



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMCEM

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département des Ressources Forestières

## MÉMOIRE DE MASTER EN FORESTERIE

Option : Protection des Forêts

Thème :

**Contribution à l'étude de l'infection du  
chêne-liège (*Quercus suber L*) de la forêt  
de M'Sila (w : Oran) par les pathogènes  
fongiques du genre *Botryosphaeria*.**

Présenté par :

**BOUAKKAZ HAFSA NOUR EI HOUDA**

Soutenu le 29 / 06 / 2017 devant le jury composé de :

<b>Président :</b>	<b>Mr. AINAD TABEL M.</b>	MCB	Université de Tlemcen
<b>Encadreur :</b>	<b>M. BELHOUCINE - GUEZOULI L.</b>	MCA	Université de Tlemcen
<b>Examineur :</b>	<b>Mr. BENMAHIOUL B.</b>	Prof	Université de Tlemcen

2016/2017

## Remerciement

*En préambule à ce mémoire je remercie ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.*

*Je tiens à remercier sincèrement les personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire,*

*Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers et du Département des Ressources Forestières, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.*

*Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères à mon encadrane Madame BELHOUCINE-GUEZOULI .L, « maitre de conférence (A) » pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'elle trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.*

*Mes remerciements s'étendent également à Mr AINADE TABET « maitre de conférence (B) », qui m'a fait l'honneur de présider mon jury de mémoire.*

*Je tiens à exprimer également ma profonde gratitude à Mr BENMAHIOUL « professeur au département des ressources forestières », pour avoir accepté de consacrer de son temps en tant qu'examineur de ce travail.*

*Je n'oublie bien évidemment pas mes camarades de formation et les remercie chaleureusement pour tous ces agréables moments passés ensemble.*

*Je tiens enfin à remercier tout particulièrement ma famille qui m'a accordé la liberté d'action et la patience nécessaires pour réaliser ce travail ainsi que toutes les personnes qui m'ont soutenue.*



# *Dédicace*

*Je dédie le présent mémoire à :*

*Mes très chers parents, qui m'ont aidé et encouragé pour  
ma réussite dans la vie et les études ;*

*Mon mari « Ayoub » qui n'a jamais cessé de me soutenir pour que je puisse  
finir mes études et avoir une bonne formation et surtout être la meilleure*

*Mon très cher fils « Ahmad Yassine »*

*Et à qui je voudrais exprimer mes affections et mes gratitudees :*

*Mes chères sœurs « Leila et Rima »*

*Mes chers frères « Bounouar ,Boubkeur ,Mouhammed ,abdeljalil et  
Abdellatif »*

*Mes chers beaux parents*

*Mes nièces et neveux*

*Mes belles sœurs et beaux frères*

*Mes sœurs et frères de la promo « Foresterie»*

الملخص

المساهمة في دراسة اصابة اشجار الفلين (*Quercus suber L*) في غابة المسيلة (وهران) بالفطريات الممرضة من جنس **Botryosphaeria**.

تعد شجرة الفلين (*Quercus suber L*) من الاشجار النفيسة في الجزائر لدورها البارز في انعاش الاقتصاد الوطني ، الا انها و من المؤسف تعاني من مشكل الامراض و التلاشي المستمر مما يؤثر سلبا على المناظر الطبيعية والاقتصاد. وفي هذا السياق، قد شوهدت أعراض الذبول غير المبررة على أشجار الفلين في غابة المسيلة (وهران)، مما دفع بنا إلى دراسة تجريبية من خلال عزل الفطريات من بعض الأشجار ذات أعراض مرضية على الفروع والاوراق.

أظهرت النتائج وجود نوع من مسببات الأمراض الفطرية بما في ذلك فطريات من نوع *Botryosphaeria* خاصة الفطريات من جنس *Botryosphaeria mutila* و *Botryosphaeria corticola*

**الكلمات المفتاحية:** غابة المسيلة، بلوط الفلين ، ظاهرة التلاشي ، الفطريات، الفطريات من نوع *Botryosphaeria*

Résumé :

**Contribution à l'étude de l'infection des arbres de chêne-liège (*Quercus suber L*) de la forêt de M'Sila (w :Oran) par les pathogènes fongiques du genre *Botryosphaeria*.**

En Algérie, le chêne-liège (*Quercus suber L*) est considéré comme un patrimoine forestier prestigieux, Malheureusement, cette essence est sujette à des dégradations continues qui ont des répercussions sur le paysage et l'économie du pays. Dans ce contexte, des symptômes non justifiés de dépérissement ont été remarqués sur les arbres de chêne-liège de la forêt de M'Sila (w : Oran), ce qui nous a poussé à faire une étude expérimentale en isolant des champignons à partir de quelques arbres symptomatiques qui présentent des chancres sur les branches, des dessèchements et des pertes de feuillage.

Les résultats obtenus ont démontré la présence de quelques pathogènes fongiques du genre *Botryosphaeria* notamment l'espèce *Botryosphaeria corticola* et *Botryosphaeria mutila*.

**Mots-clés :** la forêt de M'Sila, le chêne-liège, phénomènes de dépérissement, pathogènes fongiques, champignon du genre *Botryosphaeria*

Abstract :

**Contribution to the study of the infection of cork oak trees (*Quercus suber L*) in M'Sila forest (w: Oran) by fungal pathogens of the genus *Botryosphaeria*.**

In Algeria, cork oak (*Quercus suber L*) is considered as a prestigious forest heritage. Unfortunately, this species is subject to continual deteriorations, which has repercussions on the landscape and economy of the country. In this context, unjustified symptoms of decline were observed on the cork oak trees of the M'Sila forest (w: Oran), which led us to make an experimental study by isolating fungi from some symptomatic trees with cankers on branches, drying out and loss of foliage.

The results obtained demonstrated the presence of some fungal pathogens of the genus *Botryosphaeria*, in particular the species *Botryosphaeria corticola* and *Botryosphaeria mutila*.

