

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان  
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN  
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département des Ressources forestières  
*Labo N°31 : Gestion conservatoire de l'eau, du sol et des forêts et développement durable des zones montagneuses de la région de Tlemcen*



# MÉMOIRE

Présenté par

**Srairi Mohamed Chakib**

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de MASTER**

En Protection des forêts

## Thème

**Contribution à l'étude des champignons phytopathogènes  
associés à la mortalité des arbres dans la forêt d'El-Mangouche  
(W. Batna)**

Soutenu le 12 /07/2023, devant le jury composé de :

Président	Benmahioul Benamar	Prof.	Université de Tlemcen
Encadreur	Chouikhi-Smahi Hadjer	MCA	Université de Tlemcen
Examineur	Belhoucine-Guezouli Latifa	Prof.	Université de Tlemcen

**Année universitaire 2022/2023**

## *Dédicaces*

*Avant tous je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce travail malgré les difficultés rencontrés*

*À mes grande parentes, DADA ELOUARDI tu seras à jamais dans mes pensées et dans mon cœur. Ce mémoire de fin d'études est mon humble façon de te rendre hommage et de te remercier pour tout ce que tu as apporté à ma vie.*

*Que dieu t'apport dans son vaste Paradies.*

*Et YAMA DJAMILA*

*À mes très chers parents ABDELHAKIM EI ZAHRA que dieu les gardent et les protèges pour leurs soutien moral, leurs encouragements et les sacrifices qu'ils ont endurée.*

*À mon frère TAHA et ma petite sœur MAYAR*

*À ma famille qui a été ma source de soutien constant*

*Et à mes amis fidèles*

*À tous ceux qui aspirent à préserver la nature et à assurer un avenir durable pour notre planète.*

*Mohamed Chakib*

## **REMERCIEMENTS**

Avant tous je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce travail malgré les difficultés rencontrés.

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude spécialement à mon encadreur Dr. Hadjer CHOUIKHI-SMAHI, pour sa précieuse contribution à la réalisation de ce mémoire de fin d'études. Son expertise, sa disponibilité et son soutien ont été essentiels tout au long de ce travail.

Je tiens également à souligner leurs compétences, leurs qualités scientifiques et humaines, leurs dynamismes, idées et conseils précieux, ainsi que nos discussions constructives. Leurs encouragements ont été d'une valeur inestimable pour nous permettre de mener notre travail à bien.

Je souhaite exprimer ma profonde considération et ma reconnaissance sincère envers : Mr BENMAHIOUL Benamar, Professeur à l'université Abou Bekr-Belkaid (TLEMCEM), pour avoir accepté de présider ce jury.

Mme. BELHOUCINE-GUEZOULI Latifa, Professeur à l'Université Abou Bekr-Belkaid (TLEMCEM), d'avoir accepté d'examiner le présent travail.

Nos remerciements vont aussi aux ingénieurs de la conservation de la Wilaya Batna pour l'aide continuelle qu'ils m'ont apporté sur le terrain, en particulier Mr Laabed et Mr Sassia.

Je tiens également à remercier le directeur de laboratoire de recherche N°31, et tous les professeurs de département des Ressources forestières pour les informations et les ressources mises à ma disposition, qui ont grandement enrichi mon travail. Leur collaboration a joué un rôle déterminant dans la réussite de ce mémoire.

**تلخيص: المساهمة في دراسة الفطريات الممرضة للنبات المصاحبة لنفوق الأشجار في غابة المنقوش (ولاية باتنة)**

أجريت الدراسة الحالية في غابة المنقوش ضمن سلسلة جبال الحظيرة الوطنية لبلزما (ولاية باتنة) ، وتتعلق بدراسة الفطريات الممرضة للنبات المصاحبة لانحسار الأشجار الحرجية. أتاح لنا التحليل المورفولوجي القائم على الخصائص المايكروسكوبية والميكروسكوبية وكذلك التحليل الجزيئي تحديد تسعة أنواع من الفطريات وهي: *Alternaria alternata*, *Alternaria solani*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, *Xylaria sp.*, *Pezizomycetes sp.*, *Chaetomium sp.*, *Diplodia sapinea* و *Rhizopus stolonider*. يبدو أن النوع *D. sapinea* هو الأكثر تواجدا بنسبة 30% مقارنة بالفطريات الأخرى المعزولة.

التأثير المعاكس لسلاسلات *Trichoderma sp.* على عزلات من نوع *D. sapinea* و *Xylaria sp.* تم اختباره مخبريا. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها وجود نشاط مثبت جيد لسلاسلات *Trichoderma sp.* ضد أنواع مسببات الأمراض الاختبارية.

**الكلمات المفتاحية:** غابة المنقوش ، فطريات، اضمحلال، تحديد، *D. sapinea*.

## **Résumé : Contribution à l'étude des champignons phytopathogènes associés à la mortalité des arbres dans la forêt d'El-Mangouche (W. Batna)**

La présente étude menée dans la forêt d'el-Mangouche au sein de la chaîne montagneuse de parc national de Belezma (W. Batna), porte sur l'étude des champignons phytopathogènes associés au dépérissement des arbres forestiers. L'analyse morphologique basant sur les caractéristiques culturelles et microscopiques, ainsi que l'analyse moléculaire nous a permis d'identifier neuf espèces fongiques à savoir: *Alternaria alternata*, *Alternaria solani*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, *Xylaria sp.*, *Pezizomycetes sp.*, *Chaetomium sp.*, *Diplodia sapinea* et *Rhizopus stolonider*. L'espèce *D. sapinea* est apparue comme la plus répandue avec un pourcentage de 30% par rapport à la flore fongique isolée.

L'effet antagonisme des souches de *Trichoderma sp.* sur des isolats de *D. sapinea* et *Xylaria sp.* a été testé in vitro. Les résultats obtenus montrent une bonne activité inhibitrice des souches de *Trichoderma sp.* vis-à-vis des espèces pathogènes test.

**Mots clés :** Forêt d'El-Mangouche, champignons, dépérissement, identification, *D. sapinea*.

## **Abstract: Contribution to the study of phytopathogenic fungi associated with tree mortality in the El-Mangouche forest (W. Batna)**

The present study carried out in the forest of El-Mangouche within the mountain range of Belezma National Park (W. Batna), concerns the study of phytopathogenic fungi associated with the decline of forest trees. Morphological analysis based on cultural and microscopic characteristics, as well as molecular analysis allowed us to identify nine fungal species namely: *Alternaria alternata*, *Alternaria solani*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, *Xylaria sp.*, *Pezizomycetes sp.*, *Chaetomium sp.*, *Diplodia sapinea* and *Rhizopus stolonider*. The species *D. sapinea* appeared to be the most widespread with a percentage of 30% compared to the fungal flora isolated.

The antagonism effect of the strains of *Trichoderma sp.* on isolates of *D. sapinea* and *Xylaria sp.* has been tested in vitro. The results obtained show a good inhibitory activity of the strains of *Trichoderma sp.* against the test pathogen species.

**Keywords:** El-Mangouche forest, fungi, dieback, identification, *D. sapinea*.

## Table des matières

Résumé

Abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....1

### PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I. Présentation générale de la zone d'étude..... 4

I.1.Le massif montagneux de Belezma.....4

I.1.1. Situation géographique.....4

I.1.2.Les pentes et les expositions..... 5

I.1.3. Géomorphologie.....5

I.1.4. Pédologie..... 5

I.1.5. Hydrologie.....5

I.1.6. Climat .....6

I.1.6.1. Données climatiques .....7

I.1.6.2. Les précipitations annuelles..... 7

I.1.6.3. Les températures moyennes annuelles .....7

I.1.6.4. Synthèse climatique.....8

I.1.6.5. Les gelées .....9

I.1.6.6. Les vents .....9

I.1.7. Etude du milieu biologique.....10

I.1.7.1. La Faune .....	10
I.1.7.2. Flore.....	10
Conclusion .....	10
I.2. La forêt d’el Mangouche.....	11
I.2.1. Localisation géographique .....	11
I.2.2. L’altitude .....	12
I.2.3. La pente et l’exposition.....	12
I.2.4. Pédologie .....	13
I.2.5. Flore .....	13
I.2.6. L’état sanitaire du peuplement .....	13
<b>Chapitre II : Les maladies phytopathogènes des arbres forestiers.....</b>	<b>15</b>
II.1.Généralités sur les maladies des plantes .....	15
II.1.1. Historiques des maladies phytopathogènes forestiers.....	15
II.1.2. Causes.....	16
II.1.3. Symptômes et signes des maladies des plantes .....	17
II.2. Maladies phytopathogènes forestières .....	18
II.2.1. Facteurs et causes des maladies phytopathogènes forestières.....	18
II.2.2. État de santé des arbres .....	20
II.2.3. Composition et structure des peuplements forestiers.....	20
II.3.L'identification des maladies phytopathogènes .....	21
II.3.1. Observation des symptômes .....	21
II.4. Types des maladies phytopathogènes des arbres forestiers.....	23
II.4.1. Les maladies bactériennes .....	23
II.4.2.Les maladies virales .....	24
II.4.3. Les maladies parasitaires.....	24

II.4.4. Maladies cryptogamiques (fongiques).....	25
II.4.4.1. Quelques exemples des maladies fongiques.....	27
II.5. La lutte contre les maladies phytopathogènes forestières .....	28
II.5.1. L'utilisation de variétés résistantes.....	28
II.5.2. Surveillance et détection précoce (Lutte préventive).....	28
II.5.3. L'utilisation de produits phytosanitaires (Lutte chimique).....	28
II.5.4. Méthodes biologiques .....	29
II.5.5. Techniques physiques .....	29
<b>Chapitre III: Matériel et méthodes.....</b>	<b>31</b>
III.1. Prospection et échantillonnage.....	31.
III .1.1. Caractéristiques de la station d'étude et d'arbres échantillons.....	31
III.1.1.1. Choix de la station.....	31
III .1.1.2. Choix des arbres .....	32
III .1.1.3. Relevés géographiques et topographiques.....	33
III .1.1.4. Relevés dendrométriques .....	33
III .1.1.5. Relevés sanitaires .....	34
III .1.2. Méthode d'échantillonnage .....	35
III.2. Isolement, identification et caractérisation des champignons isolés.....	36
III.2.1. Milieux de culture utilisés.....	36
III.2.2. Préparation des échantillons .....	37
III.2.3. Isolement des champignons .....	38
III.2.4. Purification des colonies.....	39
III.2.5. Observation microscopique et identification morphologique et moléculaire.....	40
III.2.5.1. Identification macroscopique et microscopique.....	40
III.2.5.2. Identification moléculaire.....	40
III.2.6. Test de température.....	41

III.2.7. Test d'antagonisme .....	41
<b>Chapitre IV Résultats et discussions.....</b>	<b>43</b>
IV.1. Caractéristiques de la station d'étude et d'arbres échantillons.....	43
IV.1.1. Relevés géographiques et topographiques .....	44
IV.1.2. Relevés dendrométriques .....	44
IV.1.3 Relevés sanitaires .....	46
IV.2. Isolement, identification et caractérisation des espèces isolées.....	48
IV.2.1. Symptomatologie .....	48
IV.2.2 Importance des champignons phytopathogènes dans la station d'étude.....	53
IV.2.2.1 Caractéristiques morphologiques des espèces des champignons isolées .....	55
IV.2.2.2. Test d'antagonisme.....	65
<b>Conclusion .....</b>	<b>67</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>69</b>
<b>Annexe</b>	

## ***ABREVIATION***

ADN : Acide Desoxyribonucléique

B.N.E.F : Bureau national des études forestières

C° : degré Celsius.

cm : centimètre

cm<sup>2</sup> : centimètre carrée

CPR : Chantier Populaire de Reboisement

D.G.F: Direction général des forêts

D.P.N.B : Direction du parc national de Belezma

E.N.P: Espace Naturelle protégé

F.A.O: Food and agriculture organization (organisation pour l'alimentation et l'agriculture)

g : Gramme

h : Heure

ha : Hectare

Km : Kilomètre

L : litres

m : mètre

mg : milligramme

ml : millilitre

MEA : Malt Extract Agar

µm : Micromètre

O.N.T.F            l'Office National des Travaux Forestiers

PDA : milieu à la pomme de terre

sp. : Espèce

T° : Température

% : Pourcent

<b>Tableau 01.</b> Sources du Parc National de Belezma .....	06
<b>Tableau 02.</b> Maladies phytopathogènes forestiers et leurs symptômes.....	22
<b>Tableau 03.</b> Principales classes de relevés dendrométriques et d'exploitation.....	34
<b>Tableau 04.</b> Echelle d'évaluation du dépérissement des arbres.....	34
<b>Tableau 05.</b> Classe de décoloration des feuilles.....	34
<b>Tableau 06.</b> Principales caractéristiques géographiques et topographiques.....	44
<b>Tableau 07.</b> Taxonomie des espèces isolées.....	53

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01.</b> Localisation géographique de massif montagneux de Belezma.....	04
<b>Figure 02.</b> Variations des précipitations mensuelles moyennes de la station de Batna.....	07
<b>Figure 03.</b> Variations des températures annuelles de la station de Batna. ....	08
<b>Figure 04.</b> Diagrammes ombrothermiques de la station de Batna. ....	09
<b>Figure 05.</b> Carte de délimitation du forêt El-Mangouche image satellitaire .....	12
<b>Figure 06.</b> Image satellitaire montre la zone touchée par l'incendie .....	14
<b>Figure 07.</b> Le triangle de la maladie .....	17
<b>Figure 08.</b> Des oliviers infectés par la bactérie <i>Xylella fastidiosa</i> dans les Pouilles, en Italie	23
<b>Figure 09.</b> Creuse des galeries sous l'écorce des arbres dans la forêt de M'sila -Oran-.....	25
<b>Figure 10.</b> Des tâches sur les feuilles .....	26
<b>Figure 11.</b> Pourriture du bois sur le tronc .....	26
<b>Figure 12.</b> Chancre carbonacées au niveau des branches .....	26
<b>Figure 13.</b> Dépérissement par bouquets dans la forêt d'l-Mangouche.....	32
<b>Figure 14.</b> Procédure d'échantillonnage : prélèvement des échantillons du sol de de branches...33	
<b>Figure 15.</b> Préparation des échantillons de branches et feuilles (Désinfection et séchages)...36	
<b>Figure 16.</b> Le protocole de la méthode de dilution.....	37
<b>Figure 17.</b> La purification des espèces sur un milieu PDA.....	38
<b>Figure18.</b> Boîtes de Pétri contenant le test d'antagonisme.....	39
<b>Figure 19.</b> Localisation de la station d'observation dans la forêt d'El-Mangouche.....	43
<b>Figure 20.</b> Distribution des relevés dendrométriques des arbres échantillons.....	45
<b>Figure 21.</b> Etat sanitaire des arbres-échantillons.....	46
<b>Figure 22.</b> Un bouquet de pin d'Alep en état de dépérissement.....	47
<b>Figure 23.</b> Une image montrant trois types d'arbres avec des symptômes remarquables.....	49

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 24.</b> Une comparaison entre les aiguilles d'un arbre de Pin d'Alep vigoureux.....	50
<b>Figure 25.</b> Symptomatologie observée au niveau des racines.....	51
<b>Figure 26.</b> Le Balai de sorcière observé sur les arbres du Pin d'Alep.....	52
<b>Figure 27.</b> Arbres de Pin d'Alep présentent un changement de couleur (décoloration).....	52
<b>Figure 28.</b> Pourcentage des espèces isolées à partir des arbres symptomatiques.....	54
<b>Figure 29.</b> Aspect macroscopique et microscopique de <i>Alternaria solani</i> sur un milieu PDA ..	55
<b>Figure 30.</b> Aspect macroscopique et microscopique de <i>Alternaria alternata</i> sur un milieu PD.	57
<b>Figure 31.</b> Aspect macroscopique de <i>Trichoderma harzianum</i> sur un milieu PDA.....	58
<b>Figure 32.</b> Aspect macroscopique de <i>Trichoderma viride</i> sur un milieu PDA .....	59
<b>Figure 33.</b> Aspect macroscopique de <i>Xylaria sp.</i> sur un milieu PDA.....	60
<b>Figure 34.</b> Aspect macroscopique et microscopique de <i>Pezizomyces sp.</i> sur un milieu PDA..	61
<b>Figure 35.</b> Aspect macroscopique de <i>Chaetomium sp.</i> sur un milieu PDA .....	62
<b>Figure 36.</b> Aspect macroscopique et microscopique de <i>Diplodia sapinea</i> sur un milieu PDA..	63
<b>Figure 37.</b> Aspect macroscopique et microscopique de <i>Rhizopus stolonifer</i> sur un milieu PDA	64
<b>Figure 38.</b> Inhibition du développement de <i>Diplodia sapinea</i> et <i>Xylaria sp.</i> par les souches de <i>Trichoderma sp.</i> sur un milieu PDA.....	66

# **INTRODUCTION**

## **Introduction générale**

Les forêts méditerranéennes possèdent une valeur patrimoniale très élevée. Elles constituent des réserves importantes de diversité génétique, spécifique et fonctionnelle qu'il convient de conserver au mieux dans l'optique d'une gestion durable de ce patrimoine biologique et ces ressources potentielles (Quezel et Medail, 2003).

