

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université « Dr. Tahar Moulay » Saïda**

**FACULTE DES SCIENCES**

**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE**



**Mémoire Elaboré en vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Spécialité : Ecologie Végétale et Environnement**

**Option : Protection et gestion écologique des écosystèmes naturels**

**Présentée par**

**Melle : NAIMI AMEL**

**Melle : HAKMI IMANE**

**Sur le thème intitulé**

**Evaluation de la tolérance des graines du *Pinus halepensis*  
*Mill* au stress hydrique par le PEG et salin au stade  
germinatif**

**Soutenu le 29/06/2017**

**Devant la commission du jury, composée par :**

<b>Mme. Hachem Y.</b>	Maître assistante A	U de Saïda	Présidente
<b>Dr. Kefifa A</b>	Maître de conférences B	U de Saïda	Examineur
<b>Dr. Borsali A.H</b>	Maître de conférences A	U de Saïda	Encadreur

**Année académique 2016/ 2017**

# Remerciement

*Avant tout nous remercions **Allah** le tout puissant, de nous avoir guidées toutes ces années d'études et nous avoir données la volonté, la patience et le courage pour terminer notre travail.*

*Nous voudrions tout d'abord exprimer notre profonde reconnaissance à monsieur « **Borsali Amine Habib** » notre encadreur, qui à dirigé notre travail ; ses conseils et ses commentaires précieux nous ont permis de surmonter nos difficultés et de se progresser dans notre mémoire de fin d'étude. Un grand remerciement à Monsieur « **Zouidi Mohamed** » pour son orientation et ses efforts.*

*Et à Notre laborantin Monsieur « **Hamad Ahmed** »  
En suite nous tenons à remercier les membres du jury Qui nous ont fait l'honneur d'accepter de lire ce mémoire et de l'évaluer.*

*Nous adressons aussi nos vifs remerciements à tous nos  
enseignants (es).*

*Merci pour tous les gens qui ont contribué de près ou de loin dans  
la réalisation de ce travail.*

*A nos collègues de la promotion de zeme année master : protection  
et gestion des écosystèmes « 2016-2017 ».*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*A Ceux qui m'ont donné l'aide sans rien attendre en retour*

*A ceux qui m'ont encouragé et soutenu aux moments les plus difficiles*

*A mes **chers parents** qui ont toujours veillé à mon*

*bien être, pour leur soutien et leur sacrifice*

*, leur patience, leurs conseils, et leurs encouragements continus.*

*A tous les familles : **Hakmi -Nehila- Sahraoui***

*A mes freres : **Abdeljalil et Oussama***

*A mes sœurs : **Ilham et Amel et Warda***

*A Aux autres **oncles et tantes,***

*A tous mes amis chaque nom(**Aïcha- Khadija - Amina- Siham -  
Mariem- mona -Zohra**)*

*A Tous mes professeurs*

*A toute la promo de Biologie*

*A tous les étudiants en biologie*

*Imane*

# Dédicace

*Au nom d'ALLAH, Miséricordieux.*

*«Gloire à toi ! Nous n'avons de savoir que ce que tu nous as appris»*

*Je dédie ce travail :*

*A mes chères parents, en que j'ai trouve le soutien immense dans les  
études et la vie ,  
Espérant que ce travail soit pour eux le témoignage de ma profonde  
affection et mon gran respect ;*

*Et a grand Familles : Naimi et Binslama*

*A mon frere : Hamza*

*A mes sœurs : haouaria, hafssa*

*ma tante chrifa*

*A Aux autres oncles et tantes,*

*A ma binome Hakmi imane*

*A tous mes amis chaque nom*

*Vos conseils m'ont plus qu'eclaire, recevez a travers ce modeste travail*

*l'expression de ma gratitude*

*Merci pour tes efforts*

*A toutes personnes qui me connaisse de loin ou de pres*

*AMEL*

**Liste des tableaux**

**Tableau 01** : Répartition du pin d'Alep dans quelques pays dans le monde.....6

**Tableau 02** : Températures moyennes mensuelles (moyennes-maximales et minimale).....26

**Tableau 03** : Précipitations moyennes mensuelles en mm (1983-2015).....26

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Pin d'Alep.....	4
<b>Figure 02</b> : Aire de répartition du Pin d'Alep en région méditerranéenne .....	6
<b>Figure 03</b> : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie .....	7
<b>Figure 04</b> : Graines de Pin d'Alep.....	12
<b>Figure 05</b> : Courbe théorique de la germination.....	16
<b>Figure 06</b> : Localisation de la région de récolte des graines de <i>Pinus halepensis</i> <i>Mill</i> .....	23
<b>Figure 07</b> : Diagramme ombrothermique de Bagnoul et Guassen.....	25
<b>Figure 08</b> : Les graines de pin d'alep ( <i>Pinus halepensis</i> Mill).....	27
<b>Figure 09</b> : Préparation du matériel.....	28
<b>Figure 10</b> : Installation de la germination.....	30
<b>Figure 11</b> : Le début de la germination des graines de <i>Pinus halepensis</i> Mill imbibées par l'eau distillée.....	33
<b>Figure 12</b> : Cumule du taux de germination de <i>Pinus halepensis</i> Mill en fonction de l'intensité du stress hydrique.....	33
<b>Figure 13</b> : Le pourcentage de germination.....	34
<b>Figure 14</b> : Nombre journalier des graines germées.....	35
<b>Figure 15</b> : Histogramme illustrant la moyenne journalière de germination du <i>Pinus</i> <i>halepensis</i> Mill en fonction de l'intensité du stress hydrique.....	36
<b>Figure16</b> : vitesse de germination.....	37
<b>Figure 17</b> : Effet des différentes pressions osmotiques sur le taux de germination des graines de <i>Pinus halepensis</i> . Les plots représentent la moyenne $\pm$ Ecart type (n=5 répétitions).....	38
<b>Figure 18</b> : Germination des graines de <i>Pinus halepensis</i> Mill imbibées par l'eau distillé (témoin) .....	39
<b>Figure 19</b> : Variation du taux de germination de <i>Pinus halepensis</i> en fonction de l'intensité du stress salin.....	40
<b>Figure20</b> : Début de la germination des graines de <i>Pinus halepensis</i> Mill imbibées par un dosage salin (1g/l) .....	41

<b>Figure 21 :</b> La germination des graines de <i>Pinus halepensis</i> Mill imbibées par la concentration de Na cl (2 g/l) et (3g/l) (stress salin).....	41
<b>Figure 22 :</b> La germination des graines de <i>Pinus halepensis</i> Mill imbibées par la concentrations de Na cl 4g/l ( stress salin).....	41
<b>Figure 23:</b> Aucune germination des graines de <i>Pinus halepensis</i> Mill imbibées par la concentration de Na cl 5g/l (stress salin).....	42
<b>Figure 24:</b> Pourcentage de germination des graines de <i>Pinus halepensis</i> Mill sous stress salin .....	42
<b>Figure 25:</b> Nombre journalier des graines germées.....	43
<b>Figure 26 :</b> Histogramme illustrant la moyenne journalière de germination du <i>Pinus halepensis</i> Mill en fonction de l'intensité du stress.....	44
<b>Figure 27 :</b> Vitesse de germination.....	45
<b>Figure 28 :</b> Effet des différentes concentrations en sel sur le taux de germination des graines de <i>Pinus halepensis</i> . Les plots représentent la moyenne $\pm$ Ecart type (n=5 répétitions).....	46

## Liste des abréviations :

**TG** : Taux de Germination.

**NM** : Nombre des mesures.

**cm** : Centimètre.

**°C**: Celsius.

**Mm**: Millimètre.

**%**: Pourcentage.

**g/l**: Gramme par litre.

**H** : Heure.

**T°** : température.

**Na cl** : Chlorure de Sodium.

**P** : Prévalue (l'erreur statistique).

**PEG** : Polyéthylène glycol

**Km** : kilomètre

**M.J** : Moyenne journalière

**TG** : taux de germination

**P** : Précipitation

**T** : Température

**max** : maximale

**min** : minimale

## Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Sommaire	
Introduction générale.....	01
<b><i>CHAPITRE I : Monographie du pin d'Alep</i></b>	
I-1. Généralité sur l'espèce .....	03
I-2. Description botanique du pin d'Alep.....	03
I-2.1. Caractères botanique.....	03
I-2.2. Classification.....	04
I-3. Aire de répartition.....	05
I-3.1. Dans le monde .....	05
I-3.2. En Algérie.....	06
I-4. Exigences écologiques de l'espèce.....	07
I-5. Association végétale.....	08
I-6. Régénération du pin d'Alep.....	08
I-7. Plasticité écologique.....	09
I-8. Peuplements du pin d'Alep .....	10
I-9. Menaces sur les forêts.....	11
<b><i>CHAPITRE II : Germination et Notion de stress</i></b>	
II-1. Définition de la graine.....	12
II-2. Composition biochimique de la graine de pin d'Alep.....	12
II-2.1. Les lipides de la graine de pin.....	12
II-2.2. Les composés phénoliques.....	13
II-3 Stockage des graines.....	13
II-4. Définition de la germination.....	13
II-5. Physiologie de la germination.....	14

II-6. Conditions de la germination.....	14
II-6.1. Conditions internes.....	14
II-6.2. Conditions externes .....	14
II-7. Phases de la germination.....	15
II-8. Les dormances .....	16
II-8.1. Les inhibitions tégumentaires .....	16
II-8.1.1. L'imperméabilité à l'eau .....	17
II-8.1.2. L'imperméabilité à l'oxygène.....	17
II-8.2. Dormances embryonnaires.....	17
II-9. La levée de la dormance.....	18
II-10. Germination et dormance des graines de pin d'Alep.....	18
II-11. Cycle de reproduction et fructification.....	19
II-12 Notion de stress .....	19
II-12.1. Définition du stress.....	19
II-12.2. Le stress hydrique.....	19
II-12.2.1. Effet du stress hydrique sur la végétation.....	20
II-12.3. Le stress salin.....	20
II-12.3.1. Effet du stress salin sur la végétation.....	21
<b>Chapitre III : Matériels et méthodes</b>	
III-1. Matériels végétales .....	23
III-1.1. Présentation de la région de récolte des graines.....	23
III-1.1.1. Situation de la forêt de Fenouane .....	23
III-1.1.2. Les reliefs .....	24
III-1.1.3. Les pentes .....	24
III-1.1.4. La géologie.....	24
III-1.1.5. La pédologie .....	24
III-1.1.6. L'hydrologie .....	24
III-1.1.7. Climat .....	25
III-1.1.8. Les températures .....	25
III-1.1.9. Les précipitations.....	26
III-1.2. La récolte des graines.....	27
III-2. Matériels d'expérimentation.....	27
III-2.1. Les Réactifs.....	28

III-3. Méthodologie.....	28
III.3.1. Préparation des solutions.....	28
III.3.1.1. La solution saline .....	28
III.3.1.2. La solution PEG (Polyéthylène glycol)...	29
III.3.2. Préparation des semences.....	29
III.3.3. Préparation des boîtes de pétri .....	29
III.3.4. Installation de l'essai .....	30
III.3.5. Conduite de l'essai .....	31
III.3.5.1. Contrôle de la température .....	31
III.3.5.2. L'arrosage.....	31
III.3.5.3. Le comptage.....	31
III-4. Paramètres mesurés .....	31
III-4.1 Le taux de germination par lot (TG).....	31
III-4.2. Vitesse de germination par lot.....	31
III-4.3. Moyenne journalière de germination(MDG).....	31
III-5. Test statistique .....	32
<b><i>Chapitre VI Résultats et discussion</i></b>	
IV-1. Effet du stress osmotique sur la germination du pin d'Alep.....	33
IV-1.1. Début de la germination .....	33
VI-1.2. Taux de germination.....	33
VI-1.3. Nombre journalier des graines germées.....	35
VI-1.4. Moyenne journalière de germination.....	36
VI-1.5. Vitesse de germination (stress hydrique).....	
VI-1.6. Test statistique .....	37
VI-2. Effet du stress salin sur la germination du pin d'Alep.....	38
VI-2.1. Début de la germination.....	38
VI-2.2. Taux de germination sous stress salin.....	39
VI-2.3. Nombre journalier des graines germées.....	42
VI-2.4. La moyenne journalière de germination.....	43
VI-1.5. Vitesse de germination (stress salin)	
VI-2.6. Test statistique .....	44
<b>Conclusion .....</b>	<b>46</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>xi</b>

**Annexe**..... xxi

Résumé

# Introduction

## Introduction générale:

Les zones arides et semi-arides couvrent une grande partie des pays de la frange méridionale du pourtour méditerranéen. Dans ces régions, la disponibilité des eaux, leur salinité et celle des sols sont parmi les principaux facteurs limitant la productivité végétale (Zid et Grignon, 1991).

L'Algérie, qui offre toutes les variantes du climat méditerranéen, n'échappe pas à ce phénomène, où la sécheresse, observée depuis longtemps a conduit manifestement au processus de salinisation des sols sur 3,2 millions d'hectares affectés (Benmahioul et al, 2009). Ces deux contraintes naturelles : sécheresse et salinité, ont modifié la stabilité des écosystèmes et sont en grande partie les causes de la désertification et la salinisation des sols (Sadio, 1989; Szabolcs, 1992).

Comme toute forêt du bassin méditerranéen, celle du pin d'Alep est une essence forestière majeure dans le bassin méditerranéen puisqu'elle couvre plus de 250.000 km<sup>2</sup> (Quezel, 2000). Elle occupe 850.000 hectares en Algérie (Mezali, 2003). Elle subit depuis des siècles d'intense pression humaine (défrichage, coupe illicites, incendies, pâturage) causant ainsi la déforestation et la régression des couverts végétales. Les peuplements âgés de pin d'Alep ne se régénèrent pas toujours facilement dans le cadre de la gestion traditionnelle (hors incendie). Les gestionnaires sont alors désireux de connaître les techniques à mettre en œuvre pour faciliter la régénération naturelle de ces pinèdes (Prevosto et al, 2009).

La dormance des graines constitue un des mécanismes de tolérance développés par les plantes se trouvant dans des conditions d'aridité, de température et de salinité élevées (Fenner, 1985). Le maintien des plantes dans des conditions environnementales limitantes dépend en premier lieu de la réussite de la germination (Ungar, 1982, 1991). Plusieurs facteurs interagissent dans la régulation de la germination (eau, température, lumière et salinité) ; Macke et Ungar (1971)

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et en particulier par la disponibilité de l'eau dans le sol et la présence de sel (Gutterman, 1993). Ainsi, la germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique (Boulghalagh et al, 2006). On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (Maillard, 2001). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence du sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée

(Ungar, 1978 et Kabar, 1986 in Debez *et al.*, 2001). Plusieurs auteurs ont montré un retard de la germination causé par la salinité chez plusieurs espèces (Ndour et Danthu, 2000; Boughalagh *et al.*, 2006, Benata *et al.*, 2006), même chez des plantes halophytes (Debez *et al.*, 2001; Bajji *et al.*, 2002; Belkhoja et Bidai, 2004; et Rahmoune *et al.*, 2008). Des travaux effectués sur des halophytes ont montré que l'effet inhibiteur du *Na Cl* sur la germination serait essentiellement de nature osmotique, le sel empêchant l'imbibition de la graine (Katembe *et al.*, 1998 in Debez *et al.*, 2001).

Ce travail a pour objectif d'étudier l'effet d'un stress osmotique créée par le polyethylene glycol (PEG 6000) et d'un stress salin créée par le Nacl sur le pouvoir germinatif des graines de pin d'Alep voir quels sont les concentrations qui inhibe la germination. Dans cette étude on a choisi les graines de pin d'Alep puisque il forme une espèce dominante dans les forêts algériennes surtout dans les zones arides et semi arides forme une barrière contre la désertification comme elle est l'espèce la plus utilisé dans les pépinières pour les projets de reboisement.

Ce travail s'articule en quatre parties :

- La première porte sur un aperçu général sur la monographie du pin d'Alep.
- Le second case le phénomène de la germination et la notion du stress chez la plante.
- Une troisième partie est consacrée à la présentation de la zone de récolte des graines de pin d'Alep, et le protocole expérimentale adopté dans l'étude de la germination des graines de pin d'Alep sous différents stress.
- Dans le quatrième chapitre on exposera les principaux résultats et discussion que nous avons obtenus ainsi que les analyses statistique effectuées.

# Chapitre I

## Monographie du pin d'Alep

## I. Monographie du pin d'Alep

### I-1. Généralité sur l'espèce

Les pins du groupe *halepensis*, sont des pins à deux feuilles, souvent connus sous le nom de Pins méditerranéens. Ils furent décrits pour la première fois par Duhamel en 1755 (kadik, 1987), qui lui donne le nom de *Pinus hierosolimitana*. Miller le redécrit en 1768 et les botanistes ont retenu l'appellation donnée par ce dernier sous le nom de *Pinus halepensis* Mill, après plusieurs autres descriptions par différents auteurs.

C'est une espèce largement répandue sur le pourtour méditerranéen, où son aire de répartition a été précisée par de nombreux auteurs et en particulier par Nahal (1962). C'est une essence fréquente surtout en région méditerranéenne occidentale, mais qui se rencontre également en divers points du bassin méditerranéen oriental. Ses forêts occupent sans doute au total plus de 3,5 millions d'hectares.

### I-2. Description botanique du pin d'Alep

#### I-2.1. Caractères botanique

Le pin d'Alep est un arbre de longévité relativement réduite, elle ne dépasse pas 150 ans. Sa croissance peut atteindre 10 m en 20 ans (Brosse, 2000 *in* Abdennabi, 2006). C'est un arbre qui présente un enracinement pivotant ou traçant dépendant de la nature du sol et de sa fertilité.

- Il possède un fut dont la hauteur dépasse rarement 10 m, son écorce écaillée est d'un gris argenté puis crevassée grisâtre ou rougeâtre, les jeunes sujets ont une écorce lisse gris argentée.
- Les aiguilles sont fasciculées en deux d'une couleur vert pâle, longues de 5 à 10 cm.
- Les bourgeons sont cylindriques, allongé, à écailles brunes et non résineux, ils sont ovoïdes aigus d'un brun rougeâtre à écailles libres souvent réfléchis au sommet.
- Les graines ailées mesurent entre 5 et 7 mm de longueur, c'est une essence monoïque.
- Les fleurs femelles sont des cônes isolés d'un rouge violacé et les fleurs mâles sont petites et jaunâtres groupées en épi. La floraison a lieu en février, généralement abondante.
- Il fructifie dès l'âge de 12 ans à 15 ans en donnant des cônes de forme conique, fixés aux rameaux par un pédoncule de 1 à 2 cm souvent isolés et persistant longtemps sur l'arbre, ils sont d'une couleur d'abord verte puis brune rougeâtre. La couronne est de couleur verte à vert foncé et les branches sont étalées. Les rameaux diffus et allongés d'abord en vert clair puis gris clair (Copredon 1949 *in* Abdennabi, 2006).