**Key words:** M'Sila forest, cork oak, dieback phenomena, fungal pathogens, fungus of the genus *Botryosphaeria*

***Liste des tableaux***

Tableau 1 : Taux de réussite des reboisements en chêne-liège en Algérie .....	15
Tableau 2 Coordonnées géographiques de la forêt de M'sila.....	37
Tableau 3 Principales caractéristiques des stations du réseau météorologique .....	42
Tableau 4 Précipitation moyennes mensuelles pendant les deux périodes .....	43
Tableau 5 : répartition des températures moyennes minimales de la forêt durant deux périodes différentes.....	44
Tableau 6 : répartition des températures moyennes maximales de la forêt durant deux périodes différentes.....	44
Tableau 7 : Amplitude thermique extrême moyenne de la forêt de M'Sila.....	46
Tableau 8 : Indice de sécheresse estivale de la forêt de M'Sila.....	46
Tableau 9 : Zonation altitudinale du chêne-liège dans la forêt de M'Sila .....	46
Tableau 10 : Quotient pluviothermique et étages bioclimatiques de la forêt de M'sila.....	48
Tableau 11 : Principales classes de relevés dendrométriques .....	55
Tableau 12 : Taux de présence de chaque espèce de champignon isolé .....	64

**Liste des figures**

Figure 1 Distribution naturelle de l'aire géographique du chêne-liège.....	6
Figure 2 : Superficie du Chêne-liège inventorié durant deux périodes par pays .....	7
Figure 3 : Aire de répartition du chêne-liège en Algérie.....	8
Figure 4 : Répartition du chêne-liège dans la région Oranaise .....	8
Figure 5 : Exploitation du liège (Déliégeage) .....	12
Figure 6 : Répartition de la production du liège dans le monde en tonne.....	16
Figure 7 : Evolution décennale de la production du liège en Algérie .....	16
Figure 8 : Chêne-liège repoussant 2 mois après l'incendie.....	17
Figure 9 : Exemples de maladies foliaires du chêne-liège causées par des pathogènes fongiques .....	22
Figure 10 : Symptômes causés par <i>Phytophthora cinnamomi</i> .....	24
Figure 11 : <i>Biscogniauxia mediterranea</i> sur le chêne-liège .....	26
Figure 12 : Les différences de développement entre les deux champignons en culture. ....	33
Figure 13 : Symptômes causés par <i>Diplodia corticola</i> sur le chêne-liège.....	34
Figure 14 : Situation géographique de la forêt domaniale de M'sila.....	38
Figure 15 : Extrait du schéma géologique du littoral oranais .....	39
Figure 16 : Carte Des Principaux Sols De La Région Oranaise ,1/500.000 .....	41
Figure 17 : Répartition annuelle de la pluviométrie dans la forêt de M'Sila durant la période 1961-2011.....	42
Figure 18 : Variation mensuelle des précipitations au niveau de la forêt de M'Sila .....	43
Figure 19 : Régime saisonnier des précipitations des deux périodes de référence .....	44
Figure 20 : Températures moyennes mensuelles et annuelles T (°C) enregistrées dans.....	45
Figure 21 : Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен (1953) de la forêt de M'Sila.....	47
Figure 22 : Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger de la forêt de M'sila .....	48
Figure 23 : Evolution périodique de la production du liège dans la forêt de M'Sila.....	50
Figure 24 : Morceaux des rameaux symptomatique (présence de taches noires) .....	56
Figure 25 : Ensemencement des champignons à partir des rameaux infectés .....	57
Figure 26 : Localisation géographique de la station d'étude .....	54
Figure 27 : Arbres échantillons symptomatiques .....	59
Figure 28 : les différentes classes de circonférences des arbres échantillons .....	59
Figure 29 : les différentes classes de hauteurs des arbres échantillons .....	60
Figure 30 : Caractéristiques de <i>Botryosphaeria corticola</i> isolé.....	60
Figure 31 : Caractéristiques de <i>Botryosphaeria stevensii</i> ( <i>Diplodia mutila</i> ) isolé .....	61
Figure 32 : Caractéristiques de <i>Diplodia sapinea</i> isolé.....	61
Figure 33 : Caractéristiques de <i>Biscogniauxia mediterranea</i> isolé .....	62
Figure 34 : Caractéristiques de <i>Chaetomium globosum</i> isolé .....	63
Figure 35 : Caractéristiques de <i>Acremonium crontocinogenum</i> isolé.....	63
Figure 36 : Caractéristiques de champignon non identifié.....	64
Figure 37 : Taux de présence des champignons isolés sur les arbres échantillons .....	65

**Liste des abréviations :**

A.E.F.C.O. : Administration des eaux et des Forêts de la conservation d'Oran

C.F.W.O. : Conservation des forêts de la wilaya d'Oran

D.G.F : Direction générale des forêts

G.G.A. : Gouvernement Général d'Algérie

D.S.F. : Département de la Santé des Forêts

Euforgen: European forest Genetic Resources program

INPV: Institut national de la protection des végétaux

ha : hectares

Qx : Quintaux

m<sup>2</sup>: Surface observée en mètre carré

w : Wilaya

et *al* : du latin *et alii* « et les autres personnes »

Fig : Figure

Cm : centimètre

m : mètre

°C : degrés celsius

% : pour cent

Q : Quercus

P : phytophthora

ADN : Acide désoxyribonucléique

µm: micromètre

km : kilomètre

UV : ultra violet

min : minutes

mm<sup>2</sup> : Surface observée en millimètre carré

Ø : diamètre

HEPA: Filtre à air, acronyme de l'anglais *High Efficiency Particulate Air*.

