



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور الجلفة-

Université Ziane Achour –Djelfa

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Sciences Agronomique et vétérinaires



Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Spécialité: Agroalimentaire et contrôle de qualité

Thème:

**Contribution à l'étude de l'effet des températures sur la germination des grains de pollen de *Pinus halepensis* Mill. dans la wilaya de Djelfa**

Présenté par :

Slimani Amina

Messaoudi Rekaia Imane

• Devant le jury composé de :

Présidente : Mme. Zaoui .A

M.A.A. U.Z.A.D

Promotrice : Mme. Naas. O

M.C.B. U.Z.A.D

Examinatrice : Mme. Oualha. D

M.A.A. U.Z.A. D

**Année Universitaire : 2023 / 2024**

# Remerciements

*Tous d'abord nous tenons à remercier ALLAH tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*Nous exprimons nos profondes gratitude et respectueuses reconnaissances à notre encadrante **Dr. Naas Oumsaad** pour son encadrement, conseils et sacrifices afin de donner le meilleur et pour son suivi durant la période de préparation de notre mémoire de fin d'étude.*

*Nos remerciements vont aux membres du jury **Mme. Zaoui .A** et **Mme. Oualha. D** qui nous ont fait l'honneur d'accepter d'examiner notre travail.*

*Nous adressons nos sincère remerciements à tous les professeurs qui par leurs conseils et leurs efforts durant toutes les années passées ont marqué une grande trace, vraiment un grand remerciement pour leurs qualité d'enseignement qui nous a été dispensé.*

# *Dédicace*

*Tout d'abord, je remercie ALLAH et le loue pour ses bénédictions innombrables*

*. À mon cher père, Nadir Slimani, qui a toujours été mon soutien et mon appui, et qui a défié tout le monde pour moi, faisant l'impossible pour satisfaire mes demandes. Merci pour tout ce que tu as fait pour moi, tu es la lumière qui éclaire mon chemin, je t'aime.*

*À ma chère mère, Djamila, qui porte vraiment bien son nom, qui remplit ma vie de sa tendresse et de son encouragement, et qui s'efforce toujours de rendre mon cœur heureux. Tu es ma chérie, ma précieuse et la compagne qui ne trahit jamais, je t'aime.*

*À mon grand-père Ahmed, que Dieu ait son âme, qui m'a dit quand j'avais trois ans que je réussirais, et me voilà aujourd'hui en train de le réaliser grâce à son soutien et à sa foi en moi. Et à ma grand-mère Fatima, que Dieu ait son âme, qui m'a laissé des souvenirs précieux que je n'oublierai jamais. Je vous aimais beaucoup, surtout mon cher grand-père.*

*À mes chers frères, Adel, Ahmed, Imade, Omar, et ma sœur Widade, vous êtes ma famille et mes compagnons à chaque instant.*

*Enfin, à mon amie, mais aussi à ma sœur fidèle Rekaia Messaoudi, exemple de loyauté et de dévouement, qui a toujours été à mes côtés.*

*À vous tous, j'offre ce modeste travail avec tout mon amour et ma gratitude. Je prie Dieu de vous protéger et de vous rendre toujours heureux, et qu'Il soit satisfait de Moi et de vous.*

*Slimani Amina*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chères de ma vie :*

*\* À mes chers parents, ma mère et mon père **Ahmed Messaoudi**, pour leur amour, leur tendresse et leur soutien durant toutes les étapes de ma vie. J'espère qu'un jour, je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, et je demande à Dieu de leur accorder tout le bonheur.*

*\*À mon cher frère **Lakhdar Yaacoub** et à mes quatre chères sœurs **Nariman, Zineb , Safia, Hana**, pour leurs encouragements et leur soutien moral et matériel.*

*\* À tous ceux qui m'ont enseigné tout au long de ma vie scolaire, pour leur amour, leur soutien, leur encouragement et leur présence dans ma vie.*

*\* À ma chère amie préférée **Amina Slimani**, merci d'être là, de me soutenir et de m'encourager à aller de l'avant. Je suis reconnaissante de t'avoir dans ma vie.*

*\* À tous ceux que je n'ai pas mentionnés mais qui sont aussi dans mes pensées.*

*\* À ma famille bien-aimée.*

**Messaoudi Rekaia Imane**

## Résumé

Cette étude porte sur le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) dans la région de Djelfa en Algérie, où cet arbre est considéré comme important sur le plan écologique et économique. Il se distingue par sa capacité à s'adapter à des conditions difficiles telles que la sécheresse et les sols pauvres, ce qui le rend idéal pour la culture dans les zones semi-arides. Les expériences en laboratoire ont montré que la meilleure température pour la germination du pollen est de 27 °C, tandis que des températures élevées (35 °C) entraînent une diminution significative des taux de germination. Les résultats indiquent également que la pollution et l'augmentation des températures ont un impact négatif sur la qualité du pollen. L'étude souligne l'importance de protéger les forêts de Pin d'Alep et de développer des stratégies efficaces pour la culture et le renouvellement. Ces résultats contribuent à renforcer les connaissances sur la préservation de ces ressources naturelles et à soutenir le développement durable dans la région.

**Les mots- clés :** *Pinus halepensis* ; Germination du pollen ; Température ; significatif ; sécheresse .

## **Abstract**

This study focuses on the Aleppo Pine (*Pinus halepensis*) in the Djelfa region of Algeria, where this tree is considered important ecologically and economically. It is characterized by its ability to adapt to harsh conditions such as drought and poor soils, making it ideal for cultivation in semi-arid areas. Laboratory experiments showed that the optimal temperature for pollen germination is 27 °C, while high temperatures (35 °C) lead to a significant decrease in germination rates. The results also indicate that pollution and rising temperatures negatively impact pollen quality. The study emphasizes the importance of protecting Aleppo Pine forests and developing effective strategies for cultivation and regeneration. These findings contribute to enhancing knowledge about the preservation of these natural resources and supporting sustainable development in the region.

**Keywords:** *Pinus halepensis* ; Pollen germination ; Temperature ; significant; drought.

## الملخص

تتناول الدراسة الصنوبر الحلبي في منطقة الجلفة بالجزائر ،حيث تُعتبر هذه الشجرة مهمة بيئيًا و اقتصاديًا. تتميز بقدرتها على التكيف مع الظروف القاسية مثل الجفاف و التربة الفقيرة ،مما يجعلها مثالية للزراعة في المناطق شبه الجافة. أظهرت التجارب المخبرية أن أفضل درجة حرارة لإنبات حبوب اللقاح هي 27 درجة مئوية ، بينما تؤدي درجات الحرارة المرتفعة (35 درجة مئوية) إلى انخفاض ملحوظ في معدلات الإنبات. كما تشير النتائج إلى أن التلوث وارتفاع درجات الحرارة يؤثران سلبيًا على جودة حبوب اللقاح. تؤكد الدراسة على أهمية حماية غابات الصنوبر الحلبي و تطوير استراتيجيات فعالة للزراعة و التجديد. تساهم هذه النتائج في تعزيز المعرفة حول الحفاظ على هذه الموارد الطبيعية ودعمًا للتنمية المستدامة في المنطقة.

**الكلمات المفتاحية:** إنبات حبوب اللقاح ; درجة الحرارة; *Pinus halepensis* ; الجفاف ; ملحوظ.

***Table des matières***

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction ..... 1

**Partie1 Synthèse bibliographique ..... 2**

**Chapitre I Forêts de pins d'Alep dans la willaya de Djelfa**

I.1 Généralités.....4

I.2 L'origine du nom du pin d'Alep ..... 4

I.3 Répartition géographique .....4

I.4 Description botanique de la plante..... 6

I.5 Reproduction ..... 9

I.6 Les utilisations de *Pinus halepensis* ..... 9

I.7 Caractéristiques écologiques des forêts de pins d'Alep à Djelfa ..... 10

I.8 Les types des peuplements à pin d'Alep ..... 11

**Chapitre II: Le pollen**

II.1 Définition..... 14

II.2 Morphologie du pollen ..... 15

II.3 Caractéristiques des pollens de conifères ..... 16

II.4 Conservation des pollens ..... 18

II.5 Effet des grains de pollen sur l'environnement..... 19

II.6 Germination des grains du pollen du Pin d'Alep. .... 19

**Partie 2: Étude expérimentale..... 25**

**Chapitre III: Matériel et méthodes**

III.1 Le But de l'étude..... 27

III.2 Présentation de la région d'étude ..... 27

III.3 Les données climatiques ..... 29

III.4 Matériel et méthodes ..... 30

**Chapitre IV: Résultats et discussions**

IV.1 Analyse statistique ..... 39

IV.2 Discussions ..... 48

Conclusion ..... 50

Références bibliographiques ..... 52

***Liste des Abréviations***

Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>     Le nitrate de calcium.

H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>        *L'acide borique .*

μm              *1 micromètre = 0,001 millimètre .*

°C                *Degré Celsius : unités de l'échelle de température Celsius.*

pH                *Le potentiel hydrogène.*

---

---

## Liste des figures

<b>Figure I.01:</b> Aire de répartition du Pin d'Alep en région méditerranéenne ( <b>Ghougali, 2011</b> ) .....	5
<b>Figure I.02:</b> Répartition du Pin d'Alep en Algérie ( <b>Brakchi-Ouakour, 2015</b> ) .....	5
<b>Figure I.03:</b> Arbre du Pin d'Alep ( <b>Prat et Rubinistten, 2015</b> ).....	6
<b>Figure I.04 :</b> l'écorce du Pin ( <b>Saget, 2014</b> ) .....	7
<b>Figure I.05 :</b> Les feuilles du Pin d'Alep ( <b>Garrige, 2003</b> ) .....	7
<b>Figure I.06:</b> les chatons males de Pin ( <b>Geslotes, 2018</b> ).....	8
<b>Figure I. 07:</b> Les cônes femelles ( <b>Novikova, 2019</b> ).....	8
<b>Figure II.08:</b> La structure de grain du pollen bicellulaire ( <b>Elhamidi, 2017</b> ). .....	14
<b>Figure II. 09:</b> Coupe théorique à travers le sporoderme d'un grain de pollen ( <b>Naas, 2017</b> ) .....	16
<b>Figure II.10:</b> Coupe longitudinale d'un ecaille staminale d'un cône mâle de <i>Pinus halepensis</i> Mill. ( <b>Naas, 2017</b> ) .....	17
<b>Figure II.11:</b> Grain du Pollen de <i>Pinus halepensis</i> Mill. ( <b>Naas, 2017</b> ) .....	17
<b>Figure II.12 :</b> Carte de localisation des sites de Djelfa (Carte DJELFA Feuille N_ 342 Ech. 1/50) .....	27
<b>Figure III.13 :</b> La recolte des cônes males sur l'arbre (direction nord-sud et est-ouest du bas de l'arbre) ( <b>Naas, 2017</b> ).....	31
<b>Figure III.14 :</b> Schéma expérimental de l'étude .....	33
<b>Figure III.15 :</b> Test d'Alexander réalisé sur le pollen de <i>Pinus halepensis</i> Mill. (Pollen fertile : couleur rouge; pollen stérile : couleur verte) ( <b>Naas, 2017</b> ) .....	35
<b>Figure III.16 :</b> . Étapes du travail en laboratoire.....	36
<b>FigureIV.17:</b> Taux de germination selon les températures dans les régions de Messaad et Hassi Bahbah.....	42
<b>Figure IV.18 ;</b> Pollen de pin germe observe au microscope optique après 3 Jour d'incubation (Messaad) ( <b>Originale</b> ).....	44
<b>Figure IV.19:</b> Pollen de pin germe observe au microscope optique après 3 Jour d'incubation (Hassi bahbah) ( <b>Originale</b> ) .....	44

---

---

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau II.1:</b> Conditions optimales de conservation du pollen de quelques espèces du genre Pinus (Naas, 2017) .....	18
<b>Tableau II.2:</b> Facteurs affectant la viabilité du pollen pendant le stockage (Kellal et Laterchi, 2021).....	24
<b>Tableau III.3 :</b> Localisation géographique des régions de Messaad et Hassi Bahbah (Meziani et Cneg et al, 2019) .....	28
<b>Tableau III.4:</b> Conditions climatiques des sites d'échantillonnage pendant le mois d'Avril 2024 (Office National Météorologique, 2024).....	29
<b>Tableau IV.5:</b> Statistiques descriptives Messaad .....	43
<b>Tableau IV.6 :</b> Statistiques descriptives Hassi Bahbah.....	43

# *Introduction*



## Introduction

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) est l'une des espèces de pins les plus répandues dans le monde, couvrant de vastes étendues dans la région de la Méditerranée (Fao, 2013). Cette essence forestière joue un rôle essentiel dans l'équilibre environnemental et l'économie de la wilaya de Djelfa en Algérie (Messaoudene et al, 2017).Également connu sous le nom de "pin d'Alep " ou "pin de Alep", le pin d'Alep est naturellement présent dans les zones semi-arides et arides du bassin méditerranéen (Quezel, 1998).