**Figure 01** : Pin d'Alep (<https://www.google.dz/>)

### I-2.2. Classification

Le pin d'Alep est, selon Nahal (1962), une essence appartenant au groupe des *halepensis*, il est classé comme suit :

Embranchement: Spermaphytes,

Sous embranchement: Gymnospermes

Classe : Conifères

Ordre : *Coniferales*

Sous ordre : *Abietales*

Famille : *Pinacées*

Genre : *Pinus*

Espèce : *Pinus halepensis* Mill.

Nom Scientifique : *Pinus halepensis* Mill

Nom Arabe : Sanaoubar al halabi

Nom Berbère : Thaydha

Nom Commun : Pin d'Alep

Nom local : Snouber

### I-3. Aire de répartition

#### I-3.1. Dans le monde

Le pin d'Alep appartenant au groupe *Halepensis* est une espèce de la famille des *Pinacées* (*Abietacees*), genre *Pinus*, sous genre *Pinus* (*Eupinus*), section *Halepensis*, et sous groupe *halepensis*. Ce groupe représenté essentiellement par deux espèces *Pinus halepensis* Mill et *Pinus brutia*, appartient exclusivement au circumméditerranéen. (Nahal, 1986)

L'aire de répartition du pin d'Alep est limitée au bassin méditerranéen et occupe plus de 3,5 millions d'hectares (Quezel, 1986). Cette espèce est surtout cantonnée dans les pays du Maghreb et en Espagne où elle trouve son optimum de croissance et de développement (Parde, 1957). (Tab 01)

Au Maroc, le pin d'Alep est peu fréquent à l'état spontané, il occupe une superficie de 65.000 hectares répartis en peuplements disloqués occupant la façade littorale méditerranéenne au niveau du Rif, du moyen et du Haut Atlas (Quezel, 1986)

En Tunisie, les forêts naturelles de pin d'Alep couvrent 170.000 hectares, occupant ainsi tous les étages bioclimatiques depuis la mer jusqu'à l'étage méditerranéen semi-aride Souleres, 1969 in Chakroun, (1986). Cependant Ammari et al (2001) avance le chiffre de 370.000 hectares, soit environ 56% de la couverture forestière du pays.

En Europe, Le pin d'Alep est surtout présent sur le littoral espagnol où il couvre une superficie de 1.046.978 hectares en peuplements purs et 497.709 hectares en peuplements mixtes ou mélangés avec d'autres espèces, soit 15% de la surface boisée de ce Pays (Montero, 2000, in Bentouati, 2006).

En France, le pin d'Alep est beaucoup plus fréquent en Provence, se prolongeant dans le Nord de la vallée du Rhône. Couhert et Duplat (1993) avancent le chiffre de 202.000 hectares.

En Italie, le pin d'Alep est peu présent. Il ne représente que 20.000 hectares cantonnés essentiellement dans le sud, en Sicile et en Sardaigne. Par contre, en Grèce, les peuplements de pin d'Alep représentent une superficie importante de 330.000 hectares. Il existe aussi à l'état spontané mais d'une façon très restreinte en Turquie, en Albanie et en Yougoslavie et très peu au proche orient (Palestine, Jordanie, Syrie et Liban). (Seigue, 1985). Quezel et Santa, 1962; de Malsy et Felles-Demalsy, 1990 in Abdennabi, 2006).

**Tableau 01:** Répartition du pin d'Alep dans quelques pays dans le monde.

Pays	Superficie (ha)	Source
Algérie	800.000	Mezali ( 2003 )
Maroc	65.000	Bakhiyi (2000)
Tunisie	170.000 à 370.000	Chakroun (1986), Ammari 2001
France	202.000	Couhert et Duplat (1993)
Espagne	1 046.978	Montéro (2000)
Italie	20.000	Seigue (1985)
Grèce	330.000	Seigue (1985)

**Figure 02 :** Aire de répartition du Pin d'Alep en région méditerranéenne (Fady et al., 2003)

### I-3.2. En Algérie

En Algérie, le pin d'Alep est réparti sur une superficie s'étendant à 850.000 hectares dans la partie septentrionale du pays, au littoral et au tell (Loizel, 1976).

En Algérie, le pin d'Alep est présent dans toutes les variantes bioclimatiques avec une prédominance dans l'étage semi aride. Sa plasticité et sa rusticité lui ont conféré un grand pouvoir d'expansion formant ainsi des vastes massifs forestiers.

Le pin d'Alep avec ses 35% de couverture reste bien l'espèce qui occupe la première place de la surface boisée de l'Algérie. Boudy (1950), rapporte que le pin d'Alep occupe une surface de 852.000 hectares, Mezali (2003) dans un rapport dans le forum des nations unis sur les forêts avance un chiffre de 800.000 hectares alors que Seigue (1985) donne une surface de 855.000 hectares (Bentouati, 2006).

Il est présent partout, d'Est en Ouest, allant du niveau de la mer aux grands massifs montagneux du tell littoral et de l'Atlas Saharien où il constitue des forêts importantes et l'on peut citer à l'Est, les grands massifs de Tébessa avec leur 90.000 hectares, celui des Aurès à plus de 100.000 hectares, ce sont les plus beaux peuplements de pin d'Alep en Algérie qui, sont situés entre 1000 à 1400 m d'altitude, au centre du pays on peut signaler les forêts des Bibans, de Médéa et de Theniet el had totalisant respectivement 13.007 ha, 52.000 ha et 47.000 hectares et les vieilles futaies des monts des Ouled Nail dans la région de Djelfa.

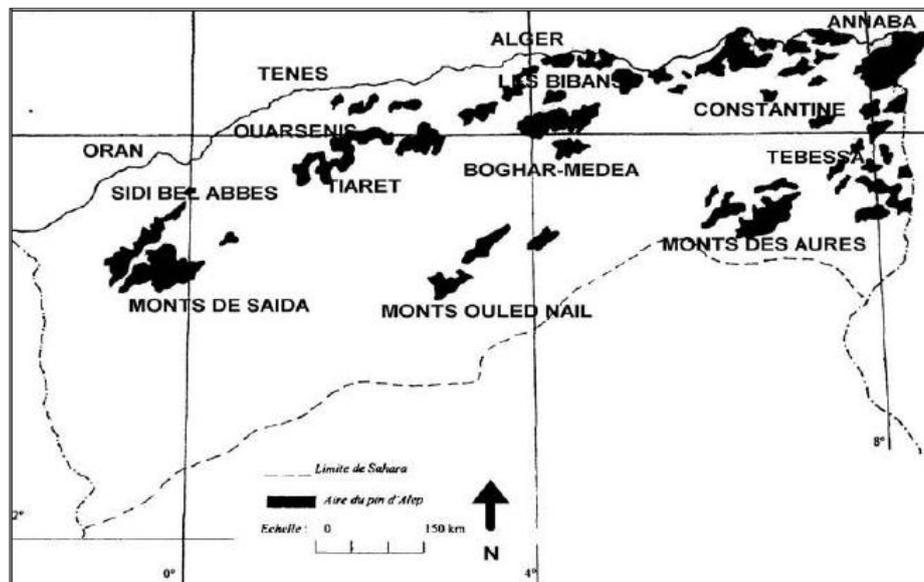


Figure 03 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Kadik, 1987)

#### I-4. Exigences écologiques de l'espèce

Le Pin d'Alep est une essence méditerranéenne qui possède l'amplitude écologique la plus vaste (Nahal, 1962). Il pousse dans des zones où les précipitations annuelles sont comprises entre 200 et 1500 mm. La pluviométrie ne semble pas être un facteur déterminant de la répartition de l'espèce, même si c'est entre 350 et 700 mm de précipitations annuelles qu'elle présente son développement optimal (Quezel, 1986).

Un des facteurs climatiques majeurs limitant l'expansion du pin d'Alep est la température. On le rencontre dans des gammes de températures moyennes annuelles allant de 11 à 19 °C, ce qui correspond à peu près à des moyennes des minima du mois le plus froid comprises entre -

2 et 6 °C. Le pin d'Alep peut supporter des froids accidentels de -15 à -18 °C, à condition qu'ils restent exceptionnels et de courte durée (Nahal, 1962).

### **I-5. Association végétale**

Selon Medour 1983, in Regoui, (2004) l'association végétale du pin d'Alep est de caractère xérophile et thermophile et le sous bois est dense et de hauteur moyenne, Cette association, d'après le même auteur est formée par les espèces suivantes :

Le Chêne Vert (*Quercus ilex L.*), le Thuya (*Thuja orientalis*), le Pistachier (*Pistacia therebenthus L.*), l'Alfa (*Stipa tenacissima L.*), la Bruyère (*Erica arborea L.*), la Lavande (*Lavandula stoechas L.*), le Lentisque (*Pistacia lentiscus L.*), le Chêne Khermès (*Quercus cocciferay*), le Thuya de Barbarie (*Tetraclinis articulatai*), le Genévrier de Phoenicie (*Juniperus phoenicea L.*), la Phillaire (*Phillyrea angustifolia L.*), le Romarin (*Rosmarinus tourlIeforti Marub.*), le Genêt (*Genista quadri flora Munby*), le Ciste à feuille de sauge (*Cistus salvifolius L.*), Osyris à feuilles lancéolées (*Osyris lanceolata*).

D'après Temime1997, in Abdennebi ,(2006), l'association du pin d'Alep est essentiellement méditerranéenne, elle est caractérisée par la présence de façon pratiquement constante de romarin (*Rosmarinus officinalis L.*), et de la Globulaire (*Globularia alypum*, à ces espèces viennent s'ajouter suivant l'étage bioclimatique et la station d'autres espèces qui permettent de distinguer :

- La pinède de l'étage semi aride: Le Genévrier de Phoenicie (*Juniperus phoenicea L.*), le Romarin Officinale (*Rosmarinus officinalis L.*), la Globulaire (*Globularia alypum*), le Thym (*Thymus algeriensis Boiss et Reuter.*), le Ciste (*eistus villosus L*), le Genévrier Oxycèdre (*juniperus oxycedrus L.*), le Diss (*Ampelodesma mauritanicum Poiret.*), l'Alfa (*Stipa tenacissima*) et l'Astragale (*Astraglus armatus Willd.*).
- La pinède de l'étage sub-humide : La Globulaire (*Globularia alypum*), le Romarin Officinale (*Rosmarinus officinalis L.*), l'Olivier (*Olea europea L.*), le Chêne Vert (*Quercus ilex L.*) et le Lentisque (*Pistacia lentiscus L.*).

### **I-6. Régénération du pin d'Alep**

La colonisation par le pin d'Alep est limitée par la distance assez faible de dissémination des graines : seulement 3 % des graines tombent à plus de 24 m du semencier (Acherar et al, 1984). Les graines germent rapidement et en masse, à la lumière, pendant la saison humide. La mortalité est forte chez les jeunes semis, notamment au cours des deux premières années, mais la grande production de semences et leur taux de germination élevé permettent de compenser ces pertes (Nahal 1962 ; Acherar et al, 1984).

Les semis ont besoin de lumière, mais un léger couvert leur est plutôt favorable (Acherar et al, 1984). Ils sont capables de s'installer sur la plupart des types de sol, mais un recouvrement important des herbacées leurs est très défavorable (ibidem).

D'après Trabaud (1976), la régénération sous pinèdes, même dense, ne pose aucun problème car l'éclairement reste suffisant. Ce point de vue n'est pas partagé par Acherar (1981) qui affirme que le pin d'Alep ne se régénère que difficilement sous son propre couvert où il est le plus souvent remplacé par *Quercus ilex* ou *Quercus pubescens*.

Comme le montrent les caractéristiques liées à sa régénération, le pin d'Alep n'a absolument pas besoin du feu pour se régénérer. Après un incendie, il possède toutefois une gamme d'adaptations qui lui permettent de se régénérer rapidement.

Le pin d'Alep possède une banque de graines aériennes constituée par certains cônes sérotineux qui ne s'ouvrent que lorsqu'ils sont soumis à de très fortes températures (Acherar, 1981). Le feu provoque l'éclatement de ces cônes et favorise la dispersion des graines grâce au déplacement turbulent de masses d'air chaud qui peuvent transporter les graines sur des distances importantes. Les graines de pin d'Alep peuvent supporter des températures comprises entre 130 et 150 °C (Acherar, 1981).

Le feu ouvre le couvert végétal, supprimant ainsi pour un temps la compétition avec le reste de la végétation (Acherar, 1981).

Le pin d'Alep n'atteint pourtant sa pleine maturité que vers 20 ans, et ses graines sont, de surcroît, assez peu mobiles. Si, sur une zone donnée, la fréquence des incendies devient supérieure à 20 ans, le pin d'Alep ne sera pas capable ni de s'y maintenir, ni de la recoloniser et en sera donc exclu.

### **I-7. Plasticité écologique**

Le pin d'Alep est une des essences méditerranéennes qui possède l'amplitude écologique la plus vaste (Nahal, 1962).

Il pousse dans des zones où les précipitations annuelles sont comprises entre 200 et 1500 mm. La pluviométrie ne semble pas être un facteur déterminant de la répartition de l'espèce, même si c'est entre 350 et 700 mm de précipitation annuelle qu'elle présente son développement optimal (Quezel et al, 1987).

Cependant, même si le pin d'Alep est indifférent à la quantité des précipitations, il n'en reste pas moins, parmi les essences provençales, celle qui est la mieux adaptée à la sécheresse. Un des facteurs climatiques majeurs limitant l'expansion du pin d'Alep est la température. On le rencontre dans des gammes de température moyennes annuelles allant de 11 à 19 °C, ce qui correspond à peu près à des moyennes des minima du mois le plus froid comprises entre -2 et

+6 °C. Le pin d'Alep peut supporter des froids accidentels de – 15 à - 18 °C, à condition qu'ils restent exceptionnels et de courte durée (Nahal, 1962).

Les vagues de froids de 1929, 1956 et 1985 ont cependant montré le caractère thermophile de cette essence et sa faible résistance aux basses températures prolongées. En fait, les dégâts observés après la vague de froid de février 1956 notamment ont été d'autant plus importants que ce coup de froid succédait à un mois de janvier particulièrement doux, ayant permis l'amorce d'une montée de sève Devaux 1978, *in* Saidani (2002).

Le pin d'Alep pousse sur des substrats tels que la marne, le calcaire, les schistes ou les micaschistes ; on ne le trouve par contre pas sur les granites ou les gneiss. En fait, le pin d'Alep semble indifférent à la nature de la roche-mère, mais semble s'installer préférentiellement sur les substrats meubles ou friables (Loisel, 1976).

On trouve également le pin d'Alep sur des sols très variés qui vont des lithosols (recolonisation d'éboulis pas exemple) aux sols évolués profonds (recolonisation de terrasses par exemple). Si la profondeur du sol est directement corrélée au niveau de production des peuplements, il n'existe par contre pas de relation entre cette profondeur et la présence ou l'absence de pin d'Alep (Abbas *et al.*, 1985).

Les arbres qui se développent sur sol pauvre sont tout de même généralement chétifs et clairsemés (Nahal, 1962).

Le pin d'Alep supporte beaucoup mieux que la plupart des autres essences provençales un taux élevé de calcaire actif (Loisel, 1976).

Le pin d'Alep tolère très mal les sols sablonneux, sans doute en raison de l'assèchement trop intense qu'ils subissent durant l'été. Il ne tolère pas non plus la présence de nappes aquifères permanentes qui provoquent l'asphyxie de son système racinaire (Quezel, 1986).

### **I-8. Peuplements du pin d'Alep**

En Algérie, le pin d'Alep se présente sous différents types de peuplements, de futaie pleines, de futaies hétérogène peuvent être jardinées et de jeunes futaies pleines sur incendies. Pour la majorité des peuplements, c'est le feu qui leur a imprimé leur caractère irrégulier et disparate (Boudy 1950).

### I-9. Menaces sur les forêts

Leutrech-Belarouci en 2000 soulignait : « La régression souvent alarmante des espaces forestiers semi-aride, qui pourtant renferment des potentialités forestières et pastorales, nous incite à concevoir et finaliser des projets de restauration des écosystèmes. En effet la stabilité et la productivité des écosystèmes doivent obligatoirement être basées sur la composante écologique en vue de leur gestion durable ».

Selon la direction générale des forêts en l'an 2000, près de 18,000 hectares ont été touchés par les feux de forêts à travers le territoire national. En effet, le grand ennemi des forêts de Pin d'Alep est l'incendie à cause de la nature du bois imprégné de résine et de la propulsion des cônes au loin qui favorisent la propagation de l'incendie (Boudy, 1952)

Benabdeli (1996) notait que les incendies détruisent en moyenne près de 2 % de la surface forestière nationale alors que les reboisements ne sont que de l'ordre de 1 % soit une perte de l'ordre de 15.000 hectares par an

L'un des plus importants facteurs de dégradation de toutes les formations végétales forestières le surpâturage libre et permanent dans les écosystèmes forestiers (Benabdeli ,1975 in Borsali 2013).

La processionnaire du pin s'attaque également au pin d'Alep. La présence de la pyrale du tronc, *Dioryctria sylvestrella*, chenille sous-corticale est reconnaissable aux pralines et écoulements de résine sur le tronc. Divers scolytes des branches ou du tronc (*Crypturgus* sp., *Orthotomicus* sp...) accompagnent souvent l'hylésine destructeur et le pissode du pin, *Pissodes notatus*, charançon sous-cortical, ravageur de faiblesse (Boutte et al 2012).

# Chapitre II

## Germination et notion de stress

## II. Germination et notion de stress

### II-1. Définition de la graine

Une graine est l'organe de la plante constituée d'un embryon, de tissus de réserves (albumen ou endosperme) enfermés dans des enveloppes protectrices (téguments) de morphologies différentes selon l'espèce (Fenner 2000). L'embryon est constitué de trois parties : la radicule, l'hypocotyle et l'épicotyle.

Le principal rôle des graines est de fournir une protection et des nutriments à l'embryon durant la germination (Schmidt 2000).