**SOMMAIRE**

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>I. Considérations générales sur le chêne-liège .....</b>	<b>4</b>
I.1. Présentation du genre <i>Quercus</i> .....	4
I.2. Le chêne liège <i>Quercus suber</i> .....	5
I.2.1. Position taxonomique.....	5
I.2.3. Aire de répartition .....	6
I.2.4. Descriptions botanique et dendrologique.....	9
I.2.4.1. Physionomie de l'arbre .....	9
I.2.4.2. Apareil végétatif.....	9
I.2.4.3. Appareils reproducteurs .....	10
I.2.5. Biologie.....	10
I.2.5.1. Longévitité .....	10
I.2.5.3. Exploitation du liège .....	11
I.2.6. Ecologie du chêne-liège .....	12
I.2.7. Traitement sylvicoles .....	13
I.2.7.1. Subériculture .....	13
I.2.7.2. Sylviculture .....	13
I.2.8. Régénération naturelle du chêne-liège .....	14
I.2.9. Reboisement du chêne-liège en Algérie.....	14
I.2.10. Importance économique du chêne-liège.....	15
I.2.10.1. Le liège.....	15
I.2.10.2. Production mondiale du liège.....	16
I.2.10.3. Production du liège en Algérie.....	16
I.2.11. Causes de dégradation des subéraies Algériennes .....	17
I.2.11.1. Le chêne-liège face aux incendies.....	17
I.2.11.2.1. Les symptômes du dépérissement du chêne-liège.....	18
I.2.11.2.2. Les facteurs en cause.....	19
<b>II. Les champignons phytopathogènes du chêne liège .....</b>	<b>21</b>
II.1. Introduction .....	21
II.2. Les principaux pathogènes fongiques du chêne-liège .....	21
II.2.1. Pathogènes des feuilles .....	21
II.2.2. Pathogènes des racines.....	23

II.2.3. Pathogènes du bois .....	25
II.3. Les champignons du genre <i>Botryosphaeria</i> .....	27
II.3.1. Historique .....	27
II.3.2. Les genres chez les Botryosphaeriaceae .....	28
II.3.3. Écologie .....	29
II.3.4. Les Botryosphaeriaceae dans les écosystèmes agro-forestiers .....	30
II.3.5. Les champignons pathogènes du genre <i>Botryosphaeria</i> sur le chêne-liège .....	31
<b>III. Milieu d'étude : La forêt domaniale de M'Sila (w :Oran).....</b>	<b>37</b>
III.1. Milieu physique.....	37
III.1.1. Localisation géographique.....	37
III.1.2. Orographie et Hydrographie.....	38
III.1.3. Géologie et Pédologie.....	39
III.1.4. Climat .....	41
III.1.5. Description forestière .....	48
III.1.5. production subéricole .....	49
<b>IV. Matériels et méthodes.....</b>	<b>52</b>
IV.1. Problématique et objectif de l'étude.....	52
IV.2. Matériels utilisés : .....	52
IV.3. Procédures expérimentales :.....	54
IV.3.1. Au niveau de la forêt .....	54
IV.2.1.1. Choix de la station.....	54
IV.2.1.2. Choix des arbres-échantillons .....	55
IV.2.1.3. Relevés caractéristiques des arbres .....	55
IV.3.2. Au niveau du laboratoire .....	55
IV.3.2.1. Isolement des champignons .....	56
IV.4. Observation microscopique et identification.....	57
<b>V. Résultats et discussion.....</b>	<b>59</b>
V.2. Caractérisation dendrométriques des arbres échantillons.....	59
V.3. Les champignons isolés .....	60
V.3.1. Les champignons du genre <i>Botryosphaeria</i> .....	60
V.3.1.1. <i>Diplodia corticola</i> = <i>Botryosphaeria corticola</i> .....	60
V.3.1.2. <i>Diplodia mutila</i> = <i>Botryosphaeria stevensii</i> .....	61
V.3.1.2. <i>Diplodia sapinea</i> (syn. <i>Diplodia pinea</i> , <i>Sphaeropsis sapinea</i> ).....	61
V.3.2. Les autres champignons isolés .....	62
V.3.2.1. <i>Biscogniauxia mediterranea</i> = <i>Hypoxylon mediterraneum</i> .....	62

## Sommaire

---

V.3.2.2. <i>Chaetomium globosum</i> .....	62
V.3.2.3. <i>Acremonium crontocinogenum</i> .....	63
V.3.2. Les champignons inconnus ou stériles : .....	63
V.3.4. Localisation des champignons isolés.....	64
<b>Conclusion et perspectives</b> .....	<b>67</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>68</b>

## INTRODUCTION GENERALE

## Introduction générale

L'Algérie fait partie intégrante du bassin méditerranéen, l'un des berceaux des plus anciennes civilisations au monde et l'une des régions où les ressources naturelles ont fait l'objet de sollicitations précoces (Louni, 1994). Le chêne-liège est l'une de ces richesses naturelles qui sont présentes en Méditerranée Occidentale depuis plus de 60 millions d'années (Aafi, 2006). Les forêts de chêne-liège (*Quercus suber*) sont attachées économiquement et culturellement aux habitants du bassin méditerranéen et caractérisent son paysage rural. Ces forêts couvrent plus de deux millions d'hectares et subissent une riche biodiversité endémique et représentent une source importante de revenus provenant de la production de liège.

Les subéraies sont cependant sujettes actuellement à plusieurs facteurs de dégradation, y compris des conditions environnementales défavorables (régime irrégulier des précipitations avec des périodes prolongées de sécheresse) et des attaques de pathogènes et de ravageurs. Tous ces facteurs peuvent interagir, ce qui provoque des maladies complexes connue sous le nom de «dépérissement du chêne-liège». Ce phénomène continue d'être le principal problème pathologique des chênes lièges en raison de son étiologie complexe et des difficultés qui en découlent pour définir des stratégies de contrôle appropriées. Un aperçu de la littérature indique que plusieurs champignons pathogènes peuvent jouer un rôle primordial dans l'apparition du dépérissement du chêne-liège (Franceschini et al., 1999 ; Evidente et al., 2005 ; Camilo-Alves et al., 2013 ; Dreaden et al., 2014a). Plus de 300 espèces de champignons et d'oomycètes ont été rapportées sur cette essence forestière, dont au moins 100 sont pathogènes (Franceschini et al., 1993, Luque et al., 2000). Très peu sont des agents pathogènes primaires capables d'attaquer les tissus sains des arbres, la majorité étant opportunistes et colonisent les tissus de chêne-liège déjà affaiblis par des facteurs abiotiques ou biotiques (Luque et al., 2000).