La wilaya de Djelfa fait partie des régions algériennes qui abritent d'importantes forêts de cette essence, occupant de larges superficies du couvert végétal local (Aouissi et al, 2021).Les pins d'Alep se distinguent par leur remarquable capacité d'adaptation aux conditions environnementales difficiles, telles que la sécheresse et les sols pauvres, ce qui en fait l'une des espèces les plus répandues dans les zones semi-arides et arides comme Djelfa (Quezel et Médail, 2003). Ils se caractérisent également par leur croissance rapide et leur aptitude à se régénérer après les incendies, les rendant essentiels pour préserver l'équilibre écologique de ces régions (Quézel, 1998).Outre leur valeur environnementale, les pins d'Alep constituent une source importante de bois et d'autres produits tels que la résine et les graines comestibles (Quézel et Médail, 2003).

Par conséquent, cette essence revêt une grande importance économique, en particulier pour les populations locales de Djelfa qui en dépendent dans leurs activités quotidiennes (Messaoudene et al, 2017).Malgré l'importance capitale de cette espèce végétale, de nombreux aspects restent encore à étudier et à approfondir (Quezel, 1998).

C'est dans cette optique que s'inscrit la présente étude, visant à mieux maîtriser les conditions de germinations des grains de pollen de cette essence ; Cela se fera à travers des expérimentations au laboratoire sur des échantillons provenant de deux zones de la wilaya de Djelfa.

L'objectif pivot de cette étude est de contribuer à enrichir les connaissances sur cette essence forestière qui joue un rôle central dans la préservation de l'équilibre écologique et le développement durable des ressources naturelles de la région.

Les résultats des expérimentations en laboratoire sur la germination du pin d'Alep permettront de mieux comprendre les facteurs clés influençant sa régénération et sa pérennité dans ces milieux arides.

*Partie 1*

*Synthèse bibliographique*



*Chapitre I*

*Forêts de pin d'Alep dans*

*la wilaya de Djelfa*



### **I.1.Généralité :**

Selon la revue Environnement et Nature (2022), le pin d'Alep est une espèce d'arbuste toujours vert qui est largement répandu dans la région de la Méditerranée. Cet arbre se caractérise par sa capacité à résister aux zones arides et aux sols stériles. C'est également un arbre longévif pouvant atteindre des centaines d'années. Le bois de ce pin est utilisé dans de nombreuses industries telles que la construction, l'ameublement, la production de papier et de charbon de bois (**Ahmed et Salim, 2022**).

### **I.2. L'origine du nom du pin d'Alep:**

Le nom "pin d'Alep" (*Pinus halepensis*) fait référence à la région géographique où cette espèce de pin pousse de manière abondante - la province d'Alep, dans le nord de la Syrie. Selon le chercheur Ibrahim Nour El-Din dans son livre "Les plantes sauvages au Moyen-Orient", ce pin pousse naturellement et de façon étendue dans les régions montagneuses et les plateaux autour de la ville d'Alep en Syrie.

Bien que le pin d'Alep se soit propagé dans d'autres régions du bassin méditerranéen, son nom conserve l'empreinte de son berceau originel en Syrie. Ce nom reflète l'importance historique et environnementale de ce type de pin dans la région du Levant. (**Nour El-Din ,2017**)

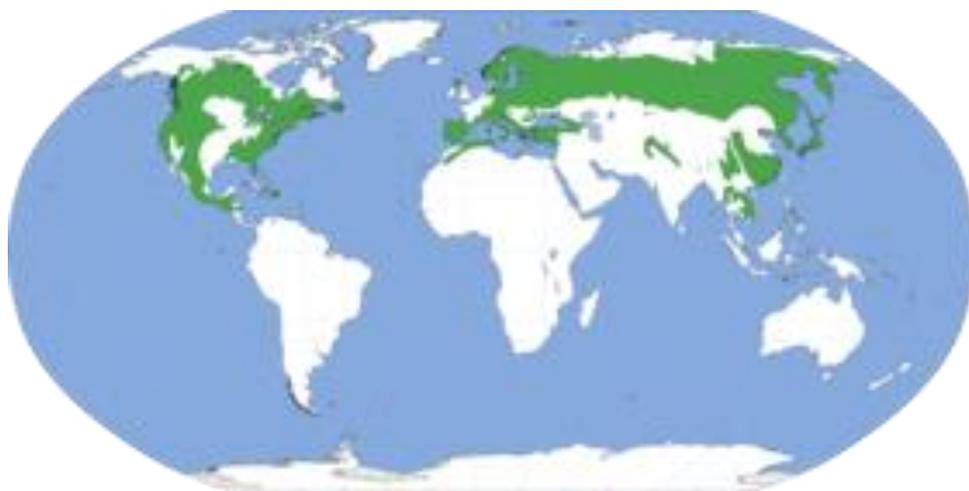
### **I.3. Répartition géographique:**

Le pin d'Alep est une espèce très répandue en région méditerranéenne qui représente sa limite en Europe et en méditerranée (Fig. 01) ; l'indigénat de cet arbre sur le littoral n'est plus d'actualité (**Loisel, 1976**). On compte 497.709 ha de pineraies naturelles et 1.046.97 ha de monocultures reboisée en Espagne, 202 000 ha au Nord de la France, 330.000 ha en Grèce, et 20.000 ha dans le Sud de l'Italie (**Quezel, 1980 ; Seigue, 1985 et Guit, 2015**).

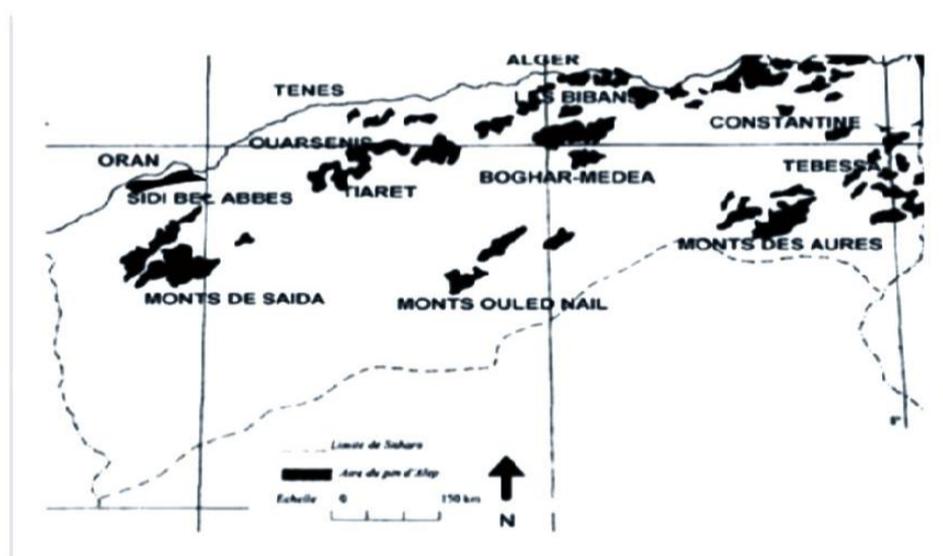
En Afrique, cet arbre couvre 170.00 Has en Tunisie, il est réparti sur différents étages bioclimatiques (**Ben jema et Belhaj, 2010**). Au Maroc, les peuplements de pin sont disloqués, ils couvrent 65.000 Has de la façade littorale (**Quezel, 1986**).

Selon **Boudy (1950)**, le pin d'Alep occupait 850.000 ha en Algérie ; une surface qui comprend toutes pinèdes confondues, réparties entre des formations mixtes et monocultures reboisées avec prédominance des plantations dans l'étage bioclimatique semi-aride (Fig. 02). L'étendu de la pineraie Algérienne fut aussi estimé à 855.000 ha (**Seigue, 1985**). Ensuite, dans un rapport pour le Forum des Nations Unis sur les Forêts (FNUF) un chiffre de 800.000 ha est indiqué (**Mezali, 2003**).

Actuellement, selon un bilan réalisé par la Direction Générale des Forêts (2024) *P. halepensis* occupe 881.000 ha sur 4,1 millions d'hectares du patrimoine forestier.



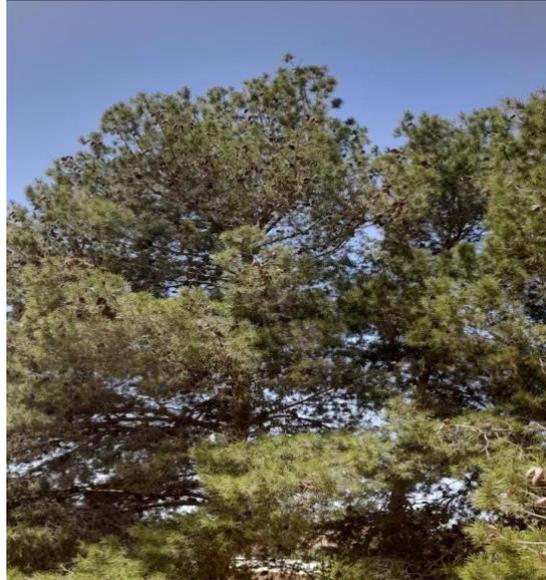
**Figure I. 01** : Aire de répartition du Pin d'Alep en région méditerranéenne (**Ghougali, 2011**)



**Figure I. 02:**Répartition du Pin d'Alep en Algérie (**Brakchi-Ouakour, 2015**)

**I .4. Description botanique de la plante :**

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) se distingue par des caractéristiques uniques qui l'aident à s'adapter à l'environnement difficile du bassin méditerranéen.



**Figure I.03:**Arbre du Pin d'Alep (Originale)

- L'écorce des arbres jeunes est lisse et d'un gris argenté (Figure04) ; chez les adultes, elle forme un rhytidome plus ou moins gerçure en écailles minces, larges et aplaties de couleur rougeâtre (Abloul et Ladjal, 2020) ;



**Figure I. 04 :** l'écorce du Pin (Originale)

- ses cônes sont petits et coniques , mesurant entre 5 et 10 centimètres de long (**Said, Khalil ,2019**)
- Bourgeons cylindro-coniques, 7-8 mm, non résineux (**Abloul et Ladjal, 2020**) ;
- Aiguilles très fines (< 1 mm) ; mesurent 5 à 10 cm de long ; réunies par deux, rarement par trois dans une gaine ; groupées en pinceaux à l'extrémité des rameaux (Figure 05); de couleur verte jaunâtre., Ces pseudophylles sont persistantes (**Abloul et ladjal, 2020**);



**Figure I. 05 : Les feuilles du Pin d'Alep (Garrige, 2003)**

- Les cônes mâles de 6 à 7 cm rassemblant à des chatons dressés, produisent une grande quantité de pollen jaune orangé dispersé par le vent (Figure 06) (**Nahal, 1983**) ;



**Figure I.06:** les chatons males de Pin (**originale**)

• Les cônes femelles ligneux ovoïdes coniques à écailles dures, pédonculés, isolés ou par paires, ils mûrissent au cours de la deuxième année et laissent le plus souvent échapper leurs graines au cours de la troisième année. Le cône doit avoir subi de forte chaleur qui détruit les joints de résine (voir figure 7) entre les écailles pour pouvoir s'ouvrir. Ce dernier renferme des graines mates de 7 mm de taille, brun gris sur une face et gris moucheté de noir sur l'autre. Munie d'une aile allongée 4 fois plus longue qu'elle, qui facilite leur dissémination rapide (Abloul et Ladjal, 2020).



**Figure I. 07:**Les cônes femelles (Novikova, 2019)

## **I.5.Reproduction:**

### **I. 5.1.Reproduction sexuée:**

- ❖ Le pin d'Alep commence à produire des cônes femelles et mâles lorsqu'il atteint environ 10-15 ans.
- ❖ Les cônes femelles (les fruits) se forment à la fin du printemps ou au début de l'été et mûrissent l'année suivante .
- ❖ Ces cônes contiennent des graines qui se dispersent par le vent et les animaux pour établir de nouveaux arbres (Said et Khalil , 2019).

