pays (MITCHEH, 1986).

I.2. Description botanique

P. lentiscus, « Darou » en arabe local, est un arbrisseau vivace (Fig 1) de trois mètres de hauteur, ramifié, à odeur de résine fortement âcre (LEPRIEUR, 1860 in ALLAM, 2017).

Il est localisé généralement dans les pays du pourtour du bassin méditerranéen, Afrique du nord et îles Canaries, Corse incluse, le long du littoral sur une bande assez étroite dans les stations chaudes en garrigue et dans le maquis de climat méditerranéen sur tous types de sol (CHAREF, 2011).

P.lentiscus est caractérisée par des folioles, assez étroites et coriaces, ovales à elliptiques, terminées par une petite pointe. Leur nombre varie de 2 à 12. Les fleurs sont apétales. Les mâles ont 5 petits sépales dont émergent 5 étamines rougeâtres, les femelles, à 3 ou 4 sépales ont un ovaire supère avec un style court à 3 stigmates. Le fruit est une petite drupe arrondie d'environ 5 mm. D'abord rouge, elle devient ensuite noire. La graine est identique aux pistaches, mais beaucoup trop petite pour être consommée.

L'inflorescence sont en grappes composées lâches, aussi longues que les feuilles et la floraison, a lieu pendant le mois mars à mai (QUEZEL et SANTA, 1963 in BENHAMMOU, 2006).



Figure 1 : Description botanique de *P. lentiscus*. Arbuste de *P. lentiscus* (A) montrant la partie aérienne (B) avec les fruits (C) (BOUKELOUA, 2009).

I.3. Répartition géographique de *P. lentiscus*

Le pistachier lentisque est très commun dans tout le bassin méditerranéen (Fig 2) (FERGUSON, 1993 in BOUALEM, 2015). En France, contrairement au pistachier térébinthe, le pistachier lentisque ne quitte pas la zone méditerranéenne et s'éloigne peu du littoral, sauf dans quelques vallons chauds (BOZORGI *et al.*, 2013). Il est très répandu en Corse, avec l'olivier sauvage, le myrte, la salsepareille (POLESE, 2010), ainsi qu'au Maroc, la Turquie, l'Irak, l'Iran et l'Inde (HAMLAT et HASSANI, 2008 ; NAHIDA *et al.*, 2012). En Algérie, la présence du pistachier est très répandue dans tout le littoral, les régions sublittorales et le bassin de la Soumam en association avec le pin d'Alep, le chêne vert et le chêne liège (BELHADJ, 2007).

Une étude portant sur la variabilité naturelle de *P. lentiscus* du bassin méditerranéen utilisant une analyse par R.A.P.D. (random amplified polymorphic DNA), combinée à des examens chimiques et morphologiques, conclue l'existence d'une grande variabilité génotypique de cette espèce (BARAZANI, 2003 in BOUKELOUA, 2009).

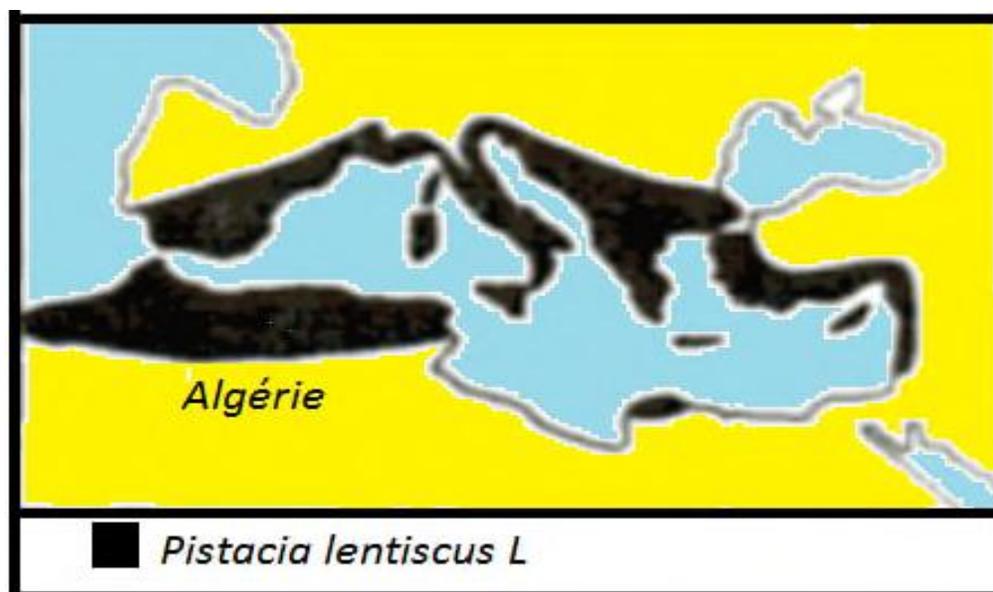


Figure 2 : Aire de répartition de *Pistacia lentiscus* en Méditerranée (Seigue, 1985)

I.4. Utilisation thérapeutique et propriétés biologiques de *P. lentiscus*

I.4.1. Produits dérivés à base de *P. lentiscus*

Les principaux produits dérivés de *P. lentiscus* et leur utilisation sont décrits ci-dessous. Pour sa robustesse et la finesse de sa texture, le bois de cette espèce est très apprécié en ébénisterie. Des branches et du tronc exsude naturellement ou par incision une résine jaune claire fortement aromatique qui durcit au contact de l'air, appelée mastic ou gomme-mastic d'où son nom commun « d'arbre à mastic ». Après distillation du mastic, est récupérée une essence qui entre dans la confection de parfums, produits cosmétologiques et pharmaceutiques, du vernis de grande qualité, recherché par les peintres œuvrant à la peinture à l'huile et aussi dans l'industrie photographique. Des feuilles et rameaux, est extraite une huile essentielle qui est utilisée en aromathérapie et phytothérapie pour ses propriétés décongestionnantes, prescrite aussi pour traiter les problèmes veineux dont les hémorroïdes. Du fruit est extraite une huile qui autrefois était couramment utilisée pour l'alimentation, l'éclairage et elle entrait aussi dans la confection de savons. L'huile est produite à l'Est de l'Algérie, dans les zones notamment côtières (El Milia, Skikda), où l'espèce abonde (HASSEN et RAHOUADJA, 2012).

I.4.2. Utilisation thérapeutique traditionnelle

Les médecines traditionnelles attribuent au lentisque des vertus dans le traitement des ulcères, des plaies et brûlures légères. La médecine traditionnelle algérienne utilise surtout l'huile grasse obtenue par pression des fruits de lentisque dans le traitement des petites blessures, brûlures légères et

érythèmes. L'huile est aussi employée par voie orale contre les problèmes respiratoires d'origine allergique et les ulcères de l'estomac. Ces usages sont surtout répandus à l'Est du pays (région d'El-Milia, Skikda, Guelma). L'huile est également très utilisée pour les mêmes indications en Tunisie (YAHYA, 1992 ; ISERIN, 2001, BAUDOUX, 2003 et GROSJEAN, 2007 *in* BOUKELOUA, 2009).

I.4.3. Intérêts biologiques et pharmacologiques de *P. lentiscus*

En médecine traditionnelle, on utilise la résine de pistachier lentisque afin de combattre les ulcères d'estomac. Son efficacité contre la bactérie *Helicobacter pylori* a en effet été confirmée. Cette méthode consiste à éliminer la bactérie *H. pylori* par mastication de résine du pistachier lentisque (SEIGUE, 1985). En effet, une activité anti-ulcéreuse de cette plante a été signalée (AL-SAID *et al.*, 1986). D'autres activités antifongique (ALI-SHTAYEH et ABUGHDEIB, 1999), antibactérien et hépatoprotecteur ont été reportées.

L'huile de lentisque est préconisée pour deux indications thérapeutiques majeures: le traitement des affections cutanées (brûlures, plaies, eczémas) et celles de la sphère respiratoire (Bronchites, Allergies, Asthme) (ABDELJELIL *et al.*, 2011). La Résine de l'espèce *Pistacia lentiscus* favorise les fonctions de l'estomac et la coagulation du sang, elle stimule la transpiration et l'expectoration (RAMEAU *et al.*, 2008 *in* BARAHAMI et MERSEL, 2017).

II. Germination des graines

II.1. Définition de la germination

La germination est une phase physiologique qui correspond à la transition de la phase de vie latente de la graine sèche à la phase de développement de la plantule. Le processus de germination commence dès que la graine sèche est hydratée. La cinétique de prise d'eau permet de caractériser la germination en trois phases (ZEMOUR, 2014).

II.2. Types de germination

La germination peut s'effectuer de deux manières. Dans la manière la plus courante, la racicule fait émerger les cotylédons ou premières feuilles (germination épigée). La photosynthèse commence alors, et les véritables feuilles se forment. Le sycomore (*Sycomore* L.) et le frêne (*Fraxinus excelsior* L.) sont des exemples d'arbres courants qui utilisent ce type de germination.

Dans l'autre manière, les cotylédons demeurent sous le sol (germination hypogée), dans la cosse de la semence, et une pousse portant de vraies feuilles sort à travers le sol, le chêne (*Quercus* L.) et le marronnier d'Inde (*Aesculus hippocastanum* L.) en sont des exemples (BOUALEM, 2015).

II.3. Phases de la germination

La germination des graines comprend trois principales phases :

La première phase ou **phase d'imbibition** est un phénomène d'entrée rapide et passive d'eau. Elle se déroule même si la graine n'est pas viable (ANZALA, 2006). Cette étape est marquée par une forte reprise de l'activité métabolique (GILLES, 2009).

La deuxième phase est la **phase de germination au sens strict** (ANZALA, 2006). Elle est caractérisée par une diminution de l'entrée d'eau ; l'hydratation des tissus et des enzymes est totale. La consommation en oxygène est stable. Durant cette phase, il y a reprise de la respiration et des activités métaboliques (ZEMOUR, 2014).

La troisième phase ou **phase de croissance post-germinative** est caractérisée à nouveau par une entrée d'eau et une augmentation importante de la respiration (ANZALA, 2006). Et cette dernière phase, dite de croissance, amorce la mobilisation des réserves et le développement de la plantule ; elle n'est pas considérée comme faisant partie de la germination au sens strict (GILLES, 2009).

II.4. Conditions de la germination

II.4.1. Conditions internes de la germination

Les conditions internes de la germination concernent la graine elle-même. Elle doit être vivante, mûre, apte à germer (non dormante) et saine (JEAM *et al.*, 1998).

II.4.2. Conditions externes de la germination

La graine exige la réunion des conditions extérieures favorables à savoir : l'eau, l'oxygène, la température et la lumière.

II.4.2.1. Eau : Selon CHAUSSAT et LEDEUNFF (1975), la germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide. Et elle nécessaire à l'hydratation de la graine et à la reprise des activités métaboliques (trop d'eau empêche cependant la germination : asphyxie).

II.4.2.2. Oxygène : La germination exige obligatoirement de l'oxygène (DOMINIQUE, 2007).

II.4.2.3. Température : Convenable pour les activités métaboliques. La température intervient directement en agissant sur la vitesse des réactions biochimiques (HABER, BASSINGTON, 1956 *in* BOUALEM, 2015).

II.4.2.4. L'humidité : Un état minimum d'hydratation est nécessaire pour la germination des graines. L'humidité est importante pour le maintien de la vie des cellules, pour l'activation des enzymes, la translocation et le stockage des réserves (DJENIDI, 2012).

III. Salinité

III.1. Définition de la salinité

La salinité est l'un des principaux facteurs environnementaux limitant le potentiel de production et de distribution agricoles dans tous les pays du monde (JABNOUNE *et al.*, 2008). De nombreux chercheurs ont identifié des concentrations excessives de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (MAHROUZ, 2013). La salinité élevée des sols, due essentiellement au chlorure de sodium affecte le tiers des terres irriguées à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale dans les zones arides (MAHROUZ, 2013).

La salinisation est par définition l'accumulation des sels à la surface du sol et dans la zone racinaire, ce qui provoque des effets nocifs sur la plante et le sol et entraîne une diminution des récoltes (BOUCHOUKH, 2010).

On compte généralement deux formes de salinité : Primaire et secondaire. La salinité primaire résulte de l'accumulation des sels dans le sol à travers un long processus naturel de dégradation des roches salines et des apports éoliens des sels des mers et océans. La salinité secondaire, quant à elle, est le résultat des activités humaines, notamment l'irrigation avec des eaux chargées de sels.

La salinité est une contrainte en agriculture parce que la plupart des cultures sont peu tolérantes aux excès de sels. De plus la salinité est associée à l'eau qui est un important facteur d'augmentation des productions végétales. En effet, les 15% des terres irriguées dans le monde participent pour 1/3 dans la production totale mondiale. De ce fait la réduction de la productivité, suite à la salinité, pose une sérieuse contrainte à l'augmentation de la production pour couvrir une demande alimentaire de plus en plus importante (BENDERRADJI, 2013).

III.2. Origine de la salinité

Les origines de la salinité sont multiples et la salure avec laquelle le pédologue ou l'agronome se trouve confronté peut avoir trois principales origines (BENSAADA, 2015) :

- La salure d'origine continentale ou géologique provient des couches sédimentaires salifères;
- La salure d'origine volcanique peut se rattacher à certaines manifestations généralement posthumes du volcanisme;
- La salure d'origine marine peut être provoquée par le contact de la mer;

De même, l'eau d'irrigation chargée en sels solubles constitue une autre source de salinité (BENSAADA, 2015).

III.3. Répartition de la salinité dans le monde et en Algérie

La salinité est un problème écologique majeur qui touche un nombre important de régions à l'échelle mondiale. Dans les régions humides, la présence des sels n'atteint pas des proportions élevées car elles sont vite lessivées par les eaux de pluies et de ruissellements, et dans la région méditerranéenne et particulièrement dans les zones semi-arides et arides, la salinité est très répandue car les précipitations sont insuffisantes pour assurer le lessivage des sels (DERKAOUI, 2011).