Récemment, certaines espèces de champignons opportunistes ont reçu une plus grande attention, car ils peuvent coloniser les tissus de chêne comme endophytes sans induire de symptômes des maladies (Gonthier et al., 2006; Moricca et al., 2012).

C'est là le travail que nous nous sommes proposé de traiter, pour la première fois en Algérie, intitulé "Contribution à l'étude de l'infection du chêne-liège de la forêt de M'Sila (w. d'Oran) par le pathogène fongique du genre *Botryosphaeria*". L'étude tend à démontrer la présence de quelques espèces fongiques endophytes, surtout celles appartenant au genre *Botryosphaeria*, à l'Ouest de l'Algérie dans la forêt de M'Sila, dont quelques arbres présentent des symptômes de dépérissement non justifiés et des chancres caractéristiques.

Il apparaît cependant nécessaire de se fonder sur l'isolement des champignons à partir de quelques arbres symptomatiques qui présentent des chancres sur les branches, des dessèchements et des pertes de feuillage, afin de les identifier.

L'exploitation de ces sources devrait nous permettre de mieux cerner cette espèce et de contribuer, par la suite à lutter contre les maladies qu'elle peut engendrer et à développer des stratégies efficaces

Le présent travail est structuré de la manière suivante :

Le premier chapitre est une synthèse bibliographique consacré à l'étude du chêne-liège du point de vue taxonomique, aire de répartition, description botanique et dendrométrie, biologie et écologie ainsi que les différents traitements sylvicoles ;

Nous avons consacré le deuxième chapitre à l'étude bibliographique de quelques champignons phytopathogènes du chêne-liège ;

Le troisième chapitre aborde l'étude du milieu qui est la forêt de M'Sila (wilaya d'Oran).

Le quatrième chapitre est consacré aux matériels et méthodes utilisés dans la présente étude avec une description du protocole expérimental ;

Dans le dernier chapitre nous avons présenté les résultats obtenus et nous avons complété le travail par une discussion et enfin une conclusion.

CHAPITRE I :  
CONSIDERATIONS GENERALES  
SUR LE CHÊNE-LIEGE

## I. Considérations générales sur le chêne-liège

### I.1. Présentation du genre *Quercus*

La famille des angiospermes, Fagacées, est un élément central de plusieurs types de communautés distinctes dans l'hémisphère nord (Manos et Stanford, 2001). Les restes fossiles identifiés en Amérique du Nord sont les premières traces de chênes. Ces derniers, remontent à l'Oligocène (il y a 35 millions d'années) (Kremer et al., 2002).

Le genre *Quercus* explose littéralement vers la fin du Tertiaire (Natividade, 1956), et on considère que la plupart des espèces actuelles s'étaient différenciées dès le Pliocène (il y a 10 millions d'années) (Boudy, 1950 ; Quézel, 2000). La zone de diversification du genre se situe en Asie du Sud-Est ou en Amérique du Nord. De nouvelles espèces apparurent à l'occasion de changements climatiques de grande amplitude durant le Tertiaire et restèrent confinées à des latitudes méridionales (Kremer et al., 2002).

Le genre *Quercus*, selon Camus, inclue les sous-genres *Euquercus* et *Cyclobalanopsis* et comprend entre 300 et 600 espèces selon les auteurs (Zheng, 1985 ; Jones, 1986 ; Xu, 2004 ; Manos et al., 2008). Ce genre se retrouve en Asie, en Amérique du Nord, en Europe et en Afrique (Axelrod, 1983). Le sous-genre *Cyclobalanopsis* se trouve uniquement en Asie du Sud-Est et comporte 76 espèces. Le sous-genre *Euquercus* comporte 49 espèces en Asie, 234 au Nouveau Monde et 22 en Europe (Schwarz et al., 1964 ; Nixon, 1993 ; Valencia, 2004 ; Menitsky, 2005).

La monographie botanique la plus complète du genre *Quercus*, incluant les espèces présentes sur l'ensemble des continents, est celle de Camus (Camus, 1936-1954) et divise le sous-genre *Euquercus* en six sections : la section des chênes blancs (*Lepidobalanus* ou *Quercus*), la section des chênes rouges (*Erythrobalanus* ou *Lobatae*), les chênes intermédiaires (*Protobalanus*), les *Mesobalanus*, les *Macrobalanus* et les *Cerris*.

Ces rappels de botanique soulèvent des problèmes de nomenclature et de classification. Ces deux éléments ont continuellement évolué au cours du temps selon les auteurs (Hubert, 2013), depuis que le genre *Quercus* a été décrit pour la première fois par Ørsted en 1871 (Xu, 2004) et (Denk et Grimm, 2010). De nombreuses classifications ont par ailleurs été proposées depuis cette date, attribuant différents rangs taxonomiques (sous-genre, section...) à des groupes d'espèces. La nomenclature et la classification de Camus (1936-1954) est l'unique monographie mondiale du genre. Elle a cependant été revue par Nixon (1993), au vu des critères utilisés en la matière (notamment en termes d'antériorité des noms) et cette révision est aujourd'hui communément admise (Hubert, 2013).