### **I .5.2. Régénération végétative:**

- ❖ Le pin d'Alep a la capacité de se régénérer végétativement à partir de ses racines et de son tronc.
- ❖ Lorsque les arbres subissent des dommages ou des blessures, ils peuvent émettre de nouveaux bourgeons à partir des racines et des tiges pour former de nouveaux arbres.
- ❖ Cette caractéristique aide à la pérennité de cette espèce dans les environnements difficiles (Said et Khalil , 2019).

### **I.6. les utilisations de *Pinus halepensis*:**

Les utilisations du pin d'Alep sont de nombreuses diversifiées, tant dans les domaines du bois que hors du bois.

Il est considéré comme de haute qualité et très résistant. Il est largement utilisé dans la construction, la menuiserie et la fabrication de meubles . Il peut également être utilisé comme bois de chauffage dans les zones rurales en raison de sa disponibilité et de sa facilité d'accès **(Smith, 2020)** .

En ce qui concerne les produits non ligneux du pin d'Alep, les cônes de fruits sont utilisés dans l'artisanat et la décoration . De plus, la résine est extraite de ces arbres et utilisée dans les industries chimiques et pharmaceutiques**(Johnson,2021)**.

Sur le plan environnemental, le pin d'Alep est considéré comme une essence forestière importante pour le reboisement des zones dégradées et désertifiées. Ses puissantes racines contribuent à la stabilisation des sols et à la lutte contre la désertification . Il joue également un rôle essentiel dans la régulation du climat et la préservation de la biodiversité dans les environnements où il est présent **(Martinez, 2019)**.

En plus des utilisations précédentes, le pin d'Alep a des utilisations traditionnelles populaires. Ses graines sont consommées comme aliment dans certaines régions , et certaines parties de l'arbre ont des propriétés médicinales utilisées de manière traditionnelle **(Khalil, 2019 et Abou Rokaiba, 2015)**.

### **I.7. Caractéristiques écologiques des forêts de pins d'Alep à Djelfa:**

- ❖ Climat semi-aride avec un hiver froid et un été chaud, avec des précipitations moyennes annuelles de 300-400 mm ;
- ❖ Sols calcaires et peu profonds, favorables au pin d'Alep ;
- ❖ Formations forestières pures ou en mélange avec d'autres espèces (chêne vert, pistachier, genévrier) ;
- ❖ Présence de lisières forestières riches en espèces herbacées et arbustives ;
- ❖ Gestion traditionnelle des forêts de pins d'Alep ;
- ❖ Utilisation multiple des ressources forestières : bois de chauffage, pâturage, cueillette de plantes, récolte de résine ;.
- ❖ Pratiques sylvopastorales ancestrales : pâturage contrôlé, coupe sélective du bois, régénération naturelle ;
- ❖ Rôle important des forêts dans l'économie locale et la préservation de l'environnement.(**Ben Jemaa et Belhaj, 2010**)

### **I.8. Les types des peuplements à pin d'Alep:**

Dans la région de Djelfa, les forêts de pins d'Alep se caractérisent par une diversité dans les formations forestières qui les composent. On peut y distinguer trois types principaux de peuplements:

#### **1) Les peuplements purs de pins d'Alep:**

Ces peuplements dominants se trouvent dans les zones présentant des conditions environnementales particulièrement favorables à la croissance du pin d'Alep. Ces espaces forestiers se caractérisent par la présence d'un sous-bois arbustif et herbacé diversifié sous les pins (**Kaabeche, 2003**). Ces peuplements purs reflètent la capacité du pin d'Alep de mieux exploiter les ressources environnementales disponibles dans la région.

**2) Les peuplements mélangés de pins d'Alep avec d'autres essences:**

Dans d'autres secteurs, le pin d'Alep se trouve en formations mélangées avec d'autres arbres et arbustes. Il est notamment associé au chêne vert (*Quercus ilex*), au pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*) ou au genévrier (*Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*). Ce type de peuplements se caractérise par une composition floristique plus riche et diversifiée (**Bouزيد et al., 2017**). Cette diversité reflète la capacité d'adaptation du pin d'Alep à des conditions environnementales variables.

**3) Les lisières forestières de pins d'Alep:**

Il existe également des zones de transition entre le couvert forestier de pins et les milieux ouverts adjacents. Ces lisières forestières se distinguent par une grande diversité d'espèces herbacées et arbustives (**Ali et Cherif, 2020**). Ces espaces jouent un rôle écologique important en soutenant la biodiversité et la faune sauvage de la région.

Cette diversité dans les types de formations de pins d'Alep à Djelfa traduit la capacité d'adaptation de cette essence aux variations environnementales de la région. Cela souligne l'importance d'une gestion intégrée de ces forêts pour préserver ces écosystèmes remarquables.

# *Chapitre II*

## *le pollen*

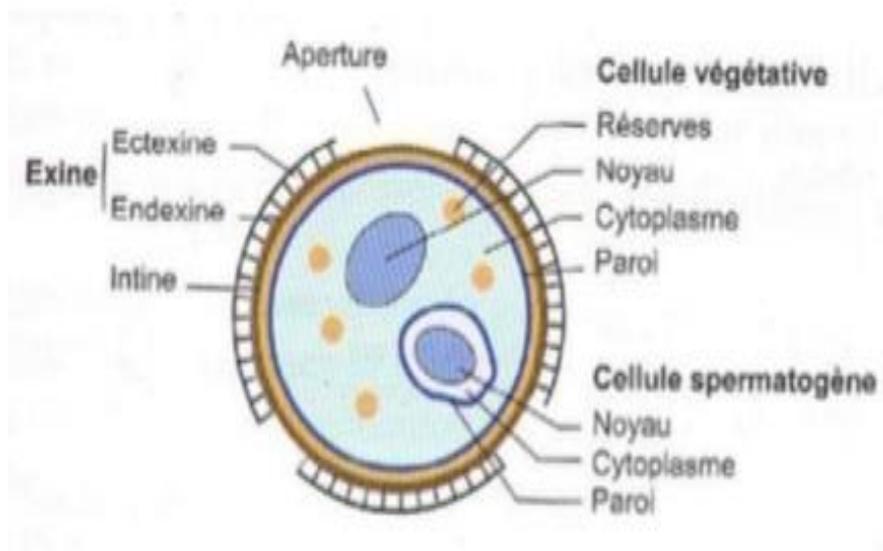


**II. 1. Définition :**

Le mot «pollen» vient du grec« palè» et signifie fine poussière ou farine.

Carl Von Linné est le premier à utiliser le mot pollen dans un contexte scientifique pour décrire le sperme mâle transportant des éléments de plantes à fleurs dans *Sponsalia Plantarum* «Les fiançailles des plantes», ouvrage publié en 1747 (Kessler et Harley, 2011)

Le grain de pollen est l'élément reproducteur microscopique ou gamétophyte mâle produit par les organes mâles des plantes (anthère des étamines). Au moment de sa dispersion, le grain de pollen contient deux ou trois cellules (Naas, 2017). Les pollens sont formés de deux noyaux et de cytoplasme entouré par une couche interne fine appelée intine et une paroi plus rigide et/ou plus épaisse appelé exine (Figure 08) (Nicolson, 2011).



**Figure II.08:** La structure de grain du pollen bicellulaire (Elhamidi, 2017)

## **II. 2. Morphologie du pollen:**

Selon le livre "Palynologie: Principales and Applications" publié en 1995, la morphologie des grains de pollen présente des caractéristiques structurales et compositionnelles complexes jouant un rôle crucial dans l'identification et la classification des espèces végétales (**Donald ; Britton et Bonnefille, 1995**)

### **II. 2.1. L'exine :**

L'exine est la paroi externe du grain de pollen, composée principalement de sporopollénine. Il s'agit d'une couche très résistante qui protège le pollen contre les agressions environnementales. La surface de l'exine présente souvent des motifs, des sculptures et des ornements complexes, qui sont des caractères taxinomiques importants (**Donald ; Britton ; Bonnefille, 1995**).

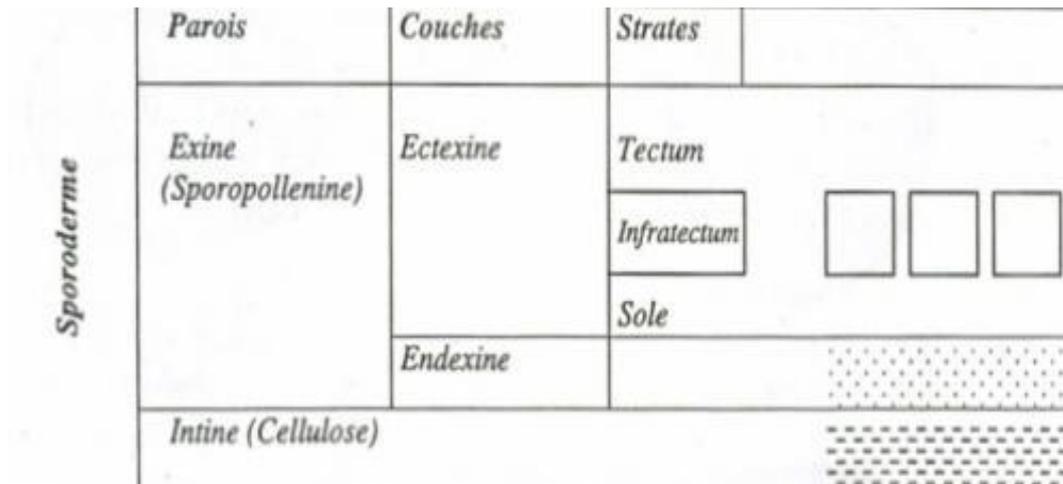
### **II. 2.2. L'intine :**

L'intine est la paroi interne du grain de pollen, composée de cellulose et de pectine. C'est une couche plus fine et plus flexible que l'exine, qui permet la germination du pollen et le développement du tube pollinique. L'intine se forme à partir du cytoplasme du grain de pollen (**Donald ; Britton et Bonnefille, 1995**).

### **II. 2.3. La sporopollénine:**

La sporopollénine, comme l'indiquent **Britton et Bonnefille(2001)**, est le constituant majeur de l'exine. C'est un biopolymère extrêmement résistant, insoluble dans la plupart des solvants. D'après les travaux de **Traverse en 2007**, la composition chimique complexe de la sporopollénine confère au pollen une grande durabilité et résistance face aux conditions environnementales. Bien que sa structure exacte ne soit pas encore totalement élucidée, elle jouerait un rôle clé dans la préservation du pollen au cours du temps (**Traverse, 2007**).

Cette morphologie détaillée du pollen, en particulier de l'exine et de la sporopollénine, est donc un outil taxonomique essentiel pour identifier et classifier les espèces végétales. Comme il est représenté sur la figure 09.



**Figure II. 09:**Coupe théorique à travers le sporoderme d'un grain de pollen (Naas ,2017)

**II.4.caractéristiques des pollens de conifères:**

La majorité des gymnospermes sont des conifères, tels que les sapins, les pins, les genévriers, les cyprès ou les thuyas. Ces gymnospermes produisent cinq types de pollens différents, parmi lesquels le type bi-ailé et le type polypliqué sont tout à fait caractéristiques de ce groupe végétal, présentant une originalité qui marque leur singularité (Kellal et Laterchi, 2021)

L'espèce de pollen étudiée ici est le pollen bi-ailé, qui est typique des conifères. Le cône mâle de ces plantes est composé d'un axe portant des écailles disposées en spirale, chacune d'elles portant sur sa face inférieure deux sacs polliniques renfermant les grains de pollen (voir figures 10-11).

Cette structure particulière du cône mâle et la morphologie bi-ailée des pollens constituent des éléments distinctifs majeurs des conifères par rapport aux autres gymnospermes.