L'Algérie compte plus d'un million d'hectares de terres salées localisées essentiellement le long de la frontière Algéro – Marocaine sous forme de pseudo – sables disposés à la surface du sol. Ces sols

salés sont également très fréquents dans les basses plaines de l'Oranie, la plaine de la Mina (Relizane), le sud de Sétif et de Constantine et dans les régions Sahariennes (HAMDOUN, 2012).

III.4. Définition de sols salés

Selon MENOVAR (2015), les sols salins sont naturellement présents sous tous les climats et sur tous les continents. Ils sont caractérisés généralement par des propriétés physiques, chimiques et biologiques défavorables à la croissance des végétaux.

Les sols salés se caractérisent par des teneurs élevées de sels solubles dans la solution du sol (CHARREAU et FAUCK, 1965); et les sols sont souvent dominés par les sels de sodium, calcium. Le sodium est le sixième élément le plus abondant sur terre, et les sels de sodium se dissolvent aisément dans l'eau (MENOVAR, 2015).

III.5. Le stress salin

III.5.1. Définition du stress

Le stress est un ensemble de conditions qui entraînent des changements physiologiques pouvant entraîner des blessures, des dommages, une inhibition de la croissance ou de développement (LEMEKEDDEM et DEBBACHE, 2014).

Le stress est un mot anglais, apparu vers 1940. Il était employé en mécanique et en physique, et signifiait « force, poids, tension, charge ou effort ». Ce n'est qu'en 1963 que Hans Selye utilise ce mot en médecine, où il définit « des tensions faibles ou fortes, éprouvées depuis toujours, et déclenchées par des événements futurs désagréables ou agréables » (LEMZERI, 2007).

Chez les plantes, le stress est l'agression à la plante par différents facteurs climatiques ou liés au sol. On parle par exemple, de stress salin : brusque élévation de la teneur en sel dans le milieu racinaire (MAZOYER, 2002).

III.5.2. Types de stress

On peut distinguer deux types de stress dans la nature :

III. 5.2.1. Le stress abiotique : il est dû principalement à des facteurs environnementaux comme la sécheresse, les températures extrêmes, excès d'eau (asphyxie racinaire), la salinité, etc...

III.5.2.2. Le stress biotique : il est dû à une agression par un autre organisme : insectes, animal, etc... (MAHROUZ, 2013).

III.6. Définition du stress salin

Selon LEMEKEDDEM et DEBBACHE (2014). Le stress salin est une brusque augmentation de la concentration en sels qui conduit d'une part, à un afflux plus élevé d'ions dans la cellule suite à la chute de la concentration du milieu externe, d'autre part, à une perte d'eau par voie osmotique. Le stress salin s'applique sur la plante sous deux types de contraintes. Tout d'abord, le sel exerce un effet osmotique dès que les racines sont en contact avec le sel jusqu'à un seuil de concentration en sel. Dans un deuxième temps, le sel s'accumule à des concentrations toxiques dans les feuilles et entraîne un stress ionique (NGUYEN, 2012).

III.7. Effets de la salinité sur la physiologie des plantes

III.7.1. Sur la germination

La germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique (BOUCHOUKH, 2010). On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (MAHROUZ, 2013). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (BOUCHOUKH, 2010). Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination.

Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (MAHROUZ, 2013).

III.7.2. Sur la croissance et le développement

La plante lutte contre le stress salin par la mobilisation des réserves énergétiques ce qui ralentit la croissance des plantes; ce ralentissement est enregistré chez la quasi-totalité des glycophytes à partir de 50mM/l, parce que la croissance de ces dernières en présence de la salinité diminue à cause du

déséquilibre hydrique et ionique des tissus chez les halophytes. Le développement ne sera pas affecté qu'à partir d'une concentration plus élevée (DERKAOUI, 2011).

III.8. La réponse des plantes au stress salin

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et à produire dans des conditions de stress salin. Les plantes développent plusieurs stratégies pour limiter le stress salin, qui diffèrent selon la catégorie de la plante (MENOUIAR, 2015).

Selon la tolérance au sel, on peut définir deux groupes des végétaux : les halophytes et les glycophytes (MAHROUZ, 2013): Les halophytes sont des plantes capables de se développer et de croître sous un régime salin de 300 mM de NaCl (CHAMEKH, 2010). Les glycophytes représentent la majorité des espèces végétales dont leur croissance est ralentie dès que la concentration des milieux externes dépasse 100 mM et devient létale à partir de 300 mM (MAHROUZ, 2013).

Chez les plantes sensibles au NaCl, le Na⁺ s'accumule dans les racines, puis exclu des feuilles, ces plantes sont dites « excluser ». A l'inverse, les plantes tolérant le NaCl, sont dites « incluser » car elles ont en général des feuilles plus chargées en Na⁺ que les racines lorsqu'elles sont cultivées en présence de sel (HAOUALA *et al.*, 2007).

III.9. Adaptation des végétaux à la salinité

III.9.1. Adaptation physiologique

III.9.1.1. Accumulation de la proline

La proline, observée chez de nombreuses monocotylédones ou dicotylédones, s'accumule aussi bien chez les glycophytes que chez les halophytes sur des cellules en suspension, ou des plantes entières pour restaurer l'équilibre osmotique entre cytoplasme et vacuole (KADRI et MIDOUN, 2015).

L'accumulation de la proline est l'une des manifestations les plus remarquables chez les plantes pour limiter les effets du stress salin et hydrique afin de réaliser l'ajustement du potentiel osmotique dans le cytoplasme et le maintien de l'amélioration de la stabilité des membranes cellulaires (TADRENT, 2017).

La quantité de proline augmente suite à l'hydrolyse de protéines stockées sous l'effet du sel (DARKAOUI, 2011).

III.9.1.2. L'augmentation de la teneur des sucres solubles

Les sucres solubles sont des voies des métabolismes végétaux présents à la surface des plantes (KADRI et MIDOUN, 2015). La synthèse des sucres est stimulée par le stress salin chez de nombreuses espèces soit par blocage de la glycolyse ou par hydrolyse de l'amidon (HAMDOUD, 2012). Ces sucres sont abondants dans le cas de concentration fortement salins et déshydratants (HUBAC, 1972 *in* KADRI et MIDOUN, 2015). Les sucres pourraient contribuer à plus de 50% à l'ajustement osmotique des glycophytes soumises aux conditions de salinité (KADRI et MIDOUN, 2015).

III.9.2. Adaptation morphologique

Les plantes manifestent des adaptations diverses en présence d'un excès de sel, un allongement faible des organes, un raccourcissement des entres nœuds et une réduction de la surface foliaire. Les différentes parties de la plante ne réagissent pas de la même façon en milieu salin. Les racines commencent à diminuer (DERKAOUI, 2011).

II. Matériel d'étude

II.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé lors de cette étude est représenté par des semences, des plantules âgées de 2 mois et des semis de 18 mois de *Pistacia lentiscus* dont l'origine géographique se trouve au niveau du peuplement naturel de Haouas dans la wilaya de Djelfa.

La station de Haouas fait partie intégrante du massif de Senalba-Gherbi, dans la Wilaya de Djelfa. Elle est située au nord-ouest de la forêt, qui se trouve à 6 Km de la ville de Djelfa. Les coordonnées géographiques sont de 34°41'N et 3°10'E avec une altitude de 1189 m. Elle est caractérisée par un étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (HASSANI et KEBAILI, 2017).

III. Méthodes

III.1. Première partie : Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la germination des graines de *Pistacia lentiscus*.

a.1) Germination des graines

Des fruits du *P. lentiscus*, au stade de maturité, ont été récoltés au hasard dans le peuplement naturel de Haouas. Les fruits récoltés en octobre 2017 ont été stockés dans des sachets en papier, puis ont été stratifiés au froid (à 4°C) pendant 30 jours pour lever la dormance embryonnaire des graines (BENCHETTOUH et HASSEN, 2016).

Ensuite, ils ont été trempés, pendant 15 minutes dans de l'eau et les fruits vides et/ou avec graines non viables ont été éliminés par flottaison. Seuls, les fruits ayant décantés, supposés viables ont été récupérés (DAOUDI et HAMADA, 2014).

Avant leur mise à germination, les fruits ont été préalablement dépulés en séparant le noyau (l'endocarpe) de la pulpe (l'enveloppe) en écrasant le fruit entre les doigts. Le noyau ainsi obtenu a été frotté contre du sable pour parfaire son dépulpage.

Par la suite, les semences dépulées ont été désinfectées à l'eau de Javel (2% de chlore actif) pendant 15 min puis rincées 3 fois 4 min à l'eau distillée stérile (BENCHETTOUH et HASSEN, 2016) avant de les mettre à germer dans des boîtes de Pétri stériles de 9 cm de diamètre doublement tapissées de papier filtre stérile (Fig 3).

L'expérimentation a été réalisée dans les conditions suivantes : une température de 22±2°C et un photopériodisme de 16 h de lumière et de 8 h d'obscurité par jour pendant toute la durée de l'expérimentation (30 jours).

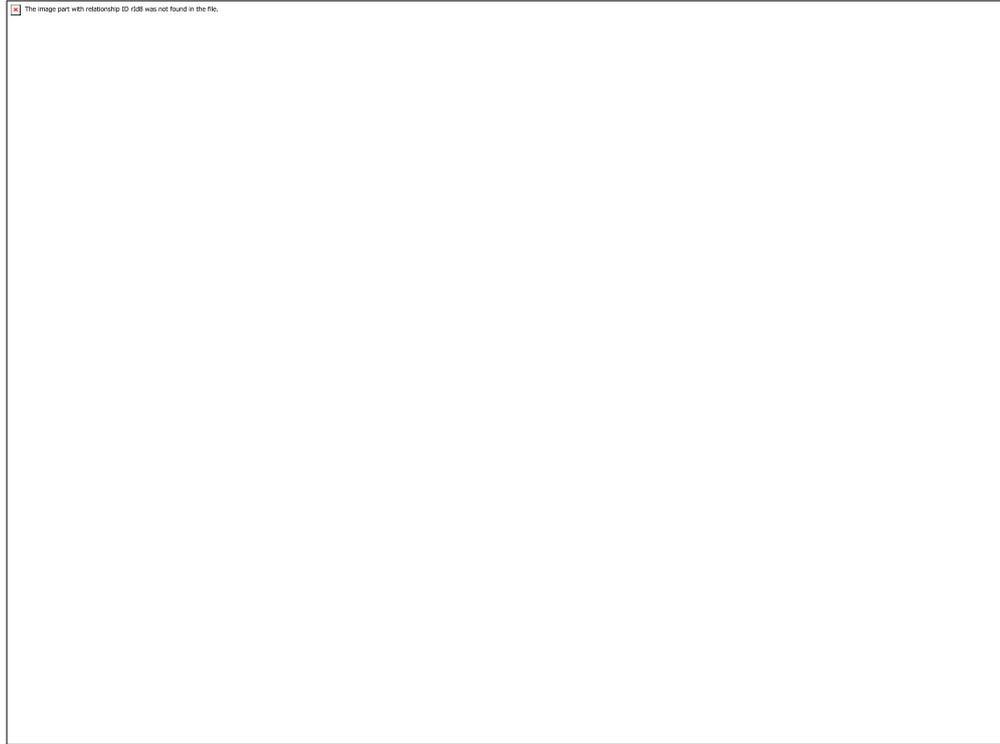


Figure 3 : Mise en culture des graines de *P. lentiscus*.

La stérilisation des pinces et du papier filtre a été réalisée par étuvage à 150°C pendant 2 h. Tandis que les béchers et l'eau distillée ont été stérilisés par autoclavage à 120°C pendant 20 min.

a.2) Traitements salins utilisés

Le chlorure de sodium (NaCl) est considéré comme la majeure source de sel dans les eaux d'irrigation et la solution du sol (SLAMA, 2004; TÜRKAN et DEMIRAL, 2009 *in* CHELLI-CHAABOUNI *et al.*, 2010), d'où notre choix de l'utiliser comme le facteur de stress salin dans notre expérimentation.

Les concentrations des solutions salines utilisées lors du test de germination sont :

- T0 : 0 g/L (NaCl) (témoin : eau distillée) ;
- T1 : 01g/L (NaCl) ;
- T2 : 02 g/L (NaCl) ;
- T3 : 04 g/L (NaCl) ;
- T4 : 08 g/L (NaCl) ;
- T5 : 10 g/L(NaCl) ;
- T6 : 12 g/L (NaCl).

Dans chaque boîte de Pétri, 02 ml de solution ont été apportés régulièrement lors des arrosages.

Chaque traitement a porté sur 30 semences, soit 3 répétitions de 10 semences par boîte de Pétri.

III.2. Deuxième partie : Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la croissance de jeunes plantules de *Pistacia lentiscus* âgées de 2 mois :

Un autre lot de semences a été désinfecté de la même méthode que dans l'essai précédent et mis à germer dans des boîtes de Pétri de 5 cm de diamètre tapissées de deux papiers filtres stériles. Les semences ont été régulièrement arrosées par de l'eau distillée stérile chaque 3 jours.

Après 30 jours de germination, les semences germées ont été transplantées dans des gobelets en plastique remplis de sable et de tourbe stériles (V:V/ 2 :1). Les gobelets ont été préalablement perforés à leur base pour permettre l'évacuation de l'eau excédentaire lors des arrosages.

Chaque pot a été recouvert d'un gobelet transparent perforé pour garder l'humidité relative un peu élevée et ne pas stresser les plantules lors de la transplantation le temps qu'elles reprennent leur croissance. Les plantules ont été irriguées quotidiennement avec de l'eau distillée stérile pendant 30 jours après quoi, les gobelets transparents ont été enlevés et le test a commencé.

Après 30 jours d'irrigation à l'eau distillée, les plantules ont été arrosées quotidiennement avec 10 ml, pour chaque gobelet, d'une solution correspondant aux différentes concentrations étudiées de NaCl (Fig 4).