La taxonomie du genre *Quercus* s'accorde aujourd'hui sur deux faits :

- 1- La subdivision du genre en deux sous-genres :
  - Le sous-genre *Cyclobalanopsis* (Camus, 1936-1954) et (Nixon, 1993) ou sous-genre *Cyclobalanoides* (Menitsky, 1984; Menitsky, 2005) ;

- Le sous-genre *Euquercus* (selon Camus), ou sous-genre *Quercus* (sensu Menitsky) ou *Quercus sensu lato* (selon Nixon), nom que nous utiliserons désormais (Hubert, 2013).
- 2- La subdivision du sous-genre *Quercus* s.l. en cinq groupes infra génériques, qu'on désigne par groupe :
  - Le groupe *Quercus sensu stricto* (*Quercus* s.s.), ou chênes blancs ;
  - Le groupe *Lobatae*, ou chênes rouges ;
  - Le groupe *Protobalanus*, ou chênes intermédiaires ;
  - Le groupe *Cerris*, ou chênes *cerris* ;
  - Le groupe *Ilex*, ou chêne verts.

Sur le plan botanique, cette subdivision emprunte en fait des éléments issus de plusieurs classifications : celles de Camus (1936-1954), de Nixon (1993) et de Menitsky (1984, 2005). Les deux premières considérant l'ensemble du genre, alors que la seconde se limite aux chênes eurasiatiques, et pour enlever l'ambiguïté relative à l'utilisation du terme *Quercus*, qui peut soit désigner un genre, un sous-genre ou une section, on lui adjoint le suffixe s.l. ou s.s. pour désigner le sous-genre ou la section (Hubert, 2013).

## I.2. Le chêne liège *Quercus suber*

### I.2.1. Position taxonomique

Le chêne-liège (*Quercus suber*) est un arbre qui appartient systématiquement au :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Hamamelidae

Ordre : Fagales

Famille : Fagaceae

Sous-famille : Quercineae ou Quercoïdées

Genre : *Quercus*

C'est un arbre qui est exploité pour son écorce qui fournit le liège. Ce dernier s'est transformé dans les langues des pays d'Oc en *suve*, *siouve* ou *sube* et se retrouve dans un grand nombre de toponymes des régions où cet arbre est présent (Amandier, 2002). Cependant d'après (Benseghir, 2002), le liège est reconnu en Algérie, selon les noms vernaculaires suivants :

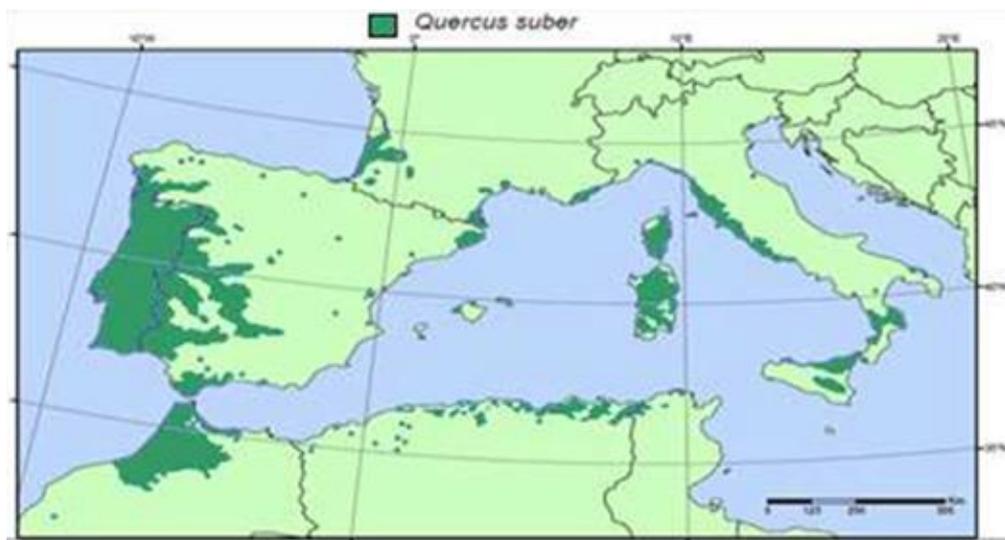
- El Feline : Cette dénomination est probablement d'origine grecque (Phellodrus: Phellos/liège).
- Akhnache (liège) dans la région de petite Kabylie.
- Aqchour dans la région de Grande Kabylie.
- Fernane à l'Est du pays.

### I.2.3. Aire de répartition

- **Dans le monde**

Le Chêne-liège est une essence de la Méditerranée occidentale et des côtes atlantiques (depuis le Maroc jusqu'au golfe de Gascogne) depuis plus de 60 millions d'années (Aafi, 2006). Les latitudes extrêmes sont le 31° et le 45° degré de latitude Nord (Figure 1). (Peyerimhoff, 1941 ; Boudy, 1950 ; Maire, 1961 ; Quézel et Santa, 1962).

On le trouve à l'état spontané sur le pourtour Ouest de la Méditerranée : en Espagne (Catalogne, Andalousie), en Italie (Sardaigne, Sicile), en France (Département des Alpes-Maritimes, du Var, Corse et des Pyrénées-Orientales), le long du littoral méditerranéen de l'Afrique du Nord : Tunisie, Algérie et Maroc (Quézel & Santa, 1962) et au bord de l'Atlantique : Portugal, Espagne et le Maroc (Quezel, 1976 ; Dehane, 2012)