Appartient aux forêts méditerranéennes, la forêt algérienne avec sa diversité biologique, présente un élément essentiel de l'équilibre écologique, climatique et socio-économique dans les différentes régions du pays. Sa situation actuelle se présente comme l'une des plus critiques dans la région méditerranéenne (Ikermoud, 2000).

Ces écosystèmes sont confrontés à de nombreux défis, dont les maladies causées par les champignons pathogènes sont parmi les plus redoutables.

Les champignons phytopathogènes des forêts sont responsables de nombreuses maladies qui affectent la santé des arbres et ont un impact significatif sur la santé des écosystèmes forestiers. Leurs présences et leurs propagations peuvent entraîner des conséquences graves, telles que la perte de biodiversité, la dégradation des habitats et la perturbation des cycles écologiques.

Ces derniers représentent l'une des principales causes des maladies des forêts. Néanmoins, il est important de noter que d'autres organismes tels que les bactéries, les nématodes ou les virus peuvent également causer des dommages aux arbres.

En Algérie, le dépérissement des forêts a été signalé très tôt par Boudy en 1950. L'apparition des premiers Pins d'Alep rougeâtres, montrant des signes de dépérissement, a été observée au cours de l'hiver 1988. Un premier examen a montré que les arbres touchés, à cette période, avaient un âge moyen de 100 ans. Quelques années plus tard, sous l'effet de la sécheresse qui a sévi et des températures qui ont augmenté, l'ampleur des dégâts s'est accrue : le dépérissement touche actuellement les peuplements âgés de 60 à 150 ans (Guit *et al.*, 2016).

Récemment, les forestiers de la conservation de « Seryana » ont signalé un dépérissement aigu des arbres forestiers dans la forêt d'El-Mangouche au Nord-ouest

de pays. Sachant que, aucun trou d'insecte n'a été observé sur le tronc des arbres. La situation sanitaire de la forêt devienne inquiétante.

Au cours de nos prospections qui ont été réalisées sur le terrain, la symptomatologie observée nous a orientés vers les maladies d'ordre cryptogamiques causées par les champignons phytopathogènes. Les symptômes qui s'affichent sur la partie aérienne et souterraine des arbres ont été déjà signalé par plusieurs auteurs dans d'autres forêts du bassin méditerranéen.

Dans un but d'approfondir nos connaissances sur les champignons phytopathogènes et de répondre aux questions concernant la symptomatologie observée au niveau de la forêt d'El-Mangouche y compris le jaunissement, le flétrissement et le dépérissement qui ont affecté de nombreuses espèces à travers la forêt, une étude a été réalisée. Cette dernière avait pour objectifs :

- D'inventorier la microflore fongique associée au dépérissement de la forêt d'El-Mangouche, située dans les montagnes de Belezma, Wilaya de Batna.
- Identifier et caractériser les espèces fongiques isolées dans cette zone d'étude.
- Mettre en évidence les propriétés antagonistes de quelques isolats de *Trichoderma sp.* aux agents pathogènes isolés.

Pour cela, nous avons structuré notre travail en deux parties distinctes, avec une introduction générale, une conclusion et des perspectives supplémentaires.

La première partie consiste en une analyse bibliographique divisée en deux chapitres. Le premier chapitre présente de manière générale notre zone d'étude, tandis que le deuxième chapitre se concentre sur les maladies des plantes en général, en accordant une attention particulière aux maladies phytopathogènes causées par les champignons. Des exemples des maladies phytopathogènes les plus courantes sont également inclus.

La deuxième partie, appelée "partie expérimentale", est composée de deux chapitres. Le premier chapitre traite du matériel et des méthodes utilisés dans l'étude. Enfin, les résultats obtenus au cours de cette étude, ainsi que leur discussion, sont regroupés dans le quatrième chapitre.

## ***INTRODUCTION GENERALE***

Le document se termine par la présentation des références bibliographiques et une annexe.

# **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

**Chapitre II :****Les maladies phytopathogènes des arbres forestiers****II.1. Généralités sur les maladies des plantes**

Une maladie de plante est une condition anormale qui modifie l'apparence ou la fonction d'une plante (Mouas, 2020).

**II.1.1. Historiques des maladies phytopathogènes forestiers**

Sans parler de l'ennemi traditionnel, les incendies et la coupe illégale des forêts, nous mentionnons que les maladies des plantes sont parmi les ennemis les plus importants des forêts. Ces exemples illustrent l'importance des maladies phytopathogènes forestières dans l'histoire de la foresterie et soulignent l'importance de la surveillance, de la recherche et de la mise en œuvre de mesures de gestion pour prévenir et contrôler ces maladies. Parmi ces maladies phytopathogènes, les infections cryptogamiques qui causent le dépérissement des chênes en Europe.

Une série de maladies ont provoqué le dépérissement des chênes dans plusieurs pays européens. Les principales maladies étaient la pourriture des racines causée par le champignon *Armillaria* spp., et l'oïdium des chênes provoqué par le champignon *Erysiphe alphitoides*. Ces maladies ont entraîné des déclin significatifs des populations de chênes et ont nécessité des efforts de gestion importants (Delatour, 2021).

En Algérie, l'*Armillaria mellea* a été signalé sur cèdre de l'Atlas dans la forêt de Belezma (Aurès) (Anselmi, 1984), des forêts du Parc National de Chréa (Blida), et Parc National de Teniet-El-Had (Ouarsenis) (Lanier, 1986), et a été retrouvé sur le chêne-zeen et le chêne liège dans la forêt de Bâinem par l'Équipe de pathologie du Département de Protection des Forêts (I.N.R.F.).

D'autres maladies cryptogamiques ont été signalé sur les peuplements forestiers en Algérie, c'est le cas de la maladie du charbon de la mère. Le champignon responsable peut se développer comme un chancre sur les arbres affaiblis des différentes essences tels que les chênes, les eucalyptus, les peupliers... etc. Le champignon (*Hypoxylon mediterraneum*-agent responsable de la maladie) est signalé sur l'eucalyptus au Portugal et au Maroc (Lanier,

1986) et sur chêne liège en France, Portugal, Italie et en subéraies d'Afrique du Nord (Lanier *et al.*, 1978 ; Lieutier *et al.*, 1992). En Algérie, sa présence a été constaté et confirmé par le laboratoire de pathologie (I. N. R.F.) sur chêne liège depuis les années 90 (Sai et Chaibeddra, 1996).

### **II.1.2. Causes**

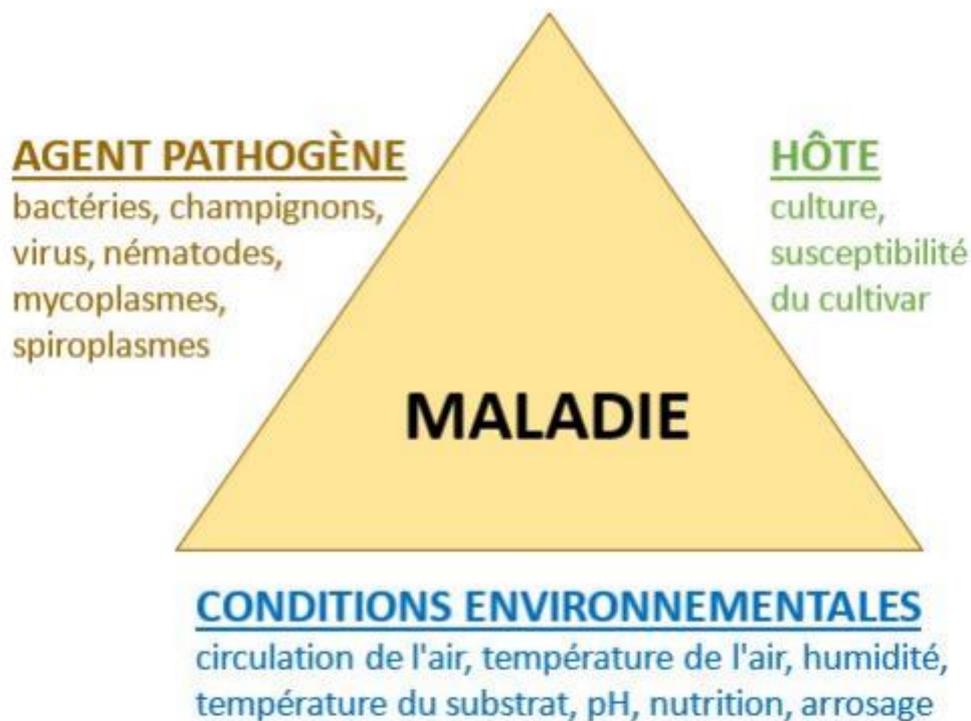
En générale, les maladies phytopathogènes résultent de la présence de différents agents, à la fois infectieux (tels que les champignons, les bactéries, les virus et les nématodes) et non infectieux (comme les carences en minéraux ou les brûlures solaires).

Selon Nasraoui (2019), la première étape de diagnostic des maladies des plantes est de déterminer son étiologie, c'est-à-dire si la maladie est causée par un facteur environnemental ou un pathogène. Certaines maladies sont faciles à identifier par la symptomatologie observée tandis que, dans la majorité des cas, un examen détaillé est nécessaire pour les diagnostiquer avec précision.

Les maladies infectieuses des plantes sont causées par des organismes vivants qui attaquent et obtiennent leur nutrition de la plante qu'ils infectent. L'organisme parasite qui cause la maladie est appelée un agent pathogène et la plante envahie par cet agent pathogène et lui servant de source de nourriture est désigné comme un hôte. D'après Mouas (2020), un environnement favorable est d'une importance cruciale pour le développement de la maladie, même les plantes les plus sensibles qui sont exposées à des quantités énormes d'un inoculum de l'agent pathogène ne vont pas développer la maladie à moins que les conditions environnementales soient favorables.

Pour que la maladie se manifeste, il doit y avoir 4 facteurs : une plante susceptible d'être hôte, un agent pathogène virulent, des conditions environnementales favorables à croissance de l'agent pathogène, et le temps pour que la maladie se développe (Fig. 07).

Les principales catégories de microorganismes qui causent les maladies des plantes sont les champignons, les bactéries, les virus et les nématodes. Les champignons représentent la catégorie la plus importante avec environ 85 % des maladies des plantes, suivis par les virus, les bactéries et les nématodes (Mouas, 2020).



**Figure 07. Le triangle de la maladie (Mouas, 2020).**

Les maladies des plantes évoluent en fonction de divers éléments environnementaux, lesquels jouent un rôle crucial dans le déclenchement d'épidémies. Parmi ces éléments figurent la température, l'humidité relative, l'humidité du sol, le pH du sol, le type et la fertilité du sol, autant de facteurs qui influencent directement la santé des cultures.

En revanche, les maladies des plantes causées par les facteurs abiotiques occasionnées par de nombreuses causes ayant pour origine divers facteurs environnementales (tels que le climat, la nature du sol, les usines à proximité, ...etc.), et/ou des interventions humaines (maîtrise imparfaite de l'irrigation, de la fertilisation, de l'usage des pesticides, ...etc.) (Blancard, 2015).

### **II.1.3. Symptômes et signes des maladies des plantes**

Ce sont des effets visibles de la maladie sur les plantes hôtes. Les symptômes peuvent être classés comme étant local ou systémique, primaire ou secondaire, et microscopique ou macroscopique.

▪ **Les symptômes locaux** sont des changements physiologiques ou structurels au sein d'une zone limitée du tissu hôte autour du site d'infection, tels que des taches foliaires, des galles et des chancres.

▪ **Les symptômes systémiques** sont ceux qui impliquent la réaction de la plus grande partie ou la totalité de la plante, par exemple le flétrissement, le jaunissement et le nanisme.

▪ **Les symptômes primaires** sont le résultat direct de l'activité de l'agent pathogène sur les tissus envahis

▪ **Les symptômes secondaires** sont le résultat des effets physiologiques de la maladie sur les tissus éloignés et les organes non envahis.

▪ **Les symptômes microscopiques**, les expressions de la maladie se manifestent dans la structure de la cellule ou des arrangements des cellules qui peuvent être observés dans un microscope.

▪ **Les symptômes macroscopiques**, ils sont les expressions de la maladie sur la surface des parties des plantes qui peuvent être vus à l'œil nu sous forme de symptômes sur la plante.

## **II.2. Maladies phytopathogènes forestières**

Les maladies phytopathogènes forestières sont des maladies qui affectent les arbres et les forêts. Elles sont causées par différents agents pathogènes tels que des champignons, des bactéries, des virus et des insectes. Ces maladies peuvent entraîner des pertes économiques importantes, des dégradations écologiques et des risques pour la biodiversité forestière. 71% des maladies des arbres forestiers ont été causé par les champignons.

### **II.2.1. Facteurs et causes des maladies phytopathogènes forestières**

Les maladies phytopathogènes des forêts sont causées par une combinaison de facteurs biologiques, environnementaux et forestiers. Il est essentiel de prendre en compte ces facteurs et causes dans la planification et la mise en œuvre de stratégies de gestion forestière pour prévenir, surveiller et contrôler les maladies phytopathogènes dans les écosystèmes forestiers. Cela peut inclure des mesures telles que la diversification des essences, la promotion de la résistance des arbres, la surveillance régulière, la gestion intégrée des maladies et l'utilisation de pratiques sylvicoles durables. Voici les principaux facteurs et causes des maladies phytopathogènes forestières :

➤ **Agents pathogènes**

Les maladies forestières sont principalement causées par des agents pathogènes tels que des champignons, des bactéries, des virus, des nématodes et des insectes. Ces organismes pathogènes attaquent les arbres, pénètrent dans leurs tissus et provoquent des infections qui peuvent entraîner des symptômes de maladie.