**Figure 04** : Graines de Pin d'Alep (<https://www.google.dz/>)

### II-2. Composition biochimique de la graine de pin d'Alep

#### II-2.1. Les lipides de la graine de pin

Les huiles de graines sont généralement composées :

- d'une fraction glycérique majeure (saponifiable) qui renferme principalement les lipides de réserve ou triacylglycérols accompagnés de faibles quantités de diglycérides, de monoglycérides, d'acides gras libres et de lipides membranaires comme les phospholipides et les glycolipides.
- d'une fraction non glycérique ou composés mineurs qui sont très nombreux et diversifiés et dont la plupart constitue la fraction insaponifiable. Cette dernière représente 0,2 à 2% des lipides totaux (Schwartz, 1988) et comprend l'ensemble des constituants qui après hydrolyse basique (saponification) demeurent peu solubles dans l'eau et sont plutôt solubles dans des solvants apolaires comme l'éther diéthylique, l'hexane, l'heptane, l'éther de pétrole (Soulier

et Farines, 1992). La proportion d'insaponifiable contenue dans les graines dépend de l'origine biologique de ces derniers ainsi que de la nature du solvant d'extraction. Les composés mineurs englobent plusieurs familles chimiques:

- les hydrocarbures (aliphatiques, aromatiques, terpéniques...)
- les alcools (aliphatiques, triterpéniques...),
- les aldéhydes,
- les cétones,
- les cires (esters d'acides gras et de mono alcools aliphatiques),
- les composés phénoliques,
- les tocophérols  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$ ,
- les stérols,
- les pigments...

### **II-2.2. Les composés phénoliques:**

Les composés phénoliques constituent un large groupe de composés métaboliques qui possèdent plusieurs fonctions phénols, leur structure est plus ou moins complexe avec un poids moléculaire qui peut atteindre 30 KDa (Bravo, 1998). Les composés phénoliques des végétaux représentent une des classes les plus étudiées parmi les composés naturels à cause de leur importance taxonomique, organoleptique et pharmaceutique. Ils possèdent des propriétés bactéricides, oxydantes et vitaminiques. Parmi les composés phénoliques on trouve: Les acides phénols de type cinnamique, les flavanols glucidiques, les anthocyanes monoglycosides, les flavanes, les procyanidines, les tannins. (Chokri, 2005)

### **II-3. Stockage des graines :**

Le grain est un caryopse qui comporte des parties Vivantes. Le germe et l'assise protéique, mais se trouvant à l'état de vie ralentie et toujours prêtes à accélérer très rapidement leur rythme vital lorsque le milieu est favorable. Les cellules de l'endosperme sont essentiellement remplies de substances de réserve (glucides, protéines et en moindre quantité, lipides) qui alimenteront les processus vitaux quand ceux-ci démarreront.(Chokri, 2005)

### **II-4. Définition de la germination**

La germination est une période transitoire au cours de laquelle la graine qui était à l'état de vie latente, manifeste une reprise des phénomènes de multiplication et d'allongement cellulaire (Deysson ,1967).

La germination correspond au passage de l'état de vie ralentie à l'état de vie active. Les réserves qui assuraient le métabolisme résiduel de l'embryon vont être activement métabolisées pour assurer la croissance de la plantule (Jeam et *al.*, 1998).

### **II-5. Physiologie de la germination**

Au cours de la germination, la graine se réhydrate et consomme de l'oxygène pour oxyder ses réserves en vue d'acquies l'énergie nécessaire. La perméabilité du tégument et le contact avec les particules du sol conditionnent l'imbibition et la pénétration de l'oxygène. Les réserves de toute nature sont digérées (Michel, 1997).

### **II-6. Conditions de la germination**

#### **II-6.1. Conditions internes :**

Avant la germination, la graine doit répondre à de nombreuses conditions internes qui sont :

- la maturité c'est-à-dire que toutes les parties qui la constituent soient complètement différenciées morphologiquement (Heller et *al.*, 2000).
- La deuxième condition est la disponibilité de l'amidon, des protéines, des lipides et des nutriments pour l'embryon de la graine à travers l'activité des enzymes et des voies spécifiques (Miransari et Smith, 2009)
- La troisième condition est la longévité des semences, autrement dit, la durée pendant laquelle les semences restent vivantes et gardent leur pouvoir germinatif. Cette dernière condition varie considérablement en fonction des espèces (Heller et *al.*, 2000).

#### **II-6.2. Conditions externes :**

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

##### ➤ **Eau**

L'eau est nécessaire pour l'hydratation des tissus et pour la croissance des organes (Gimeno, 2009). Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes puis est remise en solution dans les réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et provoque le gonflement des cellules et leur division (Soltner, 2007 ; Meyer et *al.*, 2004).

##### ➤ **Oxygène**

Selon Mazliak (1982), une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination.

D'après Meyer et *al.* (2004), l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

### ➤ **Température**

La température est fondamentale dans la germination. Elle agit sur la vitesse de consommation d'O<sub>2</sub> par l'embryon et sur les réactions d'oxydation des composés phénoliques (Mazlik, 1982). Bien que beaucoup de graines peuvent germer dans une gamme de température assez large, dans de nombreux cas, le minimum est de 0 à 5°C, le maximum de 45 à 48 °C et l'optimum de 25 à 30°C (Raven et *al.*, 2003).

### ➤ **Lumière**

La lumière est considérée comme un facteur indirect de la germination. Les besoins en lumière pour cette dernière sont variables selon l'espèce (Vallée et *al.*, 1999 ; Lafon et *al.*, 1990).

D'après Mazliak, 1982, les semences peuvent être classées en trois catégories :

**Semences à photosensibilités positive** : La lumière est favorable à leur germination. Ce type de semence est majoritaire environ 70% (cas de laitue).

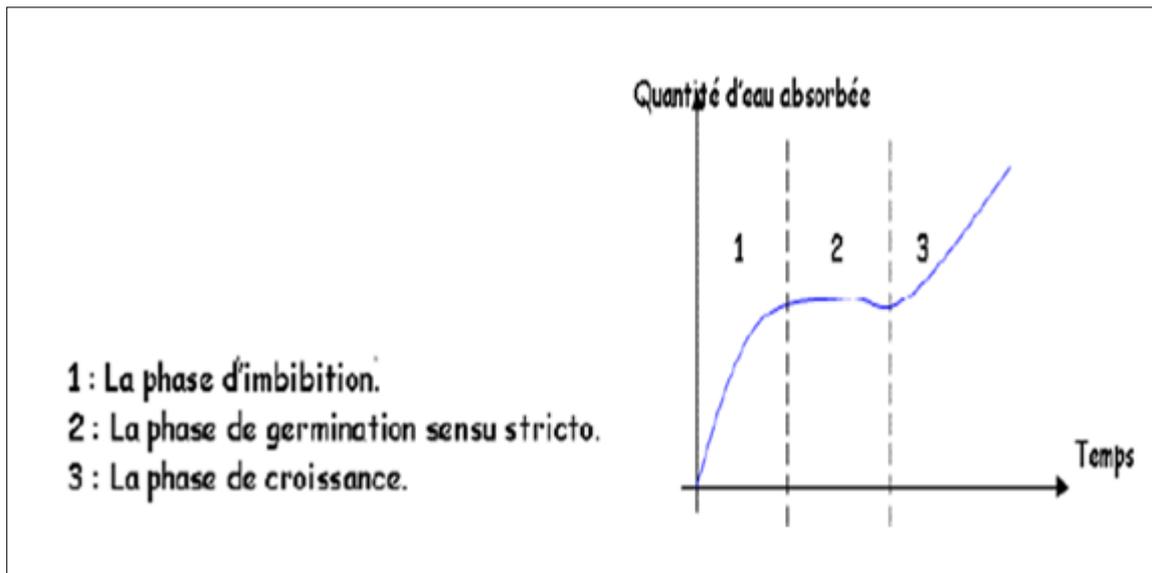
**Semences à photosensibilités négative** : Ces semences ne germent qu'à l'obscurité. Cette photosensibilité négative concerne 25% des semences (ex : cyclamen).

**Semences indifférentes à la lumière** : Ce sont des semences (environ 5%) qui germent dans toutes les conditions (cas de blé, trèfle, luzerne et Hedysarum).

## **II-7. Phases de la germination**

Heller et *al.*, (2000) ; Raven et *al.*, (2003) et Meyer et *al.* (2004) ont distingué les phases suivantes de germination ;

- **La phase I**, ou phase d'imbibition, assez brève selon les semences (de 6 à 12h), caractérisée par une forte hydratation des tissus, accompagnée d'une élévation de l'intensité respiratoire.
- **La phase II**, ou phase de germination stricto sensu. Au cours de cette phase il y'a une stabilisation de l'hydratation et de la respiration à un niveau élevé. Cette phase, est relativement brève aussi de 12 à 48 heures. Elle s'achève avec l'émergence de la radicule hors des téguments séminaux. Durant cette phase, la graine peut être réversiblement déshydratée et réhydratée sans dommage apparent pour sa viabilité.
- **La phase III**, est caractérisée par une reprise de l'absorption d'eau et une augmentation de la consommation d'oxygène, elle correspond à un processus de croissance de la radicule puis la tigelle



**Figure. 05 :** Courbe théorique de la germination. (Bensaadi, 2011)

## II-8. Les dormances

On définit la dormance d'une semence comme une inaptitude à germer correctement lorsque toutes les conditions de l'environnement sont apparemment favorables (présence d'eau, bonne oxygénation, température ni trop basse ni trop élevée, etc...). (Mazliak, 1982).

La majorité des auteurs l'emploient indifféremment pour désigner l'état physiologique dans lequel se trouve une semence ou un embryon, soit qu'ils sont placés dans des conditions favorables à leur germination ou non (Côme, 1975).

Deux groupes de dormances sont classiquement admis, à savoir l'inhibition tégumentaire et la dormance embryonnaire. Dans le premier cas, les embryons isolés (séparés des téguments) germent très bien dans des conditions de germination où les semences ne germent pas ; il s'agit alors d'une action inhibitrice des enveloppes séminales, qui empêchent le passage de l'eau ou de l'oxygène.

Dans le second cas, même isolés, les embryons ne germent pas ; il s'agit alors d'une incapacité des embryons à germer, qualifiée de dormance embryonnaire.

### II-8.1. Les inhibitions tégumentaires :

Les enveloppes séminales qui entourent l'embryon assurent normalement la protection des graines mais dans de nombreux cas ils constituent des obstacles plus ou moins efficaces au passage de l'eau ou de l'oxygène et leur action sur la germination peut être très importante en jouant un rôle de :

Barrière physique = résistance mécanique, imperméabilité à l'eau

Barrière chimique = piégeage de l'oxygène par des composés phénoliques, présence d'inhibiteurs de germination dans les téguments.

#### **II-8.1.1. L'imperméabilité à l'eau :**

Il existe des semences qui ne peuvent pas germer parce que leurs enveloppes ne laissent absolument pas passer l'eau.

En milieu humide, ces semences ne gonflent pas, restent sèches et résistent à l'écrasement. C'est pourquoi elles sont appelées semences dures.

Les semences deviennent dures pendant la phase de déshydratation, enfin de maturation. Nokes (1986) cité par Si Fodil (2009), estime d'ailleurs que, pour éviter des traitements ultérieurs destinés à augmenter le taux de germination, il faut récolter très tôt les semences qui n'ont pas encore de téguments durs, Mais Vora (1989) cité par Si Fodil (2009), pense que les graines deviendraient plus dures avec le temps. Les travaux de Hyde (1954) mettent en évidence le rôle du hile dans la déshydratation des semences dures : en fin de maturation, lorsque que le tégument est devenu imperméable, la vapeur d'eau s'échappe par le hile qui reste ouvert et fonctionne comme une valve ; en atmosphère sèche, le hile s'ouvre en moins d'une minute et la graine peut perdre de l'eau (Côme, 1982). En atmosphère humide, la fermeture est aussi rapide et empêche la réhydratation.

#### **II-8.1.2. L'imperméabilité à l'oxygène :**

Selon Côme (1982), l'imperméabilité des enveloppes séminales à l'oxygène est variable suivant les espèces. C'est en effet la structure anatomique des enveloppes qui détermine leur perméabilité à l'oxygène. Pour les semences non imbibées il existe deux sortes de structures qui ne permettent pas le passage de l'oxygène :

- a. une structure non poreuse, où les cellules qui constituent l'enveloppe sont toutes jointives ;
- b. une structure poreuse, mais recouverte d'une couche superficielle imperméable (du mucilage par exemple).

#### **II-8.2. Dormances embryonnaires**

Par définition on dit que la dormance est d'origine embryonnaire quand la graine étant débarrassée de ses téguments et placée dans des conditions convenables et ne germe pas.

Il existe deux types de dormance embryonnaire :

- la dormance embryonnaire primaire, qui s'installe au cours du développement de la semence, on parle alors de dormance I ;
- la dormance embryonnaire secondaire, qui correspond à la perte de l'aptitude à germer lorsque l'embryon, à l'état imbibé, est placé dans des conditions incompatibles avec sa

germination (températures trop élevées, manque d'oxygène, présence de lumière), on parle de dormance II.

### **II-9. La levée de la dormance :**

S'effectue dans la nature par l'altération des enveloppes, sous l'effet de la sécheresse, qui fait craqueler les téguments, ou celui des alternances de sécheresse et d'humidité, plus efficaces encore, ou des alternances de gel et de réchauffements, ainsi que sous l'action des Bactéries et Champignons du sol.

Les inhibiteurs volatils s'évaporent avec le temps et les autres sont peu à peu lessivés par les pluies.

Artificiellement, on peut pratiquer la scarification, terme qui désigne, par extension du sens propre tout traitement, mécanique ou autre, qui brise ou affaiblit les téguments : décortication, trituration, battage, procédés chimiques (à manier avec discernement pour ne pas léser l'embryon : des bains de quelques instants dans l'éther, l'alcool ou l'eau bouillante sont parfois utilisés). (Heller, *al.*, 2000)

### **II-10. Germination et dormance des graines de pin d'Alep**

Les pins ne nécessitent pas de choc thermique pour la germination de leurs graines, (Calamassi, 1982 ; Calamassi et *al.*, 1984 ; Thanos et Skordilis, 1987). Toutefois, bien qu'à un moindre degré pour *P. halepensis*, il semblerait que l'enveloppe de la graine joue le rôle d'une barrière à la pénétration de l'eau vers l'embryon (Thanos et Skordilis, 1987). En conditions naturelles, la lumière est considérée comme un facteur favorisant la germination des graines de pins. Dans beaucoup de cas, il existe une faible dormance qui peut être levée par l'action de la lumière (Toole, 1973 ; Calamassi, 1982 ; Thanos et Skordilis, 1987). Bien que cette action soit fortement controversée (voir Grill et Spruit, 1972), nombreux sont les auteurs qui considèrent aussi que la lumière exerce son action par l'intermédiaire du phytochrome. C'est ce que concluent Thanos et Skordilis (1987) à propos de *P. halepensis* et *P. brutia*. En effet, l'éclairement à la lumière intermittente rouge sombre, non seulement inhibe la germination des deux espèces, mais induit aussi une dormance qui dépendrait du phytochrome. Ces auteurs ajoutent que le taux de germination des graines de *P. brutia* est plus diminué par la lumière que celui des semences de *P. halepensis*. (Trabaud, 1995)

Les pins peuvent se régénérer en grande quantité et rapidement avec ou sans incendie ; ils sont aussi des colonisateurs de friches. Leurs taux de germination sont assez élevés et leurs plantules peuvent se développer en sous-bois pourvu qu'elles aient une luminosité suffisante (recouvrement de la végétation < 75 %) pour assurer leur développement (Achérar et *al.*, 1984)

; Trabaud et *al.*, 1985 ; Thanos et *al.*, 1989). La capacité des pins à produire de grandes quantités de semences, et le taux de germination élevé des graines leur permet de coloniser à peu près tous les milieux situés dans leurs aires de répartition pourvu qu'ils n'aient pas une trop forte concurrence de la part d'autres espèces ; cette dernière condition existe dans les zones bouleversées par des travaux, les friches et les brûlis. Ces résultats confirment les observations de terrain de Loisel (1966) et Achézar et *al.* (1984) pour *Pinus halepensis*. (Trabaud, 1995)

### **II-11. Cycle de reproduction et fructification :**

Le pin d'Alep se reproduit en général vers l'âge de 8-12 ans (Boudy, 1950 ; Nahal, 1962). Cependant la maturité sexuelle peut être plus précoce vers 4 ans (Bellefontaine, 1979) La maturité sexuelle est très variable dans le temps ; elle dépend des conditions du milieu, et semble surtout liée à la croissance de l'arbre : plus l'arbre est vigoureux plus l'aptitude à la fructification est précoce. (Chokri, 2005)

### **II-12. Notion de stress**

#### **II-12.1. Définition du stress**

Selon les définitions, le stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour une plante (Levitt, 1982). Tsimilli-Michael *et al.*, (1998) considèrent que le stress a une signification relative, avec un contrôle comme état de référence, ils considèrent le stress comme une déviation du contrôle à une contrainte. Selon Jones *et al.*, (1989), un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux. D'autre part, les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de croissance, le développement et le rendement des plantes (Madhava Rao *et al.*, 2006).

#### **II-12.2. Le stress hydrique**

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde (Boyer, 1982). Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économiques. C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (Boyer, 1982). Il existe de nombreuses définitions du stress hydrique. En agriculture, il est

défini comme un déficit marqué et ce compte tenu des précipitations qui réduisent significativement les productions agricoles par rapport à la normale pour une région de grande étendue (Mckay, 1985 *in* Bootsma *et al.*, 1996). En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou

### **II-12.2.1.Effet du stress hydrique sur la végétation**

lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage (Madhava Rao *et al.*, 2006).

La région méditerranéenne, riche d'une biodiversité exceptionnelle est caractérisée par des saisons marquées et une période sèche en pleine évolution. Au fil des ans, le changement climatique intensifie et prolonge ces deux tendances. Les scientifiques utilisent cette région comme modèle pour les scénarios climatiques futurs et étudient l'adaptation des espèces forestières, en particulier du pin d'Alep. (IRSTEA, 2014)

Connu depuis longtemps pour sa capacité à adapter sa croissance aux variations climatiques, le pin d'Alep est étudié depuis les années 1990 au centre Irstea d'Aix-en-Provence. Il sert d'espèce référent pour évaluer le changement climatique et son impact sur les forêts. Dernièrement, le projet de recherche Drought a mis en avant des résultats inédits : l'influence des conditions climatiques sur l'architecture des arbres (nombres de branches, tailles de aiguilles, densité du houppier, etc.) (IRSTEA, 2014)

L'influence du stress hydrique est bien marquée sur la croissance foliaire. Ainsi on assiste à une réduction de la division et de l'élongation cellulaire, qui se traduit par la réduction de la croissance foliaire. Cette réduction est l'une des principales conséquence d'un déficit hydrique sur la structure de la plante (Hadj,1992).

### **II-12.3.Le stress salin**

La Salinisation est définie par la FAO (2001), comme un enrichissement en sels solubles de la surface et de la tranche supérieure du sol lorsque la salinité dans les 20 cm sommitaux dépasse 1 à 2% (20g de sel par Kg de sol).

Les sels les plus fréquents sont des chlorures, des sulfates, et des carbonates de sodium.