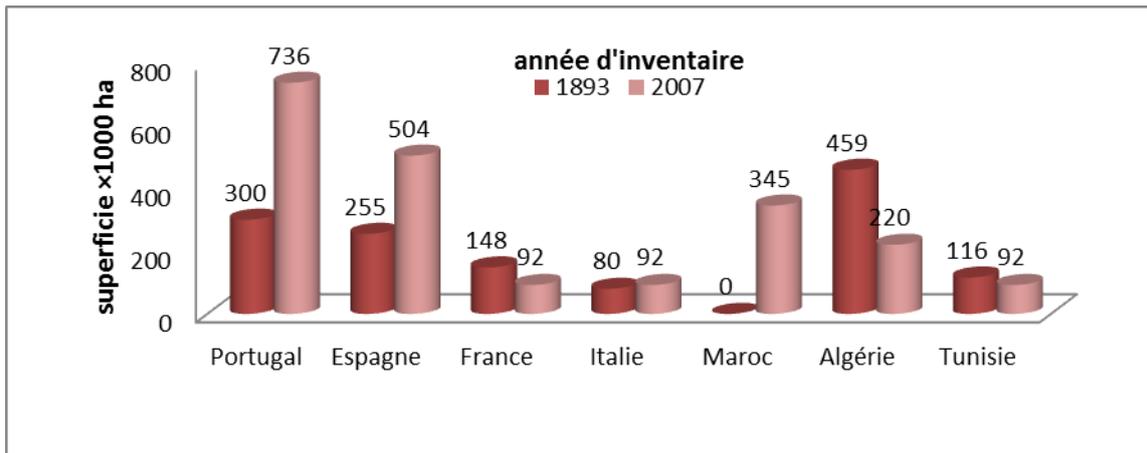


**Figure 1 : Distribution naturelle de l'aire géographique du chêne-liège selon le réseau Eforgen (\*)**

La Figure 1 montre clairement que la distribution actuelle du chêne-liège est très inégale et disjointe, au point où certains auteurs tel (Pausas et *al.*, 2009) suggèrent qu'une grande partie de ce que nous voyons aujourd'hui des suberaies ne représente que des reliques.

La figure 2, donne les superficies du Chêne-liège inventorié durant deux périodes (1893 et 2007) par pays.

(\*) <http://www.euforgen.org/> consulté le 20/04/2017



**Figure 2 : Superficie du Chêne-liège inventorié durant deux périodes par pays**

La superficie au Maroc est archivée à partir de 1917 (Boissière, 2005)

Période 1893 (Lamey, 1893)

Période 2007 : Algérie (DGF, 2007)

Les autres pays (Santos Pereira et al., 2008)

La superficie de la suberaie a connu durant plus d'un siècle, une extension particulière en Portugal (70%) et en Espagne (50%) d'épasant de loin les autres pays subéricoles.

- **En Algérie**

En Algérie le chêne-liège s'étend le long d'une bande côtière avec une superficie variant de 429 000 à 480 000 hectares selon les inventaires et les auteurs (Marc, 1916 ; Boudy, 1950 ; Natividade, 1956 ; Le Houerou, 1980 ; Valette, 1992 ; Zine, 1992).

Les estimations officielles de la DGF (2009) font cependant état d'une superficie productive de 230 000 ha soit un peu moins de la moitié et le reste est transformé en maquis dégradé (Belhoucine, 2013).

Cette essence forme un bloc en un seul tenant de plus de 130 000 hectares à partir de l'Est du pays (Bejaïa, Jijel, Skikda, Annaba, El Taref) jusqu'aux frontières tunisiennes. Un autre moins compact dans le centre (Chlef, Alger, Delys) et quelques îlots bien isolés dans le littoral occidental (Dehane, 2012) (Fig.3).



**Figure 3 : Aire de répartition du chêne-liège en Algérie**

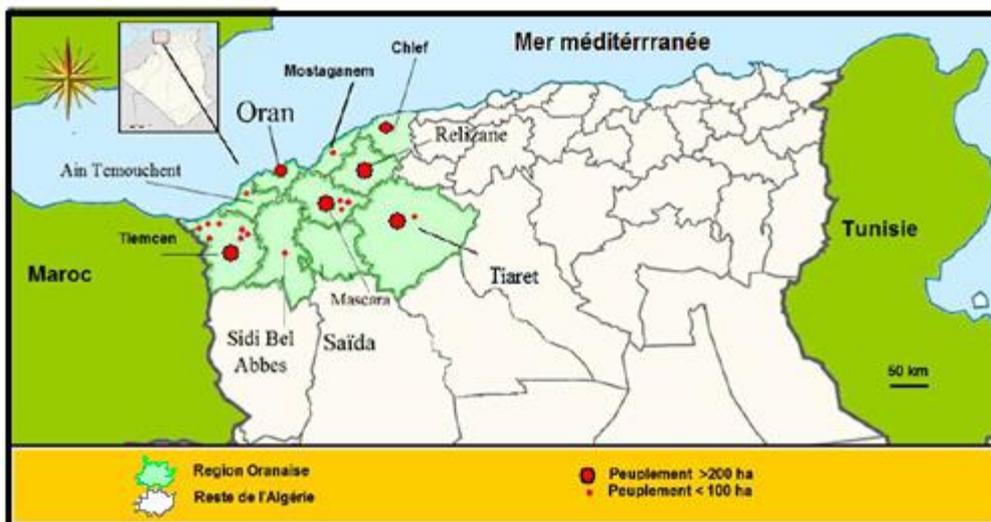
(Zeraria, 1981)

Modifiée par (Dahane, 2006)

- **Dans l’Oranie**

Le chêne-liège se trouve dans 7 wilayas du nord-ouest algérien . la plus grande superficie est localisée dans la wilaya de Tlemcen (Fig. 4).

A l’ouest Algérien , la superficie occupée par la subéraie est passée de 4 128 ha (Rousset, 1858) à 6 000 ha (Charlemagne, 1894) puis à 7 354 (Marc, 1930) voire 8 175 ha (G.G.A., 1927). Au début des années 2 000, la superficie couverte par cette essence est estimée à beaucoup moins de 6 000 ha (Bouhraoua, 2003).



**Figure 4 : Répartition du chêne-liège dans la région Oranaise**

(Dehane, 2012)

Les peuplements sont situés dans deux grandes divisions phytogéographiques différentes en fonction de l’influence maritime et de la structure géographique (Boudy,1955 ) :

- **Les subéraies littorales**

Les subéraies littorales s'étendent actuellement sur une superficie de 2080 ha (C.F.W.O.,2007), se localisant essentiellement dans la wilaya d'Oran .