➤ **Conditions environnementales**

Les conditions environnementales jouent un rôle important dans le développement des maladies phytopathogènes forestières. Des facteurs tels que l'humidité, la température, les précipitations, l'exposition au soleil et les variations climatiques peuvent influencer la présence et la propagation des agents pathogènes, ainsi que la susceptibilité des arbres aux infections. Ces conditions peuvent influencer le développement des maladies comme celui :

▪ **Humidité**

Les maladies fongiques forestières sont souvent favorisées par des conditions d'humidité élevée. L'humidité favorise la germination des spores fongiques, leur croissance et leur propagation. Des périodes prolongées de pluie, de brouillard ou d'humidité relative élevée créent un environnement propice à la dissémination des spores et à l'infection des arbres. Toney *et al.* (2011) pensent qu'une quantité d'eau disponible dans le substrat et dans l'air environnant est un facteur principal pour initier le développement des spores. La phase de germination nécessite un apport d'eau plus important que la phase de croissance. Il est admis qu'à partir d'une humidité relative de 60 %, les spores peuvent se réhydrater naturellement, il y a donc un risque de germination.

▪ **Température**

La température n'est pas un facteur déclenchant comme l'eau. Ce paramètre influence uniquement sur la vitesse de croissance des moisissures. La plupart des champignons se développant sur les collections sont mésophiles ; c'est-à-dire qu'ils se développent autour de 20-25 °C. Une température inférieure à 20°C commence à ralentir la vitesse de croissance et à 0°C les réactions biochimiques sont presque toutes arrêtées (Toney *et al.*, 2011).

La température joue un rôle dans l'activité des agents pathogènes et la réponse des arbres. Certains champignons pathogènes ont des températures préférentielles pour leur croissance et leur reproduction. Des températures modérées peuvent être favorables à la croissance rapide des pathogènes, tandis que des températures extrêmes peuvent constituer un obstacle.

De plus, les changements climatiques (sécheresse et haute température) affectent la communauté microbienne du sol (Steinauer *et al.*, 2015). Certains microorganismes peuvent être des symbiotes ou des pathogènes pour la plante (Siebers *et al.*, 2016). Ces microorganismes peuvent modifier la quantité et la qualité de la plante pendant un stress biotique ou abiotique, en augmentant ou en diminuant leurs interactions avec la plante (Lareen *et al.*, 2016).

#### ▪ **Exposition au soleil**

L'exposition au soleil peut influencer la survie des pathogènes et la santé des arbres. Certains agents pathogènes peuvent être plus actifs dans des zones ombragées où l'humidité est élevée. D'autre part, une exposition prolongée au soleil peut provoquer un stress thermique et réduire la résistance des arbres aux infections. L'exposition aux rayons du soleil par fortes chaleurs peut provoquer des brûlures de l'écorce et des tissus sous-jacent qui se traduisent par des nécroses du cambium, des fissurations de l'écorce et des craquements par plage. On parle alors de « coups de soleil » qui affectent en général le côté sud de l'arbre (D.S.F., 2015).

### **II.2.2. État de santé des arbres**

Les arbres affaiblis, stressés ou en mauvaise santé sont plus susceptibles d'être attaqués par des agents pathogènes. Des facteurs tels que la malnutrition, la sécheresse, la pollution, les blessures mécaniques, les interactions avec d'autres organismes, les défauts génétiques ou les problèmes de gestion forestière peuvent affaiblir les arbres et les rendre plus vulnérables aux maladies.

Par exemple le Charbon de la mère. C'est un parasite des blessures et de faiblesse ne s'attaquant pas spécifiquement aux arbres affaiblis. Les circonstances d'affaiblissement prédisposant aux attaques sont variables : Démasclage mal effectué, blessures diverses, passage des incendies, période de sécheresse et pauvreté stationnelles (Francheschini *et al.*, 1999).

### **II.2.3. Composition et structure des peuplements forestiers**

La composition et la structure des peuplements forestiers peuvent influencer la propagation des maladies phytopathogènes. Par exemple, les peuplements forestiers denses favorisent la propagation rapide des maladies. Dans de telles conditions, les agents pathogènes ont un accès facile aux arbres voisins et peuvent se propager rapidement par

contact direct ou par le biais de spores aéroportées. Une densité élevée peut également entraîner une compétition entre les arbres pour les ressources, affaiblissant ainsi leur r23.

ésistance aux infections.

En plus, la structure d'âge des arbres peut influencer la propagation des maladies. Les peuplements forestiers avec une structure d'âge homogène, où la majorité des arbres ont un âge similaire, peuvent être plus sensibles aux maladies. Cela est dû à la similarité génétique des arbres. Les peuplements avec une diversité d'âges peuvent réduire la propagation des maladies en offrant une plus grande variabilité génétique et une résistance accrue.

Selon Gosselin et Paillet (2011), les pratiques de gestion forestière peuvent également influencer l'incidence et la sévérité des maladies. Des pratiques telles que la régénération artificielle, la densité de plantation, l'utilisation de semences ou de plants sains, les méthodes d'éclaircie, la gestion des sols et l'utilisation de traitements phytosanitaires peuvent avoir un impact sur la prévention ou la propagation des maladies phytopathogènes.

La sélection des espèces et des variétés d'arbres résistantes aux maladies peut réduire la susceptibilité des peuplements forestiers aux agents pathogènes. La sélection de variétés résistantes peut jouer un rôle clé dans la prévention des maladies et peut être particulièrement importante dans les plantations forestières.

D'après F.P.F.Q (2021), les maladies cryptogamiques peuvent être propagées par le biais de matériel végétal infecté. La mise en œuvre de pratiques de récolte et de transport du bois qui réduisent le risque de dissémination des agents pathogènes est essentiel.

### **II.3. L'identification des maladies phytopathogènes**

L'identification des maladies phytopathogènes peut être un processus complexe qui nécessite une combinaison de méthodes et de compétences. Plusieurs étapes sont nécessaires pour identifier les maladies phytopathogènes :

#### **II.3.1. Observation des symptômes**

Observation des symptômes se fait par l'examinassions attentive des plantes affectées pour identifier les symptômes visibles tels que les taches foliaires, les déformations, les nécroses, les pourritures, les dépérissements, les tumeurs, les galles, ...etc. De plus, la

localisation des symptômes sur la plante (feuilles, tiges, fruits, racines, ...etc.) doit être prise en considération.

Les symptômes peuvent varier en fonction de la maladie et du pathogène spécifique. Ils peuvent se développer de différentes manières à mesure que la maladie progresse. Les changements morphologiques de la plante hôte se présentent sur les nouvelles pousses, les parties en croissance ou parfois sur les parties plus anciennes de la plante.

Selon Duval et Ruel (2017), les symptômes peuvent être présents de manière localisée ou généralisée sur la plante, c'est le cas des champignons ayant un pouvoir pathogène élevé, c'est-à-dire capable d'infecter tout le peuplement causant son dépérissement.

Certains symptômes spécifiques peuvent être indicatifs de certaines maladies. Par exemple, des taches foliaires de couleur particulière, des lésions cannelées, des déformations des organes végétaux, des pourritures ou des dépérissements peuvent fournir des indices sur le pathogène responsable.

Le tableau ci-dessous représente quelques maladies phytopathogènes et ces symptômes relatifs :

**Tableau 02. Maladies phytopathogènes forestiers et leurs symptômes (Thérèse, 2023).**

<b>Maladie</b>	<b>Symptômes</b>	<b>Agent pathogène</b>
Graphiose de l'orme	Apparition de chancre sur le tronc et les branches, accompagnée de dépérissement progressif de l'arbre	Champignon <i>Ophiostoma ulmi</i>
Maladie du dépérissement du pin	Jaunissement des aiguilles, flétrissement des branches, dépérissement progressif de l'arbre	Nématode Bursaphelenchus Xylophilus
Maladie des bandes rouges du sapin	Apparition des taches pourpres ou brunâtres sur les aiguilles, suivi de dépérissement et de mort de l'arbre.	Champignon <i>Phytophthora cactorum</i>

## II.4. Types des maladies phytopathogènes des arbres forestiers

### II.4.1. Les maladies bactériennes

Les maladies bactériennes sont causées par des bactéries pathogènes qui peuvent affecter les forêts et causer des dommages aux arbres et aux plantes forestières. Parmi ces maladies, la nécrose bactérienne du chêne causée par *Xylella fastidiosa*.

Cette maladie bactérienne affecte diverses espèces de chênes et provoque la nécrose des tissus foliaires. Elle peut entraîner le dépérissement de l'arbre et causer des pertes importantes dans les populations de chênes. La bactérie *Xylella fastidiosa* a été détectée sur des oliviers et des chênes verts en Corse. Elle est connue pour avoir décimé des milliers d'arbres en Italie (Fig. 08). Malheureusement, il n'existe aucun remède pour guérir les végétaux malades (C.H.A., 2018). Elles peuvent provoquer des symptômes tels que des taches foliaires, des pourritures, des nécroses des tissus, des tumeurs et des déformations.



**Figure 08. Des oliviers infectés par la bactérie *Xylella fastidiosa* dans les Pouilles, en Italie (C.H.A., 2018).**

Chez les espèces du Pin, un flétrissement important peut être causé par la bactérie pathogène *Ralstonia solanacearum*. C'est une maladie du sol qui colonise le xylème, provoquant un flétrissement bactérien et une pourriture brune dans un très large éventail de plantes hôtes potentielles.

Les maladies bactériennes se propagent souvent par des vecteurs tels que les insectes, l'eau, le vent ou par contact direct entre les plantes. Les facteurs favorisant le développement de ces maladies comprennent des conditions environnementales propices, des blessures sur les plantes, un stress hydrique ou des pratiques de gestion inadéquates.

#### **II.4.2. Les maladies virales**

Les maladies virales sont causées par des virus qui infectent les plantes. Elles peuvent entraîner des symptômes variés tels que des mosaïques, des nécroses foliaires, des enrroulements, des décolorations et des nanismes.

Selon Dufour (2019), les facteurs qui favorisent la propagation des maladies virales dans les forêts comprennent la présence d'insectes vecteurs, tels que les pucerons ou les cicadelles, qui se nourrissent des plantes et propagent les virus, ainsi que des conditions environnementales favorables, comme des températures chaudes et des précipitations élevées, qui favorisent la reproduction et la dissémination des insectes vecteurs.

#### **II.4.3. Les maladies parasitaires**

Certaines plantes peuvent être parasitées par des organismes tels que les nématodes, les acariens ou les insectes suceurs de sève. Ces parasites peuvent causer des symptômes tels que des déformations, des nécroses, des chloroses et une détérioration générale de la plante.

Certains nématodes parasites peuvent attaquer les racines des arbres et causer des dommages importants. Par exemple, le nématode à kyste du pin (*Heterodera pinus*) attaque les racines de diverses espèces de pins et peut provoquer un affaiblissement de l'arbre, un retard de croissance et même la mort dans les cas graves.

De son côté, les insectes peuvent causer des dégâts considérables, les charançons par exemple, sont capables d'attaquer les arbres en se nourrissant de l'écorce, des branches ou des racines. Le charançon du bois (*Scolytus* spp.) creuse des galeries sous l'écorce des arbres, entraînant des lésions et une détérioration du système vasculaire de l'arbre (El jaouhari, 2019) (Fig. 09).



**Figure 09. Creuse des galeries sous l'écorce des arbres dans la forêt de M'sila -Oran-  
(Originale)**

#### **II.4.4. Maladies cryptogamiques (fongiques)**

Les maladies fongiques sont parmi les plus répandues et les plus dommageables pour les plantes. Les champignons ont été les premiers organismes phytopathogènes reconnus. Ils sont à l'origine de nombreuses maladies de feuilles, de racines, de fruits ou des maladies systématiques provoquant des dépérissements généralisés (Mariau, 1999). Elles comprennent des infections fongiques telles que la rouille, l'oïdium, la pourriture des racines, la tache foliaire, la pourriture du collet, ...etc.

Les symptômes des maladies fongiques varient en fonction de l'espèce de champignon pathogène et de l'arbre hôte. Ils peuvent inclure des taches ou des lésions sur les feuilles (Fig. 10), la décoloration des tissus, la déformation des organes végétatifs, le dépérissement des branches ou du tronc (Fig.11), la pourriture du bois et l'apparition des plaques carbonacées (Fig. 12) et la mort de l'arbre...etc.)



Figure 10. Des taches sur les feuilles (Originale)



Figure 11. Pourriture du bois sur le tronc (Originale)



Figure 12. Chancre carbonacées au niveau des branches (Originale)

Plusieurs études confirment que les maladies fongiques forestières sont favorisées par divers facteurs. Parmi eux, on trouve des conditions environnementales propices, telles que l'humidité élevée, les températures modérées et les périodes prolongées de pluie (Bernard, 2012).

Les arbres affaiblis par des facteurs de stress, tels que la sécheresse, la malnutrition ou les blessures mécaniques, sont également plus vulnérables aux infections fongiques. Les maladies fongiques se manifestent surtout, sur les variétés sensibles, durant les hivers doux et les printemps humides et ventés. Des températures de 12 à 20°C favorisent l'apparition des maladies cryptogamiques (Das *et al.*, 2016).

#### **II.4.4.1. Quelques exemples des maladies fongiques**

Les maladies fongiques de type vasculaires sont des infections causées par des champignons pathogènes qui pénètrent et se propagent à travers les tissus vasculaires des plantes. Ces maladies peuvent entraîner des dommages importants dans les forêts. Parmi les maladies les plus répandues sur les espèces forestières : La fusariose et la maladie de l'encre du châtaignier :

##### **➤ La fusariose**

La fusariose est une maladie cryptogamique causée par divers champignons qui touchent de nombreuses plantes. Le flétrissement des tiges, taches jaunes sur le feuillage, pourrissement des racines sont les premiers symptômes de l'infection.

L'agent pathogène développe un mycélium dans le sol et contaminent les plantes par les racines. Les vaisseaux conducteurs de sève peuvent être touchés. Certaines souches produisent également des mycotoxines (Isabelle, 2018).

##### **➤ La maladie de l'encre du châtaignier**

Cette maladie est causée par le champignon *Phytophthora cinnamomi*. L'oomycète responsable affecte les châtaigniers et provoque un dépérissement rapide de l'arbre. En effet, l'espèce infecte les vaisseaux conducteurs de sève, entraînant un flétrissement des feuilles, un noircissement des tissus et la mort de l'arbre.

**II.5. La lutte contre les maladies phytopathogènes forestières**

Les maladies phytopathogènes dans les forêts entraînent des pertes économiques et écologiques important.

Sur le plan économique, elles réduisent la quantité et la qualité du bois récolté. Tandis que, sur le plan écologique, elles perturbent l'équilibre écologique en diminuant la biodiversité et en modifiant la structure des écosystèmes forestiers. De plus, ces maladies compromettent les services écosystémiques fournis par les forêts, tels que la régulation climatique et la séquestration du carbone. La lutte contre les maladies phytopathogènes implique l'adoption de diverses stratégies et techniques pour prévenir, contrôler ou éliminer ces infections. Parmi les approches les couramment utilisées :

**II.5.1. L'utilisation de variétés résistantes**

D'après McKinley (1988), la résistance variétale est la capacité pour une variété de plante d'obtenir une bonne productivité malgré la présence de ravageurs.