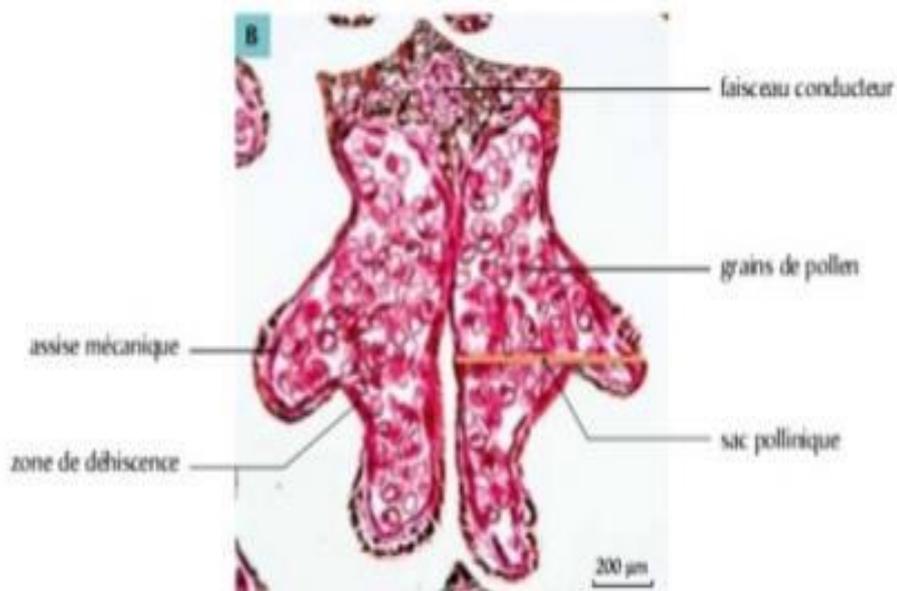


Figure II.10: Coupe longitudinale d'un ecaille staminale d'un cône mâle de *Pinus halepensis* Mill. (Naas, 2017)

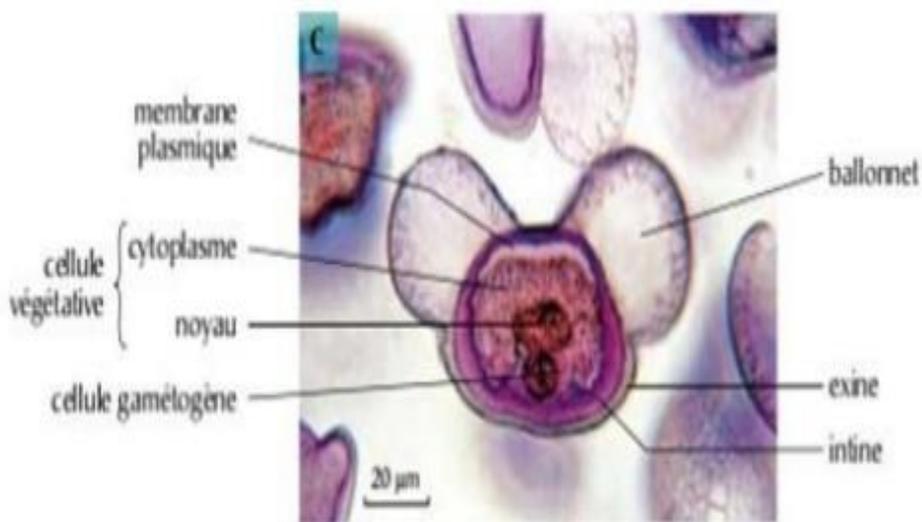


Figure II.11: Grain du Pollen de *Pinus halepensis* Mill. (Naas, 2017)

**II. 5. Conservation des pollens:**

Les grains de pollen se caractérisent par une résistance physique et biochimique remarquable, grâce à la sporopollénine qui constitue le composant principal de leur exine. Cette résistance exceptionnelle permet de conserver les pollens pendant de longues périodes. Ainsi, les pollens déshydratés peuvent être conservés à des températures comprises entre -10 et -30°C pendant jusqu'à trois ans. Cependant, les taux de survie varient grandement selon les génotypes et les procédures utilisées. Des études ont montré que le maintien de températures basses (0-8°C) et de faibles taux d'humidité (0-50% humidité relative (HR)) assure la longévité des pollens de différentes espèces, comme certains *pin* par exemple. voir tableau II.1

**Tableau II.1** – Conditions optimales de conservation du pollen de quelques espèces du genre *Pinus* (NAAS, 2017)

Espèce	Température de stockage (°C)	Humidité relative (HR)	Durée de stockage	Référence
<i>Pinus nigra</i>	5	0(vacum)	2.5 ans	Jensen 1964
<i>P. strobes</i>	18	25	14 mois	Duffield et Snow 1941
<i>P.resinosa</i>	0-4	25-50	14 mois	Duffield et Snow 1941
<i>P.sylvestris</i>	2	25-75	1 ans	Johnson 1943
<i>P.banksiana</i>	2	25-75	1 ans	Johnson 1943

Il est également possible de préserver un bon pourcentage de germination des pollens après un à deux ans de stockage à des températures cryogéniques inférieures à -80°C. Par ailleurs, la résistance des pollens diffère entre les arbres à feuilles caduques et les conifères. Les pollens des arbres résineux présentent une meilleure tolérance et résistent mieux aux traitements à haute température. À l'inverse, l'optimisation des conditions de conservation est plus complexe pour les pollens des arbres à feuilles, plus fragiles et ne supportant pas le séchage (Naas, 2017).

## **II. 6. Effet des grains de pollen sur l'environnement:**

Les grains de pollen jouent un rôle central dans les écosystèmes, ayant de multiples effets, tant positifs que négatifs. Leur rôle essentiel dans la pollinisation et la fécondation des plantes est primordial, permettant la production de graines et de fruits qui constituent une part importante de la chaîne alimentaire. De plus, les grains de pollen représentent une source de nourriture cruciale pour de nombreux animaux tels que les abeilles, les oiseaux et les insectes. Cependant, pour certaines personnes souffrant d'allergies ou d'asthme, les pollens naturels peuvent entraîner des réactions indésirables, affectant ainsi la santé humaine et animale. Enfin, la diversité des types et des quantités de grains de pollen reflète la biodiversité de l'écosystème, soulignant leur importance écologique (**Faegri et van der Pijl, 1979**).

## **II.7. Germination des grains du pollen du Pin d'Alep:**

La germination du pollen est une méthode fiable pour tester la viabilité du pollen. De nombreux milieux de germination du pollen allant des sucres simples aux milieux complexes contenant des vitamines, des régulateurs de croissance, etc. en plus de divers minéraux ont été standardisés pour faire germer le pollen artificiellement (**Jayaprakash, 2017**).

### **II.7.1. Les conditions de germination :**

Le succès de la germination in vitro du pollen dépend de plusieurs facteurs clés :

#### 1. Le prétraitement du pollen :

- Pré-humidification ou réhydratation, notamment pour les pollens conservés ou lyophilisés

#### 2. La technique et la densité d'ensemencement des grains de pollen

#### 3. La température d'incubation

#### 4. La composition du milieu de culture :

- Sucres, sels minéraux, vitamines, régulateurs de croissance, etc. (**Bounab, 2019**)

### **II.7.2. Le test de viabilité du pollen et pouvoir germinatif :**

Le pouvoir germinatif est une mesure de la fertilité masculine. Le pollen viable est responsable du rendement élevé des cultures. Dans le programme d'hybridation, la fertilité et la viabilité du pollen ont une importance primordiale (**Gokul, 2016**).

La qualité du pollen doit être contrôlée à chaque étape du programme de fécondation :

Hydratation, germination, pénétration et croissance du tube pollinique dans le pistil puis fusion des gamètes. Les tests couramment utilisés pour évaluer la qualité permettent de déterminer l'aptitude du grain de pollen à réaliser une ou plusieurs séquences de ce programme de fécondation. (**Kellal et Laterchi, 2021**).

### **II. 7.3. Mesures de la viabilité du pollen:**

**II.7.3.1. Tests directs :** - Les tests directs consistent à déposer le pollen sur des stigmates réceptifs pour observer la production de graines. Cette méthode est considérée comme l'une des plus précises pour évaluer la viabilité du pollen (**Baker et Baker, 1979**).

#### **II.7.3.2.Le test de coloration vitale :**

Le test de coloration vitale est une technique utilisée pour évaluer la viabilité du pollen sans avoir besoin d'interagir avec le gynécée. Ce test repose sur deux types principaux de colorants : les colorants cytoplasmiques, qui ciblent des composants spécifiques à l'intérieur de la cellule pour déterminer leur intégrité, et les colorants enzymatiques, qui s'appuient sur des réactions enzymatiques indiquant l'activité vitale du pollen. Ce test est un outil important en biologie végétale, car il aide les chercheurs et les agriculteurs à comprendre la qualité du pollen, ce qui influence le succès des processus de fécondation et de production de graines (**Smith, 2017; Johnson et al, 2019; Lee, 2020**)

### **II.7.3.3. Le test de germination :**

Ce test permet d'évaluer la capacité intrinsèque des grains de pollen à germer sans aucune interaction entre le pollen et le stigmate (**Martin, 2018**). Selon **Du pontet Leroy (2006)**, ce protocole est considéré comme plus précis et plus facile à appliquer pour de nombreuses espèces.

#### **II.7.3.3.1. Réhydratation :**

La réhydratation des grains de pollen est une étape essentielle avant de procéder aux tests de germination. Lors du séchage des grains de pollen avant leur stockage, leur capacité à absorber rapidement l'eau augmente. Ce processus commence généralement à un stade précoce de la germination. Les grains de pollen peuvent être préparés dans un environnement saturé à 25 °C, ce qui permet une période de réhydratation lente, activant ainsi le métabolisme et restaurant la perméabilité des membranes. Selon une étude menée par **Hassan (2023)**, cette phase contribue à augmenter progressivement le contenu en eau jusqu'à des niveaux similaires à ceux observés dans des conditions naturelles. De plus, **Fahd (2022)** a noté que la réhydratation n'est nécessaire que lorsque la teneur en eau est inférieure à 10 %, ce qui indique qu'il n'est pas nécessaire de réhydrater les grains de pollen frais qui n'ont pas été séché

#### **II.7.3.3.2. Le milieu de culture :**

D'autre part, le milieu de culture doit comprendre en général:

\* un sucre, le plus souvent le saccharose qui joue le rôle de substrat respiratoire et d'agent osmotique ;

\* de l'acide borique, d'après **Vasil (1958)**, il mobilise les tissus de réserve et augmente le taux D'ATP (**Kellal et Laterchi, 2021**);

\* des ions minéraux dont le plus important l'ion calcium joue un rôle dans la rigidité, la perméabilité et la sélectivité de la paroi pollinique; D'autre ions (potassium K+, magnésium

Mg<sup>++</sup> et sodium Na<sup>+</sup>) jouent un rôle de support dans l'absorption ou la fixation du calcium sur la paroi du tube pollinique (**Kellal et Laterchi, 2021**);

\*un pH défini, 5.9 dans le cas du pollen de Pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill.*) (**Naas, 2017**).

Ce qui concerne la température et les conditions d'incubation, l'analyse bibliographique montre que la très grande majorité des tests de germination se fait à 25°C (**Kellal et Laterchi, 2021**).

Enfin ,toutes les espèces ne germent pas facilement, le milieu de germination optimal peut différer d'une espèce à l'autre. Les taux de germination peuvent être inférieurs à ceux du stigmate (germination ) (**Dupont, 2022**).

#### **II.7.4. Facteurs affectant la viabilité du pollen pendant le stockage :**

Des recherches indiquent que la viabilité du pollen est fortement influencée par l'humidité relative avant la germination, car elle affecte l'équilibre interne des solutés et les propriétés de la paroi du grain de pollen, ce qui impacte ensuite la germination (**Dupont, 2018**). De plus, la température, la composition atmosphérique et la pression d'oxygène jouent un rôle crucial dans le maintien de la viabilité du pollen (**Martin et al., 2020**).

Les études montrent que le pollen de la plupart des espèces reste viable plus longtemps lorsqu'il est stocké dans des conditions de faible humidité, bien que certaines espèces, comme les graminées, puissent nécessiter des conditions différentes (**Benali, 2019**).