La présence de sels participe à la détérioration physique des sols par les charges électropositives des argiles conduisant à leur floculation et dont il résulte :

- Soit une compaction et la fermeture des pores du sol donc une baisse de la porosité, de la capacité de rétention en air, en eau, et en nutriments ; cette imperméabilité par dispersion des argiles entraîne une baisse de l'infiltration et accentue la sécheresse édaphique.
- Soit la pulvérisation par l'explosion des agrégats et l'apparition d'une structure particulière poudreuse, sensible à la déflation éolienne.

Les conséquences d'un stress salin peuvent résulter de trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes :

- Le stress hydrique : une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique.
- Le stress ionique : en dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique.
- Le stress nutritionnel : des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale. En particulier, vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires, le Sodium entre en compétition avec le Potassium et le Calcium, les chlorures avec le nitrate, le phosphate et le sulfate (Levigneron *et al.*, 1995).

### **II-12.3.1.Effet du stress salin sur la végétation**

La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement un taux élevé de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet: il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique (Hayashi et Murata,1998 *in* Parida et Das, 2005), l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (Greenway et Munns,1980 *in* Parida et Das,2005).

La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (Allakhverdiev *et al.*, 2000 *in* Parida et Das, 2005). Durant le début et le développement du stress salin à l'intérieur de la plante, tous les processus majeurs tels que : la photosynthèse, la synthèse des protéines, le métabolisme énergétiques... sont affectés. La première réponse est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire, suivi par l'arrêt de l'extension avec l'intensification du stress. (Parida et Das, 2005)

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (Wang et Nil, 2000). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakis et Klapaki, 2000). La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate (Mohammad *et al.*, 1998).le taux élevé de  $\text{NaCl}$  se manifeste par une croissance dans la

biomasse des racines, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (Meloni et *al.*, 2001).

Les effets du sel sur les plantes dépendent à la fois de leur stade de développement (Munns et *al.*, 1995), de l'espèce, du cultivar, du génotype (Cornillon et Palloix, 1997) et de la durée de l'exposition aux contraintes salines (Munns et Termaat, 1986). Les conditions climatiques et édaphiques, notamment le taux d'évapotranspiration, la capacité de rétention de l'eau et la porosité du sol, sont des facteurs supplémentaires amplifiant et/ou réduisant les effets des stress salins sur la croissance et la survie des plantes. Selon le degré de résistance au sel, trois grandes catégories de plantes ont été définies :

- (i) les halophytes, espèces spontanées adaptées aux milieux salins, poussant sur des sols halomorphes,
- (ii) les glycophytes tolérantes, espèces qui peuvent supporter des concentrations élevées en NaCl, atteignant 7 g.L<sup>-1</sup>,
- (iii) les glycophytes sensibles qui ne tolèrent pas plus de 2 à 3 g.L<sup>-1</sup> de sel dans l'eau de la rhizosphère. Une forte concentration de NaCl dans le sol est perçue par les glycophytes comme une sécheresse physiologique. Ce changement dans le statut hydrique de la plante serait la cause initiale de la réduction de la croissance induisant son atrophie (Takemura et *al.*, 2000) et la baisse de sa productivité (Vicente et *al.*, 2004 ; Parida et Das, 2005).

Dans les régions arides et semi arides, les contraintes hydriques sont aggravées par la salinité accrue des milieux, qui elle même est amplifiée par l'irrigation intensive avec des eaux riches en sels (Munns and Tester 2008). A l'échelle planétaire, 20% des surfaces irriguées sont affectées par la salinité (Unesco Water Portal, 2007). En termes de sécurité alimentaire, la salinité des sols représente un obstacle au développement de l'agriculture car 20% des sols sont irrigués et produisent 1/3 de l'alimentation mondiale (FAO). En effet, la plupart des plantes cultivées, et particulièrement les plantes fourragères, sont des glycophytes dont la croissance, le développement et la productivité sont réduites par des taux trop élevés en sel. Dans la majorité des sols salins, le NaCl est la forme chimique principalement retrouvée et représente entre 50 à 80 % des sels solubles totaux (Rengasamy, 2010). En Afrique, 39 Mha, soit 2 % des terres arables, sont des sols salins et parmi eux 34 Mha sont des sols sodiques (FAO, 2008)

# Chapitre III

## Matériels et méthodes

### III-1. Matériels végétales

Lors des testes de germination, nous avons utilisé des semences de pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill*)

#### III-1.1. Présentation de la région de récolte des graines

##### III-1.1.2. Situation de la forêt de Fenouane

La Forêt de Fenouane, se trouve dans la commune d'Ain El Hadjer. Elle est représentative des groupements thermophiles de l'Oranie dominé par le pin d'Alep et le thuya avec cependant un remarquable sous-bois broussailleux qui joue un rôle non négligeable dans la régénération du pin d'Alep et dans l'atténuation des effets du parcours (Benabdeli, 1996)

La forêt de Fenouane se situe dans le territoire de la wilaya de Saida à quelques 550 km au Sud Ouest d'Alger et à une trentaine de kilomètres à l'Ouest de la wilaya de Saida (B.N.E.F, 1990). Elle est traversée par deux chemins de wilaya

Elle est gérée par la conservation des forêts de Saida et fait partie de la circonscription d'Ain El-Hadjar (fig 06).

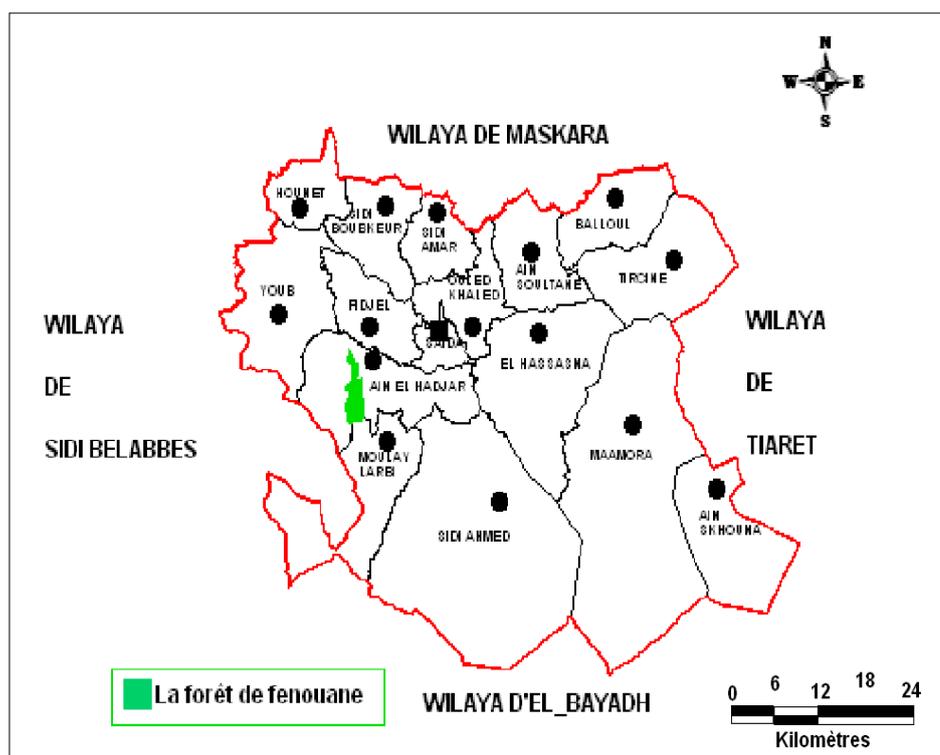


Figure 06 : Localisation de la région de récolte des graines de *Pinus halepensis Mill*.

**III-1.1.3. Les reliefs :**

L'orientation des reliefs est du Sud Ouest vers le Nord Est (B.N.E.F, 1990).

**III-1.1.4. Les pentes :**

D'une manière générale, la topographie générale de la commune d'Ain El Hadjar est relativement plane car les classes des pentes inférieures à 10 % occupent environ 70 % de la superficie totale de la commune. (B.N.E.D.R, 1992)

**III-1.1.5. La géologie :**

Selon le B.N.E.F (1990), le substrat de forêts de Fenouane laisse apparaître des grès massifs du franchetti avec altération carbonatée et argile sableuses sur toutes les parties centrales et sud de la forêt de Fenouane

**III-1.1.6. La pédologie :**

L'étude pédologique de la forêt de Fenouane permet de dégager 5 types de sols repartis dans les classes suivantes :

- Classe des sols peu évolués : Ces sols développés sur roche dure appartiennent au sous groupe lithique accusée.
- Classe des sols sesquioxydes de fer : Ces sols évolués caractérisés par l'individualisation des sesquioxydes du fer qui leur confère des couleurs très accusées rouge et rouillé.
- Classe des sols calcimagnésiques : Les principales propriétés de ces sols sont déterminées par la présence du calcaire actif et celle d'ions alcalino- terreux mais dans lesquels la partie inférieure de la roche mère ne montre ni les caractères des vertisols ni ceux des sols isohumiques.

**III-1.1.7. L'hydrologie :**

Les ressources en eau se caractérisent par la présence de deux principaux bassins versants avec un écoulement vers le nord, ceux des oueds Tebouda et Bouatrous. Les ressources en eau mobilisable pour la population et l'agriculture se résument à 16 sources naturelles réparties à travers le territoire de la commune avec un débit variant entre 0,5 et 30 L/s et de deux forages assurant un débit moyen de 42 L/s (Labani , 2005).

Un seul oued réceptionné toutes les eaux collectés au niveau de la forêt de Fenouane et la forêt de Oum graf, cet oued situé à l'aval de ces forêts est l'oued berbour.

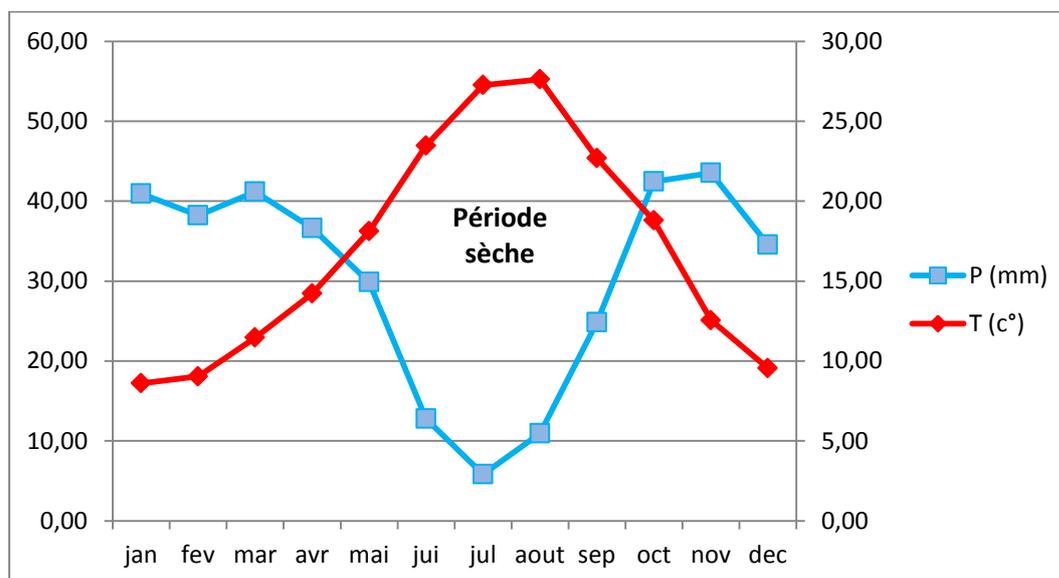
Oued Fenouane qui traverse la forêt de Fenouane porte son nom se divisé à son tour en deux sous affluants (Oued Maadjedj et oued Haddad).

Ces deux oueds sont temporaires et reçoivent les eaux recueillis par des cheveux d'écoulement en amont (B.N.E.F, 1990).

### III-1.1.8. Climat

Le type de climat dans notre région d'étude est méditerranéen appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride, avec des précipitations irrégulières et faibles (entre 353mm/an). On y distingue deux périodes contrastées, une période humide et froide, l'autre sèche et chaude selon le diagramme de Bagnol et gaussen (fig 07) . Les précipitations estivales sont souvent des pluies torrentielles et les températures présentent des amplitudes importantes. Les mois de Janvier et Février sont les mois les plus froids durant toute l'année (3°C) et le mois de Juillet et Août sont les mois les plus chauds (36°C).

Le vent est de direction dominante Nord avec une présence du vent chaud (sirocco) pendant la période estivale qui peut accélérer le phénomène de l'érosion éolienne dans la zone.



**Figure 07** : Diagramme ombrothermique de Bagnoul et Guassen

### III-1.1.9. Les températures

La température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour la végétation. Elle représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la

répartition de la totalité des espaces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003).

Les données climatiques de la température moyenne, maximale et minimale (°C) recueillis de la Station météorologique de Rebahia, sont représentées dans le tableau

**Tableau 02 :** Températures moyennes mensuelles (moyennes-maximales et minimale)

Mois \ T°	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou
T° max	30	25	18	15	14	15	18	21	26	32	36	36
T° min	15	12	7	4	3	3	5	7	10	15	18	19
T° moye	22,5	18,5	12,5	9,5	8,5	9	11,5	14	18	23,5	27	27,5
M-m (A)	15	13	11	11	11	12	13	14	16	17	18	17

**Source :** Station météorologique de Rebahia 2016 (1983-2015)

### III-1.1.10. Les précipitations

Les précipitations représentent la source principale d'eau nécessaire pour une production de la biomasse, caractérisées par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité et leur fréquence qui varient selon le jour, les mois et aussi selon les années (Guyot, 1997).

L'unité de mesure utilisée est le millimètre de hauteur de pluie, qui correspond à un volume d'eau de 1 litre par mètre carré.

Les précipitations mensuelles et annuelles sont présentées dans le tableau 03.

**Tableau 03 :** Précipitations moyennes mensuelles en mm (1983-2015).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
P (mm)	38	36	40	36	31	12	6	12	23	41	44	34	353

**Source :** Station météorologique de Rebahia 2016 (1983-2015)

### III-1.2. La récolte des graines

La récolte des cônes s'est faite avant la dissémination des graines c'est-à-dire au début du mois d'Aout 2016 avant l'éclatement des cônes. Elle se fait dans un peuplement mûr lorsque les cônes sont de couleur brun foncé c'est-à-dire dans leur troisième année pour qu'ils soient mûres et peuvent donner des graines qui ont un pouvoir germinatif (technique pépinière DGF) puis les cônes sont mis dans un sachet en plastique et déposé au soleil pendant un ou deux mois pour permettre l'éclatement des cônes et la libération des graines.



**Figure 08 :** Les graines de Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill)

**Cliché :** Hakmi et Naimi (2017)

### III-2. Matériels d'expérimentation :

Durant nos essais de germination et les mesures des différents paramètres de l'étude éco physiologique du pin d'Alep, nous avons utilisé le matériel suivant ;

- Boîtes de pétri en plastique stériles ;
- Béchers en verre stériles ;
- Etuve d'incubation T° 20<sup>0</sup>c ;
- Balance de précision ;
- Papiers filtre stériles ;
- Pinces ;
- Flacons en verre stériles ;
- Appareil photo Numérique ;
- Passoire

**III-2.1.les Réactifs :**

- Eau Distillée stérile (préparé)
- Na cl ; (chlorure de sodium)
- Eau de javel (diluer 2%)
- PEG 6000 (Polyéthylène glycol)



**Figure 09 :** Préparation du matériel.

**III-3. Méthodologie :****III-3.1. Préparation des solutions :****III-3.1.1. La solution saline :**

Le sel choisi dans ce test est le **Na cl**, préparation de 6 traitements en ajoutant de l'eau distillée stérile au **Na cl** a raison d'un ;

- Témoin ; eau distillée
- 1g/l
- 2g/l
- 3g/l
- 4g/l
- 5g/l

### III-3.1.2 La solution PEG (Polyéthylène glycol)

Le PEG est un polymère non ionique hydrosoluble non perméable pour les cellules. Il est utilisé pour induire un déficit hydrique car il réduit la disponibilité en eau sans causer de dommage physique aux plantes (Romo et *al.*, 2001).

Des solutions de PEG 6000 de concentrations croissantes et induisant des potentiels hydriques également croissants (conformément à l'équation établie par Michel et *al.* (1973), ont été utilisées pour induire les différents niveaux de stress hydrique testés.

$$\Psi_H = - (1,18 \times 10^{-2}) C - (1,18 \times 10^{-4}) C^2 + (2,67 \times 10^{-4}) CT + (8,39 \times 10^{-7}) C^2 T$$

L'équation reliant les différents paramètres est la suivante avec :

$\Psi_H$  : potentiel hydrique (en bars) ;

T : température d'incubation en °C ;

C : concentration de PEG6000 (g.l-1) :

Le PEG choisi dans ce test est le **HOCH<sub>2</sub> (CH<sub>2</sub>-OCH<sub>2</sub>)<sub>x</sub>CH<sub>2</sub>OH**, préparation de 6 traitements en ajoutant de l' eau distillée stérile à raisons d' un

- Témoin ; eau distillée
- -0.05 bars
- -0.25 bars
- -0.5 bars
- -1 bars
- - 2 bars

### III-3.2. Préparation des semences :

Avant la mise en germination, les graines de *Pinus halepensis* Mill ont subie :

- La désinfection des graines par l'eau de javel pendant 5 min ;
- Le rinçage des graines par l'eau plusieurs fois
- le trempage des graines dans l'eau distillée pendant 24 heures

### III-3.3. Préparation des boîtes de pétri :

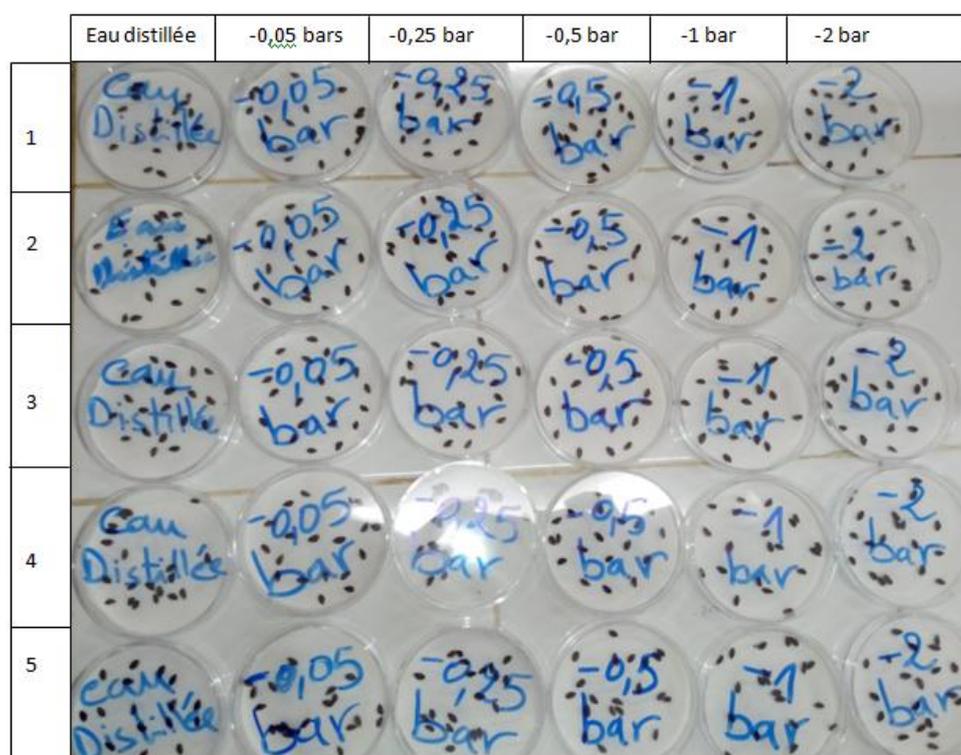
Les boîtes de pétris utilisées ont un diamètre de 9 cm et une épaisseur de 1.5 cm elles ont été tapissées par deux couches minces de papier filtre stérile afin de générer un environnement humide et aéré, favorable et adapté à la germination des graines.