L'amélioration de la résistance aux maladies implique la détermination de l'organisme cause de l'infection et la compréhension des relations entre l'hôte et le parasite, de la génétique de l'arbre et du parasite et des conditions de milieu dans lesquelles se développe l'attaque.

**II.5.2. Surveillance et détection précoce (Lutte préventive)**

Une surveillance régulière des forêts permet de détecter rapidement les symptômes des maladies phytopathogènes. Cela permet d'identifier les zones touchées et de prendre des mesures de contrôle appropriées.

Une mesure importante pour la gestion des maladies phytopathogènes dans les forêts est la mise en place d'une surveillance régulière. Une manière efficace d'assurer cette surveillance est d'utiliser des brigades mobiles spécialisées qui sont des équipes d'experts formés se déplacent dans les forêts pour inspecter les arbres et détecter les signes de maladies phytopathogènes.

**II.5.3. L'utilisation de produits phytosanitaires (Lutte chimique)**

Les fongicides, les bactéricides, les virucides et autres produits phytosanitaires peuvent être utilisés pour contrôler les maladies phytopathogènes. Cependant, il est essentiel de les

utiliser de manière responsable et en suivant les bonnes pratiques afin de minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et la santé humaine.

Malgré leur efficacité dans certains cas, l'utilisation des produits chimiques (Jarvis, 1993) et de fumigants (Chet et Baker, 1981), avec des résultats souvent mitigés (Besnard et Davet, 1993) et des effets secondaires sur l'environnement et les organismes utiles parce que ces produits sont non sélectifs.

#### **II.5.4. Méthodes biologiques**

La lutte biologique est une approche de gestion des maladies phytopathogènes qui repose sur l'utilisation d'organismes vivants pour contrôler les agents pathogènes (Clausen, 1972). Ces espèces antagonistes sont utilisées par plusieurs conservateurs afin de lutter contre les maladies cryptogamiques à cause de leur potentiel à diminuer la densité de l'inoculum des champignons pathogènes (Dennis et Webster 1971, Larkin et Fravel 1998). Parmi les champignons antagonistes qui ont démontré un bon potentiel de lutte, *Trichoderma* spp. est sans contredit le plus rapporté dans la littérature (Elad *et al.*, 1982; Harman, 2000) ayant démontré des effets contre plusieurs champignons tels que: *Pythium* (Bolton 1980; Chet *et al.* 1981, Smahi *et al.*, 2019), *Phytophthora cinnamomi* Rands (Kelley, 1976), *Rhizoctonia solani* Kühn (Elad *et al.*, 1980 ; Windham *et al.*, 1986), *Diplodia* sp. (Smahi *et al.*, 2019) ...etc.

#### **II.5.5. Techniques physiques**

L'utilisation des techniques physiques peut varier en fonction du type de maladie phytopathogènes, de l'espèce d'arbre concernée et des conditions environnementales spécifiques. Il est recommandé de consulter des experts en gestion forestière et en pathologie des plantes pour déterminer les meilleures stratégies à adopter pour lutter contre les maladies phytopathogènes dans une situation donnée.

En générale, l'entretien des arbres par l'élagage consiste à supprimer les branches mortes, fragiles, malades, cassées ou abîmées, à proximité de routes, de réseaux électriques, d'habitations ou s'invitant chez le voisinage. Le tout dans un souci sécuritaire (risque de chute) et sanitaire (transmission de maladies) (Idverde, 2022).

De plus, le brûlage dirigé est une méthode qui consiste à brûler de manière contrôlée les débris végétaux, tels que les feuilles, les branches ou les arbres abattus, afin d'éliminer les sources d'inoculum des maladies phytopathogènes. Cette technique peut être utilisée pour réduire la présence d'agents pathogènes dans les zones forestières infectées.

# **PARTIE EXPERIMENTALE**

## Chapitre I :

### Présentation générale de la zone d'étude

#### I.1. Le massif montagneux de Belezma

##### I.1.1. Situation géographique

Notre étude a été réalisée dans le massif montagneux de Belezma situé sur la partie orientale de l'Algérie du Nord, au Nord-Ouest de Batna, Il est situé sur le territoire de la wilaya de Batna ( $35^{\circ} 30'$  et  $35^{\circ} 45'$  N ;  $5^{\circ} 45'$  et  $6^{\circ} 20'$  E), d'une superficie de 34396,4 hectares et dépend des communes suivantes : Batna, Seriana, Oued-Chaaba, Merouana, Oued el-ma, Djerma Taxlent Fesdis et Hidoussa,

Par sa position, c'est aussi un carrefour biogéographique, entre les massifs de l'Aurès à l'Est, les monts du Hodna à l'Ouest, les Hautes Plaines Constantinoises au Nord et les massifs de l'Atlas saharien au Sud (Sahli, 2004) (Fig. 01).

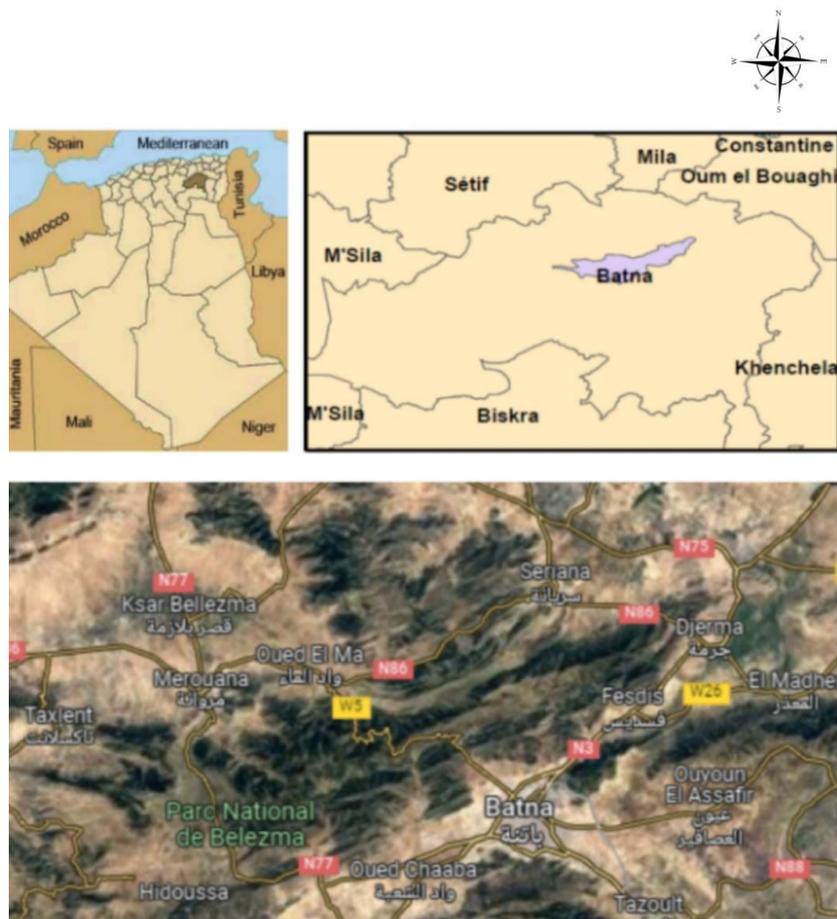


Figure 01. Localisation géographique de massif montagneux de Belezma (Originale)

**I.1.2. Les pentes et les expositions**

Selon le B.N.E.F (1986) in Khanfouci (2005), plus de 87 % de la superficie totale des monts du Belezma sont caractérisés par de fortes pentes qui dépassent les 25 %. Certains endroits peuvent même atteindre 50 %, c'est le cas de Bordjem, Chelalaa et Tuggurt. Formant ainsi des barres rocheuses, des falaises et des vallées étroites (B.N.E.F., 1986).

D'après les cartes des expositions disponibles au Service de la Protection des Forêts et au Parc National de Belezma on peut constater que la majorité des expositions de la forêt sont Nord et Est.

**I.1.3. Géomorphologie**

Les monts de Belezma sont caractérisés par un relief très tourmenté, avec des vallées très étroites et des pics culminants jusqu'à 2178 mètres.

Le Belezma est formé d'une série de plis plus ou moins parallèles. A l'Est le premier pli est constitué par trois Djebel au relief très escarpés : Djebel Touggour (2091m), Djebel Boumerzoug (1778m) et Djebel Kasserou. Le second pli est constitué par la chaîne du Djebel Chellala qui prolonge au Nord-Est par le Maaguel et au Sud-Ouest par les Djebel Bordjem et Tichao (2138m). A l'Ouest de Tichao et au-dessus de Merouana se dresse le pli du Djebel Refaa (2178m) (Abdessemed, 1981).

**I.1.4. Pédologie**

D'après les travaux de Schoenberger (1970) et Abdessemed (1981), les sols des montes de Belezma sont caractérisés par leur jeunesse relative, leur épaisseur ainsi que leur faible degré d'érosion.

Les sols bruns peu calcaires se localisent dans la cédraie de Bordjem et Theniet- el Gontas. Ils reposent sur du grès et se situent entre 1400 et 1800 m d'altitude sur le versant nord. Il est à signaler qu'aucune étude pédologique proprement dite n'a été faite au niveau des montes de Belezma.

**I.1.5. Hydrologie**

Malgré que aucune étude n'ait été faite jusqu'à ce jour nous pouvons dire que le massif montagneux de Belezma est riche en points d'eau (sources), tous situés aux pieds des montagnes où dans les vallées (Tab. 01).

**Tableau 01. Sources du Parc National de Belezma (D.P.N.B., 1981).**

N°	Noms des sources	Débit (l/mn)	Coordonnées LAMBERT		
			X	Y	Z
01	AIN FARSANE	Très faible			
02	AIN TIBERGOUGUINE	Très faible	262	810	1390
03	AIN M'SARA	Très faible	262,5	810,5	1300
04	Ferme AIN KASSEROU	Très faible	262,8	811	1372
05	AIN KERMA	Très faible	263	812	1230
06	AIN BEDJOU	Très faible	266	813	1300
07	AIN TAZAROUIT	Très faible	266	812,5	1250
08	AIN MERDJA	Faible	266,5	813,5	1160
09	AIN M'ALGA	4 l/mn	263,5	812,2	1275
10	SOURCE (sans nom)	4 l/mn	265	811	1480
11	SOURCE (sans nom)	4 l/mn	262	807,5	1387
12	AIN-EL-KAROUCHE	4 l/mn	259,5	806,5	1340
13	AIN BRAHIM	4 l/mn	259,2	804	1380
14	AIN KEF NAR	40 l/mn	261	804,7	1400
15	SOURCE (sans nom)	40 l/mn	262	804,3	1350
16	SOURCE (sans nom)	40 l/mn	260	802,1	1480
17	AIN-EL-AMRA	40 l/mn	260	801	1460
18	SOURCE (sans nom)	40 l/mn	256,5	803	1700
19	SOURCE CHAUDE (Kasserou)	800 l/mn	260,5	799	1600

### I.1.6. Climat

Le climat est un déterminant majeur de la production agriculture et de la productivité

Biologique, aussi bien dans les terres aménagées que dans les terres vierges. Le climat influence le cycle et la consommation de l'eau, la nature et la distribution spatiale de la flore et de la faune, pense Abdelguerfi (2003a).

Dans les hautes altitudes et sur le versant Nord, le climat de Belezma passe du subhumide à l'humide à hiver très froid. Par contre, en basse altitude et sur le versant Sud, le climat est de type semi-aride et aride à hiver frais à froid. Par exemple, nous mentionnons la cédraie de Belezma qu'elle reçoit une moyenne pluviométrique de 400

mm/an. La température du mois le plus chaud est de l'ordre de 32,9°C (Juillet). En revanche, elle est de de -5°C au mois de Janvier (le plus froid).

### I.1.6.1. Données climatiques

Nous avons obtenu deux ensembles de données climatiques de la station de Batna (précipitations et températures moyennes annuelles) : La première série est celle établie par Seltzer (1946), elle s'étale sur une période de 25 ans (1913-1938). La deuxième, correspond aux données fournies par l'ONM (2018) pour une période de 45 ans (1972-2017).

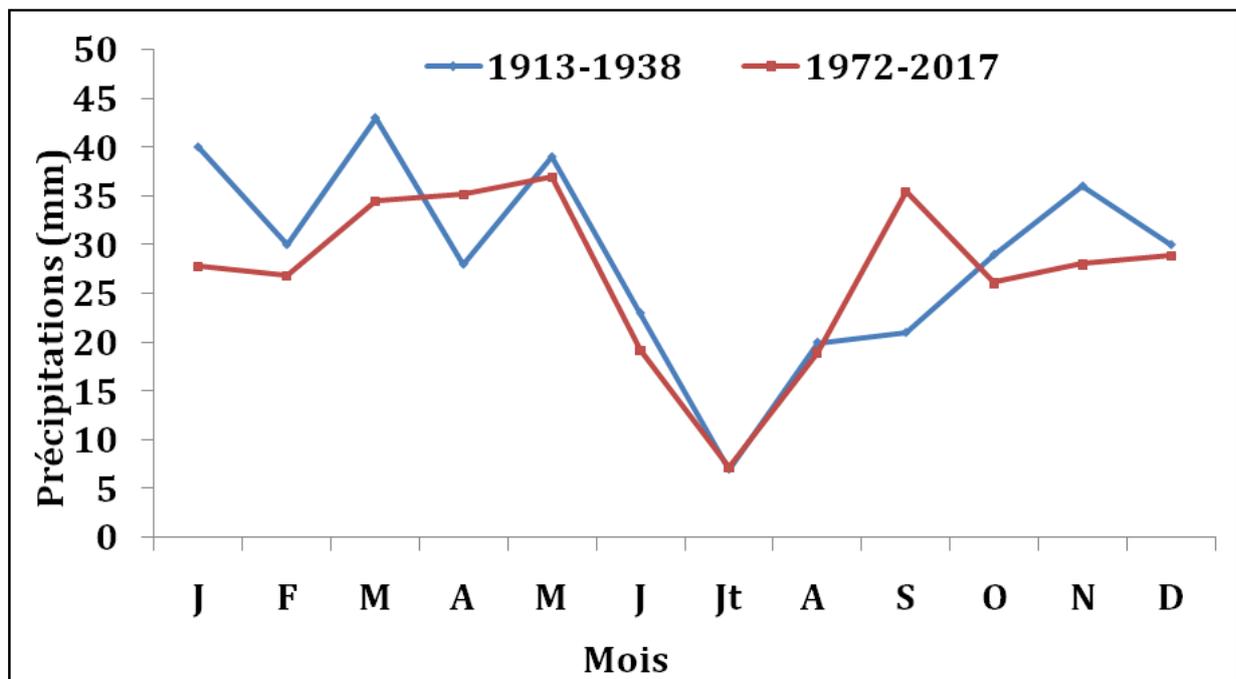
### I.1.6.2. Les précipitations annuelles

L'étude de la répartition des précipitations moyennes annuelle exprimées en mm de la station de Batna prouve que le mois de Juillet est le mois le plus sec pour les deux périodes.

Par contre le mois le plus pluvieux est Mars pour la première série (43 mm) et le mois de Mai pour la deuxième série (36,95 mm).