*Partie 2:*  
*Etude expérimentale*



# *Chapitre III*

## *Matériel et méthodes*

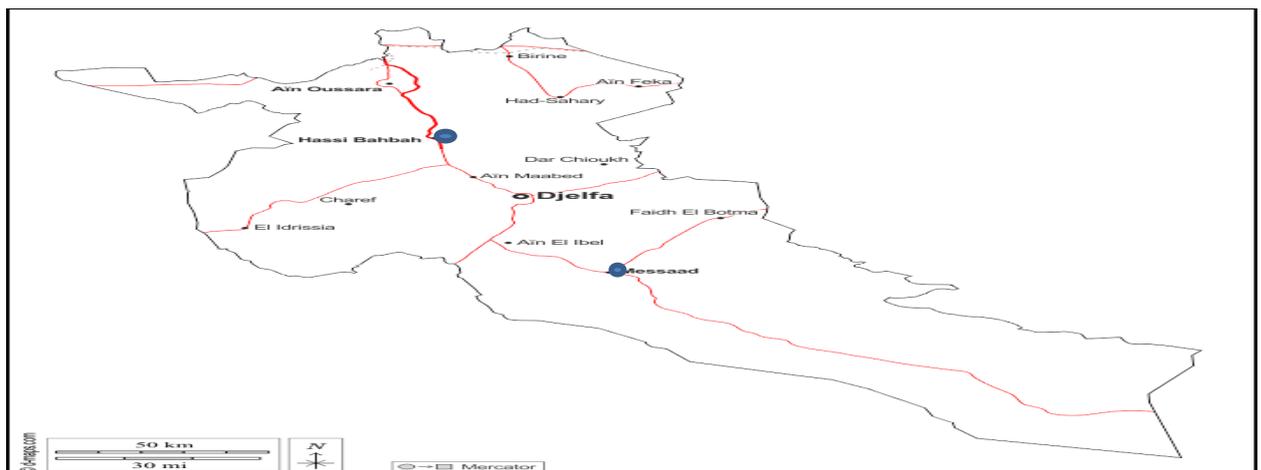


**III. 1 Le But de l'étude:**

Cette étude vise l'ensemencement en laboratoire du pollen de pin d'Alep, qui poursuit plusieurs objectifs principaux : comprendre les conditions d'ensemencement, notamment en déterminant les conditions optimales pour la germination du pollen de pin d'Alep, telles que la température, l'humidité et l'éclairage, ce qui aide à améliorer les taux de réussite. Elle contribue également à améliorer les techniques de culture et de reproduction du pin d'Alep, ce qui favorise l'augmentation de la productivité et la préservation de la biodiversité.

**III.2. Présentation de la région d'étude :**

La région de Djelfa est l'une des zones importantes en Algérie, se caractérisant par plusieurs spécificités géographiques, notamment sa position géographique située au centre du pays, ce qui en fait un point de connexion entre le nord et le sud de l'Algérie. La région est élevée d'environ 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer, ce qui influence le climat et l'environnement. Le climat à Djelfa est méditerranéen continentalisé , avec des étés chauds et secs, tandis que les hivers sont froids avec quelques précipitations. Le relief de la région varie entre plaines et montagnes, comprenant des plateaux et des plaines fertiles. Bien qu'il existe quelques rivières et oueds, les ressources en eau sont considérées comme limitées (Ahmed, 2020).



**Figure II.12– Carte de localisation des sites d'étude Messaad et Hassi Bahbah (Carte DJELFA Feuille N\_342 Ech. 1/50)**

**III.2.1. Situation géographique:**

**Tableau III.2** : Localisation géographique des régions de Messaad et Hassi Bahbah  
(Meziani et Cneg et *al.*, 2019).

<b>région</b>	latitude	Altitude (m)	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Coordonnées géographiques
<b>Messaad</b>	N '34°10 E 3°.30	1200-800	3500	N et 3.50° E '34.17°
<b>Hassi bahbah</b>	N '43°46 E 3°.59	1000-800	2000	N et 3.98° E '34.77°.

**III. 2.1.1. Répartition des superficies forestières :****III.2.1.1.1 Région Messaad:**

Dans la région de Messaad , le pin d'Alep est présent de manière limitée ,avec quelques buissons dispersés dans les terrains arides .Ces buissons ne font pas partie d'une forêt dense ,mais représentent une distribution éparse de ce type de plante . les buissons de pin d'Alep contribuent à améliorer l'environnement local, car ils aident à stabiliser le sol et à fournir un peu d'ombre dans les zones environnantes. Ils reflètent également la capacité de cette plante à s'adapter aux conditions climatiques difficiles de la région. Bien qu'il n'y ait pas de forêts, la présence du pin d'Alep à Messaad témoigne de la diversité végétale de la région et constitue une part de l'identité environnementale locale (Abloul et Ladjal, 2020) .

**III.2.1.1.2 Région Hassi bahbah:**

Les forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) couvrent de vastes étendues dans les zones nord et de la commune de Hassi Bahbah. Ces forêts sont denses sur les pentes et les hauteurs montagneuses de ces régions, où elles bénéficient de conditions climatiques et géographiques favorables. Le pin d'Alep est l'espèce dominante dans les forêts naturelles de Hassi Bahbah, et constitue la majeure partie du couvert forestier de la région. Ces arbres se répandent particulièrement dans les zones nord et est, qui jouissent d'un climat semi-aride avec un été chaud et sec et un hiver froid et humide. L'altitude de la région, comprise entre 800 et 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer, offre également des conditions idéales pour la croissance des pins d'Alep. Ce couvert forestier dense joue un rôle important dans la protection des sols et des ressources en eau de la région montagneuse de Hassi Bahbah. Il fournit également un habitat à de nombreuses espèces animales et végétales locales (Abloul et Ladjal, 2020) .

**III.3 Les données climatiques:**

**Tableau III.3-**Conditions climatiques des sites d'échantillonnage pendant le mois d'Avril 2024

Site	Températures(C °)			Humidité relative(HR%)		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Messaad	9.2	24.6	16.9	41	92	66.5
Hassi bahbah	12.8	27.3	20.1	35	88	61.5

Source : Office National Météorologique(2024)

**III.4 Matériel et méthodes:**

**III. 4.1Matériel :**

- Microscope optique ;
- Pipette ;
- Micropipette (1000 $\mu$ m) ;
- Lames en verre ;
- Lamelles porte objet ;
- Boite pétri ;
- Bécher ;
- Flacon ;
- Spatule ;
- l'étuve ;

**III.4.1.2 Réactifs et colorants:**

- Eau distillée ;
- Ethanol 70% ;
- Carmin acétique ;

**III.4.1.3 Matériel végétal:**

La collecte du pollen a été faite pendant le mois d'Avril 2024 sur les deux sites choisis :

Ville de Messaad, ville de Hassi bahbah.

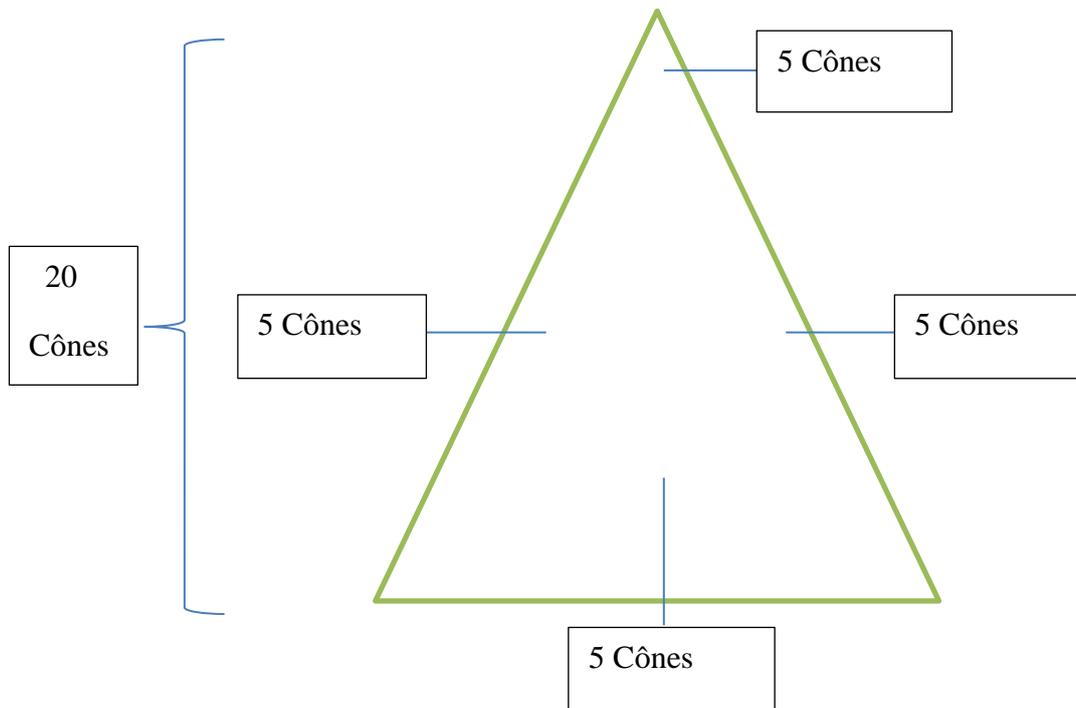
**III. 4. 2 Méthodes:**

**III. 4.2.1 Préparation du pollen:**

**III. 4.2.1.1 collectes:**

L'échantillonnage du pollen a été réalisé en choisissant une vingtaine d'arbre de chaque site étudié. Les pieds sont choisis selon le paramètre d'homogénéité de taille, de chaque pieds une vingtaine de cône mâle ont été prélevés des quatre faces de l'arbre (direction nord-sud et est-ouest du bas de l'arbre).

Après cette sélection le nombre de cônes atteint est 400 (Figure II.13). (Naas, 2017)



**Figure III.13**– La récolte des cônes mâles sur l'arbre (direction nord-sud et est-ouest du bas de l'arbre) (Naas, 2017).

**III.4.2.1.2.Séchage et extraction :**

Un séchage préalable à la température du laboratoire a été appliqué sur les cônes collectés (de 2 à 4 jours); puis un brassage de ces cônes avait eu lieu dans un tamis de diamètre de 100 µm afin d'obtenir uniquement les grains de pollen et les conserver dans les meilleures conditions; cette opération d'extraction a été effectuée dans des conditions de températures (25-30 °C) et d'humidité relative (40%) les plus favorables préconisées par **Webber (1996)** dans **Colas et Mercier (2000)**. Une déshydratation à l'étuve à 37 °C et pendant 4 heures, a été effectuée sur le pollen récolté selon le protocole de **Colas et Mercier (2000) in Naas (2017)**

**III.4.2.1.3 Conservation :**

le pollen déshydraté a été mis en conservation au froid à 4 °C jusqu'à utilisation.

III.4.2.1.4 Schéma expérimental :

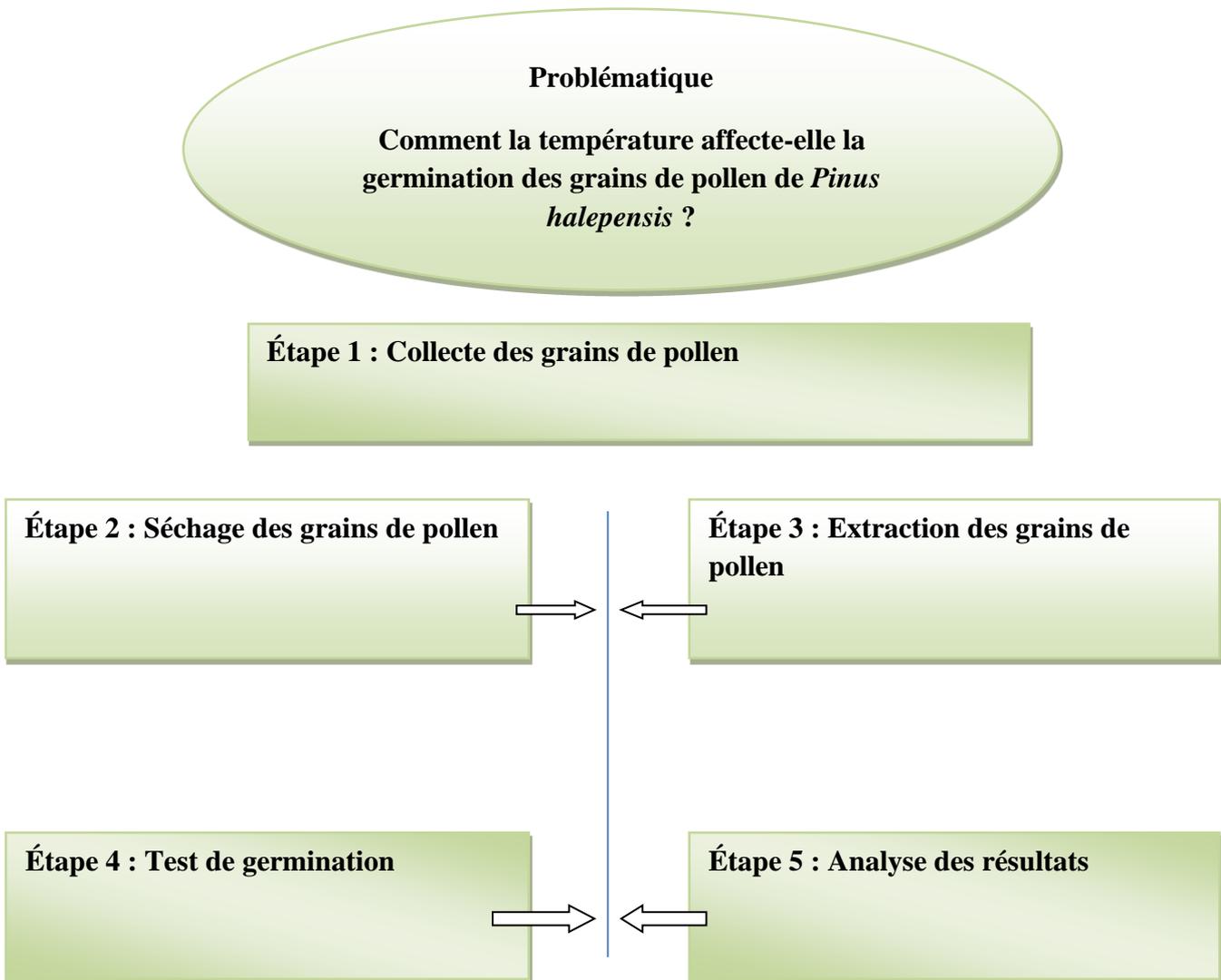


Figure III.14 : Schéma expérimental de l'étude

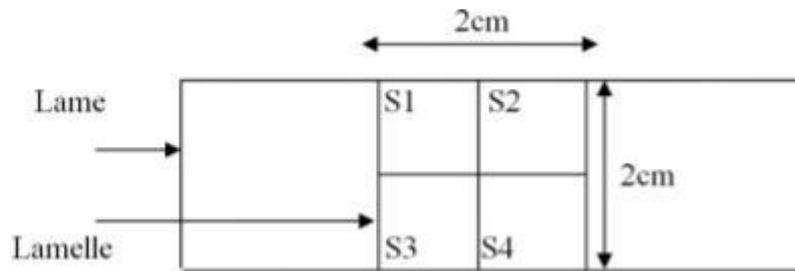
**III.4.4.3 Analyse de la fertilité et la germination :**