Figure 4 : Mise en culture des plantules de *P. lentiscus*. A : chambre de culture. B : plantules recouvertes de gobelets transparents perforés. C : Plantules à 2 mois de croissance à l'intérieur de la chambre de culture.

Les concentrations des solutions salines utilisées lors de ce test sont comme suit :

- T0 : 00g/L (NaCl) (témoin : eau distillée) ;
- T1 : 02g/L(NaCl) ;
- T2 : 04 g/L (NaCl) ;
- T3 : 08 g/L(NaCl).

Chaque traitement a porté sur 24 plantules, soit 03 répétitions de 08 plantules pour chaque traitement étudié. Ce test a duré 45 jours.

III.3. Troisième partie : Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la croissance de jeunes plants de *Pistacia lentiscus* âgés de 18 mois.

Les plantules ont été obtenues dans le cadre d'un projet d'étude sur les conditions de la germination et de la croissance de *P. lentiscus* codirigé par le Professeur BELHADJ Safia, enseignante à l'université de Djelfa avec Mr MERBAH Kamel Zinel Abidine, Ingénieur Principal à la Direction des Services Agricoles de Djelfa.

Des graines de lentisque au stade de maturation ont été récoltées au mois de décembre 2015 à la station d'El Haouas dans la Wilaya de Djelfa.

Une fois séchées à l'air libre pendant 25 jours, ces graines ont subi une stratification au froid (04°C) pendant 30 jours pour lever leur dormance embryonnaire. Elles ont, par la suite, été mises à germer au mois de septembre 2016 dans des boites de Pétri tapissées de papier filtre stérile et ont été arrosées régulièrement avec de l'eau distillée stérile.

Après la germination des graines, des plantules au stade de deux feuilles sont transplantées dans des sacs en plastique noirs de 2 kg contenant du sable et de la tourbe (1:1) et placées dans une chambre de culture dont les conditions de température étaient de 24±2°C et de photopériodisme fixé à 16 h de lumière /08 h d'obscurité par jour. L'arrosage des plantules a été réalisé par de l'eau de robinet.

Au bout de 6 mois de culture (mois de mars 2017), des plantules, plus au moins de même taille ont été sélectionnées puis placées sous abris plastique dans des conditions naturelles pour y être acclimatées. Au bout de 3 mois (mois de juin 2017), les plantules ayant survécu ont été placées sous conditions naturelles à l'extérieur où elles ont continué leur croissance jusqu'au début de l'expérimentation (en mars 2018) (Fig 5).

A partir du mois de mars, 36 plants ont été utilisés pour l'étude de la tolérance au stress salin dont 12 plants ont été utilisé pour chaque concentration saline. Les concentrations utilisées lors de cet essai sont comme suit:

- T0 : 0 g/L (NaCl) (témoin : eau distillée) ;
- T1 : 05g/L (NaCl) ;
- T2 : 10 g/L(NaCl).

A chaque plant, 200 ml de solution ont été apportés tous les 2 jours pendant 60 jours du test. Chaque traitement a porté donc sur 12 plants, soit 03 répétitions de 04 plants.



Figure 5 : Plants de *P. lentiscus* âgés de 18 mois.

III.4. Mise en place des dispositifs expérimentaux :

Etant donné que toutes les conditions de l'environnement sont homogènes, nous avons opté pour la randomisation totale sans control d'hétérogénéité.

Le facteur étudié représente le chlorure de sodium (NaCl) avec 3, 4 ou 7 niveaux de concentrations selon la partie de l'étude (Germination, croissance des plants de 2 mois ou de 18 mois).

III.5. Paramètres étudiés :

III.5.1. Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la germination des graines de *Pistacia lentiscus*.

Les paramètres étudiés lors de cet essai sont :

- a) **Pourcentage moyen de germination (PMG) (%)** : exprimé par le nombre de graines germées x 100 sur le nombre total de graines. On considère, qu'une graine est germée, lorsque la radicule perce les enveloppes.
- b) **Cinétique de la germination** : il s'agit de calculer chaque jour le pourcentage de germination sous les différentes concentrations et d'élaborer par la suite une courbe de germination.

- c) Nombre moyen de **jours à la première germination** (J_{1ereG}) (temps moyen de latence), à **50%** ($J_{50\%G}$) et à la **germination maximale** (JG_{max}).

III.5.2. Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la croissance de jeunes plantules de *P.lentiscus* âgées de 2 mois :

- a) **Taux moyen de mortalité des plantules (%) (TMM)** : Le taux de mortalité des plantules est calculé à la fin de l'expérimentation en utilisant la formule suivante : nombre de plantules ayant survécus x100/nombre total de plantules. Une plantule est considérée morte quand elle présente le dessèchement de sa tige et de toutes ses feuilles.
- b) **Longueur moyenne de la tige (LMT) (cm)** : La longueur des nouvelles pousses apicales de chaque plantule a été déduite à la fin de l'expérimentation en soustrayant la hauteur finale de la tige de la hauteur mesurée avant l'application des traitements.
- c) **Nombre moyen de feuilles et de folioles par plantule (NMF et NMFo)** : les feuilles nouvellement formées sur la tige sont comptabilisées pour chaque plantule.
- d) **Longueur moyenne des racines (LMR) (cm) et le nombre moyen de ramifications racinaires (NMRR)** : Les plantules sont soigneusement débarrassées de leur substrat en rinçant la partie racinaire pour éliminer les particules qui restent attachées aux racines. Ensuite, on mesure la longueur des racines des plantules et on a effectué le comptage des ramifications sur chacune d'elle.
- e) **Biomasse fraîche (BF) et sèche (BS) des deux parties des plantules** : les parties aérienne et souterraine des plantules sont pesées à l'état frais puis à l'état sec après séchage dans une étuve à 80°C pendant 72h.
- f) **Teneur moyenne en eau (TME) de la partie aérienne et souterraine** : la teneur en eau est exprimée par le poids d'eau par rapport au poids de la matière sèche. Elle est calculée par la formule suivante : $TME = (BF - BS) \times 100 / BF$.

III.5.3. Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la croissance de jeunes plants de *P.lentiscus* âgés de 18 mois

En plus du taux de mortalité (TM) des plants, deux paramètres physiologiques et un paramètre biochimique ont été étudiés lors de cet essai à savoir :

- a) **Indice de stabilité membranaire (ISM)** : L'ISM est déterminé selon la méthode de (PREMACHANDRA *et al.*, 1990). Des morceaux de limbe de 1cm² de surface ont été découpés de l'avant dernière feuille grâce à un ciseau, puis lavés soigneusement à l'eau courante et ensuite à l'eau distillée pour éliminer la contamination de surface, avant d'être

placés dans des flacons remplies de 10 ml d'eau bi distillée. Les échantillons ont été incubés à la température ambiante (25 °C) sur un agitateur (100 rpm) pendant 24 h. Après cela, la conductivité électrique (CE) a été enregistrée CE1. Par la suite, les mêmes échantillons ont été placés à l'autoclave à 120 °C pendant 20 min et une deuxième lecture (C2) a été alors prise après refroidissement de la solution à la température ambiante. L'indice de stabilité membranaire a été calculé par la formule de LUTTS et al. (1996): $ISM(\%) = [(C1 / C2)] \times 100$.

- b) **Teneur relative en eau (TRE)** : est déterminée par la méthode décrite par BARRS et WEATHERLEY (1962). Les feuilles sont coupées à la base du limbe, pesées immédiatement pour obtenir le poids frais (PF), puis aussitôt mises dans des tubes à essai remplis d'eau distillée refermer par papier aluminium afin de maintenir une humidité relative saturante et placés à l'obscurité dans un endroit frais. Après 24h, les feuilles sont retirées, passées dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface, pesées de nouveau pour obtenir le poids à pleine turgescence (PT). Les échantillons sont ensuite mis à l'étuve à 80°C pendant 48h et pesés pour avoir le poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante:

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

- c) **Teneur moyenne en proline (TMPro)** : La teneur en proline a été déterminée selon la méthode décrite par TROLL et LINDESLY (1955) reprise et simplifiée par DREIER et GORING (1974).

100 mg de feuilles fraîches sont placées dans des tubes à essais auxquels sont ajoutés 3 ml de Méthanol à 40 %. L'ensemble est chauffé au bain-marie à 85 °C pendant 60 min. Les tubes à essai sont recouverts avec du papier aluminium pour minimiser les pertes du méthanol par évaporation.

Après refroidissement, on prélève 1 ml de l'extrait de chaque tube auquel on ajoute 1 ml d'acide acétique, 1 ml de mélange contenant 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide orthophosphorique (H₃PO₄, densité 1,7) et 25 mg de ninhydrine. Le mélange ainsi réalisé est porté à l'ébullition au bain-marie durant 30 min. La solution vire progressivement au rouge.

Après refroidissement des solutions, 5ml de benzène sont ajoutés pour séparer deux phases. Après agitation au vortex, La phase supérieure est récupérée et asséchée grâce à l'adjonction d'une spatule de sulfate de sodium anhydre (Na₂ SO₄).

La lecture est effectuée à une longueur d'onde de 528nm. Les valeurs de la lecture au spectrophotomètre sont reportées sur le courbe étalon élaboré, à partir d'échantillons contenant des quantités de proline à concentrations connues.

III.6. Analyses statistiques des données :

L'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur au seuil de confiance ($\alpha=5\%$) a été utilisée pour étudier l'effet des différents traitements sur les paramètres étudiés. Dans le cas d'une différence significative, Le test LSD de Fisher ($\alpha=5\%$) a été utilisé pour faire ressortir les groupes homogènes. Le logiciel utilisé est STATISTICA version 8.

La signification des différences entre les traitements est exprimée en fonction de la probabilité critique (P) de la façon suivante :

- $P \geq 0,05$: Différence non significative (NS) ;
- $P < 0,05$: Différence significative (*) ;
- $P < 0,01$: Différence hautement significative (**) ;
- $P < 0,001$: Différence très hautement significative (***) .

I. Résultats

I.1. Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la germination des graines de *Pistacia lentiscus* :

a) Pourcentage moyen de germination (PMG) (%) :

On considère, qu'une graine est germée, lorsque la radicule perce les enveloppes. La figure 6 illustre les graines ayant germées. Le pourcentage final de germination est calculé au bout de 30 jours de culture. Les résultats illustrés sur la figure 7 montrent des pourcentages de germination allant de 0 à 83,33%.

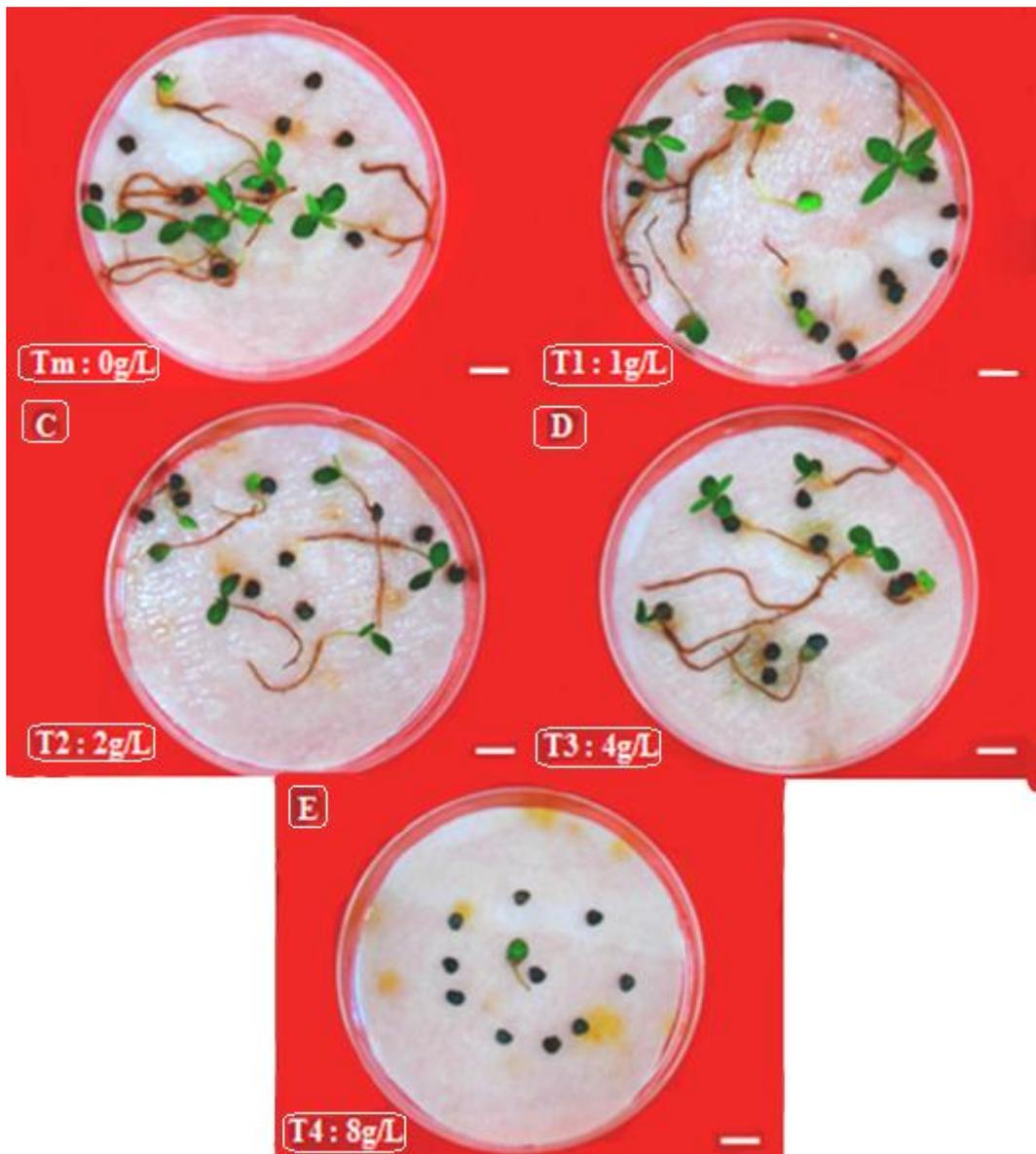


Figure 6 : Effet du NaCl sur la germination des graines de *Pistacia lentiscus*.