La comparaison des données montre une diminution des précipitations par le temps.

Le régime mensuel moyen des précipitations durant les deux périodes (Fig.02) montre une irrégularité des pluies.

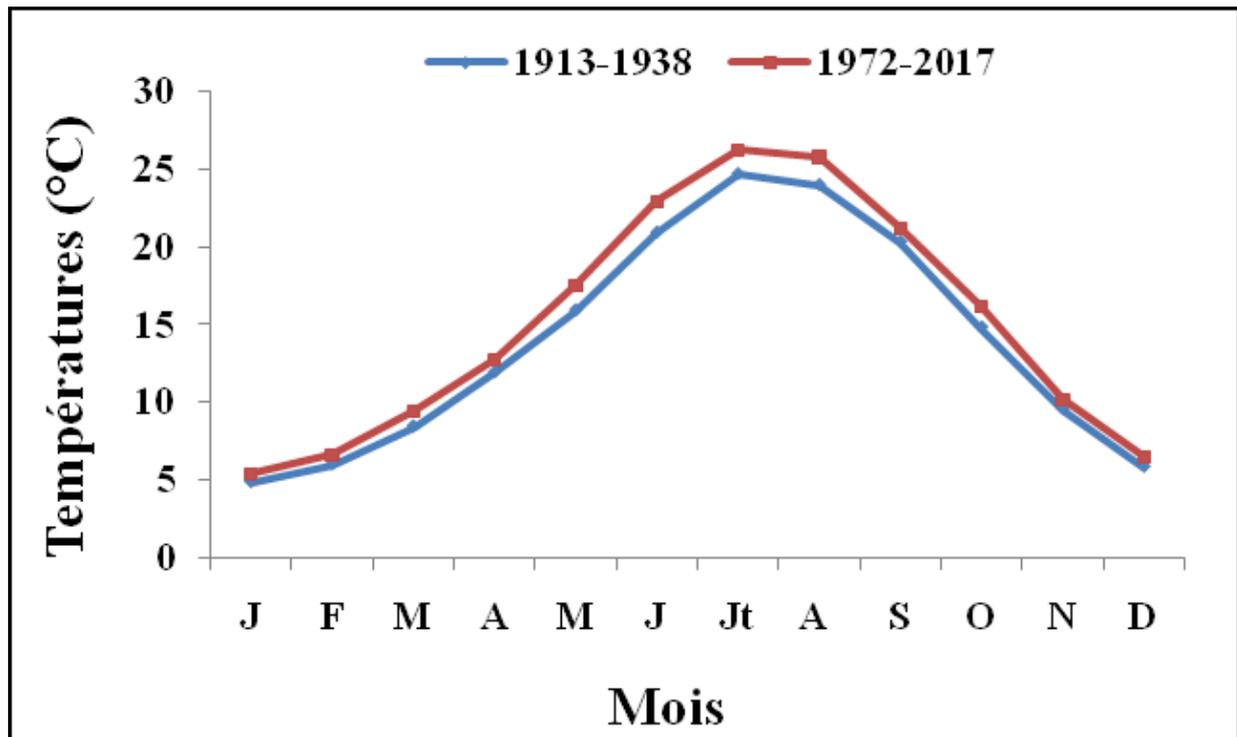


**Figure 02. Variations des précipitations mensuelles moyennes de la station de Batna. Comparaison entre deux périodes (1913-1938, 1972-2017).**

### I.6.1.3. Les températures moyennes annuelles

La comparaison de la température moyenne annuelle pour les deux séries (Seltzer, 1946 et ONM, 2018) montre une augmentation de températures.

Elle passe de 13,98 °C pour la période 1913-1938 à 14,88 °C pour la période comprise entre 1972-2017. La figure ci-dessous, nous montre que Juillet est le mois le plus chaud de l'année et janvier le plus froid.

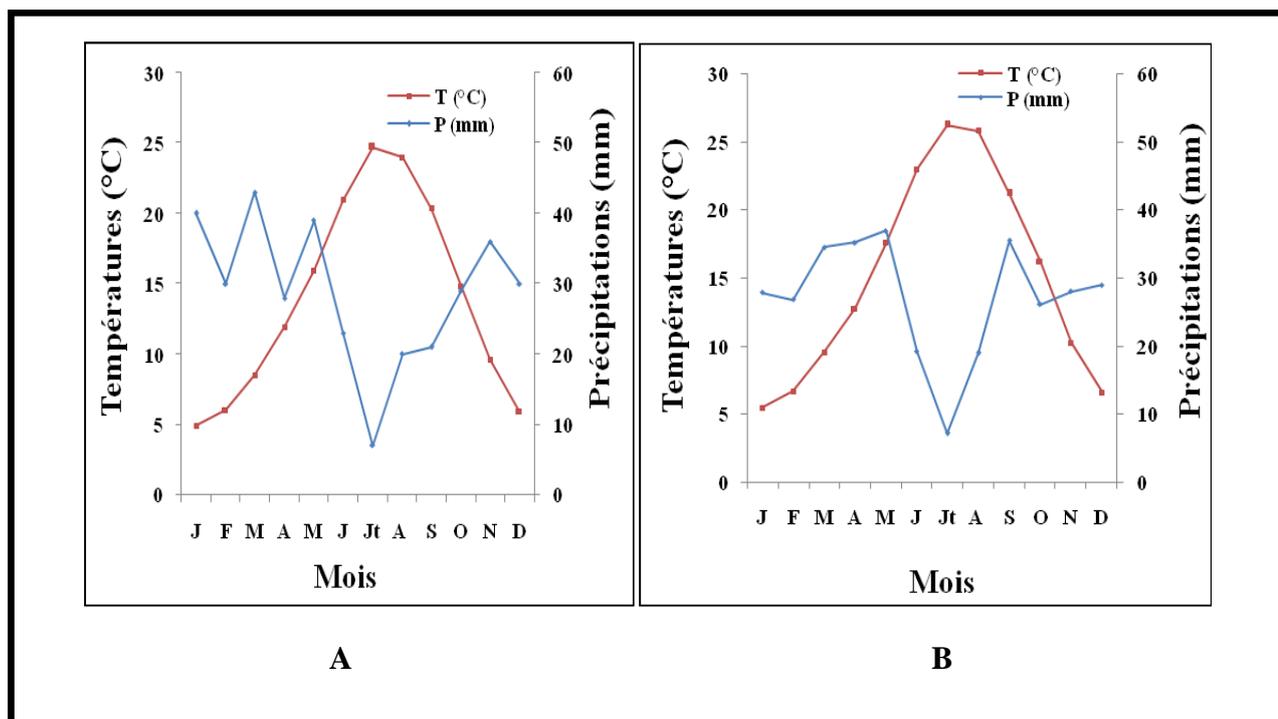


**Figure 03. Variations des températures annuelles de la station de Batna. Comparaison entre deux périodes (1913-1938, 1972-2017).**

### I.1.6.4 Synthèse climatique

La figure suivante présente une comparaison des diagrammes ombrothermiques de la station de Batna des deux périodes (1913-1938) et (1972-2017)

**Remarque :** On remarque que la période sèche a augmenté d'un mois.



**Figure 04. Diagrammes ombrothermiques de la station de Batna. Comparaison entre deux périodes : A (1913-1938), B (1972-2017).**

#### I.1.6.5. Les gelées

Les gelées dans la région sont très fréquentes allant du mois de Décembre à Mars avec une moyenne enregistrée de 52 jours par an, y compris les gelées tardives, signale Laabed (2009).

#### I.1.6.6. Les vents

Au cours du printemps, les orages et les vents violents sont favorables à la germination des conidies et au développement des champignons en blessant les fleurs et les fruits (INRA, 2019).

Les vents de la zone d'étude sont en majorité de direction nord. Pour le sirocco enregistre plus de huit 08 jours par an. Les mois plus affectés de Mai à Septembre.

Selon leurs origines, les vents jouent au Belezma des rôles opposés :

- Les vents du Sud (sirocco), chauds et secs surtout durant la période estivale où ils accentuent l'aridité. Ils soufflent pendant 20 jours au cours de l'année avec un pic de 5 jours pour le mois de juillet.

- Les vents dominants d'hiver Nord -Nord/Ouest qui sont des vents pluvieux et frais arrosent les faces Nord et Nord-Ouest du Parc National. De ce fait nous pouvons dire que le climat du Parc National de Belezma est caractérisé par trois facteurs : sécheresse

estivale, froid hivernal, pluviosité assez importante surtout sur le versant Nord et amplitude thermique important.

### **I.1.7. Etude du milieu biologique**

#### **I.1.7.1. La Faune**

Selon Loukkas (2006), le massif montagneux de Belezma est un véritable sanctuaire de la nature caractérisé par une richesse faunistique très diversifiée de l'ordre de 309 espèces dont 59 sont protégées. Ces dernières représentent la fraction d'un 1/5 des espèces protégées sur l'ensemble du territoire national. Cette richesse faunistique se résume à :

- Une faune mammalienne riche de 17 espèces dont 09 sont protégées par la législation algérienne. On rencontre le sanglier, l'hyène rayée, le lynx caracal, la mangouste, la genette et la belette *etc.*

- Une avifaune de 109 espèces est recensée dont 53 sont protégées (les rapaces font partie).

- Une forte colonie d'insectes peuple le parc, elle est de 177 espèces dont 13 sont protégées.

- Amphibiens et reptiles, 09 ont été recensés dont le caméléon commun et la tortue grecque sont protégés.

#### **I.1.7.2. Flore**

Le massif montagneux de Belezma a une diversité floristique très importante du point de vue écologique, d'où la nécessité de la sauvegarder.

Le nombre d'espèces recensées est de 447, elles sont réparties en 9 espèces endémiques (*Rosa caninabelezmensis*, *Centaureatougourensis*, et autres), 18 espèces protégées, 14 espèces assez rares, 21 espèces rarissimes, 19 espèces rares, 62 plantes médicinales et 29 espèces de champignons (Loukkas, 2006).

Le domaine forestier est largement représenté avec 82% de la superficie de massif montagneux de Belezma. C'est ainsi qu'on observe : le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en beau peuplement, le chêne vert (*Quercus rotundifolia*) et le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) (Beloula, 2010). Aussi on renferme quelques peuplements et quelques espèces assez particuliers attirant ainsi la curiosité scientifique, dont on peut citer : l'unique cédraie typique sur dalle rocheuse renfermant des sujets dépassants les 300 ans (Loukkas, 2006).

#### **Conclusion**

L'équilibre écologique de la forêt de Belezma est menacé par sa position géographique proche du désert ce qui a conduit à la faiblesse de la richesse forestière et à la facilité de propagation des ravageurs et des maladies.

## **I.2. La forêt d'el Mangouche**

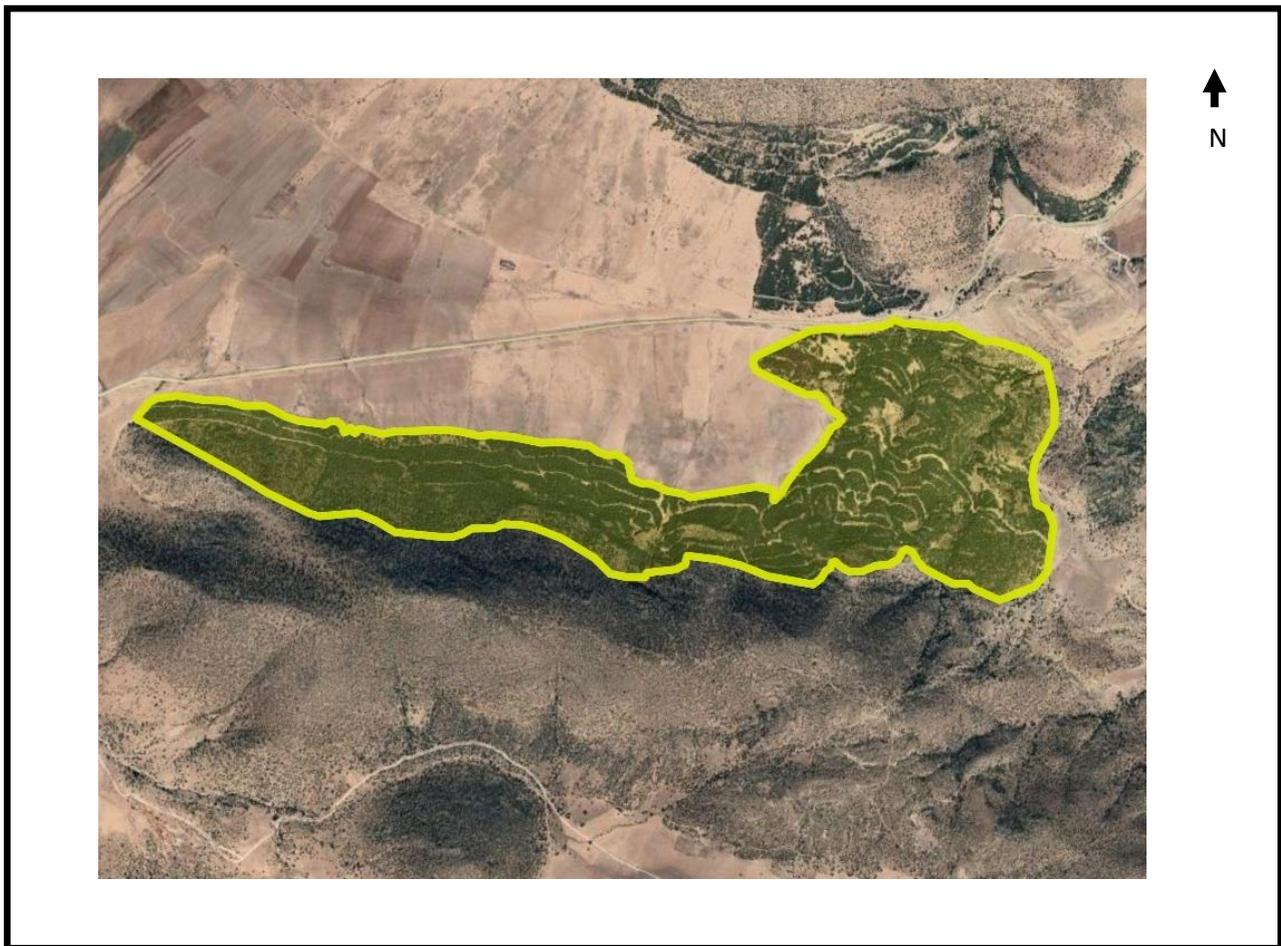
### **I.2.1. Localisation géographique**

Est un reboisement artificiel située à l'extrême nord de Djebel Mestaoua nord de la chaîne montagneuse Belezma, le reboisement est réalisé par le CPR (Chantier Populaire de Reboisement) en 1965/1966, puis complété par O.N.T.F (l'Office National des Travaux Forestiers).

La forêt est rattachée administrativement à la conservation de Batna circonscription Merouana district Seriana canton Silhaje à 27.3 Km de la ville de Batna avec une superficie de 110.215 ha. Elle est limitée au Nord par la plaine d'Ain Djasser, à l'Est par la ville de Zana el Bayda à l'Ouest et sud par le parc national de Belezma (Fig.5).

#### **Coordonnées géographiques :**

- 35° 46' 15'' de latitude Nord.
- 06° 02' 10'' de longitude Est.