La mise en boîte des graines est répartie comme suit : 20 grains dans chaque boîtes de pétri avec 5 répétitions (total de 1200 grains ) avec les concentration de PEG (0g (eau distillée ou témoin), -0.05 bar, -0.25 bar, -0.5 bar, -1 bar, -2 bar) et le stresse Salin avec les concentration de Na Cl suivant : 0g/l (eau distillée ou témoin), 1g/l, 2g/l, 3g/l, 4g/l, 5g/l.

### III-3.4. Installation de l'essai :

Les semences sont mises dans des boîtes de pétri stérilisées à raison de 20 graines par boîte.

Les testes de germination ont débuté lors de la mise en place de l'essai le jour du 02/04/2017, L'essai s'est déroulé dans des conditions naturelles du laboratoire de Ain el Hadjer pendant 30 jours avec une température de l'étuve 20c°.



**Figure 10** : Installation de la germination

### III-3.5. Conduite de l'essai :

#### III-3.5.1. Contrôle de la température

Ont a mis les boites de pétris préparées dans l'étuve a une température 20 c° (Nedjimi et al ; 2014)

#### III-3.5.2. L'arrosage

Nous avons effectué des arrosages d'une fréquence d'une fois toutes les 48h par 5 ml de chaque traitement assurant la préservation de l'humidité du milieu

#### III-3.5.3. Le comptage

Le comptage a été réalise tout les 24 h, ou nous considérons une graine germée, lorsque la radicule perce l'enveloppe séminale (Come, 1970)

A chaque opération de comptage les boites sont débarrassées des graines germées.

Le travail consiste à établir :

- Le Taux de germination
- Vitesse de germination
- Moyenne journalière de germination

### III-4. Paramètres mesurés

#### III-4.1 Le taux de germination pour chaque lot (TG) :

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration des PEG qui présente la limite physiologique de germination des graines. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines.

Sur l'essai de germination ont été déterminé le pourcentage définitif de germination (TG%) selon la formule suivante (Agrobio Périgord, 2013)

$$TG = \frac{\text{nbre de graines germées}}{\text{le nbre total de graines}} * 100$$

#### III-4.2. Vitesse de germination pour chaque lot :

C'est le temps moyen à la germination de 50 % des graines, elle est exprimée par :

$$T20 = T1 + (0.5 - G1 / G2 - G1) * (T2 - T1)$$

**G1** :% cumulé des graines germées dont la valeur est plus proche de 50% (inferieur).

**G2** :% cumulé des graines germées dont la valeur est plus proche de 50% (supérieur).

(Agrobio Périgord, 2013)

#### III-4.3. Moyenne journalière de germination(MDG) :

C'est le nombre des graines germées sur le nombre de jours à la germination finale. (Agrobio Périgord, 2013)

**III-5. Test statistique**

L'analyse de variance (ANOVA) à un facteur est utilisée pour tester la différence entre les différents pourcentages de germination entre les différentes concentrations en PEG et NaCl avec logiciel STATISTICA 8.

# Chapitre VI

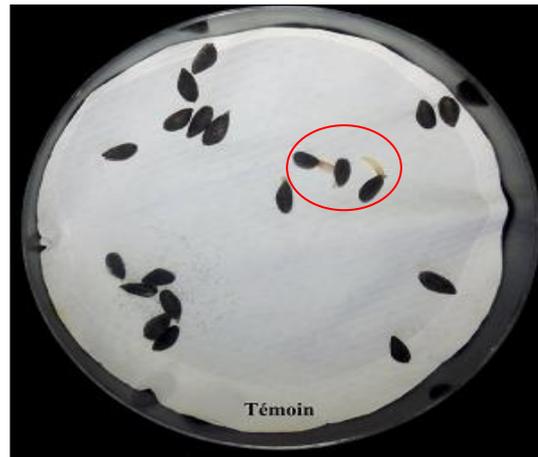
## Résultats et discussion

## VI-Résultats et discussion

### VI-1. Effet du stress osmotique sur la germination du pin d'Alep

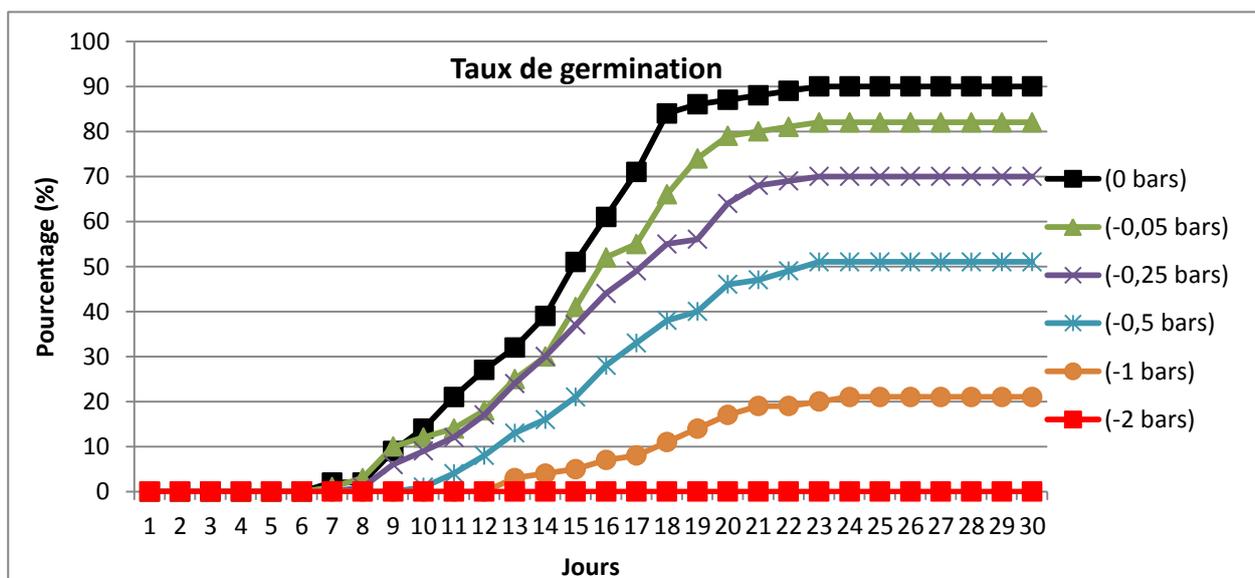
#### VI-1.1. Début de la germination

Après la fin de la durée de la germination qui s'étaler sur 30 jours, la première germination des graines à été observé dans les boites de pétri qui sont imbibées par l'eau distillée (témoin) a partir de pour 7 jours de lancement de l'expérience comme le montre la figure ci dessous.



**Figure 11** : Le début de la germination des graines de *Pinus halepensis* Mill imbibées par l'eau distillée et -0.05 bars

#### VI-1.2. Taux de germination



**Figure 12** : Cumule du taux de germination du *Pinus halepensis* Mill en fonction de l'intensité du stress hydrique

Comme le montre la figure ci dessus la cinétique de la germination des graines sous l'effet des concentrations croissantes de PEG 6000 montre l'existence de trois phases :

La première phase de latence, dû à l'imbibition des graines, une deuxième phase exponentielle ou l'on assiste à une accélération de la germination et enfin une troisième phase caractérisée par un palier indiquant un arrêt de germination.

Pour le témoin (eau distillée) la phase de latence est courte et ne dure que 6 jours et après on constate le déclenchement de la germination indiquant la phase exponentielle qui dure 16 jours (7-23 jours) représentée par une croissance remarquable en allant de 0% jusqu'à le pourcentage maximal de 90% suivi par une stabilisation de ce pourcentage jusqu'à la fin de 30 jours.

Pour le stress osmotique le plus élevé dans notre expérience (- 2bars), on remarque aucune germination. Par contre on remarque une germination assez faible pour le stress osmotique (-1 bars) avec un taux ne dépassant pas 21%

Généralement la plus part des études d'impact du stress hydrique sur la germination ont montré que le taux de germination diminue considérablement avec l'augmentation du stress hydrique osmotique du substrat.

Des résultats similaires ont été obtenus par diverses études réalisées chez *Pinus ponderosa* et *Pinus eldarica* (Djavanshir, .1975), chez *Pinus brutia* et *Pinus eldarica* (Calamassi et al .,1980) ,chez *Pinus taeda* (Dunalp et Barnett., 1984) et chez *Pinus halepensis* et *Pinus brutia* (Thanos et Skordilis., 1987)

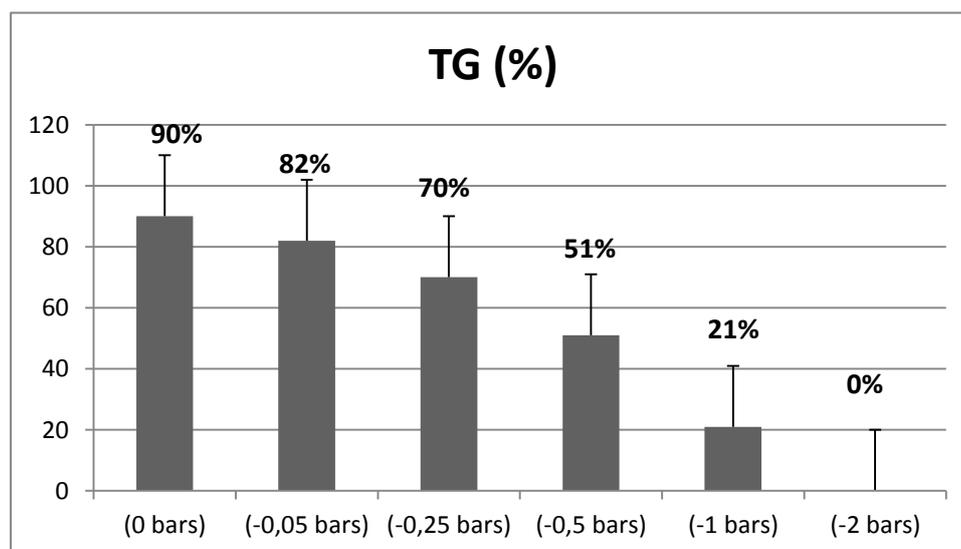


Figure 13 : Le pourcentage de germination

La faculté germinative moyenne du traitement témoin (0 bars) est de 90 %. Selon les essais réalisés au niveau de notre laboratoire, le taux moyen de germination pour le pin d'Alep est de 52,33 % en raison de la fragilité des graines et de l'existence de graines parasitées et vides, et aussi de leur faible pouvoir de conservation

Toute fois la faculté germinative peut atteindre 70 % pour des lots de bonne qualité (lot témoin, lot (-0,05 bars) et lot (-0,25 bars).

En général le taux de germination diminue considérablement avec l'augmentation du stress hydrique du substrat.

### VI-1.3. Nombre journalier des graines germées

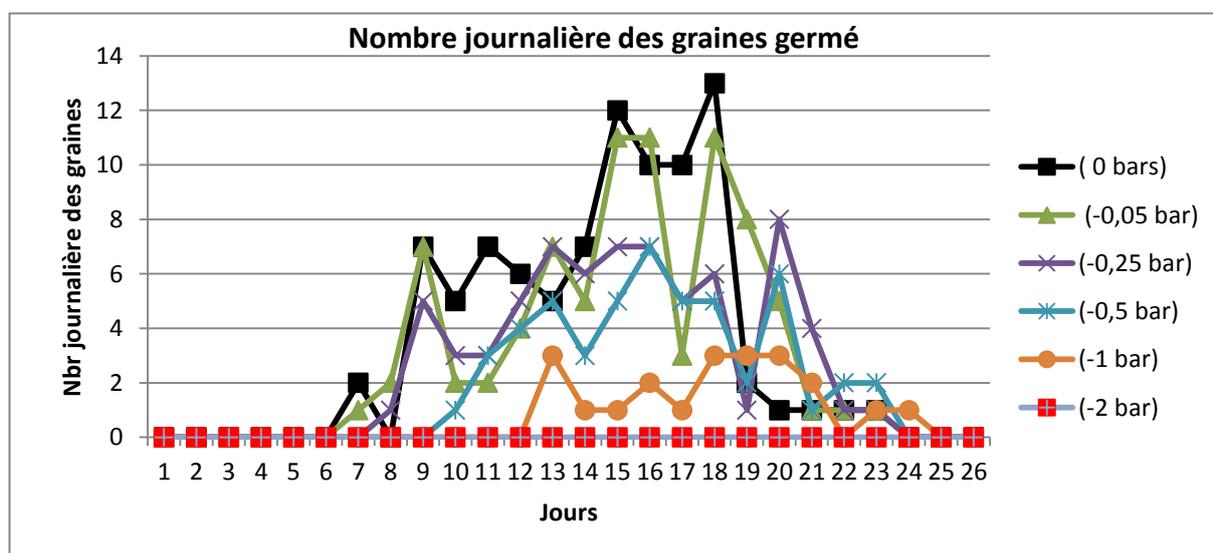


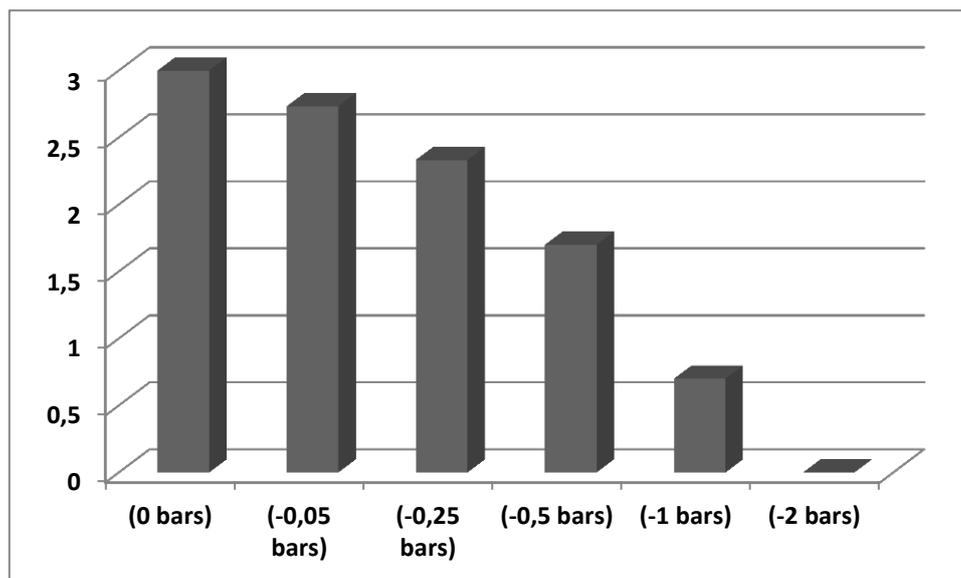
Figure 14 : Nombre journalier des graines germées

L'étude du pouvoir germinatif en fonction du temps montre l'action du PEG sur le temps de germination. Les graines du pin d'Alep ont germées à des temps de latence qui varient entre 7 jours pour le témoin (-0 bars) et (-0.05 bars) et 8<sup>ème</sup> jours pour le milieu de concentration (-0.25 bars), 10<sup>ème</sup> pour le (-0.5bars) et 13<sup>ème</sup> jour pour le milieu concentration (-1bars)

Alors que pour le traitement (-2 bars) aucune germination n'a été enregistrée durant les 30 jours

En absence d'humidité suffisante, la graine même si elle est correctement placé dans le sol, elle n'évolue pas, retardant ainsi, la levée de la culture et en cas de persistance de sécheresse la situation peut se traduire par une absence de levée (Feliachi et *al.*, 2001). La sécheresse est l'un des principaux facteurs environnementaux qui affecte grandement la germination des espèces cultivées et réduit leur survie au cours des stades précoces de développement.

## VI-1.4. Moyenne journalière de germination



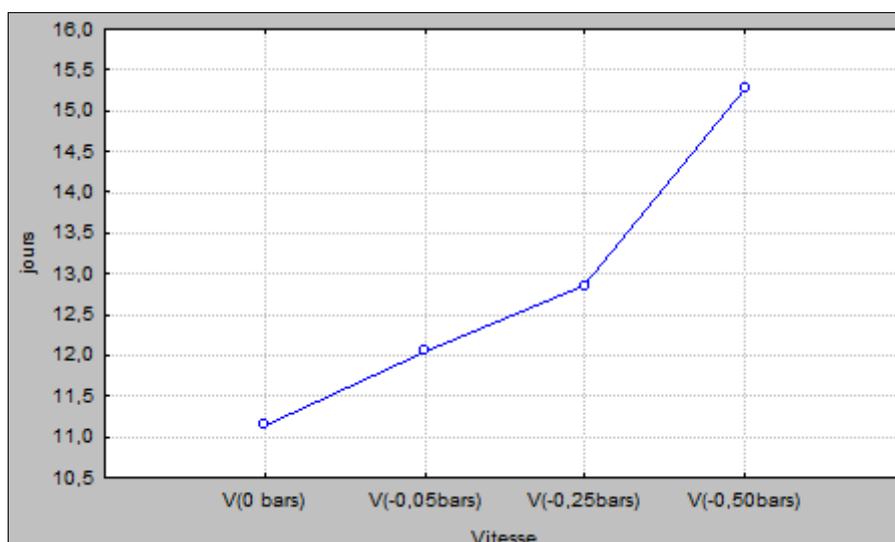
**Figure 15 :** Histogramme illustrant la moyenne journalière de germination de *Pinus halepensis Mill* en fonction de l'intensité du stress hydrique

D'après l'histogramme, on remarque que la moyenne journalière de germination pour le pin d'Alep diffère d'une concentration à une autre, cette moyenne a enregistré une valeur maximale de 3 pour les graines traitées par l'eau distillée puis elle commence à diminuer avec l'augmentation de la concentration en PEG pour atteindre 0,7 pour le stress osmotique le plus élevé (- 1 bars).