Les traitements Tm et T1 ont donné les meilleurs résultats à savoir, 83,33 et 80% respectivement, suivis des traitements T3 et T2 avec respectivement, 56,66 et 53,33%. Puis, du traitement T4 avec un taux très faible qui est de 3,33%. Les traitements T5 et T6 ont donné des taux nuls de germination (0%).

L'analyse de la variance indique une différence très hautement significative entre les résultats obtenus (Tab 1) et par conséquent, la concentration en NaCl influe sur le pourcentage final de germination des graines. La comparaison des moyennes obtenues par le biais du test LSD de Fischer permet de classer les traitements en 3 groupes homogènes (A, B et C) (Fig 7). Ainsi, le groupe A comporte les traitements Tm et T1 qui correspondent aux concentrations respectives en NaCl de 0 et 1 g/L. Le groupe B est composé des traitements T2 et T3 qui représentent respectivement 2 et 4 g/L. Le dernier groupe comporte les traitements T4, T5 et T6 qui représentent les concentrations en NaCl de 8, 10 et 12 g/L, respectivement.

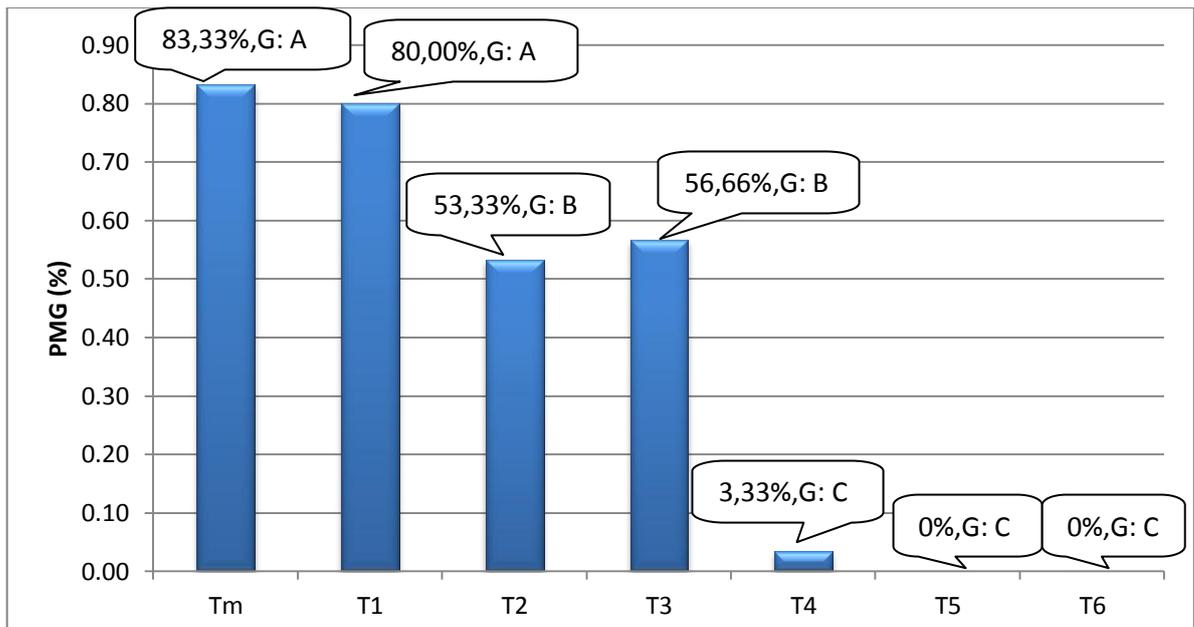


Figure 7 : Effet du NaCl sur le pourcentage moyen de germination.

Tableau 1 : Analyse de la variance du PMG final des graines.

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	6	24488,57	4238,10	35,6	0,000	***
Erreur	14	1666,67	119,05			
Total	20	27095,24				

b) Cinétique de la germination :

L'évolution de la germination pendant les 30 jours de cet essai est illustrée sur la figure 8. Concernant le nombre de jours à la première germination, le traitement T1 a commencé à germer en premier, à 7 jours suivi des traitements Tm et T2 qui ont germé au bout de 8 et 8,66 jours puis, des traitements T3 et T4 qui ont germé à partir de 14 et 19 jours respectivement.

Le nombre de jours à 50% de la germination ($J_{50\%G}$) est de 13 jours pour le Tm, 16 jours pour le T1, 17 jours pour le T2 et de 19 jours pour T3. Quant au nombre de jours à la germination maximale (JGM_{max}), celui-ci est de 19 jours pour T4, 23 jours pour Tm et T1 et, 25 jours pour T2 et T3 (Fig 9).

L'analyse de la variance indique une différence significative uniquement pour le nombre de jours à la première germination ($J_{1èreG}$) (Tab 2). Les paramètres $J_{50\%G}$ et JGM_{max} ne montrent aucune différence significative.

La comparaison des moyennes obtenues par le biais du test LSD de Fischer permet de classer les traitements en 3 groupes (A, B et C) (Fig 9). Ainsi, les traitements Tm, T1 et T2 sont dans le groupe A tandis que les traitements T3 et T4 appartiennent aux groupes B et C respectivement.

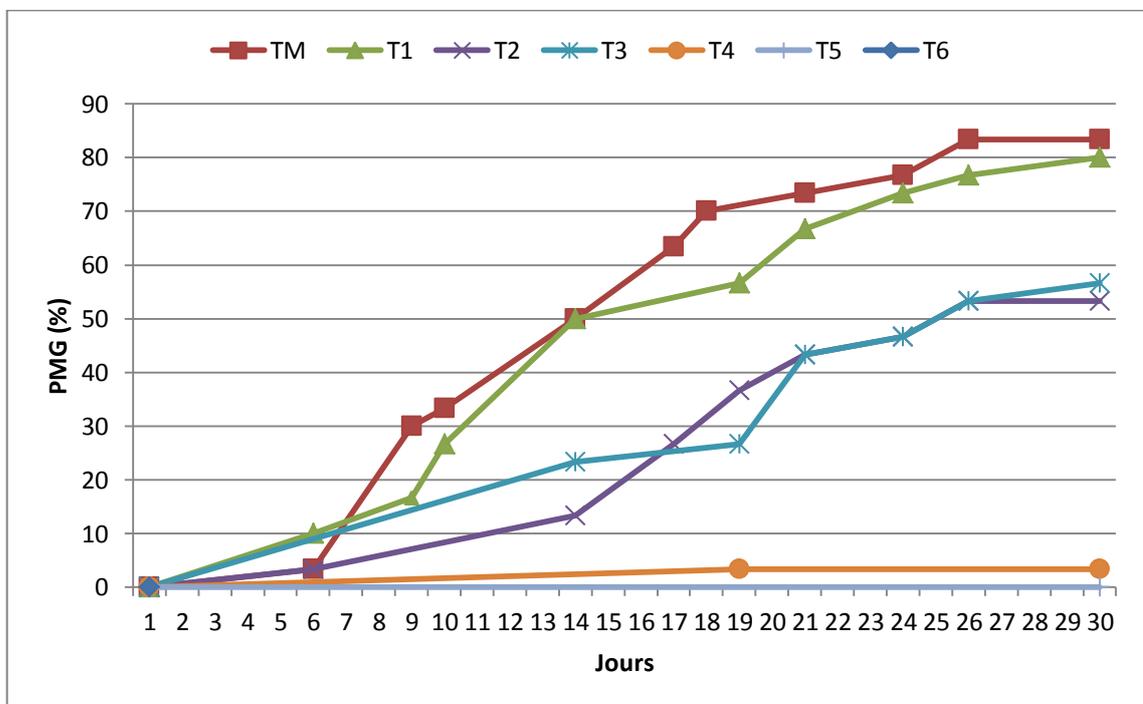


Figure 8 : Evolution de la germination (courbe de croissance) sous l'effet de la concentration en NaCl.

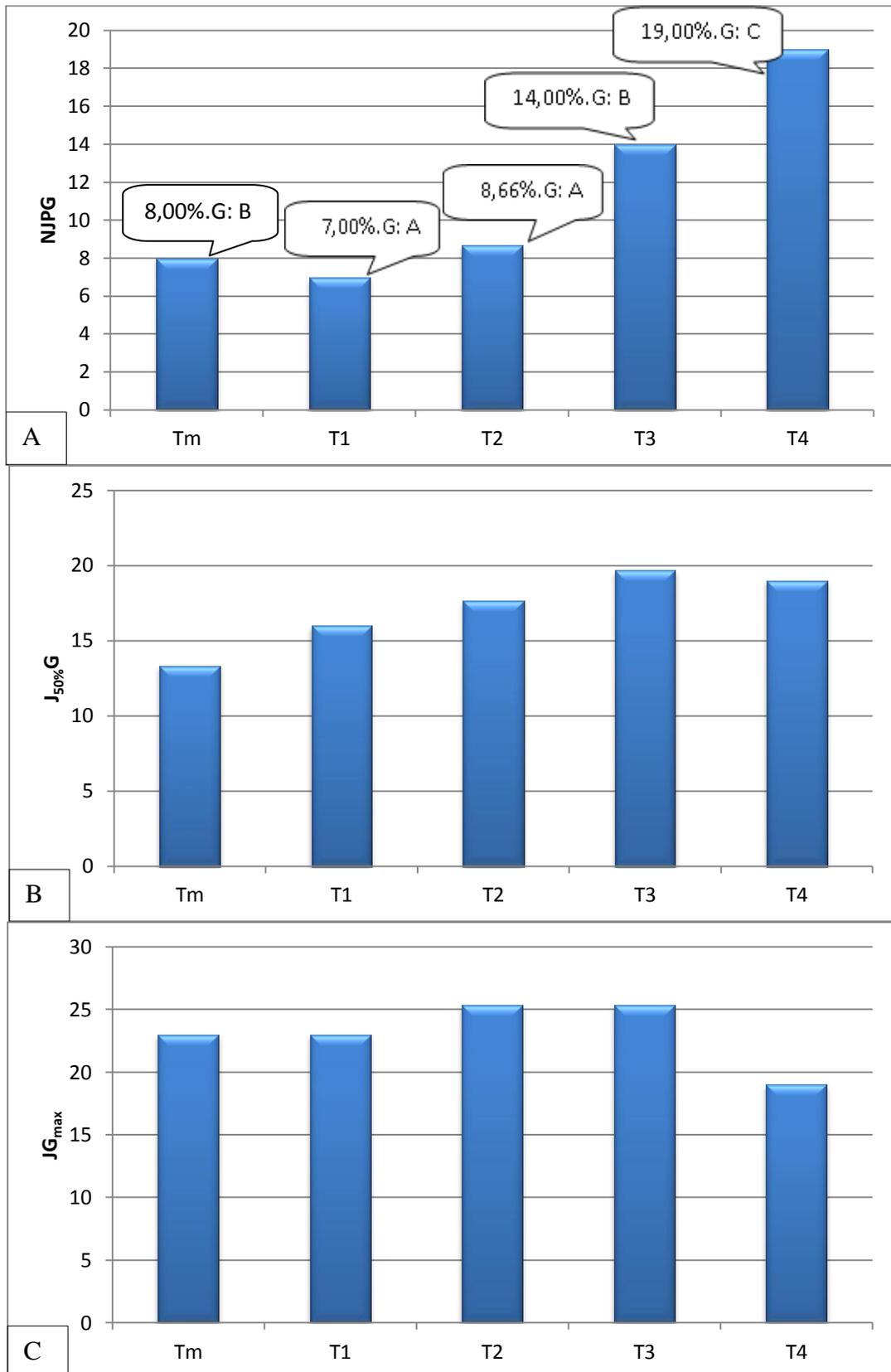


Figure 9 : Effet du NaCl sur la cinétique de la germination. A, nombre de jours à la première germination ($J_{1èreG}$) ; B, nombre de jours à 50% de la germination ($J_{50\%G}$) ; C, nombre de jours à la germination maximale (JG_{max}).

Tableau 2 : Analyse de la variance pour le nombre de jours à la première germination, à 50% et à la germination finale.

Paramètre	Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
J_{1ère}G	Traitement	4	173.02	43.25	15.26	0.0008	***
	Erreur	10	22.66	2.83			
	Total	14	195.69				
J_{50%}G	Traitement	3	69.692	17.423	0.9292	0.493086	NS
	Erreur	8	150.000	18.750			
	Total	11	219.692				
JGM_{max}	Traitement	3	40.974	10.244	0.6984	0.614197	NS
	Erreur	8	117.333	14.667			
	Total	11	158.308				

I.2. Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la croissance de plantules de *Pistacia lentiscus* âgées de 2 mois :

a) Taux moyen de mortalité des plantules (%) (TMM) :

Le taux de mortalité le plus élevé est de 37,5%. Ce dernier a été enregistré chez les plantules stressées avec 8 g/L de NaCl (T3) tandis que les plantules témoins (Tm) ont enregistré le taux le plus bas à savoir, 4,16% (Fig 10).