**A. Test de fertilité:**

La fertilité est la capacité des pollens à germer et à féconder; celle-ci est testée par le réactif **d'Alexander (1969)**. Pour cela quelques mg de pollen ont été mis au centre de la lame microscopique sur une goutte du réactif, ensuite on le recouvre par une lamelle et on passe à l'observation microscopique, le comptage et la prise des photos (Figure III.15). (**Naas, 2017**)

**A.1. Le calcul du taux de fertilité :**

Nous avons dénombré les grains de pollen fertiles et stériles comme suit :

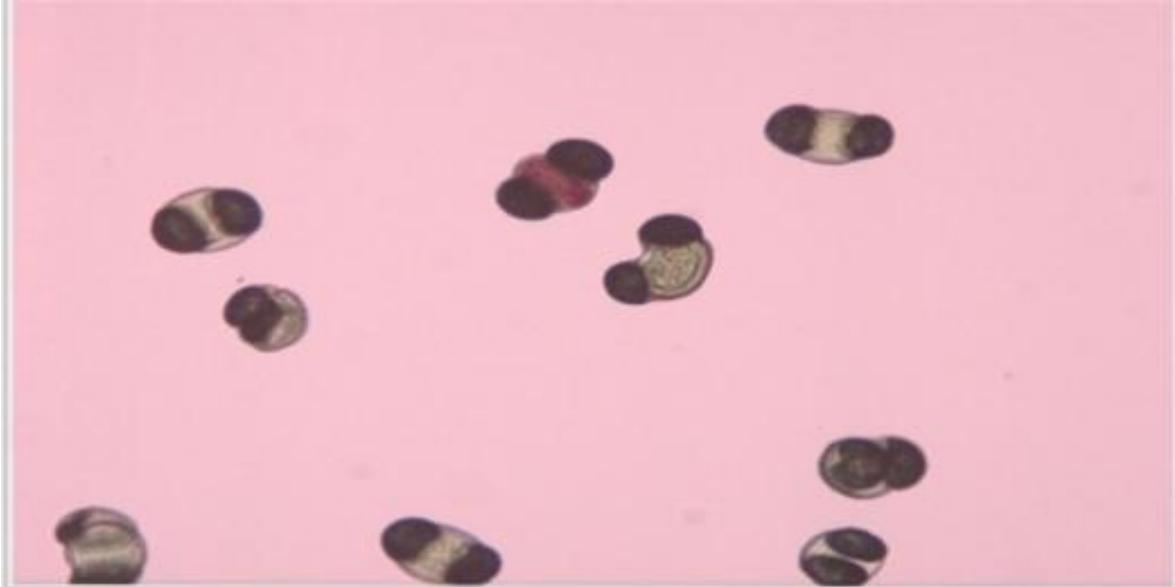


Nombre des grains fertiles et stériles de chaque surface :

Additionner les grains de pollen fertiles et stériles des quatre surfaces afin de calculer le taux à Partir de la formule suivante :

$$\text{Le taux de fertilité (\%)} = n/N \times 100$$

**n** : nombre de grains de pollen fertile; **N** : nombre de grains de pollen total.



**Figure III.15** – Test d’Alexander réalisé sur le pollen de *Pinus halepensis* Mill. (Pollen fertile : couleur rouge; pollen stérile : couleur verte) (Naas, 2017)

## **B. Test de germination :**

Ce test est bien adapté dans l'évaluation de la fertilité du pollen de la majorité des espèces; il est facile à réaliser et plus précis (**Moody et Jett, 1990** dans **Colas et Mercier, 2000**). Quelques inconvénients sont à citer pour ce type de méthode : la germination n'est pas toujours facile pour toutes les espèces; une variabilité des milieux de culture selon les espèces ou encore, le taux de germination pourrait être moins de celui (**Bots et Mariani, 2005**); Ceci affirme le résultat de **Foster et Bridgewater (1979)** dans **Colas et Mercier (2000)** qui confirment une valeur de germination bien supérieure à celle mesurée .

### **B.1. Préparation du milieu de culture:**

Un milieu de pH=6,10 (10% saccharose + 100 mg/L H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> + 100 mg/L Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) a été préparée s'inspirant du travail de **Bao et al ,(2009)** (**Naas, 2017**).

### **C.1. Milieu de culture:**

- 10% saccharose + 200 mg/L H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> + 200 mg/L Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.
- pH=6,10;
- Peser 5 g de saccharose;
- Ajouter 10 ml de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (200 mg/L);
- Ajouter 10 ml de Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (200 mg/L);
- Ajouter 4ml d'eau distillée progressivement (1ml par 1ml) en agitant le Becher;
- Transvaser la solution préparée dans une éprouvette graduée et ajuster jusqu'à 50ml en ajoutant de l'eau distillée;
- La préparation est prête à être utilisée
- La température de germination est de 27 °C
- Mise en germination pour une durée de 24h à l'obscurité.

**B-2 Préparation des lames de germination:**

**1. Nettoyage et stérilisation des lames de verre :**

- Laver soigneusement les lames et les lamelles pour éliminer toute saleté ou impureté.
- Tremper les lames et les lamelles dans de l'éthanol à 70% pendant 5 minutes pour les stériliser.
- Rincer les lames et les lamelles à l'eau distillée et les laisser sécher.

**2. Préparation des lames de test pour chaque région :**

- Diviser l'échantillon de grains de pollen de chacune des deux provenances en trois parties égales.
- Déposer chaque partie sur 10 lames de verre stériles.

**3. Placement des lames aux différentes températures :**

- Placer 10 lames de l'échantillon du pollen des deux stations ( Hassi Bahbah et Messaad) dans l'étuve à : 27°C à 35°C et à 22°C.

Un lot témoin de 10 lames (sans étuve) pour chaque station a été mis en germination

**4. Ajout du milieu de germination :**

- Déposer des gouttes du milieu de germination préparé sur chaque lame.
- Transférer délicatement les grains de pollen traités dans les gouttes de milieu sur chaque lame.
- Recouvrir les lames avec des lamelles de verre propres et stériles.
- S'assurer qu'il n'y a pas de bulles d'air entre la lame et la lamelle.

Le maintien de conditions de stérilisation et de préparation adéquates des lames est essentiel pour obtenir des résultats de germination fiables.(voir figure ci-dessous)



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)



(G)

Figure III.16: Étapes du travail en laboratoire (originale)

## **5. Conditions d'incubation et d'observation:**

### **5.1. Placement des lames dans les incubateurs :**

- Placer 10 lames des deux stations (Hassi Bahbah et Messaad) dans l'incubateur réglé aux températures correspondantes : 22 ; 27 et 35°C
- S'assurer que les conditions d'humidité sont maintenues dans les incubateurs.

### **5.2. Observation de la germination au microscope :**

- Effectuer les observations microscopiques des lames aux intervalles suivants :
  - Jour 1 : Observer le pollen le matin et l'après-midi.
  - Jour 2 : Observer le pollen le matin et l'après-midi.
  - Jour 3 : Observer le pollen le matin et l'après-midi.
- Examiner attentivement chaque lame sous le microscope pour évaluer le taux de germination des grains de pollen.
- Compter le nombre de grains de pollen germés:
  - Comptez le nombre de grains de pollen ayant montré des signes de germination pour chaque observation, afin de déterminer le taux de réussite la germination

### **5.3. Enregistrement des données :**

- Noter les taux de germination observés pour chaque lame, à chaque intervalle de temps.
- Comparer les résultats entre les différentes températures et les deux régions.

Il est crucial de maintenir des conditions d'incubation stables (température et humidité) tout au long de l'expérience pour obtenir des données de germination fiables et comparables. Une manipulation délicate des lames lors des observations microscopiques est également importante

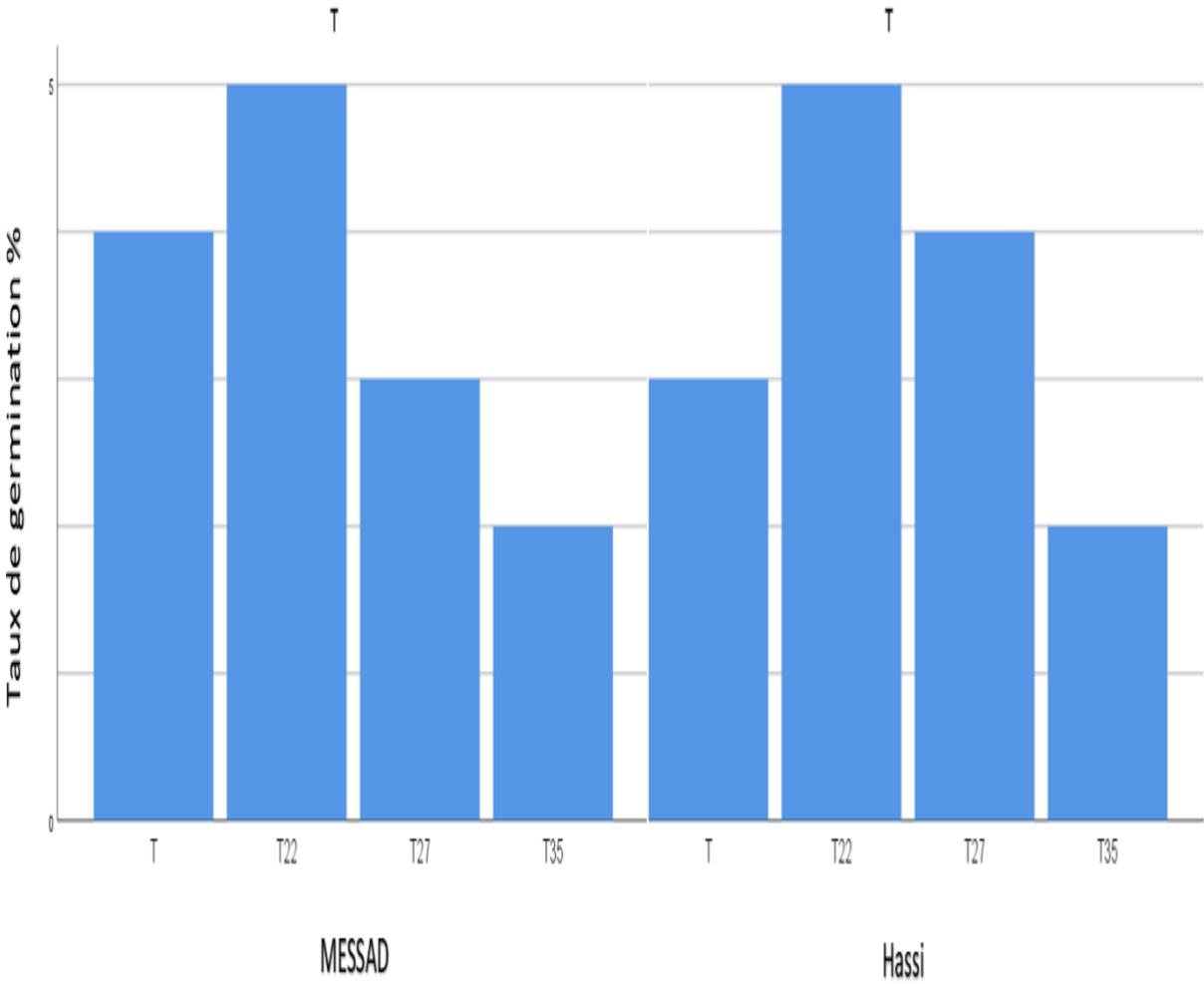
**6. Analyse statistique:**

Les résultats obtenus lors et de l'étude de la germination du pollen de *Pinus halepensis* Mill. ont fait l'objet d'une analyse statistique .