D'après Czabator (1962) la germination totale est exprimée sous la forme de la germination journalière moyenne.

Le retard de la germination des graines ainsi que la diminution de la moyenne de germination journalière de l'ensemble des géotypes avec l'augmentation du stress hydrique est expliqué par le temps nécessaire à la graine de mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne (Bliss et al, 1986).

### VI-1.5.Vitesse de germination (stress hydrique)



**Figure16** : vitesse de germination

La vitesse de germination ou le temps moyen de germination est de 50 %.

Cette vitesse se présente comme suit :

11 jours pour les graines avec une pression osmotique (0 bars) (imbibée par l'eau distillée) ;

12 jours pour la germination des graines avec la pression osmotique de -0,05 bars ;

13 jours pour les graines avec une pression osmotique de (-0,25 bars) et

15 jours pour les graines sous la pression osmotique de (-0,5 bars)

Pour les lots de la pression osmotique on ne peut pas calculer cette vitesse puisque le taux de germination ne dépasse pas 50%

D'après ces résultats on remarque l'augmentation de la pression osmotique qui ralentit la vitesse de germination des graines de pin d'Alep

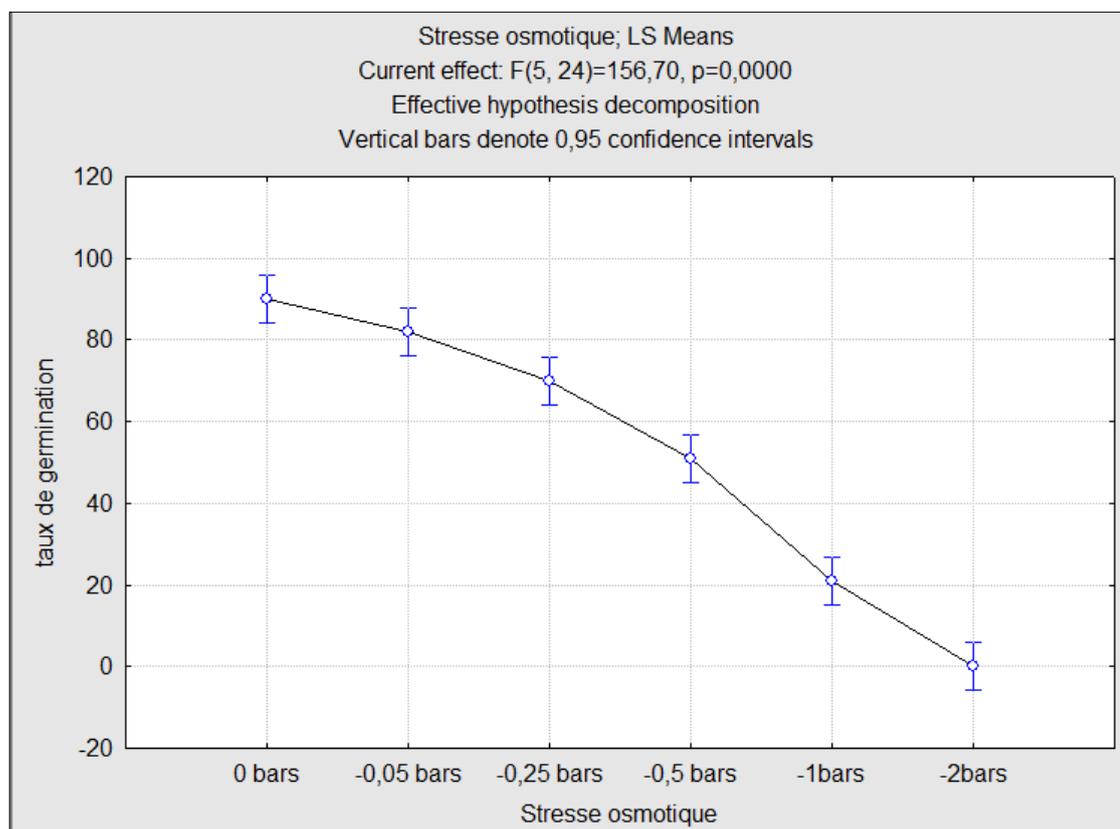
Il pourrait s'agir également d'une difficulté d'hydratation des graines suite à un potentiel osmotique élevé entraînant une certaine inhibition des mécanismes aboutissant à la sortie de la radicule hors des téguments et par conséquent un retard de germination des graines (Gill et al ,2003).

En absence d'humidité suffisante, la graine n'évolue pas, retardant ainsi, la levée de la culture et en cas de persistance de sécheresse la situation peut se traduire par une absence de levée (Feliachi et al., 2001).

L'eau est évidemment indispensable et doit être disponible dans le milieu extérieure en quantité suffisante (Heller et al., 2004) ; aussi selon bensaadi, 2011 l'absorption de l'eau par

la semence s'effectue par osmose et l'augmentation de ce stress osmotique empêche l'infusion de l'eau dans les téguments.

### VI-1.5. Test statistique :



**Figure 17 :** Effet des différentes pressions osmotiques sur le taux de germination des graines de *Pinus halepensis* Mill. Les plots représentent la moyenne  $\pm$  Ecart type (n=5 répétitions).

Statistiquement les résultats précédant sont confirmées par l'analyse de la variance (Anova 1 facteur) qui montre qu'il existe un effet hautement significatif ( $P < 0.001$ ) des différentes concentrations en glycol (PEG 6000) sur le taux de germination des graines du pin d'Alep.

En effet plus les concentrations de polyéthylène glycol (PEG 6000) du milieu augmente plus le pouvoir germinatif diminue. Thanos et Skordilis, 1986 ont montrés que des semences de pins méditerranéens, *Pinus halepensis* et *P. brutia*, ont une germination optimum à 20°C à l'obscurité. Leur gamme de températures de germination est assez étroite et leur vitesse de germination très lente. Lorsque les semences sont soumises à une pression osmotique, cette vitesse devient même encore plus faible, tandis que le pourcentage final de germination n'est affecté qu'à potentiels osmotiques très faibles. Le taux de germination dans les cas étudiés est sensiblement faible, un fait déjà observé chez la plupart des espèces de *Pinus* (ISTA, 1976 *in*

FAO, 1992). Ce retard peut être attribué à la couche de semence agissant comme barrière à la pénétration de l'eau dans l'embryon (Thalouarn, 1975; 1976).

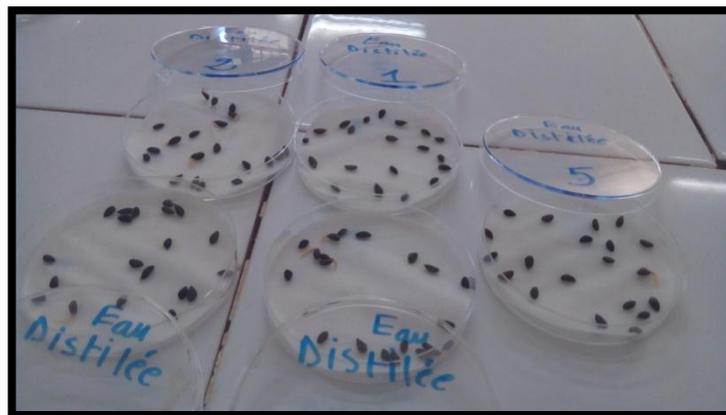
Thanos et Skordilis, 1986 ont montrés aussi que la résistance au stress hydrique pourrait être attribuée à l'effet soit d'un facteur inhérent, soit à l'âge de la semence et des conditions de vigueur des graines. Dans leurs travaux, ils montrés que le temps expérimental (30 jours) a été insuffisant pour une manifestation complète de la germination sous l'effet du stress hydrique. Ceci est pris en considération par la valeur élevée du temps moyen de germination, environ 21 jours, à -6 bar et environ 25 jours à -8 bar.

Falusi, et al , 1983 à montrés dans ces travaux sur les effets du potentiel hydrique du substrat sur la germination et sur la première étape de la croissance racinaire de 4 provenances (Israël, Maroc, Grèce et Italie) de *p. halepensis* une réduction significative de la germination en % à -2 bars, alors que la croissance racinaire a été affectée à -4 bars. Les différentes provenances ont montrés des réponses significativement différentes au stress hydrique. Les provenances grecques et marocaines étaient les plus résistantes, avec une forte germination et une croissance rapide des racines. Les résultats sont discutés par rapport aux conditions climatiques des zones et des origines des graines.

## VI-2. Effet du stress salin sur la germination du pin d'Alep

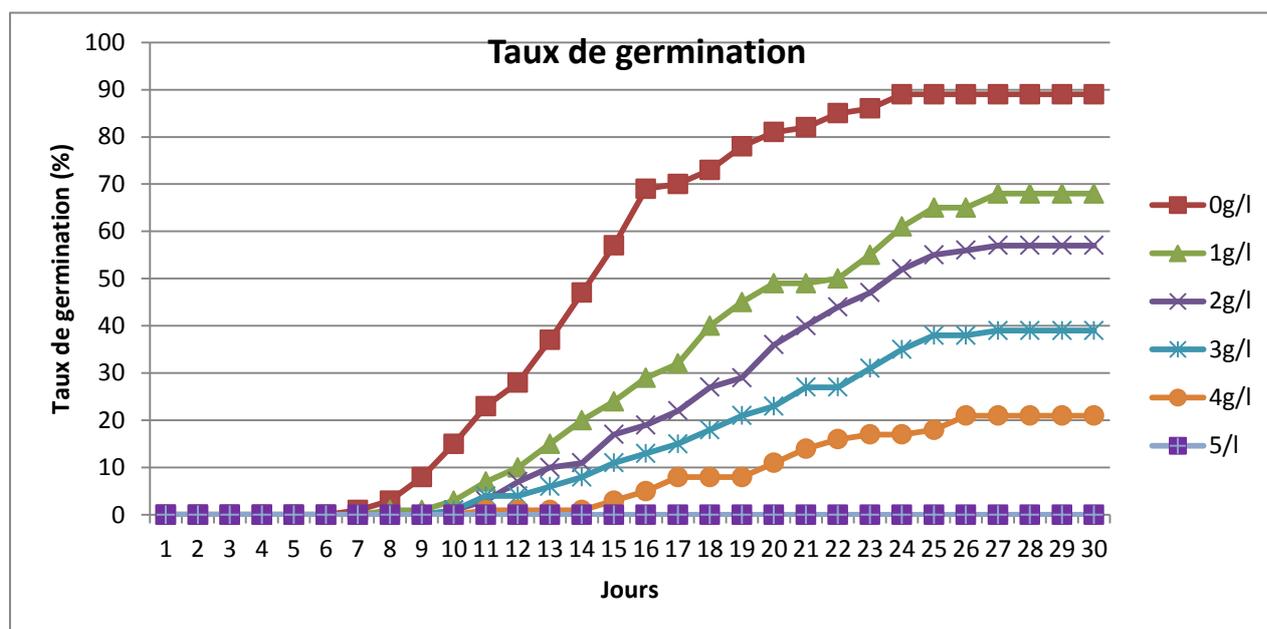
### VI-2.1. Début de la germination

Après la fin de la durée de la germination qui s'étaler sur 30 jours, les premières germinations des graines ont été observés dans les boîtes de pétri qui contiennent les graines imbibés par l'eau distillé après 7 jours de lancement de l'expérience comme le montre la figure ci dessous.



**Figure 18** : Germination des graines de *Pinus halepensis* Mill imbibées par l'eau distillé (témoin)

## VI-2.2. Taux de germination sous stress salin



**Figure 19 :** Variation du taux de germination du *Pinus halepensis* en fonction de l'intensité du stress salin

Les résultats obtenus montrent que les taux de germination des graines ont diminué au fur et à mesure que la dose de Na Cl augmente de 0g/l à 4g/l.

D'une manière générale on remarque que :

Les graines témoins non affectées par le stress salin (0g/l) ont un taux de germination entre le 7<sup>ème</sup> jour et le 24<sup>ème</sup> jour de 89% présentés dans la figure N°17

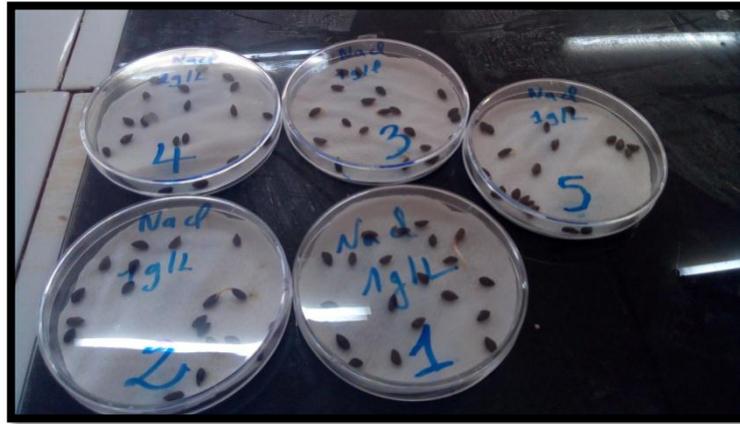
Les graines ayant subi un stress salin de l'ordre de (1 g/l) ont un taux de germination entre le 8<sup>ème</sup> jour et le 27<sup>ème</sup> jour de 68% présentés dans la figure N°19

Les graines ayant subi un stress salin de l'ordre de (2g/l) ont un taux de germination entre le 10<sup>ème</sup> jour et le 27<sup>ème</sup> jour de 57%.

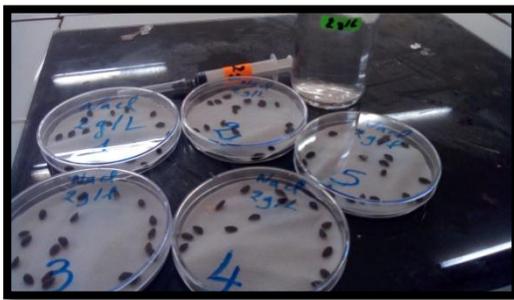
Les graines ayant subi un stress salin de l'ordre (3g/l) ont un taux de germination entre le 10<sup>ème</sup> jour et le 27<sup>ème</sup> jour de 39% présentés dans la figure N°20

Les graines ayant subi un stress salin de l'ordre de (4g/l) ont un taux de germination entre le 11<sup>ème</sup> jour et le 25<sup>ème</sup> jour de 21% présentés dans la figure N°21

Alors que pour le traitement 5g/l aucune germination n'a été enregistrée durant les 30 jours (figure 22).



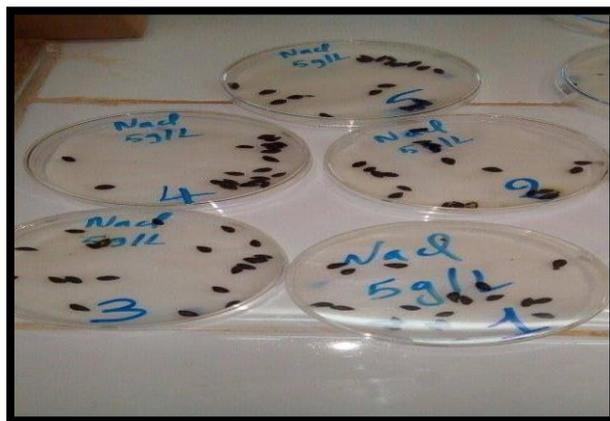
**Figure 20** : Début de la germination des graines de *Pinus halepensis* Mill imbibées par un dosage salin (1g/l)



**Figure 21** : Germination des graines de *Pinus halepensis* Mill imbibées par la concentration de Na cl (2 g/l) et (3g/l) (stress salin)



**Figure 22** : Germination des graines de *Pinus halepensis* Mill imbibées par la concentration de Na cl 4g/l (stress salin)

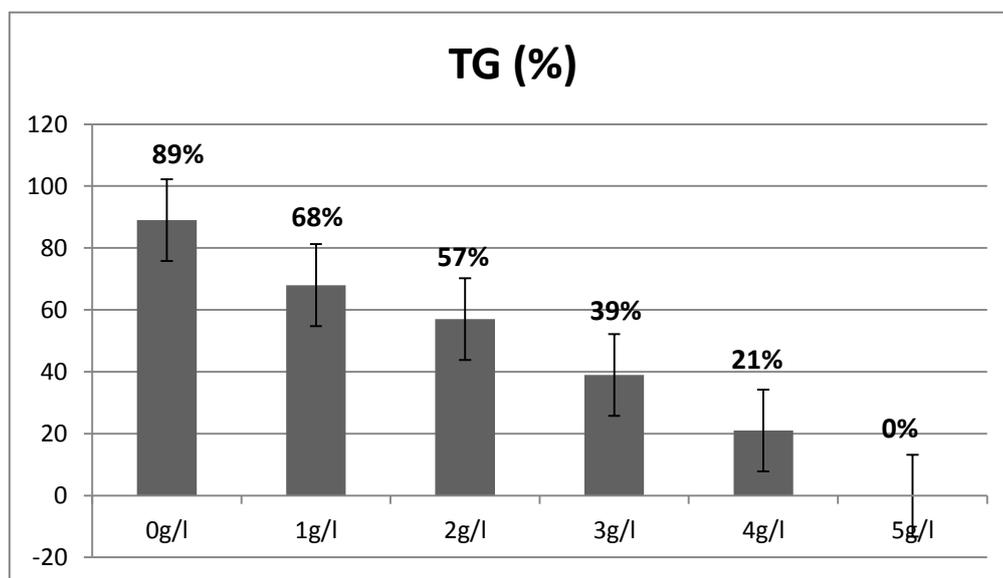


**Figure 23 :** Aucune germination des graines de *Pinus halepensis Mill* imbibées par la concentration de Na cl 5g/l (stress salin)

Généralement la plus part des études d'impact de stress salin sur la germination ont montré que le taux de germination diminue considérablement avec l'augmentation du stress salin

La salinité peut entraîner une diminution importante du taux final de germination, qui peut à son tour conduire à l'établissement de peuplement irréguliers et réduire la récolte des rendements (Yildirim et Guvenc ,2006).

Plusieurs études ont montrés que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination, sur la croissance biologique et sur la production des graines (Ben naceur et al,2001)



**Figure 24 :** Le pourcentage de germination des graines de *Pinus halepensis Mill* sous stress salin

D'après l'histogramme ci-dessus on remarque que le taux de germination des graines de pin d'Alep diffère d'une concentration à une autre. D'après ces résultats on observe une valeur maximale de 89% pour les graines non stressées au NaCl puis ces valeurs commencent à diminuer avec l'augmentation de la concentration en NaCl pour chuter à 21% pour le stress salin le plus élevé (4g/l).

En général le taux de germination diminue considérablement avec l'augmentation du stress salin du substrat.

La diminution du taux de germination final correspond soit à une augmentation de la pression osmotique externe ce qui affecte l'absorption de l'eau par les graines. Soit à une accumulation des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  dans l'embryon (Groome, et al, 1991). 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, l'émergence de la radicule serait contrôlée par l'osmolarité du milieu (Kaya, 2008; Bruggeman et al, 2002).