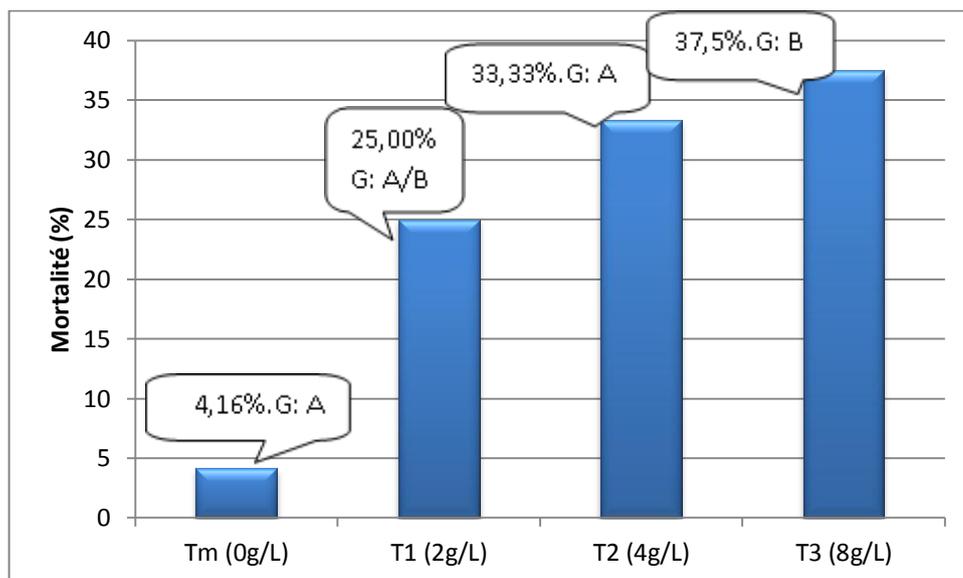


Figure 10 : Effet du NaCl sur le taux de mortalité des plantules (TMM).

L'analyse de la variance révèle un effet significatif du NaCl sur le taux de mortalité des plantules (Tab 3) et la comparaison des moyennes fait ressortir 2 groupes chevauchants (A et B). Le premier représente les traitements Tm et T1. Ce dernier, avec les traitements T2 et T3 forment le second groupe.

Tableau 3 : Analyse de la variance pour le taux moyen de mortalité (TMM).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	3	1979,16	659,722	4,60	0,037	*
Erreur	8	1145,83	143,22			
Total	11	3125,00				

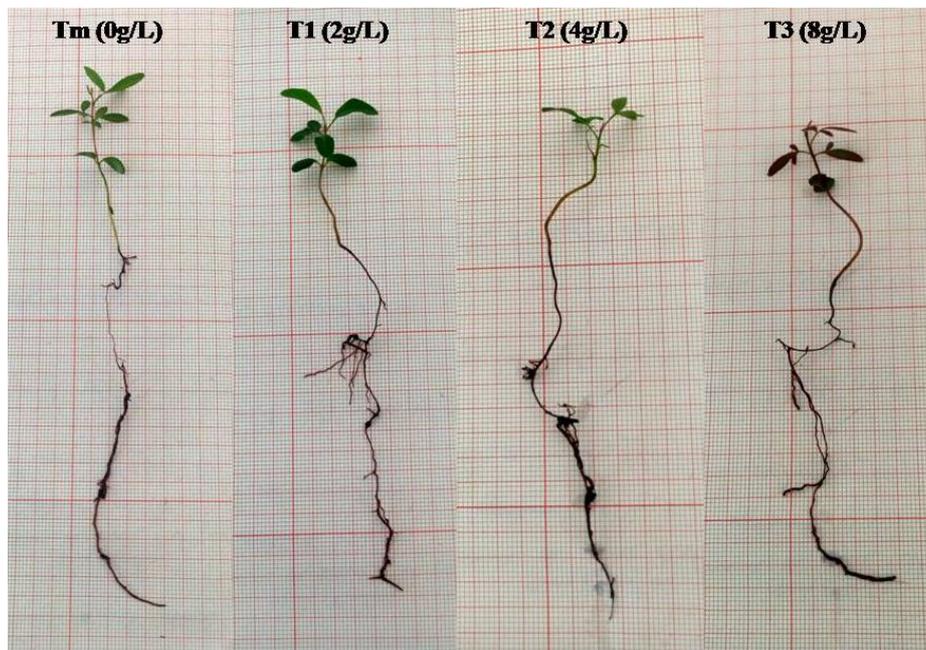


Figure 11 : Effet du NaCl sur la croissance des plantules de *P.lentiscus* âgées de 2 mois.

b) Longueur moyenne de la tige (LMT) :

La croissance en hauteur de nouvelles pousses est la plus élevée chez les plantules témoins avec 1,33 cm de longueur alors que les plantules traitées avec 8g/L de NaCl (T3) ont montré la croissance la plus faible avec 0,23 cm (Fig 12).

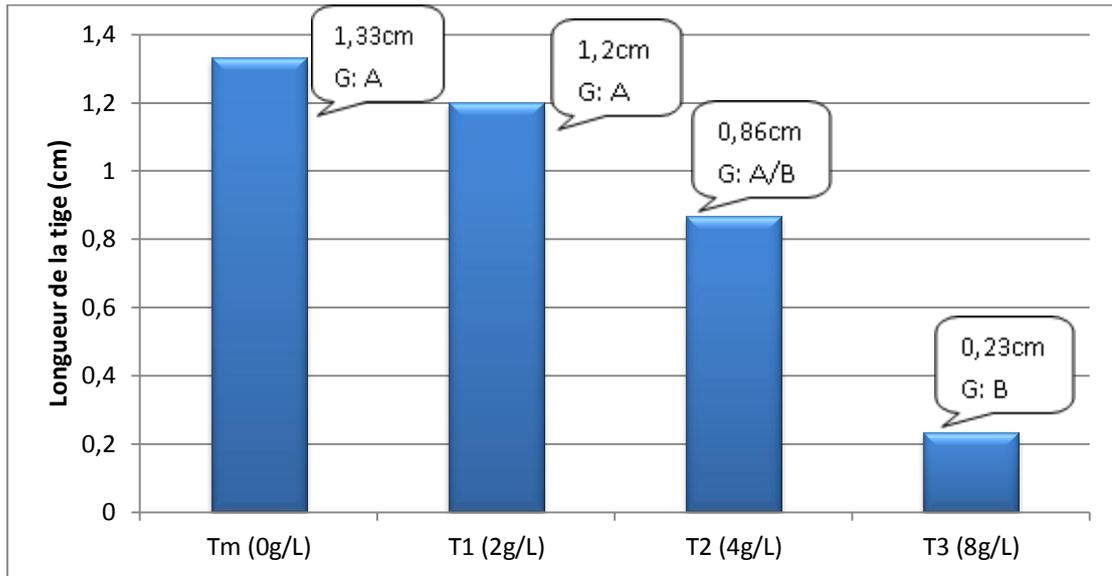


Figure 12 : Effet du NaCl sur la longueur moyenne de la tige (LMT)

L'effet du NaCl est significatif (Tab 4). Les traitements Tm et T1 (groupe A) diffèrent significativement du traitement T3 (groupe B) tandis que le traitement T2 a eu un effet intermédiaire (A-B) (Fig 12).

Tableau 4: Analyse de la variance pour la longueur de la tige (LMT).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	3	2,16	0,72	4,31	0,04	*
Erreur	8	1,34	0,16			
Total	11	3,50				

c) Nombre moyen de feuilles et de folioles par plantule (NMF et NMFo) :

Concernant le nombre de feuilles et de folioles développées (Fig13), les plantules témoins (Tm) ont montré les meilleurs résultats à savoir, 1 feuille et 3 folioles développées par plantule. Par contre, aucun développement de feuilles n'a été observé chez les plantules stressées avec 8g/L de NaCl (T3).

Les résultats obtenus pour chaque traitement sont reportés dans la figure 13 ci-dessous.

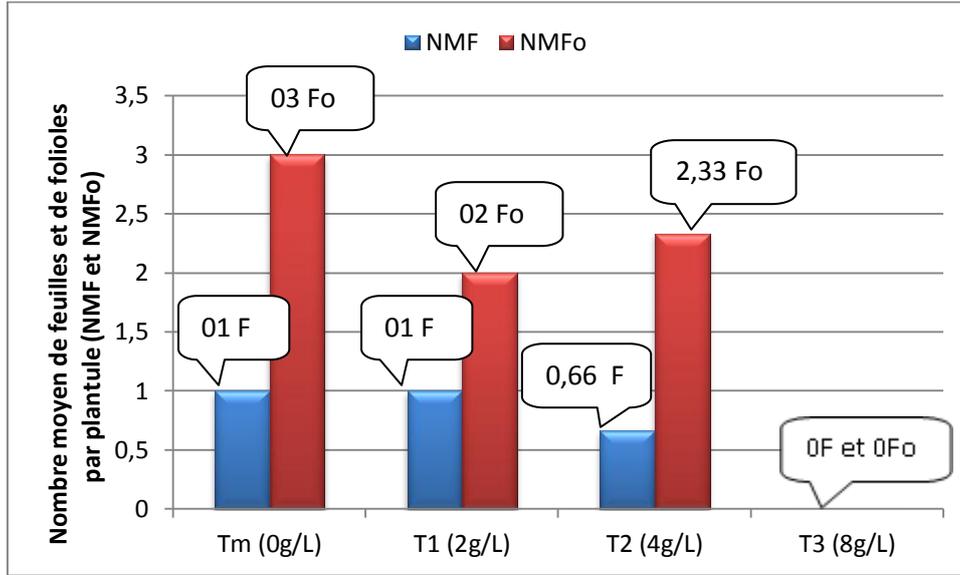


Figure 13 : Effet du NaCl sur le nombre moyen de feuilles et de folioles.

Les différences enregistrées sont toutefois non significatives (Tab 5 et 6).

Tableau 5 : Analyse de la variance pour le nombre moyen de feuilles développées (NMF).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	3	2,00	0,66	1,14	0,38	NS
Erreur	8	4,66	0,58			
Total	11	6,66				

Tableau 6 : Analyse de la variance pour le nombre moyen de folioles (NMFo).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	3	15,00	5,00	1,50	0,28	NS
Erreur	8	26,66	3,33			
Total	11	41,66				

d) Longueur moyenne des racines (LMR) (cm) et le nombre moyen de ramifications racinaires (NMRR) :

La croissance racinaire a varié de 7,36 à 9,75 cm. Les racines les plus longues ont été observées chez les plantules arrosées avec 2 g/L de NaCl (T1) et les plus petites chez les plantules arrosées avec 8g/L (T3).

Les ramifications racinaires sont plus importantes chez les témoins (7 ramifications) tandis que les plantules arrosées avec 8g/L en ont montré le nombre le plus bas (4 ramifications). Les résultats sont représentés sur la figure 14.

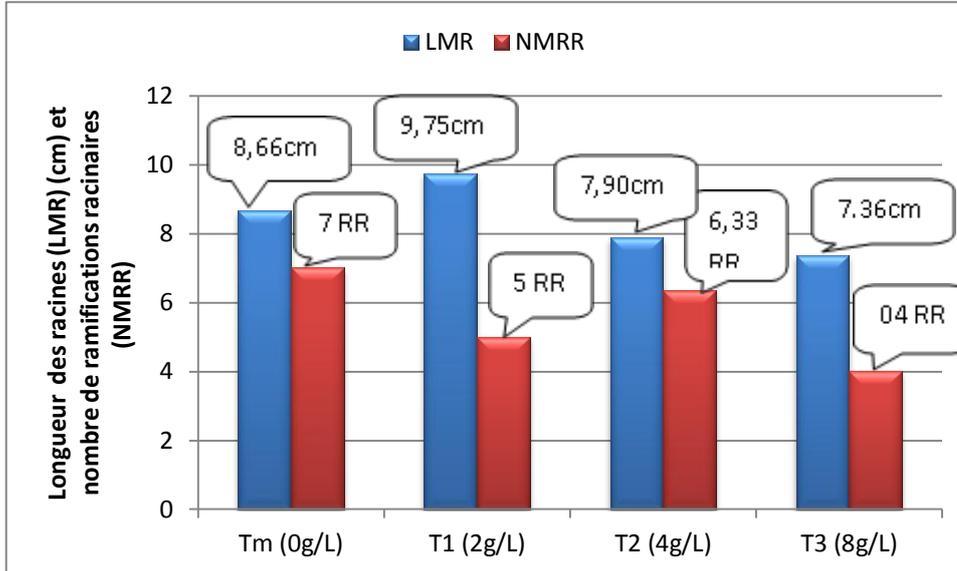


Figure 14 : Effet du NaCl sur la longueur des racines et le nombre de ramifications racinaires.

Toutefois l'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative pour ces deux paramètres (Tab 7 et 8).

Tableau 7 : Analyse de la variance pour la longueur des racines (LMR) (cm).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	3	9.62	3.20	1.47	0.29	NS
Erreur	8	17.43	2.17			
Total	11	27.06				

Tableau 8 : Analyse de la variance pour le nombre de ramifications racinaires (NMRR).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	3	16.25	5.41	1.62	0.25	NS
Erreur	8	26.66	3.33			
Total	11	42.91				

e) Biomasse fraîche (BF) des deux parties des plantules :

Au niveau aérien, le poids de la matière fraîche le plus élevé est enregistré chez les plantules témoins et le poids le moins élevé est obtenu chez les plantules arrosées avec 4 g/L de NaCl (T2). Au niveau racinaire, le poids frais le plus élevé a été obtenu avec 2 g/L de NaCl (T1) et le poids le moins élevé avec 8g/L de NaCl (T3) (Fig 15). Les différences entre les biomasses fraîches ne sont pas significatives (Tab 9 et 10). Ainsi les concentrations en NaCl utilisées dans l'arrosage des plantules ne montrent aucun effet significatif. Les biomasses fraîches aériennes et racinaires des plantules sont rapportées dans la figure 15.