**Figure 5. Carte de délimitation du forêt el Mangouch image satellitaire (Originale)**

### **I.2.2. L'altitude**

L'altitude dans cette forêt va de 900 mètres à la route à 1140 mètres au sommet.

### **I.2.3. La pente et l'exposition**

La pente représente un paramètre important dans l'étude et la caractérisation de l'état de dégradation du sol. Une pente forte accélère le ruissellement ; par conséquent, la vulnérabilité du sol à l'érosion augmente (Chikhaoui *et al.*, 2010).

La pente est importante dans la forêt, mais elle n'affecte pas à cause de la densité de la végétation dans la zone.

L'exposition est fortement corrélée au taux de la végétation, celle exposée au sud étant caractérisée par un taux de couverture végétale faible à l'inverse de celle exposé au nord caractérisé par un taux de couverture végétale élevé (Barbach, 2021).

La majorité des expositions de la forêt sont Nord et Ouest

#### I.2.4. Pédologie

En matière pédologie aucune étude n'a été faite jusqu'à ce jour. Selon un ancien officier forestier dans la région : Dans la forêt d'el Mangouche les plantations reposantes sur des sols bruts d'apport mixte alluvial et colluvial sur les dépôts très restreints des piémonts.

#### I.2.5. Flore

La forêt d'el Mangouche est une forêt mélangée, c'est à-dire un peuplement contenant plusieurs essences, constituée principalement de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) avec la présence d'un sous-étage de Genévrier de Phénicie ou Genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L.) aussi le Chêne vert (*Quercus ilex* L.), le Houx commun (*Ilex aquifolium* L.) et le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*).

Les espèces herbacées ne sont pas nombreuses, on note surtout la répartition des bromes plantains.

Le mélange d'essences présenterait des intérêts biologiques et écologiques et pourrait faire partie des réponses pertinentes à l'adaptation des forêts aux changements globaux.

#### I.2.6. L'état sanitaire du peuplement

Selon les archives du Service forestier responsable de cette zone, la forêt a été très exposés aux attaques des défoliateurs et insectes xylophages après le dépérissement suit aux sévères sécheresses des dernières années.

En revanche, aucune étude phytopathogènes n'a été réalisé pour identifier les champignons phytopathogènes associés au dépérissement de la forêt.

Le dernier incendié a été déclaré dans ce peuplement le 30 juin 2022 à 14 :00h. Il a détruit 2 hectares de surface (27 arbres de pin d'Alep complètement brûlés et 800 autres arbres déformés au niveau du tronc) (Fig. 06).

En ce qui concerne les travaux forestiers, la forêt est dotée d'un excellent réseau des pistes qui facilite les déplacements. Autres travaux sylvicoles ont été enregistrés (L'élagage, le dépressage et l'éclaircie ...etc.)



**Figure 06. Image satellitaire montre la zone touchée par l'incendie (Originale).**

## Chapitre III:

### Matériel et méthodes

Les forêts des Aurès constituent une ressource naturelle riche et variée nécessitant d'être préservées et valorisées. Beaucoup de chercheurs et conservateur du secteur des forêts, ont souligné que les forêts de Batna se caractérisent par divers écosystèmes et de rares essences végétales.

Néanmoins, ces écosystèmes sont heurtés ces dernières années à un sérieux problème sanitaire qui menace sa survie. Parmi les principales causes de dépérissement, les endophytes fongiques sont les plus redoutables. Car ils sont capables de passer de longues périodes dans les tissus végétaux sans quel manifeste des symptômes.

Notre travail mené dans la forêt de d'El-Mangouche, entre 2022-2023, consiste à isoler, identifier et caractériser les champignons phytopathogènes à partir des arbres présentant des symptômes de dépérissement (Décoloration des aiguilles et feuilles, dessèchements et perte des aiguilles et feuilles, flétrissement et la morte progressive des branches...).

Afin d'étudier les espèces fongiques ayant une relation avec la mortalité des arbres forestiers dans la forêt d'El-Mangouche, notre travail est subdivisé en deux étapes, la première sur terrain, et la seconde au niveau du laboratoire de recherche « *Labo N°31 : Gestion conservatoire de l'eau, du sol et des forêts et développement durable des zones montagneuses de la région de Tlemcen* » à l'Université Abou Bekr Belkaid -Tlemcen-

#### III.1. Prospection et échantillonnage

Dans le cadre de la présente étude, nous avons choisi une station, située au milieu de la forêt d'El-Mangouche, Canton « Silhaje » à 27.3 Km de la ville de Batna.

##### III .1.1. Caractéristiques de la station d'étude et d'arbres échantillons

###### III.1.1.1. Choix de la station

Il s'agit d'un jeune peuplement artificiel issu d'un reboisement réalisé en 1965/1966. Dans ce peuplement mixte, le pin d'Alep est l'espèce la plus répondu.

Le choix de ce site a été basé sur les caractéristiques stationnelles, le degré de dépérissement et la présence de plusieurs sujets symptomatiques et morts. Ces sujets habituellement vigoureux ont été victimes d'un dépérissement aigu accompagné de symptômes d'infection fongique (généralement dans la partie aérienne de la plante : feuilles, branches et tronc).

### III .1.1.2. Choix des arbres

Dans le cadre de cette étude, les arbres ont été choisis principalement en fonction de la présence de symptômes évidents d'infection fongique, afin d'obtenir une évaluation globale de la santé de la forêt et d'identifier les espèces responsables à cette situation sanitaire.

Les arbres sélectionnés pour l'échantillonnage appartiennent à différentes espèces du genre *Pinus* et *Juniperus*, à savoir (*Pinus halepensis*, *Juniperus phoenicea* L. et *Juniperus oxycedrus*) (Fig. 13).



Figure 13. Dépérissement par bouquets dans la forêt d'I-Mangouche (Originale)

### III .1.1.3. Relevés géographiques et topographiques

Les relevés géographiques et topographiques englobent toutes les informations liées à la station d'étude y compris le lieu-dit du canton, leur coordonnées géographiques prélevées par GPS, la distance à la mer, la topographie du terrain, l'exposition, la pente et l'altitude.

### III .1.1.4. Relevés dendrométriques

Ils déterminent les mesures de la hauteur totale de chaque arbre au moyen à l'aide d'un Blum-Leiss et la circonférence du tronc à 1,30 m du sol à l'aide d'un ruban mètre (Fig. 14).



**Figure 14. Mesure dendrométrique de la circonférence du tronc avec la chevillière de cubage (Originale)**

Pour présenter la structure actuelle de la forêt d'El-Mangouche, nous avons choisi les classes de circonférence et de hauteur réparties comme indiquées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 03. Principales classes de relevés dendrométriques et d'exploitation (Bouhraoua, 2003).**

Type de relevé	Descripteur	Classe
Dendrométriques	Circonférence (Cm)	1 (<70), 2 (70-109), 3 (110-149), 4 (150-189), 5 (>189)
	Hauteur totale (m)	1 (<6), 2 (6-7), 3 (7-10), 4 (>10)

**III .1.1.5. Relevés sanitaires**

Afin d'apprécier la vigueur des arbres et l'état de santé des peuplements, notre méthode repose essentiellement sur l'examen de l'état du houppier par estimation du déficit foliaire. L'état de la cime est le plus souvent pris en compte pour apprécier la vitalité des arbres de nombreuses essences forestières, feuillues ou résineuses (Becker, 1987 ; Bonneau et Landmann, 1988).

D'après Landmann (1988), l'examen de la cime permet de mettre en évidence deux principaux symptômes : la défoliation (la perte foliaire) et la décoloration (coloration anormale). Le niveau de défoliation de la cime, comprend 5 classes correspondant à 5 catégories sanitaires (Cellerino *et al.*, 1990) (Tab. 04 et Tab.05).

**Tableau 04. Echelle d'évaluation du dépérissement des arbres (Cellerino *et al.*, 1990)**

Classes de dépérissement	Proportion de feuillage affectés	Catégories sanitaires	
0	<10%	Arbre sain	
1	≥10 <20%	Arbre légèrement affaiblit	
2	≥20 <50%	Arbre affaiblit	
3	≥50 <90%	Arbre dépérissant	
4	≥90 100% 100%	Arbre mort	Mort récente
			Mort depuis longtemps

**Tableau 05. Classe de décoloration des feuilles (Bouhraoua, 2003)**

Classes	Proportion de feuillage décoloré	Signification des classes	Catégories de coloration
1	1-10%	Pas de décoloration	Coloration normale
2	15-25%	Faiblement décoloré	Coloration anormale
3	26-60%	Modérément décoloré	
4	>65%	Gravement décoloré	
5	100%	Très gravement décoloré	

### III .1.2. Méthode d'échantillonnage

Le présent travail s'articule sur l'isolement et l'identification des champignons phytopathogènes ayant une relation avec la mortalité des arbres dans la forêt d'el-Mangouche.

Un total de Vingt (20) échantillons ont été prélevés à partir des arbres symptomatiques de différentes espèces forestières, à savoir : Le Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea* L.), le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*) et le pin d'Alep (*Pinus halepensis*).

A partir des arbres symptomatiques, quinze (15) échantillons ont été prélevés de la partie aérienne des arbres, tandis que cinq (5) échantillons de la partie souterraine des arbres (sol et racines).

L'échantillonnage se fait d'une manière aléatoire, en raison de l'absence des méthodes d'investigation spécifiques aux études mycologiques (Smahi, Com. Pers.), tout en basant sur la symptomatologie observée. A partir du premier arbre numéroté ayant les symptômes précédemment des infections fongiques, le reste est sélectionné par la méthode du plus proche voisin sans tenir compte ni de leur taille, ni de leur état de démasclage.

Au niveau de la partie souterraine, la procédure d'échantillonnage a été basée sur la méthode décrite par Scanu *et al.* (2013), légèrement modifiée par Smahi (2019) : A l'aide d'une petite pioche carrée et une truelle à main, nous avons creusé une couche de la partie racinaire du sol (environ 15 cm à 25 cm de profondeur) et environ 400g de sol a été prélevé dans des directions opposées.

Au niveau de la partie aérienne de l'arbre, des parties de xylème au niveau du collet, branches, et tronc ont été retirées de toutes les arbres échantillons (Fig. 15).

Chaque échantillon a été mis par la suite, dans un sac en plastique stérile sur lequel les références d'échantillonnage ont été rapportées : numéro d'échantillon, nom de l'espèce hôte, nom de la forêt, station d'étude et la date de prélèvement.

Tous les échantillons prélevés ont été transférés au laboratoire, et stockés à une température de 5°C dans un réfrigérateur, en attendant leur utilisation ultérieure.



**Figure 15. Procédure d'échantillonnage : prélèvement des échantillons du sol de de branches (Originale)**

### **III.2. Isolement, identification et caractérisation des champignons isolés**

Les différents échantillons d'arbres ont été traités de la même manière.

#### **III.2.1. Milieux de culture utilisés**

Le choix d'un milieu de culture est très important pour une bonne croissance et une identification bien définie des champignons phytopathogènes. Pour cela trois milieux de cultures ont été utilisés pour isoler et purifier le champignon à savoir : PDA, MEA et la gélose à l'eau. La composition de ces trois milieux de cultures utilisées est indiquée dans l'annexe 1.

Le Milieu PDA (Potatos Dextrose Agar) est utilisé pour la croissance de la plupart des champignons microscopiques grâce à sa capacité de conférer les besoins et les conditions vitaux d'une large gamme des champignons phytopathogènes (Smahi, Com. Pers.). En plus, le milieu MEA (Malt Extract Agar) a été utilisé. Ces deux milieux ont été utilisé pour l'isolement, la purification et la caractérisation des souches isolées.

De plus, la gélose à l'eau a été utilisée spécifiquement pour les champignons qui n'ont pas été en mesure de produire des spores.

Les trois milieux de culture ont été autoclavés à 121°C pendant 20 minutes, et additionnée par le Streptomycine comme antibiotique avec 500 mg.l<sup>-1</sup> afin d'éliminer toutes croissance bactérienne.

### III.2.2. Préparation des échantillons

Pour isoler les champignons, les feuilles, les branches et les racines ont été découpées en fragments de 0,5 x 0,5 cm. Ces fragments ont ensuite été désinfectés dans une solution d'hypochlorite de sodium à 1% pendant une minute, puis rincés à l'eau distillée stérilisée à trois reprises pendant 30 minutes, et séchés à l'aide de papier filtre stérile (Fig. 16).



Figure 16. Préparation des échantillons de branches et feuilles (Désinfection et séchages) (Originale)

**III.2.3. Isolement des champignons**

Un petit fragment (0.5 x 0.5 cm) de chaque échantillon a été découpé, à l'aide d'un bistouri (régulièrement désinfecté à l'éthanol 70%) et placé sur des boîtes de pétri (φ 90mm), additionnées de la Streptomycine.

Concernant les échantillons du sol, l'isolement des champignons a été basé sur la technique décrite par le conseil des productions végétales du Québec inc. (C.P.V.Q., 1996). Les champignons du sol ont été isolés par dilution et suspension dans une eau peptonée diluée. La préparation d'une solution mère d'eau peptonée est indiqué dans l'annexe 1.

Le principe de cette dilution en série est la réduction systématique d'une entité connue ou inconnue (un soluté, un organisme, etc.) par une re-suspension successive d'une solution initiale (solution 0) en volumes fixes d'un diluant liquide. Bien qu'on puisse choisir n'importe quel volume pour chaque diluant, il s'agit le plus souvent d'un multiple de 10, ce qui facilite la réduction logarithmique de l'échantillon (Fig. 17).

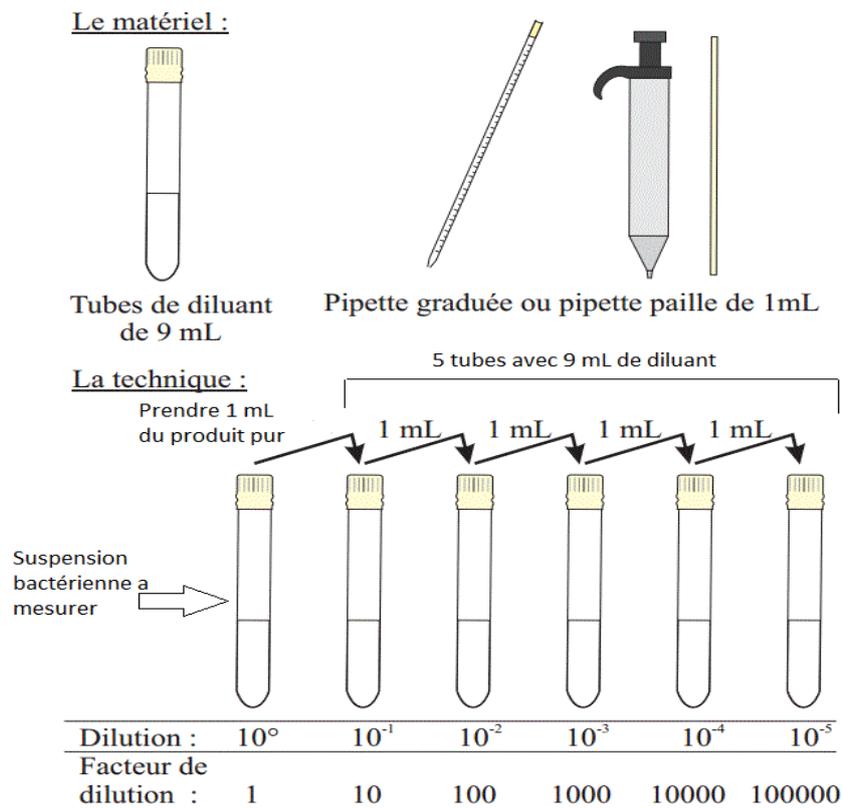


Figure 17. Le protocole de la méthode de dilution (Anonyme, 2014)

Le protocole de cette technique de dilution est le suivant : 1g de sol de chaque échantillon est additionné à 10 ml de d'eau peptonée, ce qui correspond à la dilution  $10^{-1}$  . Ensuite 1ml de cette dernière est ajouté à 9 ml d'eau stérile pour avoir la dilution  $10^{-2}$  jusqu'à arriver à la dilution  $10^{-5}$  pour chaque échantillon de sol.