### VI-2.3. Nombre journalier des graines germées

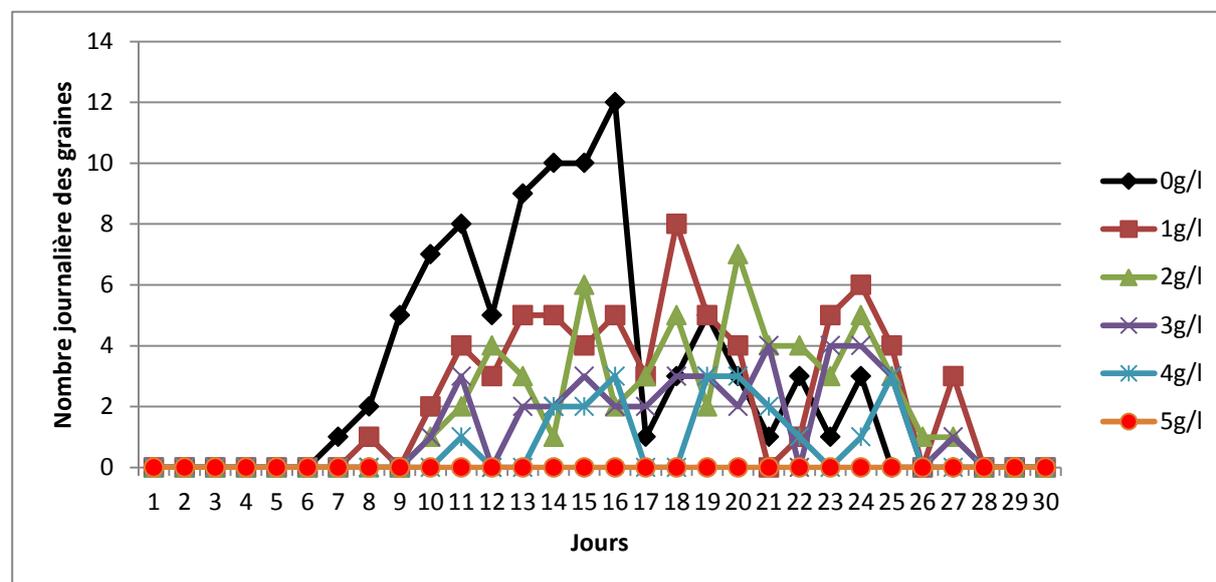


Figure 25 : Nombre journalier des graines germées

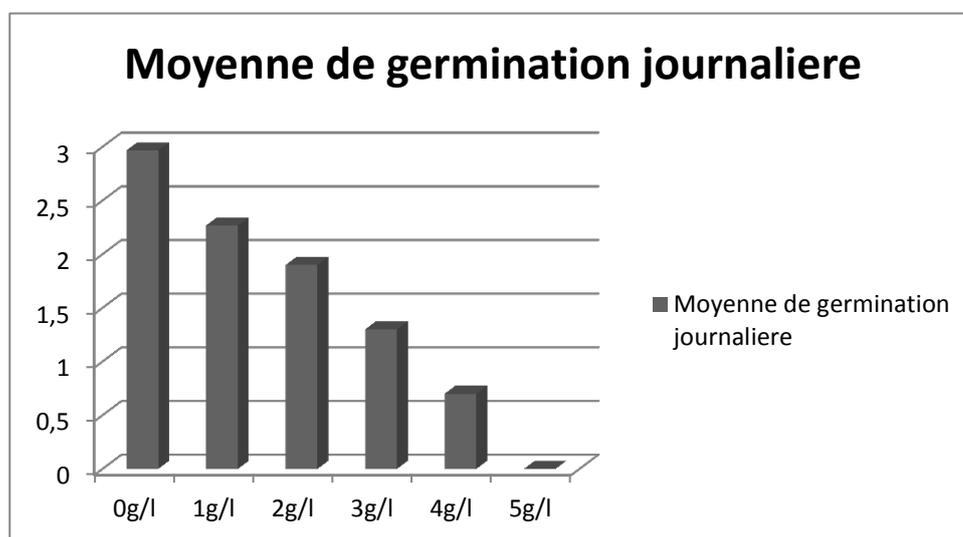
L'étude du pouvoir germinatif en fonction du temps montre l'action du NaCl sur le temps de germination. Les graines du pin d'Alep ont germées à des temps de latence qui varient entre 7 jours pour le témoin et 8<sup>ème</sup> jours pour le milieu de concentration (1g/l), 10<sup>ème</sup> pour le (2g/l), (3g/l) et 11<sup>ème</sup> jour pour le milieu concentration (4g/l)

Et pour le traitement (5g/l) aucune germination n'a été enregistrée durant les 30 jours.

Les observations de l'effet des traitements sur la germination des graines du pin d'Alep ont permis de noter l'importantes variations à leur tolérance au stress salin. Nos résultats montrent clairement que les graines de *Pinus halepensis Mill* germent mieux en absence du sel ou dans un milieu enrichi de Na cl à faible concentration (1g/l), (2g/l) et (3g/l) Lorsque la concentration en sel augmente (5 g/l de Na cl), la germination des graines est nulle.

Ce qui est confirmé par les résultats obtenus par Bouda et Haddioui , 2011,lorsqu'ils ont fait le même traitement sur les graines d'*atriplex*, ils ont trouvés que le taux d'inhibition de germination des graines stressées par le Na cl est arrêter à 5g/l.

#### VI-2.4. Moyenne de germination journalière



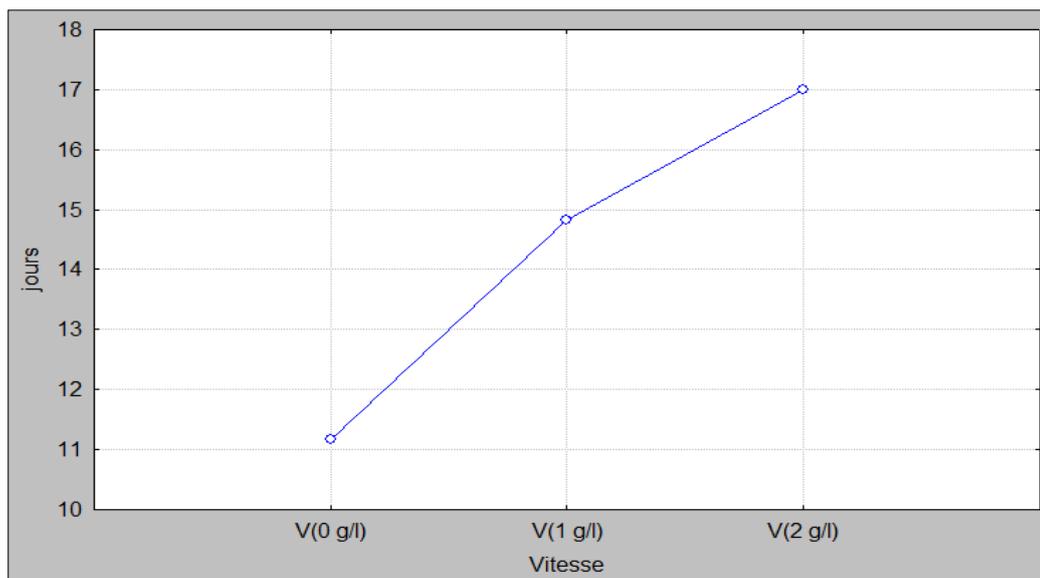
**Figure 26 :** Histogramme illustrant la moyenne journalière de germination du *Pinus halepensis Mill* en fonction de l'intensité du stress

On remarque dans cette figure qui représente la moyenne journalière de germination pour la *Pinus halepensis Mille* une diminution significative de cette moyenne on allant de la valeur maximale 3 pour les graines traitée par l'eau distillée vers le traitement Na Cl (4g/l) avec une valeur de 0.7, atteignant le 0 pour les autres traitements 5g/l.

Selon Bliss et al (1986), le retard de la germination des graines ainsi que la diminution de la moyenne de germination journalière chez plusieurs génotypes de pois chiche est due à l'augmentation de la concentration saline, et est expliqué par le temps nécessaire à la graine de mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne.

La diminution du taux de germination final correspond 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  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  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 (Groome et al, 1991).

### VI-2.5.Vitesse de germination (stress salin)



**Figure27** : vitesse de germination

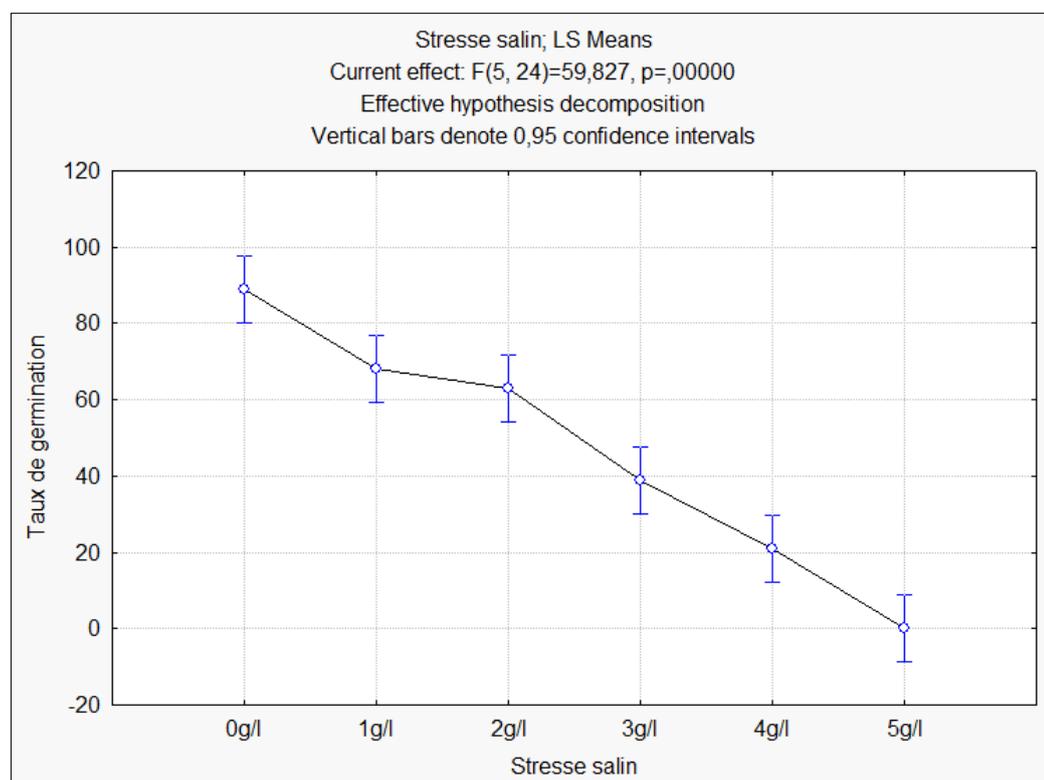
D'après nos résultats on remarque que le sel affecte la vitesse de germination, un ralentissement est observé avec l'augmentation du sel dans l'eau. En absence de sel les graines nécessitent que 11 jours pour atteindre un taux de 50% par contre en présence de sel (1g ; 2g/l) la germination dure (15j et 17jour) pour atteindre 50% de germination en comparaison avec les témoins.

L'augmentation de la concentration saline explique le temps nécessaire à la graine à mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne (Bliss et al, 1986)

Les perturbations observées pourraient être expliquées par une diminution du potentiel osmotique du milieu suite à l'ajout du sel (Mauromicale et al , 2002)

Selon Prado et al., la diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé sous ces conditions de stress, représentant ainsi une stratégie d'adaptation à l'égard des contraintes environnementales.

### VI-2.5. Test statistique



**Figure 28** : Effet des différentes concentration en sel sur le taux de germination des graines de *Pinus halepensis* Mill. Les plots représentent la moyenne  $\pm$  Ecart type (n=5 répétitions).

Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il existe une différence significative du taux de germination des graines de pin d'Alep ( $P < 0.001$ ) imbibée par différentes solutions concentrées en sel.

En effet plus les concentrations en sel du milieu augmente plus le pouvoir germinatif diminue. La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (Maillard, 2001) Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (Ungar, 1978 et Kabar, 1986 in 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 (Belkhodja et Bidai, 2004). Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (Bouda et Haddioui, 2011)

La salinité peut entraîner une diminution du taux final de germination et peut à son tour conduire à l'établissement de peuplements irréguliers et réduire la récolte des rendements (Yildirim et Guvenc, 2006). La présence excessive des sels solubles peut causer une forte pression osmotique chez les plantes et l'inhibition de la germination des graines ainsi que le développement de la plante entière en réduisant sa capacité à retenir l'eau entraînant des conséquences sur le niveau de croissance et sur l'activité métabolique (Belkhodja et Bidal, 2014). Les effets inhibiteurs imposés par la salinité sur le processus de la germination peuvent être également expliqué par l'altération de l'activité enzymatique, indispensable à la réactivation cellulaire pendant cette phase. Ainsi la salinité inhibe l'activité de plusieurs enzymes (Larcher, 1995) *in* (Bensaadi, 2011)

# Conclusion

## Conclusion

En Algérie, comme pour la plupart des pays méditerranéens, dans les zones arides et semi- arides, la sécheresse observée depuis longtemps a conduit manifestement à la salinisation des sols. La combinaison de ces deux contraintes naturelles, devient de plus en plus stressante pour la germination et la croissance des plantes, dans leur milieu naturel.

L'étude de la germination de cette espèce est très importante pour connaître son pouvoir germinatif afin de ne pas tomber dans l'échec si elle est choisie comme essence importante dans le reboisement, elle est ainsi introduite pour reconstituer les zones dégradées et occuper les terrains nus dans les zones steppiques et les zones arides et semi- arides.

Les résultats obtenus dans ce travail nous ont donné une idée sur le comportement germinatif des graines du pin d'Alep sous stress abiotique.

Pour le stress hydrique : le taux de germination et la moyenne de germination journalière sont fortement touchés et elles diminuent avec l'augmentation de la concentration du PEG ajoutée. En absence de stress, le taux de germination maximal en présence d'humidité suffisante est d'environ 90%. Les graines stressées ne supportent pas plus de (-1bars) de PEG avec des taux de germination faible (21%).

Pour le stress salin l'espèce germe mieux dans un traitement dépourvu de sel (témoin) avec un taux de germination de 89% et une moyenne de germination journalière de 2.96. Par contre celles ayant subi un stress de l'ordre de 4g/l de Na Cl ont un taux de germination faible de l'ordre de (21%).

Le taux de germination, pourrait être considéré comme un critère précoce de sélection des espèces végétales tolérantes au stress salin et stress hydrique.

D'après les résultats obtenus, on peut dire que le Pin d'Alep est une espèce fragile au moment des semences dans les milieux secs et les milieux riches en Na Cl et elle ne tolère pas une grande concentration de Na Cl, On estime que le degré de tolérance face à la contrainte saline est de (4g/l) et stress hydrique (-1bars)

En effet le taux de germination diminue considérablement avec l'augmentation d'un stress abiotique quel soit hydrique ou salin.

### **Recommandation**

- L'augmentation des programmes de reboisement et le repeuplement des zones dégradées afin d'augmenter la production de la litière qui joue le rôle d'une éponge, en gardant l'humidité pour assuré la germination des graine.
- utilisation des graines adaptée génétiquement au différente stress pour la production des espèce dans ces zone aride
- Au temps que la salinité est un facteur limitant pour la germination et le développement des espèces dans le milieu naturel, il faut avant tous de connaitre le comportement des espèces et leur réaction avec les différents facteurs abiotiques d'une manière d'amélioré leur espérance de réussite au cours de son emplacement dans le milieu désiré.

# Références bibliographiques

## Références bibliographiques

- Abbas H., Barbero M., Loisel R. et Quezel P. 1985. Les forêts de pin d'Alep dans le sud-est méditerranéen français. Analyses éco dendrométriques, première partie. *Forêt méditerranéenne* 7(1) : 35-42.
- Abdennebi A., 2006. Contribution à l'étude de la régénération naturelle du pin d'alep (*pinus halepensis mill*) dans la région de djerma dhara. Thèse d'ingénieur univ hadj lakhdar batna: 3-11.
- Acherar M., 1981. La colonisation des friches par le pin d'Alep (*pinus halepensis mill.*) dans les basses garrigues du Montpellier. thèse de doctorat, ustl Montpellier, 210 p.
- Agrobio Périgord., 2013. Faire ses test des germination. Fiche technique 4p.
- Acherar M., Lepart J. & Debussche M., 1984. La colonisation des friches par le pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill.*) en Languedoc méditerranéen. *Oecologia Plantarum* 5 (19) : 179-189.
- Ammari Y., Sghaier T. , Khaldi A. et Garchi S., 2001. Productivité du pin d'Alep en Tunisie : Table de production. *Annales de L'INGREF N° Spécial.* : 239-246
- B.N.E.D.E.R., 1992. Etude de développement agricole dans la wilaya de Saïda, Aménagement des zones forestières et de montagne, Rapport principal, Tipaza, Algérie, 226 p.
- B.N.E.F., 1990. Etude d'aménagement des forêts domaniales de Oum graf et Ain Zeddim, phase II, 66 p.
- Belkhodja M et Bidai Y., 2004. Réponse des graines d' *Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, 4(15) :331-334.
- Bellefontaine R., 1979. Variation morphologique des fleurs d'un *Pinus halepensis*. Mill. *Ann.Rech.Forest.du Maroc*.19, 417-425.
- Ben Naceur M., Rahmoun C., Sdiri H., Meddahi ML. Et Selmi M., *Sécheresse*, 12, (2001), 167-174.
- Benabdeli K., 1996. Aspects physionomico-structural et dynamique des écosystèmes Forestiers face à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les monts de Dhaya (Algérie septentrionale), Thèse de doctorat d'état en écologie appliquée, Université d'Aix-Marseille III, 179 p.
- Benmahioul B., Daguin F., et Kaid-harche M., 2009. Effet du stress salin sur la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*pistacia vera l.*). *c. r. biologies*, 332 :164-170.
- Bliss RD, Patt-Alliola KA, Thomsin W. 1986. The inhibitory effect of NaCl on barley germination. *Plant cell Environ.*, 9: 727- 733.
- Bouchoukh I., 2010. Comportement écophysologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. Mémoire de Magistère en Biologie végétale, Université Mentouri –Constantine. 112p
- Bouda S., Haddioui A., 2011. Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Nature & Technologie*, 5:72-79.
- Boyer., 1982. Plant productivity and environment. *Sci, New series. Science*, 218, 443-448.
- Brueggeman R, Rostoks N, Kudrna D, Kilian A, Han F, Chen J, Druka A, Steffenson B, and Kleinhofs A. 2002. The barley stem rust - resistance gene Rpg1 is a novel disease - resistance gene with homology to receptor kinases. *Proc Natl Acad Sc USA*, 99: 9328 -9333.