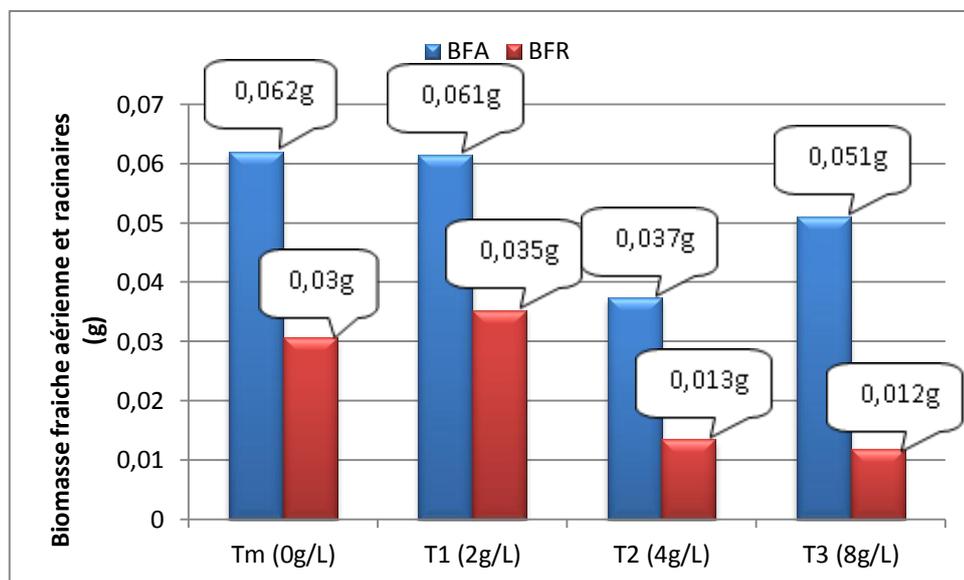


Figure 15 : Effet du NaCl sur la biomasse fraîche aérienne (BFA) et racinaire (BFR).

Tableau 9 : Analyse de la variance pour la biomasse fraîche aérienne (BFA).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	3	0.001	0.0004	0.53	0.66	NS
Erreur	8	0.005	0.0007			
Total	11	0.007				

Tableau 10 : Analyse de la variance pour la biomasse fraîche racinaire(BFR).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	3	0.001	0.0004	2.03	0.18	NS
Erreur	8	0.001	0.0002			
Total	11	0.002				

f) Biomasse sèche (BS) des deux parties des plantules :

Les biomasses sèches, aériennes et racinaire, les plus élevées sont obtenues avec l'application de 2g/L de NaCl (T1 ; 0,0138g et 0.0112 respectivement) tandis que les biomasses sèches les moins importantes ont été obtenues avec 4g/L de NaCl (T2 ; 0.0084g et 0.0034 respectivement) (Fig 16). L'analyse de la variance n'indique aucune différence significative entre les résultats obtenus, que ce soit pour la biomasse sèche aérienne ou racinaire (Tab 11 et 12). Le NaCl appliqué est donc sans effet significatif sur la biomasse sèche (Fig 16).

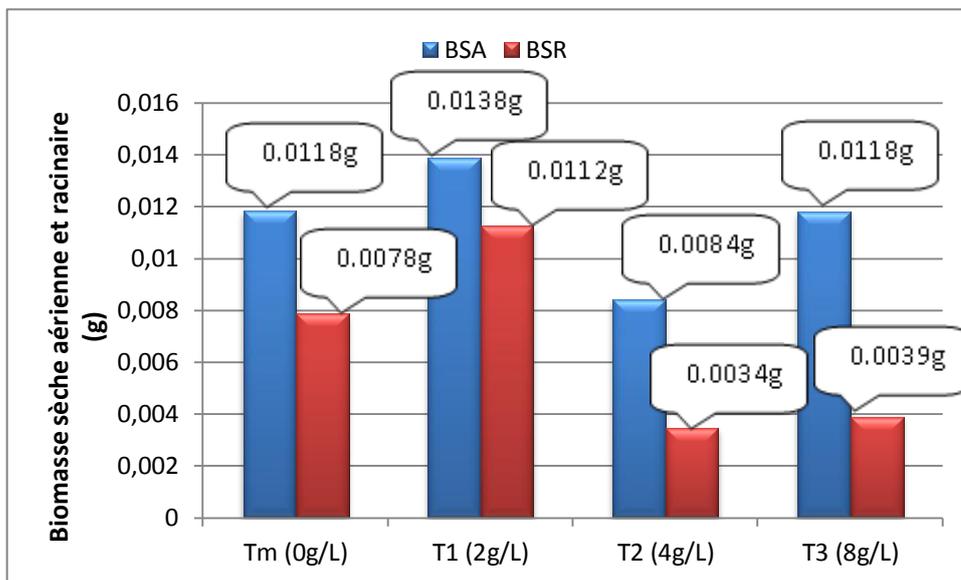


Figure 16 : Effet du NaCl sur la biomasse sèche aérienne (BSA) et racinaire (BSR)

Tableau 11 : Analyse de la variance pour la biomasse sèche aérienne (BSA).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	3	0.000046	0.000015	0.599	0.63	NS
Erreur	8	0.000206	0.00002			
Total	11	0.000252				

Tableau 12 : Analyse de la variance pour la biomasse sèche racinaire (BSR).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	3	0.00012	0.00004	1.22	0.36	NS
Erreur	8	0.00026	0.00003			
Total	11	0.00038				

g) Teneur moyenne en eau de la partie aérienne (TMEA) et souterraine (TMER) :

Les teneurs en eau calculées sont illustrées dans la figure 17 ci-après :

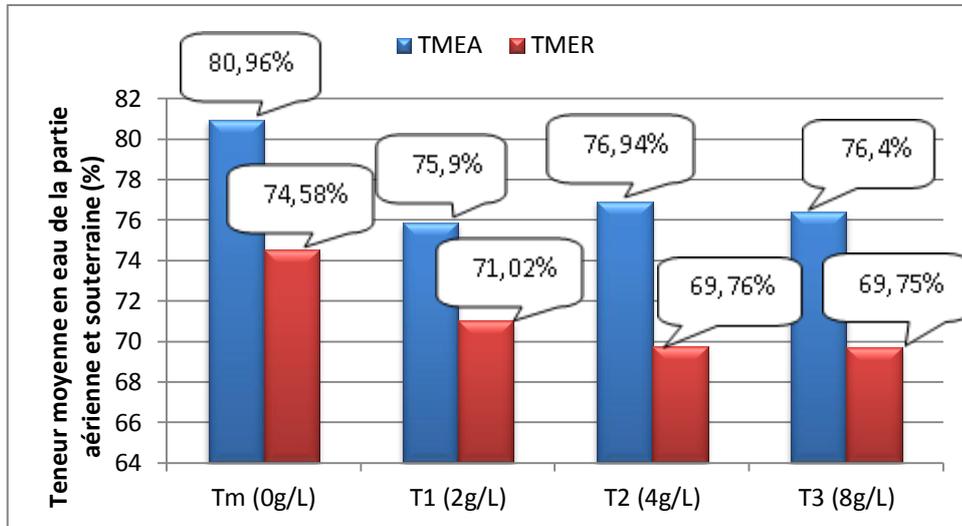


Figure 17 : Effet du NaCl sur la teneur moyenne en eau de la partie aérienne (TMEA) et souterraine (TMER).

La figure montre que la teneur en eau la plus élevée de la partie aérienne est représentée par les plantules témoins (80,96%). Cette teneur baisse légèrement chez les plantules arrosées avec le NaCl. Elle descend à 75,90% ; 76,94% et 76,40% avec 2, 4 et 8g/L respectivement. De même pour la partie souterraine, la teneur en eau la plus élevée est obtenue en absence de NaCl puis elle diminue légèrement au fur et à mesure que la concentration en NaCl augmente. Elle passe de 74,58% chez les témoins à 71,02% ; 69,76 et 69,75 chez les plantules arrosées avec 2, 4 et 8g/L respectivement.

Toutefois, l'analyse de la variance n'indique aucune différence significative entre les teneurs en eaux obtenues. Ainsi le NaCl n'influe pas sur la teneur en eau des deux parties des plantules (Tab 13 et 14). Les teneurs obtenues sont représentées dans la figure 17.

Tableau 13 : Analyse de la variance pour la teneur en eau de la partie aérienne (TMEA).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	3	48.14	16.05	1.507	0.285261	NS
Erreur	8	85.19	10.65			
Total	11	133.32				

Tableau 14 : Analyse de la variance pour la teneur en eau de la partie souterraine (TMER).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	3	46.75	15.58	0.1276	0.941079	NS
Erreur	8	977.34	122.17			
Total	11	1024.10				



Figure 18 : Effet du NaCl sur les plants de *P.lentiscus* âgés de 18 mois.

I.3. Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la croissance des plants de *Pistacia lentiscus* âgés de 18 mois.

a) Taux moyen de mortalité des plantules (%) (TMM) :

Au bout de 60 jours de stress salin au chlorure de sodium (NaCl), nous avons observé qu'aucune plante n'avait dépéri. En effet, des taux nuls de mortalité ont été enregistrés et ce, avec les trois concentrations utilisées lors de cet essai (0 ; 5 et 10 g/L).

b) Indice de stabilité membranaire (ISM) :

Les résultats illustrés dans la figure 19 montrent que l'indice de stabilité membranaire augmente avec l'élévation de la concentration des solutions salines. L'ISM passe de 57,88% chez le traitement témoin à 67,65% chez les plantules traitées avec 10g/L de NaCl (T2).

Néanmoins, l'analyse de la variance représentée dans le tableau 15 montre des différences non significatives entre les résultats obtenus ce qui veut dire que les concentrations en NaCl utilisées n'influent pas sur ce paramètre.

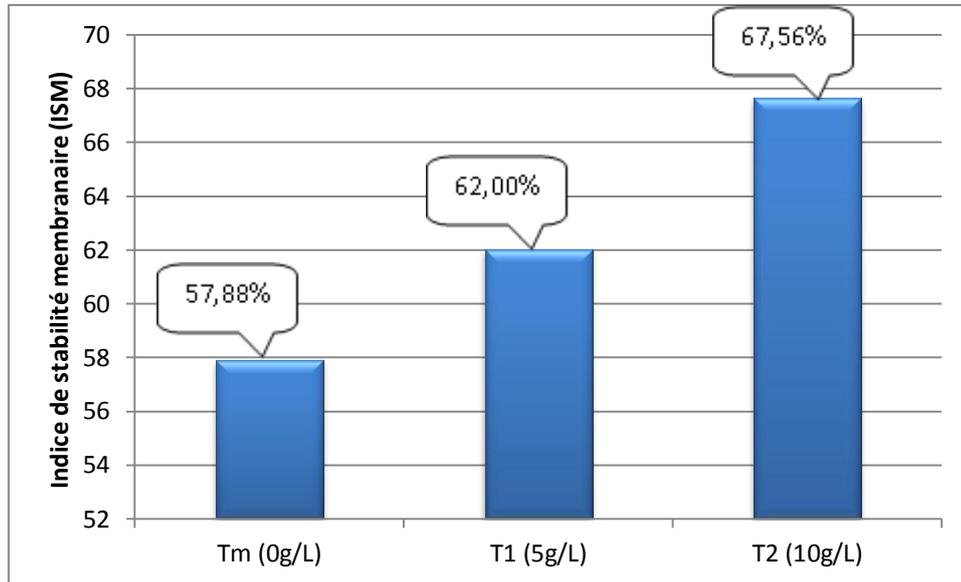


Figure 19 : Effet du NaCl sur l'indice de stabilité membranaire (ISM).

Tableau 15 : Analyse de la variance pour l'indice de stabilité membranaire (ISM) (%).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	2	144.35	72.17	3.55	0.09	NS
Erreur	6	121.92	20.32			
Total	8	266.28				

c) Teneur relative en eau (TRE) :

Les résultats montrent que le teneur relative en eau varie de 68,08% à 73,21%. La teneur la plus élevée est enregistrée chez les témoins alors que la teneur la plus faible est attribuée au traitement T2 (10g/L). Les résultats obtenus sont reportés dans la figure 20 ci-après.

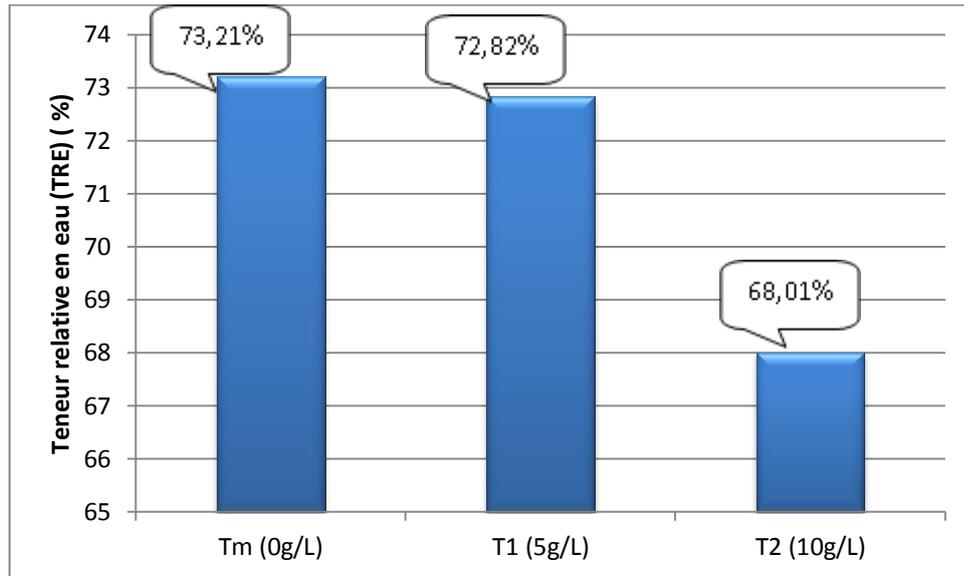


Figure 20 : Effet du NaCl sur la teneur relative en eau (TRE).

Comme pour l'ISM, l'analyse de la variance n'indique aucune différence significative entre les teneurs relatives en eau obtenues comme indique le tableau 16 ci-dessous. Les teneurs obtenus sont reportées dans la figure 20.

Tableau 16 : Analyse de la variance pour la teneur relative en eau (TRE).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	2	50.40	25.20	0.801	0.491737	NS
Erreur	6	188.81	31.47			
Total	8	239.21				

d) Teneur moyenne en proline (TMPro) :

La teneur en proline croit également avec la concentration en NaCl des solutions d'arrosage. Elle est passée de 240,4 µg/g BF avec le traitement Tm à 566,35 µg/g BF avec T1 (5g/L) puis à 1540,3 µg/g BF avec le traitement T2 (10g/L) (Fig 21).