Les échantillons sont directement placés sur la surface de la gélose déjà préparée. Pour chaque dilution du sol, un millilitre a été déposé sur la surface d'un milieu de culture préalablement préparé. Les boîtes ainsiensemencées ont été placées dans des conditions d'obscurité totale et incubées à une température constante de  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$  pendant une période allant de 5 à 10 jours.

#### III.2.4. Purification des colonies

Après le développement des colonies, la purification est effectuée par la méthode de repiquage. La colonie parfaitement isolée, est prélevée et transférée, toujours à l'aide d'une pince stérile sur le même milieu mais dans de nouvelles boîtes de Pétri.

Les boîtes ont été incubées dans l'obscurité à  $23^{\circ}\text{C}$  de 3 à 5 jours. La purification des colonies a été réalisées jusqu'à l'obtention des souches pures (Fig. 18).

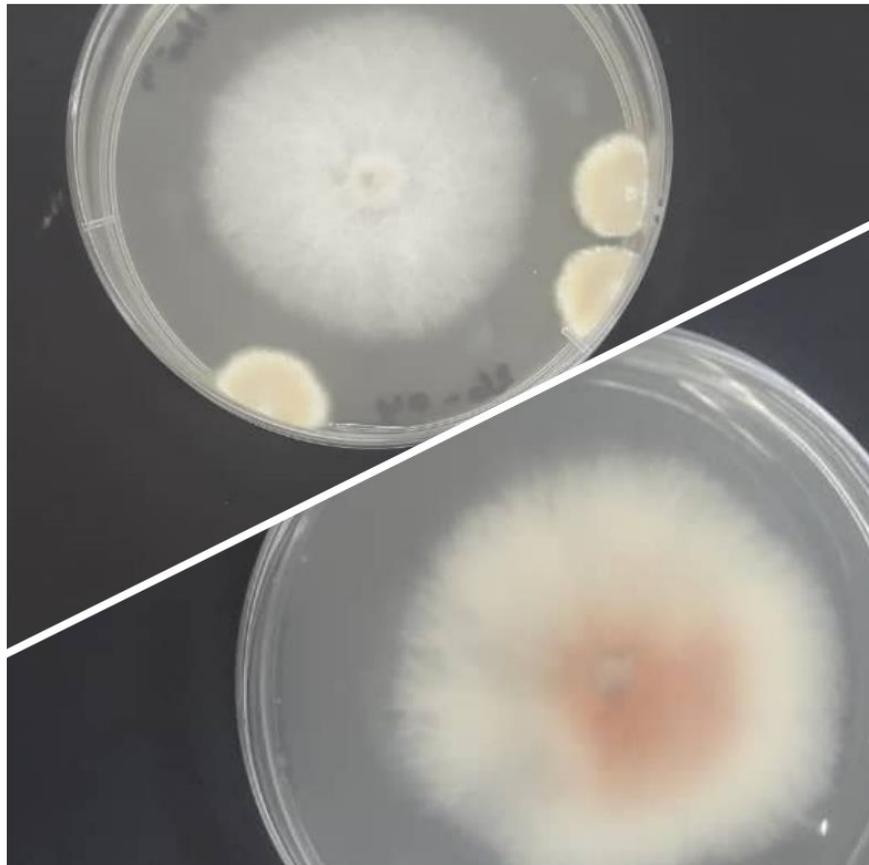


Figure 18. La purification des espèces sur un milieu PDA

### III.2.5. Observation microscopique et identification morphologique et moléculaire

La détermination des champignons fait appel aux caractères morphologiques. Elle nécessite le montage de préparations microscopiques, parfois une coloration du matériel à examiner, et l'étude détaillée de la morphologie (Forme des conidies, spores, ascospore, mycélium, chlamydozoïdes, ...etc.).

#### III.2.5.1. Identification macroscopique et microscopique

Les différentes colonies obtenues ont été groupées conformément à leurs caractéristiques macroscopiques pour choisir uniquement des représentants de chaque groupe pour l'identification. Ces caractéristiques morphologiques comprennent : l'aspect et la texture du thalle, sa couleur (face et revers), son élévation, l'odeur et la forme de la marge.

Dans la présente étude, l'aspect microscopique des espèces a été étudié avec un microscope optique avec un logiciel et caméra.

Une goutte d'acide lactique ou d'alcool a été déposée sur une lame bien nettoyée afin d'assurer l'isotonie de la cellule fongique, puis un petit fragment de mycélium a été prélevé sur la marge du thalle à l'aide d'un scalpel stérile et déposé, par la suite, sur la lame. La préparation est recouverte par une lamelle et une goutte d'huile d'immersion a été ajoutée.

L'observation microscopique est aux grossissements x10, x40, x100 ; Les espèces fongiques ont été identifiées par suite, sur la base des critères microscopiques (la forme de la vésicule, la disposition et la forme des spores et des conidies, la septation des conidies, le cloisonnement du mycélium, ...etc.). Plusieurs guides ont été utilisés pour l'identification à savoir : Barnett et Hunter (1972), Botton *et al.* (1990), Champion (1997), Phillips *et al.* (2012) et (2013).

#### III.2.5.2. Identification moléculaire

Pour certains champignons stériles, les observations microscopiques sont insuffisantes, une identification moléculaire est nécessaire dans ce cas.

Dans la présente étude, quatre champignons qui ont apparu stériles (sans formation de spores) lors des observations microscopiques, ont été envoyés au Laboratoire de Pathologie végétale à l'Université Kwazulu- Natal au Sud Afrique pour l'identification moléculaire par séquençage de leur facteur d'élongation 1-alpha).

### III.2.6. Test de température

La température est l'un des facteurs les plus importants au développement des champignons. Un test de température a été réalisé à différentes températures afin de déterminer l'optimale de chaque espèce.

Un fragment de mycélium de 0.5 x 0.5 cm de chaque isolat a été prélevé sur les bords des cultures pures et mis au centre des boîtes de Pétri coulées préalablement par un milieu PDA. Les boîtes sont incubées, par la suite, à différentes températures : 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 et 40 ° C ( $\pm 0,5$  ° C) dans l'obscurité. Deux répétitions ont été faites pour chaque isolat dans une température donnée.

Deux mesures perpendiculaires l'une à l'autre ont été prises sur le diamètre de la colonie après 24, 48 et 72 heures d'incubation, le temps suffisant pour que le mycélium ait la croissance la plus rapide et couvre toute la boîte de Pétri. Les mesures ont été enregistrées afin de connaître la température optimale, minimale et maximale de chaque espèce.

### III.2.7. Test d'antagonisme

Ce test a été effectué en se basant sur la méthode décrite par Benhanou et Chet (1996) et Hibbar *et al.* (2004) :

Sur le pourtour des cultures de deux champignons concernés par le test (l'espèce pathogène et l'antagoniste), deux bouchons mycéliens de 0.5 mm de diamètre ont été prélevés.

Les deux pastilles ont été déposées dans la même boîte Pétri coulée préalablement par le milieu PDA, suivant un axe diamétral à 3cm et à équidistance du centre de la boîte. L'incubation est réalisée à 20 °C dans l'obscurité. Trois (03) répétitions ont été réalisées pour chaque combinaison (Fig. 19).

La croissance mycélienne des deux champignons est évaluée tous les jours, en mesurant sur le diamètre de la boîte de Pétri, le rayon du pathogène se trouvant à côté de l'antagoniste. Cette évaluation est faite toutes les 24 heures pendant 5 jours dans la même heure.

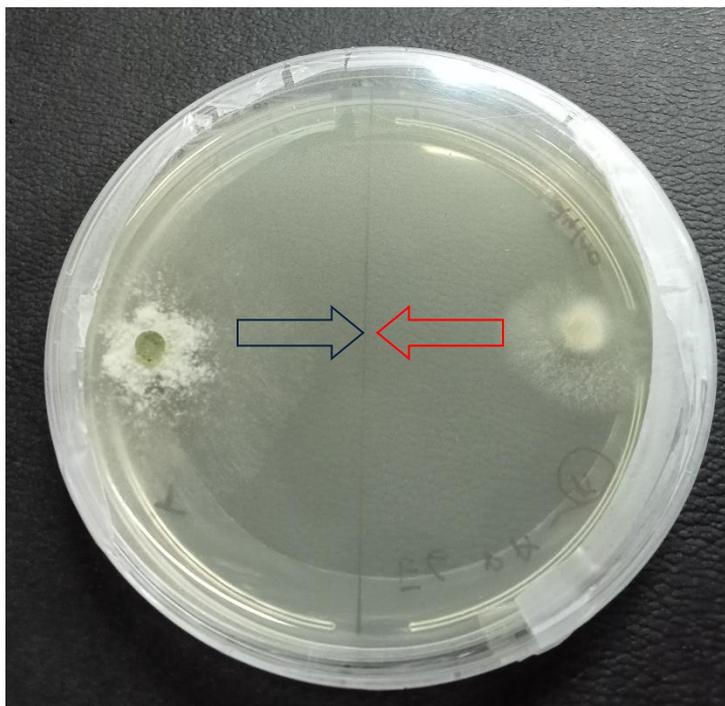


Figure 19. Boites de Pétri contenant le test d'antagonisme (Originale)

# **CONCLUSION**

## Conclusion

Depuis plusieurs années, les forêts méditerranéennes connaissent un problème de dégradation et une diminution de leur surface végétale, ce qui menace leur survie dans toute leur aire naturelle (Sechi *et al.*, 2002). Le dépérissement des peuplements forestiers est un processus complexe qui a été attribué à un large éventail de causes potentielles, le plus souvent impliquant des sécheresses antérieures qui initient une baisse de la croissance et une longue chaîne d'événements interactifs (Camarero *et al.*, 2004 ; Das *et al.*, 2007 ; Galiano *et al.*, 2010).

Le dépérissement forestier est généralement apprécié par deux symptômes macroscopiques : la défoliation et le jaunissement du feuillage. Aiguilles qui roussissent puis tombent l'année suivante, cime dénudée, coloration anormale, déficit foliaire, branches mortes sont les signes du déclin de la forêt méditerranéenne (Gazonneau, 2007). Actuellement, les dégâts causés en zone méditerranéenne sont insuffisamment documentés et probablement sous-évalués. Il est clair qu'un effort de recherche plus approfondi est nécessaire pour mieux comprendre les symptômes observés et établir un inventaire plus précis de ces dommages. Il est également important de réfléchir attentivement aux espèces d'arbres sur lesquelles il convient de concentrer prioritairement les efforts de recherche et de surveillance.

Dans cette optique, la présente étude se concentre sur l'identification et l'isolement des espèces fongiques qui entretiennent une relation avec le dépérissement des arbres dans la forêt d'El-Mangouche. L'objectif est d'approfondir notre compréhension sur les agents pathogènes responsables des problèmes de santé des arbres dans cette région spécifique.

Nos investigations dans notre zone d'étude ont révélé une remarquable diversité de la flore fongique, les résultats des analyses morphologiques et moléculaires confirment la présence de neuf espèces fongiques, à savoir *Alternanria alternata*, *Alternaria solani*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, *Xylaria sp.*, *Pezizomycetes sp.*, *Chaetomium sp.*, *Diplodia sapinea* et *Rhizopus stolonider*. Certaines d'eux sont largement étudiées en raison de leur capacité à causer d'importants dégâts aux végétaux, c'est le cas de *Diplodia sapinea* qui a été signalé dans la présente étude avec un taux de présence qui avoisine les 30%.

Ces espèces ont déjà été signalé par plusieurs auteurs pour leur pouvoir de colonisation très élevé sur les plantes cultivées comme sur les plantes forestières.

L'isolement et l'identification des espèces fongiques, nous ont permis de mieux appréhender leur impact sur la santé des arbres et évaluer leur rôle dans le dépérissement observé. Cette approche permettra également de déterminer les espèces fongiques spécifiques qui sont les plus préjudiciables et nécessitent une attention particulière.

Le contrôle des maladies phytopathogènes dans les forêts nécessite une approche intégrée et adaptée aux conditions locales. La lutte biologique, en utilisant des agents de lutte biologique, offre une alternative pour combattre les agents pathogènes et réduire la dépendance aux produits chimiques. Dans cette perspective, notre étude confirme l'effet antagoniste des souches de *Trichoderma sp.* sur les deux espèces de *Diplodia sapinea* et *Xylaria sp.*

Notre étude contribue à la compréhension des maladies phytopathogènes dans les forêts algériennes, mais elle ne représente qu'une pièce du puzzle. La collaboration, la recherche participative et la complémentarité avec d'autres études sont essentielles pour approfondir nos connaissances, élargir notre perspective et développer des approches novatrices et efficaces pour protéger les écosystèmes forestiers des ravages des maladies phytopathogènes.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## A

Abdessemed K., 1981. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*, Mannetti) dans les massifs de l'Aurès et du Belezma. Etude phytosociologique et problème de conservation et d'aménagement. Thé. Doc. Ing. Fac. St. Jérôme, Marseille. 199 p.

Abdelguerfi A., 2003. Mise en oeuvre des mesures générales pour la conservation in situ et ex situ et l'utilisation durable de la biodiversité en Algérie. Rapport de consultation dans le cadre du Projet ALG/97-G31 Tome I. Synthèse.

Allen C. D., Macalady A. K., Chenchouni H., Bachelet D. et McDowell N., 2010. A global over view of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 660-684. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>.

Anselmi N., 1984. Rapport de mission en pathologie forestière (Sept.-Oct. 1984), dans le cadre du projet: P.N.U.D./ F.A.O. ALG./83/013.

## B

Beloula S., 2010. Etude sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas dans le Parc National de Belezma (Wilaya de BATNA). Apport de la télédétection et SIG (60 p). Batna.

Barbach A., 2021. Etude et analyse de la végétation et de la flore des Cédraies de Belezma et de Guettiane : Diagnostic phytoécologique et essai de cartographie des indicateurs de la dégradation du couvert végétal. Thé. Doc. Fac. Eco et Env., Batna.

BNEF., 1985. Étude d'aménagement du Parc National de Belezma. Phase I, II, III et IV.

Botton B., Breton A., Fevre M., Gauthier S., Guy ,ph., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y. et Veau P. 1990. Moisisures utiles et nuisibles importance industrielle. Collection Biotechnologies. 2ed. Mexico 512 p.

Bacon C.W. et White J.F. 2000. *Microbial Endophytes*, Marcel Dekker, New York; 4-5.