- Bajji M, Kinet J.M et Lutts S., 2002. osmotic and ionic effects of *nacl* on germination, early seedling growth, and ion content of *atriplex halimus* (*chenopodiaceae*). *can. j. bot*, 3 (80): 297-304.
- Belkhodja M et Bidai Y., 2004. Réponse des graines d'*Atriplex halimus* l. à la salinité au stade de la germination. *sécheresse*, 4(15) :331-334.
- Benata H, Berrichi A.B, Reda Tazi M, Abdelmoumen H et Misbah el Idrissi M., 2006. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et le développement de trois espèces légumineuses : *acacia tortilis* var. *raddiana*, *leucaena leucocephala* et *prosopis juliflora*. Le premier congrès national sur l'amélioration de production agricole settat (*recueil des résumés*).
- Bensaadi N. 2011. Effet du stress salin sur l'activité des  $\alpha$ -amylases et la remobilisation des réserves des graines d'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) en germination. Mémoire de magistère. Université d'Oran.
- Bentouati A., 2006. Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) du massif de Ouled Yagoub (Khenchla-Aurès). Thèse doctorat, Univ Batna, 115p
- Borsali AH., 2013. Contribution à l'évaluation de l'impacte des incendies sur les écosystèmes forestiers: cas de la forêt de Fénouane, wilaya de Saïda. (Algérie). Thèse de Doct. Univ. Abou Bakr Belkaid Tlemcen & Univ.Aix Marseille. 237p
- Bouda S. et Haddioui A., 2011. Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *atriplex* ; laboratoire de biochimie et biotechnologies des plantes, université cadi ayyad, faculté des sciences-semlalia, b.p. 2390, 40000, Marrakech, Maroc
- Boudy P., 1950. Économie forestière Nord-Africaine. II: Monographie et traitement des ensembles forestiers, Paris, Larose, 887 p.
- Boudy P., 1950. Guide du forestier en Afrique du Nord. Édition la maison rustique.
- Boulghalagh J, Berrichi A, El Halouani H et Boukroute A., 2006. Effet des stress salin et hydrique sur la germination des graines du jojoba (*simmondsia chinensis* [link] schneider).recueil des résumés. le premier congrès national sur l'amélioration de production agricole, Settat, Maroc, 24p.
- Boutte B., Durand-gillmann M., 2012. INRA avignon pour la partie t. destruens pin d'Alep les principaux problèmes sanitaires 4p
- Boyer., 1982. Plant productivity and environment. sci, new series. 218: 443 - 448 p.
- Bravo L., 1998. Polyphenols : Chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. Nutr. reviews. 56, 11, 317-333.
- Calamassi R, Falusi M, Tocci A., 1980. Variazione geografica e resistenza a stress idrici in semi di *Pinus halepensis* Mill, *Pinus brutia* Ten *Pinus eldarica* Medw. Ann Ist Sper Selv Arezzo, XI, 195-230
- Calamassi, R. 1982. Effetti della luce e della temperatura sulla germinazione dei semi in provenienze di *Pinus halepensis* Mill. e *Pinus brutia* Ten. /tatia Forestale e Montana, 37 : 1 74- 1 87.
- Calamassi, R., Falusi, M. & Tocci, A. 1984. Effets de la température de germination et de la stratification sur la germination de *Pinus halepensis* Mill. *Silvae Genetica*, 33: 1 3 3- 1 39 .
- Chokri M., 2005 : Etude de l'effet de l'irradiation sur la conservation de pin d'Alep et sur les mycotoxines. Memoire mastere en industries alimentaires ecole superieure des industries alimentaires de Tunis 133p.
- Côme D., 1970. Les obstacles à la germination, edition masson et cie, 162 p.

- Côme D., 1982. Germination (chapitre 2), dans croissance et développement - *physiologie végétale ii*, mazliak p., collection méthodes, herman, paris, pp 129-225.
- Cornillon P., Palloix A.- 1997 Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of Pepper cultivars. *J. Plant. Nutr.* 20: 1085-1094p
- Couhert B. & Duplat P., 1993. Le pin d'Alep. Rencontres forestiers-chercheurs en forêt méditerranéenne. La Grande-Motte (34), 6-7 octobre 1993. Éd. INRA, Paris 1993. (Les colloques N° 63 : 125-147.
- Couhert B. & Duplat P., 1993. Le pin d'Alep dans la région Provence Alpes Côte d'Azur. Propositions pour une sylviculture et un modèle de production. *Bull. tech. ONF*, 25: 3-22
- Chakroun M., 1986. Le pin d'Alep en Tunisie. Le pin d'Alep et le pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne. Paris : CIHEAM, 1986. p. 25-27 (Options Méditerranéennes : Série Etudes; n. 1986- I)
- Chartzoulakis K., Klapaki G., 2000. Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *sci. hortic.* 86, 247-260.
- Côme D., 1975. Rôle de l'eau, de l'oxygène, et de la température dans la germination. Paris, p 27- 44.
- Czabator, F.J. 1962. Germination value : An index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science.* 8(4) : 386-396.
- Debez A., Chaïbi W., Bouzid S., 2001. Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones/Agricultures, Vol. 10, No. 2: 135- 138.
- Dunalp J.R., Barnett J.P. 1984. Manipulating loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seed germination with simulated moisture and temperature stress, in : Duryea M.L., Brown G.N (Eds.). Seedling physiology and reforestation success, Martinus Nijhoff/Dr. W Junk Publishers, Dordrecht, , pp. 61-73.
- Deysson., 1967. Physiologie et biologie des plantes vasculaires, croissance, production, écologie. Ed. Société d'édition d'enseignement supérieur, Paris, p26.
- Djavanshir K., Reid C.P.P. 1975. Effect of moisture stress on germination and radicle development of *Pinus eldarica* Medw. and *Pinus ponderosa* Laws, *Can. J. For. Res.* 5 80-83.
- Fady, B., Semerci, H., Vendramin, G. G., 2003. Technical guidelines for genetic conservation and use for Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and Brutia pine (*Pinus brutia*), EUFORGEN, International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 6 p.
- FAO, Rome., 2001. La foresterie urbaine et peri-urbaine.
- FAO., 2008. Terrestrial Database ([www.fao.org/agl/agl.1/terrestat](http://www.fao.org/agl/agl.1/terrestat)).
- Fenner M, Thompson K. 2005. The ecology of seeds. cambridge university press.
- Fenner M., 1985. Seed ecology. chapman and hall, new york, 151p.
- Falusi, M., Calamassi, R. and Tocci, A. (1983). Sensitivity of seed germination and seedling root growth to moisture stress in four provenances of *Pinus halepensis* Mill. *Silvae Genetica*, 32, 4-9.
- Feliachi K, Amroune R et Khaldoune. 2001. Impact de la sécheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie: céréaliculture N0 35.ED. ITGC. Algérie.
- Groome M.C., Axler S. et Gfford D.J., 1991. Hydrolysis of lipid and protein reserves in loblolly pine seeds in relation to protein electrophoretic patterns following imbibitions. *physiol. plant*, 83, 99-106.
- Gutterman., 1993. Strategies of dispersal and germination in plants inhabiting deserts. *bot. rev.*, 60 : 373-425.

- Guyot., 1997. Climatologie de l'environnement de la plante aux écosystèmes, édition Masson, Paris, 505 p.
- Groome M.C., Axler S. et Gfford D.J., 1991. Hydrolysis of lipid and protein reserves in lobolly pine seeds in relation to protein electrophoretic patterns following imbibition. *Physiol. Plant*, 83, 99-106.
- Hyde E.O.C., 1954. The function of the hilum in some Papilionaceae in relation to the ripening of the seed and the permeability of the testa, *Ann. Bot. N.S.*, 18, pp 241-256.
- Heler R., Esnault R. et Lance C. 2000. *Physiologie végétale et développement*, ed. dunod, paris. 366p.
- IRSTEA, 2014 : institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture. pin d'Alep et sécheresse : une histoire d'adaptation.
- Jeam P, Catmrine T., Giues L., 1998 : *Biologie des plantes cultivées*. Ed. L'Arpers, Paris, p 46, 47,150.
- Jones H.G., Flowers T.J. & Jones M.B. 1989. *Plants Under Stress*. Univ. Cambridge.
- Kadik B. 1987. Contribution à l'étude du pin d'alep (*Pinus halepensis* mill) en algérie : écologie, dendrométrie, morphologie. office des publications universitaires (alger). 585 p
- Labani A., 2005. Cartographie écologique et évaluation permanente des ressources naturelles et des espaces productifs dans la wilaya de Saida. *Mém Doc, Univ Sidi Bel Abbes*, 229 p
- Lafon J.P., Tharaud-prayer C., Levy G. 1990. *Biologie des plantes cultivées*. Tome 2. *Physiologie du développent génétique et amélioration*. ed : lavoisier, paris. 172p.
- Leutreuch-Belarouci N., 2001. De la nécessité d'établir des stratégies de reboisement en Algérie sur la base de la biodiversité. *Revue Ecosystems.n°1, Sidi bel abbes*.2001.75p
- Levitt J., 1980. *Responses of plants to environmental stresses*. Academic Presse, New York.
- Loisel R. 1976. Place et rôle des espèces du genre *pinus* dans la végétation du sud-est méditerranéen français. *ecologia mediterranea 2* : 131-152.
- Levigneron, A. Lopez, F. Varisuyt,G. Berthomien, P. et Casse-delbar,T. 1995. Les plantes face au stress salin. *cahier d'agriculture*. (4): 263-273.
- Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S. & Janardhan Reddy K., 2006. Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer: 1-14 p.
- Maillard J., 2001. Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. *Risques et recommandations. Handicap International*, 34p.
- Meloni D.A., Oliva M.A., Ruiz H.A., Martinez C.A., 2001. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *j. plant nutr.* 24, 599-612.
- Michel, B.E. and M.R. Kaufmann, 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.*, 51: 914-916.
- Mohammad M., Shibli R., Ajouni M., Nimri L., 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *j. plant nutr.* 21, 1667-1680.
- Macke A et i.a Ungar, 1971. The effect of salinity on germination and early growth of *puccineffia nuttaffiana*. *canadian j. bot.*, 49, 515-520
- Madhava rao k.v., Raghavendra a.s. & Janardhan reddy k. 2006 . Printed in the netherlands. *physiology and molecular biology of stress tolerance in plants. springer*: 1-14 p.
- Maillard J., 2001. Le point sur l'irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. *Risques et recommandations. handicap international*, 34p.

- Mazlaik p., 1982. Physiologie végétale, croissance et développement. Tome 2.ed. Hermann éditeurs des sciences et des arts, collecte méthodes, Paris. p 575.
- Mazliak P., 1982. Physiologie végétale, croissance et développement, Nouvelle Edition Paris, 459 p.
- Mazliak P., 1982. Croissance et développement. physiologie végétale. t2.harmann, Paris. 465 p.
- Meloni DA., M.A. Oliva HA., Ruiz., Martinez CA., 2001. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *J. Plant Nutr.* 24:599–612p.
- Meyer S., Reeb C., Bosdeveix R. 2004. Botanique, biologie et physiologie végétale .ed. Moline, Paris, 461p.
- Mezali M., 2003. Rapport sur le secteur forestier en Algérie, 3eme session du forum des Nations Unies sur les forêts, 9 p.
- Miransari M., and Smith D., 2009. rhizobial lipo-chitooligosaccharides and gibberellins enhance barley (*hordeum vulgare* L.) seed germination. Volume: 8. (2): 270-275.
- Mohammad M., Shibli R., Ajouni M., Nimri I., 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *J. plant nutr.* 21, 1667–1680.
- Montero G., 2000. Tablas de producción para *Pinus halepensis* Mill.; Cuad. SOCo Esp. Cien. For vol. 10
- Munns R., Schatman DP., Condon AG., 1995. The significance of a two- phase growth response to salinity in wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.* 22: 561-569 p.
- Munns R., Termaat A., 1986. Whole-plant responses to salinity. *Aust. J. Plant Physiol.* 13: 143-160 p.
- Nahal I., 1986. Taxonomie et aire géographique des pins du groupe *halepensis*. Ciheam-Options Méditerranéennes. N° 1, pp. 1-9.
- Nahal I., 1962. Le pin d'Alep. étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Annales de l'école nationale des eaux et forêts* 19 (4) : 533-627.
- Ndour P et Danthu P., 2000. Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africains. Projet national de semences forestières du Sénégal. 11 p
- Nedjimi B., Difi M. et Haddioui A., 2014. Effets des différents prétraitements sur la germination des semences de pin d'alep (*pinus halepensis* mill.) revue univ Ouargla.
- Parde J., 1957. La productivité des forêts de pin d'Alep en France. *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux & Forêts*, 15 : 368-411.
- Parida A.K., Das A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *ecotoxicology and environmental safety*. vol.60, pp. 324-349.
- Pontie G., Gaud G., 1992 - environnement en Afrique. Afrique contemporaine, Paris, 249 p.
- Previsto B., Ripert C., Favand G., Lopec JM., Estère R., Martin W., 2009. n°diague a-régénération des peuplements de pin d'alep en base provenance calcaire, impact des traitements du sol de la végétation et des rémanents, Cemagraf, un écosystème méditerranéen et risque, forêt méditerranéenne xxx, 2009, p 3-12.
- Quezel P., 1986. a. les pins du groupe « *halepensis* ». écologie, végétation, écophysiologie options méditerranéennes. série étude ciheam 86/1, 11-24.
- Quezel P., 1986. b. biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. dans : actualités d'écologie forestière (ed. : Pesson), ed. Gauthier Villars, Paris, pp. 205-256.
- Quezel P., 2000. Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*pinus halepensis* and *p brutia*). in Neeman, G., Trabauds I. (eds). ecology, biogeography and management of

*pinus halepensis* and *p brutia* forest ecosystems in the mediterranean basin. backhuys publishers, leiden, pp 1-12.

- Quezel P., Barbero M. & Benabid A., 1987. Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré-forestiers du haut Atlas oriental (Maroc). *Ecologia Mediterranea*. Tome XIII. Fasc. 1-2: 107-113

- Quezel, P. and Santa, S. 1962, 1963- Nouvelle Flore d'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales. 2 Tomes, Editions CNRS, Paris, 1170

- Rahmoune C., Maalem S., Kadri K et Ben naceur M., 2008. Etude de l'utilisation des eaux fortement salées pour l'irrigation des plantes du genre *atriplex* en zones semi arides. *revue des régions arides*, 21 (2): 924-929.

- Ramade F., 2003. Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale. 3ème édition. Paris, p 690.

- Rengasamy P.- 2010 Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Aust. J. Soil Res.* 37: 613-620 p.

- Reven P.H., Evert R.F., Eichhon S.E. 2003. Biologie végétale. , 1ère édition. de boeck université, isbn. pp 565.

- Regoui C., 2004. Approche dendroécologique du Pin d'Alep (*pinus halepensis* Mill) dans la forêt domaniale de Ouennoughas (Massif des Bibans- Bordj Bou Arréridj). Thèse de magister. Univ Ferhat Abbés. Sétif. P : II - 20.

- Seigue A., 1985. La forêt circum-méditerranéenne et ses problèmes. Maison neuve et Larose. Édition. Paris. 502 p.

- Sadio S., 1989. Pédogenèse et potentialités forestières des sols sulfatés acides salés des tannes du sine saloum, sénégal. landbouwuniversiteit, wageningen, 270 p.

- Schmidt, L. 2000. Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. Pages 1-511. Danida Forest Seed Centre Denmark.

- Schwartz D.P., 1988. Improved Method for quantitating and obtaining the unsaponifiable Matter of Fats and Oils. *J. Am. Oil chem. Soc.*, 65, 2, 246 – 251.

- Soltner D., 2007. Les bases de la production végétale tome iii, la plante. ed. collection sciences et technique agricole paris, 304p

- Soulier J. Et farines M., 1992. L'insaponifiable Manuel des corps gras, pp.95-104. lavoisier éd. Tec and doc, Paris.

- Szabolc SL., 1992. Salinization of soil and water and its relation to desertification. desertification control bulletin, 21 : 32-37

- Thalouarn, P., 1975. Stimulation de la germination de *Pinus.halepensis* Mill. par administration successive d'ions mercure et chlore. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, Paris, serie D, 280, 275-278.

- Thalouarn, P., 1976. Stimulation de la germination de *Pinus halepensis* Mill. par administration successive d'ions mercure et chlore; recherche des mecanismes en cause. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, Paris, serie D, 282, 1857-1860.

- Thanos C.A., Skordilis A., The effects of light, temperature and osmotic stress on the germination of *Pinus halepensis* and *P. brutia* seeds, *Seed Sci. Technol.* 15 (1987) 163-174.

- Toole, V. K. 1973. Effects of light, temperature and their interactions on the germination of seeds. *Seed Science Technology*, 1 : 339-396.

- Trabaud L., 1995. Modalités de germination des cistes et des pins méditerranéens et colonisation des sites perturbés. *Rev Ecol (Terre Vie)* 50, 3-14

- Tsimilli-michael, M., Pêcheux, M., Strasser, R.J., 1998. Vitality and stress adaptation of the symbionts of coral reef and temperate foraminifers probed in hospite by the fluorescence kinetics o-j-i-p. archs. sci. genève 51, 1–36
- Thanos, C . A . & Skordilis, A. 1987. The effect o f light, temperature and osmotic stress o n the germination of *Pinus halepensis* and *P. brutia* seeds. Seed Science Technology, 15 : 163-174.
- Trabaud L., Michels, C. & Grosman, J. 1985. Recovery of burnt *Pinus halepensis* Mill. forest. II. Pine reconstitution after wildfire. Forest Eco/ogy Management, 1 3 : 1 67- 1 79.
- Unesco water Portal., 2007. <http://www.unesco.org/water>
- Ungar I.A., 1982. Germination ecology of halophytes. tasks for veget sci., 2, 143-154.
- Ungar I.A., 1991. Ecophysiology of vascular halophytes. crc press, boca. raton, 209 p.
- Vallee C., Bilodeau G., Cegep J.D.L. 1999. Les techniques de culture en multicellulaires. Institue Québécois du développent de l’horticulture ornementale. Technology and Engineering. 394P.
- Vicente G., Martinez M., Aracil J., 2004. Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems. *Bioresour. Technol.* 92: 297-305p.
- Yildirim et Guvenc ,2006. Salt tolerance of oaoocer cultivars during germination and seedling growth. Turk J agric For 30: 347-353.Tubitak.
- Zid E et Grignon C., 1991. Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. cas des stress salin et hydrique. L’amélioration des plantes pour l’adaptation aux milieux arides. ed. *john libbey. eurotext*, paris : 91-108.

# Les annexes