*Chapitre IV*  
*Résultats et discussions*



**IV. 1. Analyse des résultats:**



**FigureIV.17:** Taux de germination selon les températures dans les régions de Messaad et Hassi Bahbah.

**Tableau IV.5 - Statistiques descriptives Messaad**

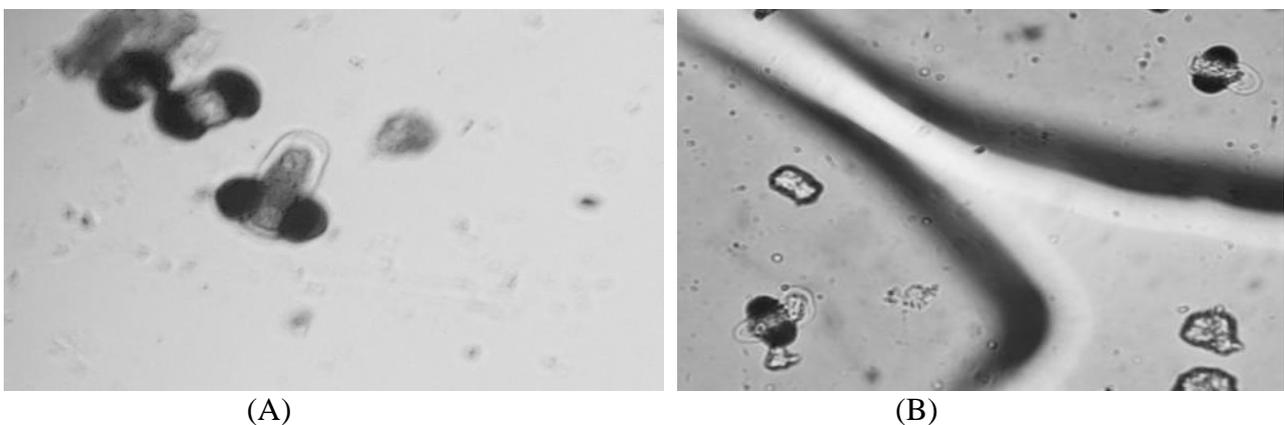
	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
T	5	,167	,698	,42840	,197158
T22	5	,000	,200	,12200	,077327
T27	5	,100	,200	,13414	,039914
T35	5	,000	,533	,24860	,214136

**Tableau IV.6- Statistiques descriptives Hassi Bahbah**

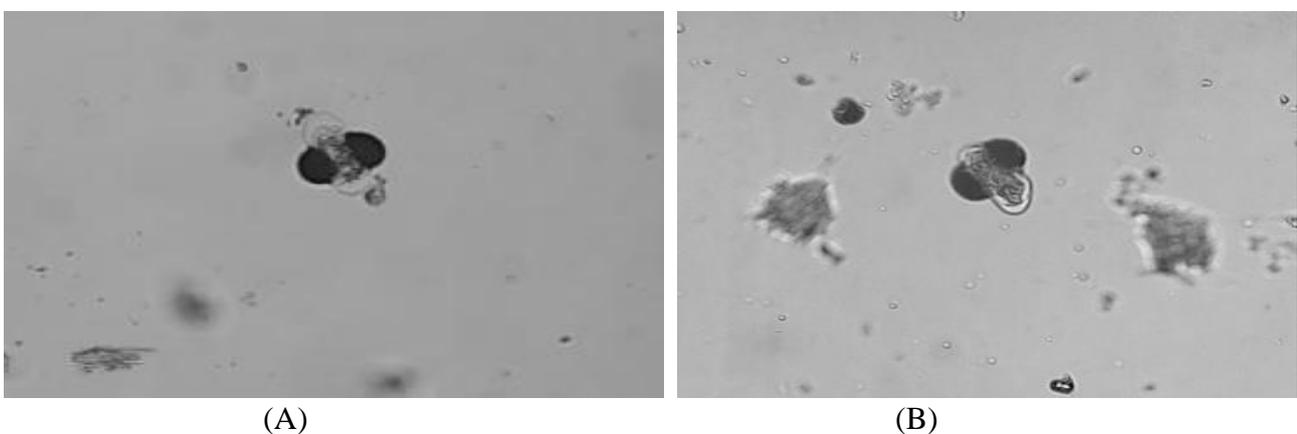
	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
T	5	,111	,231	,18220	,048864
T22	5	,167	,500	,32380	,134880
T27	5	,167	,667	,30120	,206598
T35	5	,250	,526	,43860	,113154

La lecture des valeurs enregistrées pour le taux de germination des grains de pollen de *Pinus halepensis* (voir figures 18,19), indique clairement que pour la station de Messaad, la valeur minimale est de 5.00 et la valeur maximale est de 28.40, reflétant une variabilité moindre par rapport à l'ensemble des résultats obtenus. Pour Hassi Bahbah, la valeur minimale est de 5.17 et la valeur maximale est de 38.60, ce qui indique une variabilité plus importante et la présence de valeurs extrêmes (voir : figure 17 . et tableaux 5,6.).

Dans l'ensemble, les colonnes graphiques montrent une variabilité significative entre les régions, ce qui nécessite une analyse plus approfondie pour comprendre les raisons de ces différences.



**Figure IV. 18 :** Pollen de pin germe observe au microscope optique après 3 Jour d'incubation (Messaad) (**Originale**).



**Figure IV. 19 :** Pollen de pin germe observe au microscope optique après 3 Jour d'incubation (Hassi Bahbah) (**Originale**).

## IV.2. Discussions :

Les graphiques montrent clairement les différences dans les taux de germination des grains de pollen de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) entre les régions de Messaad et de Hassi Bahbah, ce qui reflète l'impact direct des températures sur ce processus vital.

Les données indiquent que les températures optimales pour la germination des grains de pollen se situent autour de 27 degrés Celsius, où cette température a enregistré les taux de germination les plus élevés, atteignant 80 % dans la région de Hassi Bahbah. En revanche, il a été observé qu'une augmentation des températures à 35 degrés Celsius a entraîné une diminution significative des taux de germination, qui ont chuté à 40 % dans la même région. Ces résultats soutiennent l'hypothèse selon laquelle des températures élevées provoquent un stress aux plantes, entravant ainsi le processus de germination.

Les résultats montrent que la région de Messaad, malgré des températures élevées, a connu une baisse des taux de germination par rapport à la région de Hassi Bahbah. À Messaad, les taux de germination n'étaient que de 60 % à une température de 35 degrés Celsius, ce qui pourrait indiquer des différences dans les conditions environnementales ou les caractéristiques locales entre les deux régions, telles que le type de sol ou le niveau d'humidité, qui pourraient affecter la capacité des grains de pollen à germer.

De nombreuses études soutiennent ces résultats, comme l'étude **d'Ali et al. (2020)** qui a examiné l'impact des températures sur la germination des grains de pollen, constatant que des températures élevées nuisent aux taux de germination. L'étude de **Belhardouze et al. (2021)** a également souligné l'importance du contrôle de la température pour obtenir les meilleurs taux de germination. Ces études indiquent la nécessité de prendre en compte les facteurs environnementaux dans la culture du pin d'Alep.

Ces résultats mettent en lumière l'importance de comprendre les impacts environnementaux sur la germination des grains de pollen, ce qui aide à développer des stratégies agricoles efficaces pour améliorer la productivité. L'amélioration des conditions agricoles, comme le contrôle de la température et de l'humidité, pourrait contribuer à augmenter la productivité et à mieux gérer les forêts. De plus, ces résultats peuvent aider à orienter les politiques agricoles pour atteindre une durabilité accrue dans la culture du pin d'Alep.

# *Conclusion*



## **Conclusion :**

En conclusion de cette étude menée sur la germination des grains de pollen de *Pinus halepensis* Mill. Il serait impératif de rappeler que :

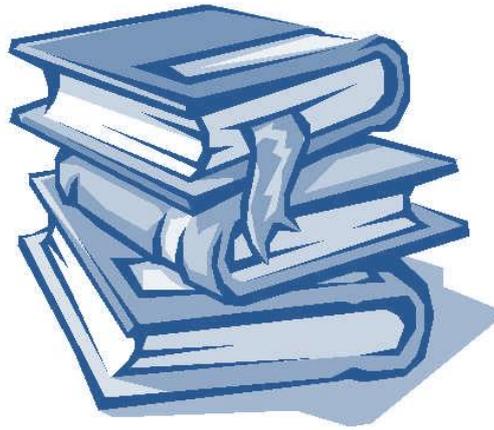
Les recherches expérimentales réalisées par **Colas et Mercier (2000)** ont mis en évidence l'impact des conditions environnementales, telles que les températures et les pollution , sur la germination des grains de pollen, soulignant ainsi l'importance de comprendre ces facteurs pour développer des stratégies efficaces de conservation de ces ressources naturelles.

Les forêts de pins d'Alep font face à de nombreux défis, nécessitant des efforts continus pour assurer leur gestion et leur protection durable. L'augmentation des pressions humaines et le changement climatique pourraient avoir des effets négatifs sur ces forêts si elles ne sont pas gérées efficacement (**Hasnaoui et al, 2011**).

Les résultats de cette étude soulignent l'importance de protéger et de promouvoir ces forêts, ce qui nécessite le développement de programmes efficaces de plantation et de régénération. Les connaissances issues de cette étude peuvent contribuer à formuler des stratégies pour préserver la biodiversité et promouvoir le développement durable (**Belhardouze et al, 2021**).

Dans l'ensemble, cette étude contribue à documenter les connaissances sur les forêts de pins d'Alep dans la région de Djelfa et ouvre de nouvelles perspectives pour la recherche future dans ce domaine vital, aidant ainsi à préserver ces précieuses ressources naturelles à long terme.

# *Références bibliographiques*



**-A-**

- **Abou Rokaiba, M. (2015).** Les arbres et arbustes dans l'environnement arabe. Dar Al-Maseera.
- **Ben Abdullah, A. (2020),** . Géographie naturelle de l'Algérie p. 45.
- **Aouissi, H. A ; Belhamra, M., et Bouazza, M. (2021).** Biodiversité des conifères dans la wilaya de Djelfa, Algérie. Revue d'Écologie, 76(2), 143-154.
- **Alfred Traverse,(2007),**Springer ISBN: 978-1-4020-5609-0. Pages 57-62
- **Ali, N. et Cherif, A. (2020).** Gestion des forêts de pins d'Alep dans le monde arabe. Revue Forestière Arabe, 28(3), 12-23.
- **Ali, S. (2020).** Effets des températures sur la germination du pollen Damas : Éditions Agricoles.
- **Ali, Salah, et al.(2020).** Impact of climate change on forest ecosystems in Algeria .Forest Ecology and Management , P 117-125.
- **Azri et Belgacem, 2018.** Contribution à l'étude de L'effet de pin d'Alep sur la nature du sol dans la région de Tébessa P 2

**-B-**

- **Baker, H. G., et Baker, I. (1979).** "Pollen Viability and Longevity." Pollen and Spores, 21(1), 1-11.
- **Belhardouze, S et Naas, H et Dirra, A et Anguelova-Boneva, M. (2021).** In vitro pollen germination and storage of Pinus halepensis Mill. International Journal of Environmental Studies, 78(1), 116-132.
- **Benali, A. (2019).** \*Storage Conditions for Grass Pollen: A Comparative Study.\*Agricultural Science Review, 32(4), 78-89.
- **Ben Jemaa, M. et Belhaj, M. (2010).** "Caractéristiques écologiques des forêts de pins d'Alep à Djelfa.
- **Bensaid, A. (2006).** Dynamique de la végétation dans les écosystèmes forestiers méditerranéens semi-arides (Cas de la forêt de Djelfa en Algérie). Thèse de Doctorat, Université de Tlemcen, Algérie.