Les subéraies concernées du littoral oranais sont: M'Sila ; Terziza ; Bissa ; Guetarnia et Beni Ouarssous.

- **Les subéraies de montagne**

Elle se localisent dans la série de chaînes montagneuses de l'Atlas tellien. Nous les rencontrons essentiellement dans les monts de Tlemcen où elles occupent une superficie allant de 4000 ha à 4500 ha (Bouhraoua, 2003 ; Dehane, 2006).

Parmi ces forêts il y a : le massif forestier de Hafir-Zariefet, Yfri, Zerdeb, Sidi Hamza, Béni-Bousaid, Nesmoth, Tagdempt et la forêt de Ammi Moussa.

## **I.2.4. Descriptions botanique et dendrologique**

### **I.2.4.1. Physionomie de l'arbre**

Le chêne-liège est un arbre de taille moyenne de 10 à 15 m de hauteur mais pouvant atteindre 20 à 25 m de hauteur (Seigue, 1985 ).

Le tronc est court d'environ 4 mètres de long, il se ramifie à une faible hauteur. Il présente des branches vigoureuses et façonnées ( Renou, 1842 ; Saccardy, 1937 ).

La cime est globuleuse au jeune âge puis elle s'étale avec l'âge aussi bien en largeur qu'en hauteur pouvant donner aux arbres centenaires isolés un aspect majestueux. Dans un peuplement dense, le tronc est élevé et l'angle d'insertion des branches est réduit , ce qui donne un développement en hauteur. Par contre, dans un peuplement clair, l'élagage périodique favorise l'accroissement des rameaux dans le sens horizontal (Djarphar, 1996 ; Natividade, 1956).

### **I.2.4.2. Appareil végétatif**

**Le système racinaire** est pivotant avec des ramifications latérales puissantes évoluant horizontalement, d'une distance de 22 à 32 cm environ (Sauvage, 1961 ; Seigue, 1985), dans la mesure où la profondeur du sol ou la fissuration de la roche mère le permet. La racine montre, dès son plus jeune âge une disposition naturelle à s'enfoncer verticalement et avec vigueur, ce qui lui permet de bien fixer l'arbre dans les sols légers. Elle se complète plus tard par la formation de robustes ramifications latérales, capables d'envahir les couches superficielles des sols ce qui est caractéristique des plantes xérophiles (Natividade, 1956 ; Metro, 1958).

**Le bois** présente une structure très complexe, comprenant différents types de vaisseaux et fibres typiques (Natividade, 1956). Il est lourd, compact, d'une densité moyenne de 0,9 kg/dm<sup>3</sup>, difficile à travailler car il se fend en séchant (Boudy, 1950).

**L'écorce** est de couleur grisâtre, épaisse, très fortement crevassée longitudinalement, c'est le liège mâle ou « liège naturel » (Maire, 1961). Cette écorce recouvre généralement le tronc et les branches dès la cinquième année de la vie de l'arbre (Natividade, 1956). Après avoir été enlevée des arbres, l'écorce se régénère en 8 à 12 ans en donnant un nouveau liège, appelé liège femelle ou de « reproduction ». C'est un liège qui prend une coloration rouge foncée (Nimmon et Edlin, 1987; Vignes, 1990).

**Les rameaux** sont sinueux, tomenteux et verdâtres à leur jeune âge, puis marqués de lenticelles très saillantes et de tache brunes rosées jusqu'à l'apparition du liège (Jacamon, 1987).

**Les bourgeons** sont bruns grisâtres, pubescents, ovoïdes et se terminent en pointe .

**Les feuilles** sont simples et persistantes et le limbe est oval à marge ondulée. Il est vert foncé au dessus et gris bleuté au dessous. Selon de nombreux auteurs, les feuilles du chêne-liège sont persistantes pouvant rester de 2 à 3 ans sur l'arbre avant de tomber (Saccardy, 1937; Natividade, 1956 ; Maire, 1961 ; Seigue, 1985 ).

### **I.2.4.3. Appareils reproducteurs**

Le chêne-liège est un arbre monoïque. Les fleurs mâles regroupés en chatons sont minces, réunis en fascicules à l'aisselle des feuilles de la pousse de l'année précédente ou à la base des rameaux de la même année.

Les fleurs femelles sont poilus et courts, regroupées en 2 à 5 fleurs, rarement davantage à l'aisselle des feuilles, au milieu ou à l'extrémité de la pousse de l'année (Natividade, 1956).

Les fruits appelés « glands » ont une taille variable de  $(2,4 - 5) \times (1,4 - 1,8)$  cm. Il sont polymorphes, ovoïdes, ellipsoïdaux ou subcylindriques, arrondis ou un peu déprimés au sommet. La surface est glabre, lisse, luisant, de couleur brun-roux. Les deux cotylédons sont généralement amers mais doux pour la race marocaine (Maire, 1961). Les glands mûrissent dans le courant d'octobre, provenant des fleurs épanouies en septembre et octobre du cycle végétatif précédent. La période nécessaire au développement des glands est d'environ 6 à 7 mois (Natividade, 1956).

## **I.2.5. Biologie**

### **I.2.5.1. Longévité**

Les arbres du chêne-liège issus de semis de glands ou de rejets de souche peuvent vivre très longtemps. La longévité varie généralement selon les conditions physiques du milieu (climat et sol) et le nombre de récolte de liège. En moyenne, cette longévité est fixée en Afrique du nord à 150 ans. Elle est cependant entre 200 et 250 ans en étage bioclimatique humide et sub-humide et sur un sol favorable par contre elle ne dépasse pas les 100 ans en semi-aride et sur sol superficiel. Aussi les arbres pouvant vivre jusqu'à 500 ans ne sont pas rares (Boudy, 1950; Natividade, 1956; Vignes, 1990).