Les différences sont très hautement significatives (Tab 17) et chaque traitement diffère significativement de l'autre (Fig 21).

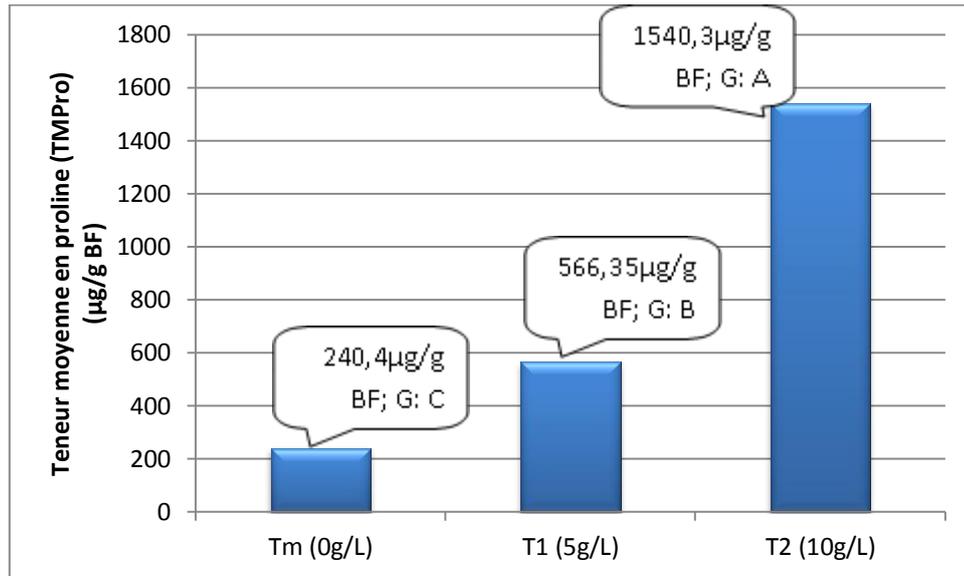


Figure 21 : Effet du NaCl sur la teneur moyenne en proline (TMPPro).

Tableau 17 : Analyse de la variance pour la teneur en proline (TMPPro).

Source de variation	Ddl	SCE	CM	F	P	Sig
Traitement	2	2744558	1372279	92.7475	0.000031	***
Erreur	6	88775	14796			
Total	8	2833333				

II. Discussion

L'objectif de notre travail est la contribution à l'étude de la tolérance de *P.lentiscus* à la contrainte saline à différents stades de développement: au stade germinatif (essai1), au stade plantule de deux mois (essai2) et de 18 mois (essai3). A cet effet, nous avons étudié l'influence du chlorure de sodium (NaCl), d'une part, sur les paramètres de la germination (essai 1) et de la croissance (essai 2), et d'autre part, sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques (essai3).

Lors de l'Essai 1 (Etude de l'influence de différentes concentrations de sel sur la germination des graines), les résultats obtenus ont montré des effets significatifs du NaCl sur le pourcentage de germination finale (PMG) et le nombre de jours à la première germination (temps de latence : $J_{1èreG}$). Ces résultats sont en accord avec ceux de DEBOUBA *et al.* (2012); GUENAOUI *et al.* (2012); TLIG *et al.* (2012); BENIDIR *et al.* (2015) et OUERGHI *et al.* (2016). Selon YAPSANIS *et al.* (1994), la salinité intervient sur la germination des graines par deux effets :

- L'effet osmotique se traduit par la difficulté que trouve l'embryon à absorber une quantité d'eau suffisante pour déclencher les processus métaboliques de la germination ;
- L'effet toxique résulte de l'envahissement de l'embryon par Na^+ et Cl^- .

Ainsi, la salinité affecte la germination par une faible hydratation des réserves nutritives (MONDAL *et al.*, 1988) et une diminution de l'activité des enzymes impliqués dans la germination des graines (DUBEY et RANI, 1995). La diminution de la germination correspond donc soit à une augmentation de la pression osmotique externe, ce qui affecte l'absorption de l'eau par les graines et/ou bien à une accumulation des ions Na^+ et Cl^- dans l'embryon. Cet effet toxique peut conduire à l'altération des processus métaboliques de la germination et dans le cas extrême à la mort de l'embryon par excès d'ions.

Le retard de la germination des graines ainsi que la diminution de la moyenne de germination avec l'augmentation de la concentration saline sont expliqués par le temps nécessaire à la graine à mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne (BLISS *et al.*, 1986). La salinité agit sur la germination des graines en ralentissant sa vitesse, ce qui expose les semences aux risques du NaCl, en diminuant plus au moins fortement son taux, ainsi il réduit l'utilisation des réserves nutritives des graines (AHMED et BANO, 1992).

Pour l'étude de l'influence des différentes concentrations de sel sur la croissance des plantules âgées de 2 mois (**Essai 2**), les résultats obtenus ont montré des effets significatifs du NaCl uniquement sur le taux de mortalité (TMM) et la croissance de la tige (LMT). Le reste des paramètres étudiés, telle que le développement foliaire, la croissance racinaire, la biomasse fraîche et sèche et la teneur en eau, bien qu'ils aient présenté des variations entre les traitements, n'ont cependant pas été significativement influencés par la concentration en NaCl des solutions d'arrosage. Selon CRISTIANO *et al.* (2016), la hauteur des tiges, le développement des feuilles, la croissance racinaire, la biomasse sèche et la teneur en eau des plantules de *P. lentiscus* sont tous affectés négativement par la présence du sel. A l'exception de la hauteur des tiges, ces résultats sont en désaccord avec les nôtres. Cela est probablement dû à la durée du stress appliqué. Dans notre étude, l'arrosage avec les solutions salines a duré 45 jours tandis que dans l'étude de CRISTIANO *et al.* (2016), la durée du stress a duré 87 jours. La réponse des plantes à la salinité dépend du degré et de la durée du stress (MUNNS, 2002). L'effet de la salinité sur les végétaux se situe principalement au niveau de la croissance cellulaire et se traduit par une réduction des dimensions de la plante (HAMZA, 1982). Les sels induisent une augmentation de la taille des vaisseaux conducteurs et du diamètre des tiges ce qui entraîne la diminution de la longueur des tiges (BINET, 1987 ; CHRETIEN,

1992). Selon XIONG et ZHU (2002), l'effet dépressif de la salinité sur la croissance des plantes peut avoir deux causes principales: les difficultés d'alimentation en eau et en nutriments et la toxicité des ions accumulés en excès dans la plante (XIONG et ZHU, 2002). L'influence non significatif du NaCl sur la teneur en eau des plantules montre que l'effet dépressif n'est pas osmotique, il serait donc de nature toxique (OUHADDACH *et al.*, 2016).

Pour l'étude de l'influence des différentes concentrations de sel sur la croissance de plants âgés de 18 mois (**Essai 3**), nous avons noté un taux nul de mortalité avec les trois concentrations utilisées. Ceci laisse croire que la tolérance de *P. lentiscus*, vis-à-vis de la contrainte saline, augmente avec le stade de croissance. En effet, lors du deuxième essai (plantules âgées de 2 mois) et la concentration en NaCl la plus élevée était de 8g/L, nous avons obtenu un taux de mortalité de 37,50%. Tandis qu'avec 10 g/L, sur des plants de 18 mois, aucune mortalité n'a été observée. En outre, l'indice de stabilité membranaire et la teneur relative en eau n'ont pas été affectés par le NaCl. Ces résultats sont en accord avec ceux d'OUHADDACH *et al.* (2016) sur le blé dur. Concernant la teneur en proline, nos résultats ont montré une accumulation significative avec l'augmentation de la concentration en NaCl. Cette augmentation induit le maintien d'une pression osmotique élevée (VOETBERG et SHARP, 1991). L'accumulation de la proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress (osmotiques, hydriques, thermiques) (BLUM, 1996). Plus le niveau de stress appliqué augmente plus les teneurs en proline deviennent plus marquées. Il apparaît que la proline peut conférer la tolérance des plantes aux stress par le développement d'un système antioxydant (ELIAN *et al.*, 2007). Cependant, selon MELONI *et al.* (2004), le rôle attribué à la proline dans la réponse des plantes aux stress reste parfois controversé.

L'objectif de ce travail est l'étude de l'influence du chlorure de sodium (NaCl), sur la germination des graines et de la croissance de plantules de *Pistacia lentiscus* âgées de 2 et 18 mois. Au terme de cette étude, nous pouvons conclure ce qui suit :

- **Au stade germinatif :**

- Les graines sont très sensibles au stress salin. La capacité germinative est significativement affectée à partir de 2g/L de NaCl et quasiment inhibée à 8g/L. Au-delà de cette concentration, la germination est nulle ;
- Le temps de latence des graines augmente significativement à partir de 4g/L de NaCl. Le nombre de jours à 50% de germination et à la germination finale ne sont pas influencés par la présence du NaCl ;

- **Au stade plantule de 2 mois :**

- Au-delà de 2g/L de NaCl, le taux de mortalité des plantules augmente significativement.
- La croissance en hauteur des tiges diminue significativement à partir de 4g/L de NaCl.
- Le développement foliaire et racinaire ainsi que la biomasse et la teneur en eau des deux parties des plantules ne sont pas influencés par la présence du NaCl.

- **Au stade plants de 18 mois :**

- Le NaCl apporté aux plants n'a pas influencé le taux de mortalité qui est resté nul avec toutes les concentrations utilisées.
- De même pour la stabilité membranaire et la teneur relative en eau foliaire. Ces deux paramètres ne sont pas influencés par la présence du NaCl dans l'eau d'irrigation, y compris à 10 g/L.
- La teneur en proline est influencée. Elle augmente au fur et à mesure que la concentration en NaCl s'élève.

A travers les résultats obtenus lors de cette étude, nous pouvons dire que la tolérance au sel de *P. lentiscus* est plus élevée lorsque les plants sont âgés de 18 mois et qu'au stade germinatif, l'espèce est très sensible. Toutefois, un certain nombre d'études restent à réaliser il s'agit notamment :

- d'étudier l'influence de la provenance sur la capacité de la germination et de la croissance sous contraintes salines ;
- d'étudier l'influence du sel sur les caractéristiques stomatiques des feuilles ;
- d'étudier l'influence du sel et de la provenance sur la nutrition minérale de *Pistacia lentiscus*.

Références bibliographiqu

- ABBAS H., 2005 - Macro et micro-propagation du pistachier de l'atlas *Pistaciaatlantica*Desf.. Mémoire de Magister., Université de Blida, 136p.
- ABDELJELIL M.C., MESSAÏ A., BEGHOUL S., AGABOU A., BENAZOUZ H. et BENSEGUENI A., 2011 - Pistachier lentisque. place dans la pharmacopée traditionnelle algérienne (cas de la région de Constantine). *resume :le 2eme seminaire international sur les plantes medicinales sipm'2*, 19 - 20 avril 2011, Ouargla.
- AHMAD J et BANO M., 1992 - The effect of sodium chloride on the physiology of cotyledons and mobilization of reserve food in *Cicerarietinum*. *Pak. J. Bot*, 24 : 40 - 48.
- ALI-SHTAYEH M.S et ABU GHDEIB S.I., 1999 -Antifungal activity of plant extracts against dermatophytes. *mycoses*, 42 (11-12) : 72 - 665.
- ALLAM M., 2017 - L'inhibition de la corrosion de l'acier au carbone par les huiles essentielles en milieu acide sulfurique. Diplôme de Master., Université de Saida, 82p.
- AL-SAGHIR M.G., 2006 - Phylogenetic analysis of the genus *Pistacia*(Anacardiaceae). Dissertation submitted to the faculty of the virginia polytechnic institute and state., University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of philosophy in biological sciences, 113p.
- AL-SAID M.S., AGEEL A.M., PARMAR N.S et TARIQ M., 1986 - Evaluation of mastic, a crude drug obtained from *Pistacialentiscus* for gastric and duodenal anti-ulcer activity. *Ethnopharmacol*, 15 (3) : 8 - 271.
- ANZALA F.J., 2006 - Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (*Zeamays*) : étude de la voie de biosynthèse de l'acide amine issue de l'aspartate et recherche de qtls. Thèse de Doctorat., Université d'Angers, 194p.
- BARAHAMI N et MERSEL M.A., 2017 - Etude de la variabilité de la morphologie des feuilles et phylogénie moléculaire de *Pistacialentiscus*L. (Anaardiaceae). Diplôme de Master., Université de Bejaia, 53p.
- BARRS H.D et WEATHERLEY P.E., 1962 - A Re-Examination of the Relative Turgidity Techniques for Estimating Water Deficits in Leaves. *AustralianJournal of Biological Sciences*, 15 : 413 - 428.