- **Belhardouze, S., Naas, H ; Dirra, A., et Anguelova-Boneva, M. (2021).** In vitro pollen germination and storage of *Pinus halepensis* Mill. International Journal of Environmental Studies, 78(1), 116-132.
- **Brakchi-ouakour, L.(2015)-** Etude de la biodiversité des formations à Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en relation avec les facteurs de perturbation dans le nord de l'Algérie thèse présentée de doctorat, 8p.
- **Boratyński, A. (1993).**Systematyka i geograficzne rozmieszczenie. In S. Białobok (Ed.), *Jodła biała Abies Alba Mill* (pp. 31-40). Instytut Dendrologii PAN, Sorus.
- **Botts, M. et Mariani, C. (2005).** Viabilité du pollen au champ. Dans : O'Neill, SD, Roberts, JA. (Eds.), *Reproduction végétale. Revues annuelles des usines*, vol. 6. Blackwell Publishing, Oxford, Royaume-Uni, p. 255-277.
- **Boudy, Jean. (1950).** Les forêts de l'Algérie. Paris: Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme. P 120-135.
- **Bounab, L. (2019).** Étude de la germination in vitro du pollen de quelques variétés d'olivier (*Olea europaea* L.) cultivées en Algérie. Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie.
- **Bouزيد, H. et al. (2017).** La biodiversité des forêts de pins d'Alep en Algérie. *Revue des Sciences de l'Environnement*, 13(1), 65-78.

**-C-**

- **Carrión, J.S. et Navarro, C.(2017)"Pollen Morphology of Mediterranean Pinus Species"**Pages: 45-52.
- **Colas, S., et Mercier, L. (2000).** Évaluation de la fertilité du pollen de tournesol (*Helianthus annuus* L.) en conditions contrôlées. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 7(2), 141-148.

**-D-**

- **Donald M. Britton, J. Bonnefille(1995),** Fondation de l'Association américaine des palynologues stratigraphiques ISBN : 0-931871-01-8.pages (29-32),(32, 33)
- **Dupont, A., & Leroy, M. (2006).** Méthodes de recherche en biologie végétale. Lyon : Presses Universitaires.

- **Dupont, L. (2018).** Factors Influencing Pollen Viability During Storage. *Journal of Botanical Research*, 45(3), 123-135

**-E-**

- **Elhamidin, A. (2017)**-Etude du pollen de quelques espèces allergisantes de la région de Tlemcen. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Docteur en Pharmacie. Dépr de Pharmacie .Fclt de Médecine. Univ ABOU BEKR BELKAÏD. Tlemcen 4 p.
- **Erdman, G. (2018)**.« Morphologie du pollen et plante Taxonomie» , 118-112 p

**-F-**

- **Faegri, K. et van der Pijl, L. (1979).** Les principes de l'écologie de la pollinisation. Oxford : Pergamon Press. 1-11 p.
- **Fahd, J. (2022).** "Principes de biologie végétale". Jeddah : Libraries des sciences.
- **Fao. (2013).** State of Mediterranean Forests 2013. Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
- **Fathi, M. (2019).** (page consultée le : 25-08-2021) – la reproduction sexuée chez les Gymnospermes. *Khaymasvt des sciences de la vie et de terre*. [En ligne] Adresse URL [https://khaymasvt.ma/plante\\_repro2/...](https://khaymasvt.ma/plante_repro2/...)
- **Foster, G.S. and Bridgwater, F.E. (1979) dans Colas, S. et Mercier, L (2000).** Evaluation de la fertilité du pollen de tournesol (*Helianthus annuus* L.) en conditions contrôlées. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, .7(2), 141-148.

**-G-**

- **Gaouar, N. et Kara, K. (2013).** Biodiversité végétale et usages traditionnels dans la région de Djelfa (Algérie). *Nature & Technologie*, 9, 17-24.
- **Garrigue ,G. (2003).** (page consulté le : 01 -08-2021) - Le Pin d'Alep – garrigue association gourmande – (En ligne) adresse URL :

[http://garriguegourmande.fr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1267&catid=110:autres-plantes&Itemid=110](http://garriguegourmande.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=1267&catid=110:autres-plantes&Itemid=110)

- **Garrigue, Jean.(2003).** "Flore et végétation des forêts méditerranéennes". Marseille: Éditions scientifiques.P 70-55.
- **Genin, D; Aumeeruddy-Thomas, Y; Balent, G; et Nasi, R. (2020).** The multiple dimensions of rural forests: Lessons from a comparative analysis. *Ambio*, 40(4), 437-445.
- **Ghoughali,F.(2011).** Contribution à l'évaluation de la diversité et du contrôle génétique de la croissance et de la fructification chez les pins de types halepensis (*Pinus brutia-Pinus halepensis*). Mémoire En vue de l'obtention du Diplôme de Master. 7p.

**-H-**

- **Hasnaoui, B., Bouazza, M. et Sahi, L. A. (2011).** Cartographie de la dynamique des formations végétales de la wilaya de Djelfa (Algérie) par télédétection. *Études de Géographie Physique*, 38, 43-54.
- **Hassan, R. (2023).** Le rôle de la réhydratation dans la germination des grains de pollen. Amman : Éditions de recherche agricole.
- **Heslop-Harrison, J., et Heslop-Harrison, Y. (1993).** "Pollen Germination and Pollen Tube Growth." *Plant Cell Reports*, 12(6), 267-276.

**-J-**

- **Jayaprakash, P. (2017).** In vitro pollen germination and pollen tube growth. In *Pollen Biotechnology* (pp. 121-138).Springer, New Delhi.
- **Johnson, L. et coll. (2019).** "Techniques .2".pour évaluer la qualité du pollen.
- **Johnson, L.(2021).**Ecology and Environmental Science. London: Green Earth Publishing.

-K-

- **Kaabeche, M. (2003).** Les forêts de pins d'Alep dans la région de Djelfa (Algérie) : caractéristiques écologiques et gestion traditionnelle. *Forêt méditerranéenne*, 24(2), 143-152.
- **Kapp, R.O. (2021).** «Pollen Identification Manua».67-72p .
- **Kara, K .et Benziane, Z. (2016).** Typologie des formations forestières à *Pinus halepensis* Mill. dans la wilaya de Djelfa (Algérie). *Revue Écologie-Environnement*, 12, 65-77.
- **Kellal et Laterchi.( 2021),** L'étude de la germination des grains du pollen du Pin D'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), 15-16p.
- **Kessler, R. and M.M. Harley (2011).** La vie sexuelle cachée des fleurs: Palynologie. : Ed. SW Télémaque.
- **Kellal, S et Laterchi, H.( 2021).** L'étude de la germination des grains du pollen du Pin D'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), 15-16p
- **Khalil, S. (2019).** Les arbres de la forêt en Méditerranée. Dar Al-Kotob Al-Ilmiyah

-L-

- **Lachachi ,S.(2010).** Organogénèse et embryogénèse somatique directe chez la tomate.Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de magister .Dépr de Biologie. Fclt des sciences. Univ Oran 21 p .
- **Lazri, B., et Benabdeli, K. (2017).** Modélisation de l'évolution des formations forestières dans la région de Djelfa (Algérie). *Revue Écologie-Environnement*, 13, 28-37 .
- **Lee, A. (2020).**«Le rôle de Vital .3». Coloration dans les études de reproduction végétale.
- **Loisel, Roger.(1976).** "La sylviculture en Algérie". Alger: Office National des Forêts.P 78-92.
  
- **Louveaux, J., Vergeron, P. et Girard, M. (2005).** Palynologie. Paris : Dunod.

**-M-**

- **Martin, R. (2018).** " Techniques de culture du pollen". Paris : Éditions Scientifiques.
- **Martin, R., et al. (2020).** "Atmospheric Conditions and Their Impact on Pollen Viability" .International Journal of Plant Sciences, 56(2), 200-215.
- **Martinez, R. (2019).** Statistical Methods in Biological Research. Chicago: Science Publishers.
- **Matziris, D. I. (1997).** Variation in growth and flowering characteristics in a clonal seed orchard of *Pinus halepensis* Mill. *Silvae Genetica*, 46(4), 224-228.
- **Mazalová, S. et Králová, M (2015).** ,"Pollen Morphologie des Conifères Méditerranéens", Pages: 28-34.
- **Messaoudene, M ; Hasnaoui, O ; et Tisserat, B. (2017).** Evaluation of *Pinus halepensis* Mill. Forest Ecosystems in the Semi-Arid Region of Djelfa, Algeria. *Revue d'Écologie*, 72(1), 80-92.
- **Mezali, Ahmed. (2003).** Les ressources forestières en Algérie. Alger: Éditions de l'Université. P25-24.
- **Meziani, R., Gacemi, M.A., Benabdeli, K., Boukir, A. (2019).** Analyse de la régénération naturelle du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans la région de Messaad (Algérie). *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, 74(3), 251-260.
- **Moody, S.A. et Jett, J.H. (1990) et Colas, S. et Mercier, L. (2000).** Evaluation de la fertilité du pollen de tournesol (*Helianthus annuus* L.) en conditions contrôlées. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, .7(2), 141-148 .
- **Moody, J. et Jett,M. (1990).** Forest management practices in the Mediterranean region. In Colas, Bernard, et Mercier, Jean (Eds.), *Mediterranean Forests: Ecology and Management* (p. 45-60). Paris: Editions de la Nature
- **Moore, P.D; Collinson, M.E ; Webb, J.A,(2020).** « Atlas du pollen et des spores des Everglades de Floride »75-80 p.

-N-

- **Naas , O. (2017).** Le grain de pollen de pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill*) comme bioindicateur de la pollution atmosphérique : variabilité structurale et morphologique. Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Docteur en sciences agronomiques. ENSA EL Harrach. Alger 8, 10,11, 12,56 ,57 p.
- **Nahal, M. (1983).** "Les forêts et le développement durable en Algérie". Alger: Éditions de l'Environnement. P115-100.
- **Nicolson S.W.(2011).** Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. Department of Zoology and Entomology, University of Pretoria, Pretoria, 0002 South Africa.197-204.
- **Niemann, J., et al. (2012).** "In Vitro Pollen Germination in Crop Plants." Journal of Agricultural Science, 4(2), 45-56.
- **Nour El-Din, I.(2017).** "Écologie et conservation des forêts en Algérie". Alger: Éditions universitaires. P30-50.
- **Novikova, K.(2019).**(page consulté le 01-08-2021) - Les pives de nos forêts – sciences et environnement (en ligne) adresse URL :<https://www.rts.ch/decouverte/sciences-et-environnement/animaux-et-plantes/la-foret/10339476-les-pives-de-nos-forets.html>
- **Novikova, T. (2019).**" Conservation strategies for Mediterranean forests. Journal of Environmental Management", P 109-120.

-p-

- **Pérez, A. J., et al. (2013) .** "In Vivo Pollen Viability Testing in Natural Populations." Botanical Journal of the Linnean Society, 172(3), 345-356.

**-R-**

- **Renault-Miskovsky, J. et Petzold, M. (1989).** Spores et pollen Editions La Duraulie, 360p.
- **R ET RUBINSTEIN P-J, 2015** (page consulté le 01-08-2021) -Pin d'Alep (*Pinus halepensis*, Pinacées) – B Media dresse URL.  
[;http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/arbres/pin\\_alep.htm](http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/arbres/pin_alep.htm)

**-S-**

- **Salim, Ahmed. (2022).** Le pin d'Alep dans la région de la Méditerranée. Revue Environnement et Nature, volume 18, numéro 4, pages 30-42.
- **Said , K.(2019).** "Les arbres forestiers de la région méditerranéenne", Éditions Scientifiques.
- **Seigue, Jacques.(1985).**" Les forêts méditerranéennes". Paris: Éditions scientifiques .P45-60 .
- **Smith, J. (2017).** "Viabilité du pollen.1". Techniques d'évaluation.
- **Smith, J. (2020).** Understanding Plant Biology. New York: Academic Press.
- **Spiekma, F. Th. M. (2018),** "Identification of Airborne Pollen Grains ", Pages: 112-117.

**-Q-**

- **Quézel, P. (1998).** Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press.

*-T-*

- **Tabti, D. (2010)** (page consultée le 14/08/2021) - Régénération in vitro de plants sains à partir d'Apex caulinaire d'olivier *Olea europea* L. var. Chemlal -Historique de la culture in Vitro –AGRONOMIE info. [En ligne] Adresse URL : <https://agronomie.info/fr/historique-de-la-culture-in-vitro/5>.
- **Traverse, A. (2019)**.«Palynology :principalesand Applications»89-95p.