Barnett H. L et Hunter B.B., 1978. *Illustrated Genera of imperfect Fungi*. 3 ed, Burgess Publishing copany, Minnesota, U. S. A., 233p

Bonneau M., 1990. Dépérissement des forêts : les risques en zone méditerranéenne. t. XII, n ° 3, novembre 1 990.

Bentouati A. et Bariteau M., 2006. Réflexions sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie).. *Forêt Méditerranéenne*, XXVII (4), pp.317-322.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Björkman E., 1970. Forest tree mycorrhiza. the conditions for its formation and the significance for tree growth and afforestation. *Plant and Soil*, 32(1-3), 589-610.

Becker M., 1987. Bilan de santé actuel et rétrospectif du Sapin (*Abies alba* Mill.) dans les Vosges. Etude écologique et dendrochronologique. *Ann. Sci. For.*, 44 : 379-402.

Benhanou N., et Chet I., 1996. Parasitism of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* by *Trichoderma harzianum* : ultrastructural and cytochemical aspects of the interaction. *Phytopathology* .86: 405-416

Bernard F., 2012. Le développement des champignons pathogènes foliaires répond à la température, mais à quelle température ?. Doctorat Agronomie. AgroParisTech. 145p.

Besnard O. et Davet P., 1993. Mise en évidence de souches de *Trichoderma spp.* à la fois antagonistes de *Pythium ultimum* et stimulatrices de la croissance des plantes. *Agronomie* 13 : 413-421.

Bolton A.T., 1980. Control of *Pythium aphanidermatum* in poinsettia in a soilless culture by *Trichoderma viride* and *Streptomyces spp.* *Can. J. Plant Pathol.* 2 : 93- 95p.

Bouhraoua R.-T., 2003. Situation sanitaire de quelques forêts de chêne liège de l'ouest algérien : étude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse de doctorat. Univ. Tlemcen, 267.

Bouneau M et Landmann G., 1988. Le dépérissement des forêts en Europe.-La recherche, 205(19) : 1542-1556.

Botton B., Bretton M., Fevre M., Gautier S., Guy Ph., Larpent J.-P., Reymond P., Sanglier J.-J., Vayssier Y., Veau P., 1990. Moisissures utiles et nuisibles importance industrielle. 2<sup>ème</sup> édition, Collection Biotechnologies, Masson, 512p

## C

Camareao J.J., Corcuera L., Penuelas J. et Gil-Pelegrin E., 2004. Cambio global y decaimiento del bosque. In: Valladares, F. (Ed.), *Ecología del Bosque Mediterráneo en un Mundo Cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 397-423

Chikhaoui M., Merzouk A., Lacaze B. et Chandra A.M., 2010. Étude de la dégradation des sols en milieu semi-aride à l'aide de l'approche neuronale et de données multisources. *Revue Télédétection*, 2010, vol. 9, n° 2, p. 139 – 150.

Clémentine D., 2021. Scolyte. <https://www.gerbeaud.com>. Consulté : Le 29 novembre 2021.

Caron J., 2002. Le pouvoir antagoniste de *Trichoderma*. Phytopathologiste Hhorthi-Protection inc. Conférence présentée lors des journées horticoles régionales à St-rémi, p. 1.

Champion R., 1997. Identifier les champignons transmis par les semences. INRA, Paris, 385

Chet I. et Baker R., 1981. Isolation and biocontrol potential of *Trichoderma hamatum* from soil naturally suppressive to *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 71 : 286-290p.

Clausen., 1972. Comme précurseur du terme « lutte biologique » pour expliquer l'utilisation d'ennemis naturels des insectes nuisibles pour leur contrôle. VOLUME 2 NUMÉRO 2 | OCTOBRE 2001.

## D

Das A.J.B., John J., Stephenson., Nathan L., Van Mantgem. et Phillip J., 2007. The relationship between tree growth patterns and likelihood of mortality: a study of two tree species in the Sierra Nevada. *Can. J. For. Res.* 37. 580-597

Das T., Hajong M., Majumdar D., Tombisana Devi R. K. et Rajesh T., 2016. Climate change impacts on plants disease. *SAARC J. Agri.*, 14(2): 200-209p.

D.P.N.B. Mazeghrane C. et Nait-Kaled M, 2018. Contribution à la proposition de quelques recommandations au plan de gestion du parc national de Belezma (wilaya de Batna) Mèm. Mastr. Tizi –Ouzou.

Durieu et Lév., 1848. MNHN & OFB [Ed]. 2003-2023. Fiche de *Peziza ammophila*. Inventaire national du patrimoine naturel (INPN). Site web : [https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/47557](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/47557) - Le 14 juin 2023.

D S. F, 2017. Le Sphaeropsis des pins, Département de la Santé des Forêts, site web [www.INRAE.com](http://www.INRAE.com)

DSF., 2022. préfet de région Bourgon-Franche-Cometè direction régionale de l'alimentation de l'agriculture et de la forêt. Publié le 21 février 2022 (modifié le 25 avril 2022).

Delatour C., 2021. Les Dépérissements de Chênes en Europe. *Revue forestière française* vol XXXV n° 4 1983, pp. 265-282.

Dennis L. et Webster J., 1971. Antagonisme properties of species-groups of *Trichoderma*. Hyphal interaction. Trans. Br. Mycol. Soc. 57 : 363-369p.

Duval B. et Denis R., 2017. Document- Bulletin d'information N° 7 RAP Général 2017 modifié. Le texte original avait été rédigé par Brigitte Duval et Gérard Gilbert.

## E

Laurence D., 2012 . ENS DE LYON. Publication de Département de biologie, juillet 2012.

Elad Y., Chet I. et KatanJ., 1980. *Trichoderma harzianum* : A biocontrol agent effective against *Sclerotinia ro/fs/V* and *Rhizoctonia solani*. Phytopathology 70 : 119- 121p.

Elad Y., Chet I. et HenisY., 1982. Dégradation of plant pathogenic fungi by *Trichoderma harzianum*. Can. J. Microbiol. 28 : 719-725p.

Eljaouhari M., 2019. La lutte biologique par conservation du charançon noir (*Cosmopolites sordidus*). Mémoire de fin d'étude, Master 3A, option RESAD, Montpellier SupAgro. 98p.

## G

Galiano L., Martinez-Vilalta J. et Lloret F., 2010. Drought-induced multifactor decline of scots pine in the pyrenees and potential vegetation change by the expansion of co-occurring oak species. Ecosystems 13. 978-991.

Gazonneau A., 2007. Pour la forêt méditerranéenne, le changement climatique est déjà à l'oeuvre.<http://actscience.blogspot.com/2007/11/pour-la-foretmediterranenne-le.html>.

## H

Hoog G.S., Guarro J., Gene J., Figueras M., 2000. Atlas of Clinical Fungi, 2nd ed, vol. 1. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands

Hamed S.R., Abdel-Azeem A.M. et Dar P.M., 2020. Recent Advancements on the Role of Biologically Active Secondary Metabolites from *Chaetomium*. In Recent Developments on Genus *Chaetomium* (pp. 177-204). Springer, Cham.

Harman G.E., 2000. Myths and dogmas of biocontrol - changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant Dis. 84 : 377-393.

## I

INRA., 2019- *Monilinia fructigena* et *Monilia laxa* Biologie, épidémiologie

## J

Jarvis, W.R., 1993. Managing diseases in greenhouse crops. 2e éd. APS Press, Minnesota. 288 p.

## K

Khanfouci M. S., 2005. Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le massif du Belezma. Mémoire de magister ; Université de Batna ; 256 p.

Kuo M., 2020. The genus *Xylaria*. Retrieved from the MushroomExpert.Com Web site: <http://www.mushroomexpert.com/xylaria.html>.

KelleyW.D., 1976. Evaluation of *Trichoderma harzianum* - impregnated clay granules as a biocontrol for *Phytophthora cinnamoni* causing damping-off of pine seedlings. Phytopathology 66:1023-1027p.

## L

Laabed R., 2009. Etude typologique succincte de quelques plantations de Pin d' Alep dans la région de Batna. Mém. Master. Université de Batna ; 39 p.

Loukkas A., 2006. ATLAS des parcs nationaux algériens. Direction Générale des Forêts, Parc national de Theniet El Had. P : 49 - 57.

Lkermoud M., 2000. Evaluation des ressources forestières nationales. Alger, DGF, 39p.

Lanier L., 1973. Phytopathologie et production ligneuse. Annales des sciences forestières, 30 (3), pp.329-341.

Lucca A. J., 2007. Harmful fungi in both agriculture and medicine. Rev Iberoam.Micol. 24[1], 3-13.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Larone D. H., 1995. Medically Important Fungi. A Guide to Identification, 3rd ed. ASM Press, Washington, D.C. View at Publisher | View at Google Scholar.

Landmann G., 1994. Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers. Rev. For. Fr. XLVI - 5- Pp : 405-415.

Larkin R.P. et Fravel D.R., 1998. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of Fusarium wilt of tomato. Plant Dis. 82 : 1022-1028p.

Lanier L., 1986 a. Deuxième rapport intérimaire de mission en pathologie forestière dans le cadre du projet: P.N.U.D./ F.A.O. ALG./83/013.

Lanier L., 1986 b. La fonte des semis Notes techniques forestières n° 14 7p.

Lanier L., JOLY P., BONDOUX P., & BELLEMERE, 1978. Mycologie et pathologie forestière. Tome I. 461 pp. Ed. Masson. 1978.

Larone D.-H., 1995. Medically important fungi. A guide to identification. 2nd edition, - 230 p. New York - Amsterdam - London, Elsevier Science Publishing Co., Inc

Lieutier F., Vouland G. et Khou M.M., 1992. Rapport de mission sur les dépérissements forestiers en Algérie et rôle des insectes xylophages dans le cadre du projet de coopération INRA France/ INRF - Algérie. Projet 89/HYDR/12 et, MAE/2939B.

## M

Mouas Y., 2020. Cours de Phytoprotection, Département d'Eau, Environnement et Développement Durable, univ-chlef (2020).

Mouna M., 1994. Etat des connaissances sur l'entomofaune du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au Maroc. Ann. Rech. For. Maroc, (1994), T(27), 513-526.

## N

Nasraoui B., 2019. PATHOLOGIE, TROISIEME PARTIE. 25 P.

Nelson P. E., Toussoun, T. A., et W.F.O., M., 1983. Fusarium species: An illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press, University Park, 206.

## O

ONM., 2018. Données de Office National de la Météorologie.

Olariaga I. et Hansen, K., 2011. New and noteworthy records of Pezizomycetes in Sweden and the Nordic countries Karstenia, 51: 1-16.

ONF., 2019. [www.onf.fr](http://www.onf.fr). Office nationale des forêts. France

ONF., 2023. Changement climatique et dépérissement : pourquoi il faut agir en forêt.

## P

Patterson T. F., McGinnis, M. R., and ed. 2009. The fungi : Description. Site Doctor Fungus . Mycoses Study Group.

Pitt, J.I. et Hocking, A.D. 1985. Fungi and Food Spoilage. Academic Press. 413 p.

Phillips A. J. L., Lopes J., Abdollahzadeh J., Bobev S. et Alves A., 2012. Resolving the *Diplodia* complex on apple and other Rosaceae hosts *Persoonia*. 29: 29- 38p. - Phillips A. J. L., Alves A., Abdollahzadeh J., Slippers B., Wingfield M. J., Groenewald J. Z. et Crous P. W., 2013. The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. *Stud Mycol.* 76: 51–167p

Pitt J.-I., Hocking A.-D., Bhudhasamai K., Miscamble B.-F., Wheeler K.-A., and Tanboon-Ek P., 1993. The normal mycoflora of commodities from Thailand. 1. Nuts and oilseeds. *Int.J Food.Microbiol.* 20[4], 211-226.

## Q

Quezel P. et Medil F., 2003 -Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranée. Elsevie éd., 513 p.

## R

Ripert C., Bousquet-Mélou A. et Rêvosto B.P.2013. Carte d'identité botanique, Le pin d'Alep en France, Editions Quae . France 2013.

## S

Sahli M., 2004. Environnement, aménagement et stratégie de développement de protection de la nature. Cas de Parc National du Belezma (Monts de Batna, Algérie) Thé. Doc. Univ. Mentouri-Constantine. 244 p.

Samuels G.-J., 1996. *Trichoderma* : a review of biology and systematics of the genus. *Mycol. Res.* , 100 (8) : 923- 935.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Santos-Vaz M.S., 2010. Caracterização do gene lip2 de *Trichodermaharzianum*. Thèse de doctorat, Escola Superior Agrária de Bragança, 67p.

Scanu B., Linaldeddu B. T., Franceschini A., Anselmi N. et Vannini A., 2013. Occurrence of *Phytophthora cinnamomi* in cork oak forests in Italy. *Forest Pathology*. 43: 340–343p.

Schoenenberger A., 1970. Etude du couvert forestier de l'Aurès oriental. F.A. O., Projet Algérie, (15). 42 p.

Schvester D., 1990. Protection phytosanitaire de la forêt méditerranéenne: les insectes : p 248-256

Sechi C., Ruiu P.A., Franceschini A., et Corda P., 2002. Nouvelles recherches sur l'extension des phénomènes de dépérissement dans les subéraies de Sardaigne. *IOBC/wprs Bull* 25 (5) : p 5-12.

Seltzer P., 1946. Le climat de l'Algérie. Carbonel, Alger, 219 p.

Samuels, G.j., Chaverri, P., Farr, D.F. et McCray, E.B., 2006. *Trichoderma* Online, systematic Botany and Mycology Laboratory. (<http://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/keys/TrichodermaIndex.cfm>).

Smahi H., Belhoucine-Guezouli L., Berraf-Tebbal A., Chouih S., Arkam M., Franceschini A., Linaldeddu B. T., Phillips A. J. L., 2017b. Molecular characterization and pathogenicity of *Diplodia corticola* and other Botryosphaeriaceae species associated with canker and dieback of *Quercus suber* in Algeria. *Mycosphere*. 8 (2): 1261-1272p.

Smahi H., 2019. Etude des maladies cryptogamiques du chêne liège (*Quercus suber* L.) dans les forêts de l'ouest algérien : Cas de la forêt de Hafir (W. Tlemcen) et M'sila (W. Oran)

Smahi H., Riahi Z., Tebbal R. S. et Belhoucine-Guezouli L., 2019. Diversity of fungal communities in the soil of three nurseries in Tlemcen (North-West of Algeria). *Genetics & Biodiversity Journal* : 2588-185 X. 48-59p.

Sai K. et Chabaibeddra F., 1996 Rapport préliminaire sur le dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber*) dans la wilaya de Jijel. Doc. interne, 7 pp.

## T

Tony B et Caroline L., 2011. Les contaminations fongiques, La Lettre de l'OCIM, 138 | 2011, 48-54.)

Thérèse M., 2023. ESQUERRÉ-TUGAYÉ, « PHYTOPATHOLOGIE », Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 27 mai 2023.

## W

Windham, M.T., Elad Y. et BakerR., 1986. A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 76 : 518-521.

**Milieux de cultures**

**PDA: Potato Dextrose Agar**

Potato dextrose agar (Difco) 39g

Eau distillée 1000ml

Autoclavé à 121 C° pendant 20 minutes.

**MEA: Malt Extract Agar**

Malt extract (Oxoid CM0059) 50g

Eau distillée 1000ml

Autoclavé à 121 C° pendant 20 minutes.