- BELHADJ S., 2007 - Les pistacheraies algériennes : Etat actuel et dégradation. In : Ak B.E. (ed.). *XI GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds*. Zaragoza : CIHEAM. p. 107-109 (Cahiers Options Méditerranéennes; n .56).
- BELKHODJA Y.K., 2014 - Contribution à la description anatomique du phytomère chez le genre *Pistacia* de la wilaya de Tlemcen. Diplôme de Master., Université de Tlemcen, 44p.
- BEN CHETTOUH H et HASSEN N.A., 2016 - Contribution à l'étude de la morphologie des fruits et des conditions de germination des graines du Pistachier lentisque (*Pistacialentiscus* L.). Diplôme de Master., Université de Djelfa, 57p.
- BENDERRADJI L., 2013 – Sélection *in vitro* pour la tolérance aux stress salin et thermique chez le blé tendre (*Triticumaestivum*L.). Thèse de Doctorat., Université de Constantine, 143p.
- BENHAMMOU N., 2006 - Etude des activités antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles et des composés phénoliques de *Pistacialentiscis*, *Pistaciaatlantica* et *Inulaviscosa* de la région de Tlemcen. Thèse de Magister., Université de Tlemcen, 145p.
- BENIDIRE L., DAOUI K., FATEMI Z.A., ACHOUAK W., BOUARAB L et OUFDOU K., 2015 - Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba*L. (Effect of salt stress on germination and seedling of *Vicia faba*L.). *J.Mater. Environ. Sci*, 6 (3) : 840 - 851.
- BENSAADA K., 2015 - Etude du développement et architecture racinaire de plantules de palmier dattier sous stress salin. Thèse de Magistère., Université d'Oran, 85p.
- BINET P., 1987 - Halophilie et alimentation calcique chez *Suaedia*. *Oéculture*, 8 (2) : 127-136.
- BLISS R.D., PLATT-ALORIA K.A et THOMSON W.W., 1986 - Osmotic sensitivity in relation to sensitivity in germination barley seeds. *Plant Cell and Env*, 9 : 721 - 725.
- BLUM A., 1996 - Crop responses of drought and the interpretation of adaptation. *Plant Gro. Regul*, 20 : 135 - 148.
- BOUALEM S.A., 2015 - Contribution à l'amélioration des techniques de stratification et de greffage de quelques espèces du genre *Pistacia*. Thèse de Doctorat., Université stamboulimustapha de Mascara, 202 p.

- BOUCHOUKH I., 2010 - Comportement écophysiological de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. Diplôme de Magistère., Université de Constantine, 164p.
- BOUKELOUA A., 2009 - Caractérisation botanique et chimique et évaluation pharmaco-toxicologique d'une préparation topique à base d'huile de *Pistacia lentiscus* L. (Anacardiaceae). Diplôme de Magistère., Université de Constantine, 108p.
- BOZORGI M., MEMARIANI Z., MOBILI M., SALEHI SURMAGHI M.H., SHAMS-ARDEKANI M.R et RAHIMI R., 2013 - Five *Pistacia* species (*P. vera*, *P. atlantica*, *P. terebinthus*, *P. khinjuk*, and *P. lentiscus*): a review of their traditional uses, phytochemistry, and pharmacology. *The scientific world journal*, 2013 (1) : 33p.
- CHAMEK Z., 2010 - Analyse de la réponse de quelques génotypes de blé dur (*Triticum turgidum ssp durum*) à la contrainte saline dans trois gouvernorats du centre de la Tunisie. Mémoire de Mastère., Université du Carthage, 72p.
- CHAREF M., 2011 - Contribution à l'étude de la composition chimique et étude des propriétés phytochimiques et nutritionnelles des lipides des fruits de *Pistacia lentiscus* et du *Quercus*. Thèse de Docteur., Université d'Ouargla, 137p.
- CHARREAU C.L et FAUCK R., 1965 - *Les sols du senegal, orstom fond documentaire*, 105p.
- CHAUSSAT R et LEDEUNFF Y., 1975 - *La germination des semences*. Ed. bordas, Paris, 232p.
- CHELLI-CHAABOUNI A., BEN MOSBAH A., MAALEJ M., GARGOURI K., GARGOURI B.R et DRIRA N., 2010 - In vitro salinity tolerance of two pistachio rootstocks: *Pistacia vera* L. and *P. atlantica* Desf. *Environmental and Experimental Botany*, 69 : 302 - 312.
- CHRETIEN D., 1992 - La résistance au sel chez *Jobba simmondsi* chinensis, croissance et modification du contenu lipoprotéique de callus cultivés en présence d'une teneur élevée en NaCl. Thèse de Doctorat., Université pierre et Marie Curie, Paris, 116 p.
- CRISTIANO G., DE MASTRO G., FRACCHIOLLA M., LASORELLA C., TUFARELLI V., DE LUCIA B et CAZZATO E., 2016 - Research Article Morphological

Characteristics of Different Mastic Tree (*Pistacialentiscus*L.) Accessions in Response to Salt Stress under Nursery Conditions. *Journal of Plant Sciences*, 10 : 75 - 80.

-CRISTIANO G., MASTRO G., FRACCHIOLLA M., LASORELLA C., TUFARELLI V., LUCIA B et CAZZATO E., 2016 - Morphological characteristics of different mastic tree (*Pistacialentiscus*L.) accessions in response to salt nursery conditions. *Journal of plant sciences* 75.80.

-DAOUDI S et HAMADA O., 2014 - Effet des différentes concentrations du sulfate de zine (znso4) sur la croissance de jeunes semis du pistachier de l'atlas (*Pistaciaatlantica*Desf.), cultivés en conditions semi- contrôlées. Diplôme de Mastre., Université de Djelfa, 65p.

-DEBOUBA M., KBAIER N., TALBI S., GOUIA H et FERCHICHI A., 2012 - Seeds germination and shoot growth responses of a threatened poaceae (*Cenchrusciliaris*L.) to increasing salt stress. *Rev. écol. (terre vie)*, vol. 67.

-DERKAOUI K.M., 2011 - Les réponses morphologiques, physiologiques et anatomiques de racines de la tomate (*Solanumlycopersicum* L.) vis-a-vis du stress salin. Thèse de Magistère., Université d'Oran, 109p.

-DJENIDI H., 2012 - Etude du pistachier de l'atlas (*Pistaciaatlantica*Desf.): essais de germination, extraction des polyphenols et activité antimicrobienne. Thèse de Magistère ., Université . sci. tech.de Biskra, 80p.

-DOMINIQUE S., 2007 - *Les bases de la production végétale tome iii, la plante*, 352p.0

-DUBEY R.S et RANI M., 1995 - Influence of NaCl salinity on the behaviour of protease, aminopeptidase and carboxyl-peptidase in rice seedlings in relation to salt tolerance. *Australian Journal of Plant Physiology*, 17 : 215 - 224.

-ELIANE CGV., IVAN S., MARCOS P., CARLOS AS., HUGO BRUNO C.M., CELSO J.M et ELLIS R.J., 2007 - The molecular chaperone concept. *SeminCellBiol*, 1 : 1 - 9.

-GILLES CH.G., 2009 - Etude cellulaire et moléculaire de la germination chez *Medicago truncatula*. Thèse de Doctorat ., Université d'Angers, 175p.

-GUENAOUI C., KSIKSI S.T., SMITI S et NEFFATI M., 2012 - Response of seed germination of tunisian *Alliusampeloprasum* to temperature and salt stresses. *Rev. Ecol.(Terre Vie)*, 67 (2012).

- HAMDOUD N., 2012 - Effet du stress salin sur la croissance et la physiologie de la féverole (*Vicia faba* L.). Thèse de Magistère., école nationale supérieure agronomique el-Harrach. Alger, 59p.
- HAMLAT N et HASSANI A., 2008 -Analyse des polyphénols extraits des feuilles du *Pistacialentiscus* étude de l'activité antibactérienne. *Revue des régions arides*.
- HAMZA M., 1982 - Adaptations physiologiques à la salinité des plantes cultivées. *Bull. Soc. Ecophysiol*, 7-2 : 169 - 184.
- HAOUALA F., FERJANI H. et BEN EL-HADJ S., 2007 - Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na^+ , K^+ et Ca^{++}) et du chlore (Cl) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, 11 (3) : 235 - 244.
- HASSANI K.I et KEBAILI F.K., 2017 - Contribution a l'étude des caractéristiques stomatiques des feuilles de jeunes semis de deux populations des *Pistacialentiscus*L. Diplôme de Master., Université de Djelfa, 49p.
- IAUK L., RAGUSA S., RAPISARDA A., FRANCO S et NICOLOSI V.M. 1996 - In vitro antimicrobial activity of *Pistacialentiscus* L. extracts : preliminary report, 8 (3) : 9 - 209.
- IPTRID (Programme International pour la Technologie et la Recherche en irrigation et Drainage)., 2006 - Conference électronique sur la salinisation: extension de la salinisation et strategies de prevention et rehabilitation, du 6 février au 6 mars.
- JABNOUNE M., VERY AA., ABDELLY C ET GUIDERDONI E., 2008 - Role de transporteurs de sodium et de potassium chez le riz : analyse des propriétés fonctionnelles par électrophysiologie. *xieme journées scientifiques du réseau "biotechnologies végétales / amélioration des plantes et sécurité alimentaire" de l'agence universitaire de la francophonie: biotechnologies végétales et gestion durable des résistances face a des stress biotiques et abiotiques*, 30 juin – 3 juillet 2018, agrocampus rennes. rennes, france: 120p.
- JANAKAT S et AL-MERIE H., 2002 - Evaluation of hepatoprotective effect of *Pistacialentiscus*, *Phillyrealatifolia* and *Nicotianaglauca*. *Ethnopharmacol*, 83 (1-2) : 8-135.
- JEAM P., CATMRINE T et GIUES L., 1998 - *Biologie des plantes cultivées*, 150p.

- KADRI A et MIDOUN N., 2015 - Effet du stress salin sur quelques paramètres biochimiques de la luzerne cultivée (*Medicagosativa*L.). Diplôme de Master., Université d'Ouargla, 71p.
- KADRI K., MAALAM S., CHEIKH M.H., BENABDALLAH A., CRAHMOUNE et BEN NACEUR M., 2009 - Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions tunisiennes d'orge (*Hordeumvulgare*L.). *Sciences et Technologie C*, 29 juin : 72 - 79.
- LEMEKEDDEM H. et DEBBACHE H., 2014 - Synthèse bibliographique sur l'effet du stress salin sur la germination de blé. Mémoire de Licence., Université d'Ouargla, 45p.
- LEMZERI H., 2007 - Réponses ecophysiologiques de trois especesforestieres du genre *Acacia*, *Eucalyptus* et *Schinus*(*A. cyanophylla*, *E. gomphocephala* et *S. molle*). Diplôme de Magistère., Université de Constantine, 180p.
- MAHROUZ F., 2013 - Effet du stress salin sur la croissance et la composition chimique de *l'Atriplexcanescens*. Mémoire de fin d'étude., Université d' Ouargla, 68p.
- MAZOYER M., 2002 - *Larousse agricole*. Ed. Larousse/uuef, Quebec, 767p.
- MELONI D. A., GULOTTA M. R., MARTINEZ C. A. et OLIVA M. A., 2004 - The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Braz. J. Plant Physiol*, 16 (1) : 39 - 46.
- MENOUAR M., 2015 - Effet de l'action Combinée bentonite et la salinité sur les bilans hydrique et minéral du gombo (*Abelmoschusesculentus* L.). Thèse de Magistère., Université d'Oran, 141p.
- MERMOUD A., 2006 - Cours de physique du sol: maitrise de la salinité des sols, ecolepolytechnique fédérale de Lausanne, 23p.
- MITCHEH A., 1986 - Tous les Arbres de nos Forêts, éd Bordas, p 319.
- MONDAL T.K., BAL A.R et PAL S., 1988 - Effect of salinity on germination and seedling growth of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *J. Indian Soc. Coast. Agric. Res*, 6 : 91 - 97.
- MUNNS R., 2002 - Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25 : 239 - 250.

- NAHIDA A., et SIDDIQUI A. N., 2012 - *Pistacialentiscus*: A review on phytochemistry and pharmacological properties. *Int J Pharm PharmSci*, 4 (4) : 16 - 20.
- NGUYEN CH.T., 2012 - Identification et caractérisation d'un canal chlorure, atcleg, implique dans la réponse au stress salin chez *Arabidopsisthaliana*. Thèse de Doctorat., Université Paris sud (France), 249p.
- OUERGHI K., ABDI N., MAAZAOUI H., HMISSI I., BOURAOUI M et SIFI S., 2016 - Physiological and morphological characteristics of pea (*Pisumsativum* L.) seeds under salt stress. *Journal of new sciences*, 28 (1).
- OUHADDACH M., ELYACOUBI H., DOUAIK A., HMOUNI D et ROCHDI A., 2016 - Réponse à la salinité de quelques paramètres physiologiques et biochimiques du Blé (*Triticumaestivum*L.) au stade montaison. Physiological and Biochemical Responses to Salt Stress in Wheat (*Triticumaestivum*L.) at the elongation stage.*J. Mater. Environ. Sci*, 7 (9) : 3084 – 3099.
- POLESE J.M., 2010 - *Arbres et arbustes de méditerranée*. Ed. edisud, 85p.
- PREMACHANDRA G.S., SANEOKA H., FUJITA K., et OGATA S., 1990 - Cell membrane stability and leaf water relations as affected by nitrogen nutrition under water stress in maize. *SoilSci. Plant Nutr*, 36 : 653 - 659.
- QUEZEL P.et SANTA S., 1962 - Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales. Paris C.N.R.S., 2 volumes. 1170p.
- SEIGUE A., 1985 - La foret circumméditerranéenne et ses problèmes. *Maisonneuve et larose*, 22- 27 : 137 - 139.
- TADRENT F., 2017 - Dosage de la proline et la glycine betaine chez quatre variétés de lentilles (*Lens culinaris*L.) sous stress salin. Diplôme de Master., Université de Constantine, 62p.
- TLIG T., GORAI M et NEFFATII M., 2012 - *Factors influencing seed germination of cleome amblyocarpa bar et murb*.
- TORKELSON A.R., 1996 -The Cross Name Index to Medicinal Plants, CRC Press, p 1160.
- VOETBERG G.S et SHARP R.E., 1991 - Growth of the maize primary root at low water potentials. Part III. Role of increased proline deposition in osmotic adjustment.*Plant Physiol*, 96 : 1125 - 1130.

-XIONG L et ZHU J.K., 2002 - Salt tolerance, in: The Arabidopsis Book. *American Society of Plant Biologists*, 1 - 22.

-YUPSANIS T., MOUSTAKAS M et DOMIANDOU K., 1994 - Protein phosphorylation– dephosphorylation in alfalfa seeds germination under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 143 : 234 - 240.

-ZEMOUR K., 2014 - Etude des effets du déficit hydrique sur le processus de germination chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Magistère., Université de Tlemcen, 82p.