### I.2.5.2. phénologie

Les feuilles de chêne-liège sont persistantes et coriaces pouvant passer en générale 2 à 3 années sur l'arbre avant de tomber. La plupart des arbres renouvellent entièrement leurs feuillage tous les ans (Boudy, 1950). Après une forte glandée, à la suite de conditions atmosphériques défavorables ou après une récolte exagérée de liège, l'arbre peut aussi perdre la totalité de ses feuilles (Mabsoute, 1981; Hamdaoui, 1981). A la suite d'une défoliation par le *Bombyx disparate*, la refeuillaison de l'arbre peut se produire après 2 à 3 semaines plus tard. Au printemps suivant, certains arbres ne débourrent pas ou le feront partiellement, en retard (Bouchafra et Fraval, 1991). La floraison se fait surtout au printemps à partir du mois d'avril et se poursuit jusqu'au mois de juin. Quelques fois, elle aura lieu plus tard chez certains sujets. En forêt de Mamora (Maroc), près de la moitié des arbres ne fleurissent jamais, tandis qu'à l'opposé quelques sujets fleurissent chaque année, sauf pendant les conditions exceptionnelles de sécheresse (Fraval, 1991). On distingue couramment trois sortes de glands, en fonction de leur maturation : (I) Les glands hâtifs primeurs en septembre, (II) les seconds en octobre-novembre et (III) les tardifs en décembre-janvier. La durée de maturation des glands peut durer deux ans pour les premiers et un an pour les seconds (Natividade, 1956). La fructification commence dès la 15<sup>ème</sup> année puis s'améliore et devient abondante vers 30 ans pour continuer ensuite avec le même rythme jusqu'à 100 à 150 ans (Fraval, 1991).

### I.2.5.3. Exploitation du liège

Le cycle de vie du liège en tant que matière première commence par l'extraction de l'écorce du chêne-liège. Cette opération d'écorçage se dénomme «levée du liège». La récolte du liège, en Algérie, se pratique avec des rotations de 9 à 12 ans mais ne doit en aucun cas dépasser 15 ans pour éviter l'altération du liège (Code international des Pratiques Subericoles, 2005). Elle a lieu durant la phase la plus active de la croissance de l'écorce du chêne-liège (Natividade, 1956), entre la mi-mai et le début juin, et se prolonge jusqu'aux derniers jours du mois d'août. L'écorçage du chêne-liège est un processus ancestral réalisé par un spécialiste, le leueur. Ce travail exige beaucoup de dextérité pour ne pas blesser l'arbre et l'expérience compte beaucoup (Fig. 5).

\* **Premier écorçage** : Lors du tout premier écorçage (25-30 ans) après avoir atteint une circonférence d'au moins 0,60 à 0,70 m, à 1 m du sol (Bouchafra et Fraval, 1991), appelé «**démasclage**», on obtient un liège de structure irrégulière et très dur, dépourvu d'élasticité, impossible à manipuler et à travailler. On donne à ce liège le nom de «**liège mâle**» ou «**liège vierge**». Ce liège reste néanmoins approprié pour la trituration. Le granulé obtenu n'est pas employé pour créer des bouchons, mais est utilisé dans la fabrication d'autres produits (revêtements pour les sols et murs, matériau d'isolation) avec diverses applications.

\* **Second écorçage** : Neuf années après le démasclage, au moment du second écorçage ou «**déliégeage**», on obtiendra un matériau avec une structure encore irrégulière, moins dur mais de qualité moyenne, pas encore apte pour l'industrie bouchonnière. On appelle le liège résultant de cet écorçage «**liège de première reproduction**».

\* **A partir du troisième écorçage** : Il faudra attendre la levée suivante (neuf ans plus tard) pour obtenir un liège possédant les propriétés adéquates. C'est à partir de ce moment-là que le liège a les qualités requises pour être employé dans la fabrication de bouchons de liège. Le liège obtenu est appelé «**liège de reproduction**». Il présente une structure régulière et une croûte et un ventre lisses. À partir de cette phase et à des intervalles réguliers de 9 années, le chêne-liège est prêt à fournir du liège de qualité pendant environ un siècle et demi. Un arbre peut subir durant sa vie, en moyenne, 16 écorçages (\*).



**Figure 5 : Exploitation du liège (Déliégeage) (\*)**

### I.2.6. Ecologie du chêne-liège

Le chêne-liège est une essence thermophile, il pousse sous des climats tempérés à hivers doux (températures moyennes annuelles comprises entre 13°C et 18°C) et les températures minima extrêmes ne dépassant pas -9 °C (Boudy, 1950). Il craint les fortes gelées persistantes et a besoin d'une période de sécheresse en été pour prospérer. En Algérie, dans le secteur littoral de l'ouest, soumis aux influences maritimes, les minima du mois le plus froid sont les plus élevés. Ils varient entre 4,5 et 8,2°C dans la forêt de M'Sila et dans l'Atlas Tellien (Bouhraoua, 2003 ; Dehane, 2012 ; Belhoucine, 2013). L'élévation du relief et son éloignement de la mer entraînent souvent une diminution sensible de la température minimale. Les valeurs extrêmes du mois le plus froid tombent, dans les forêts de montagne, de 4,5 à 0,2°C (Bouhraoua, 2003 ; Dehane, 2012).

L'humidité est également un facteur limitant car bien qu'étant xérophile, le chêne-liège nécessite une humidité atmosphérique d'au moins 60 %, même en saison sèche, et d'une pluviométrie allant de 500 à 1200 mm/an (Maire, 1926 ; Allili, 1983). Ces conditions ne se rencontrent que près de la mer en région méditerranéenne et jusqu'à 200 ou 300 km à l'intérieur des terres sur la façade atlantique (Gil et Varela, 2008).

(\*) <http://www.amorimfrance.fr/le-liege/article/recolte-du-liege> : consulté le 19/05/2017

Dans l'étude phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie présentée par Maire (1926), il confirme que le *Quercetum suberis* ne se développe que dans les régions à fortes précipitations. Il est d'autant plus luxuriant que les précipitations sont plus fortes. Ce sont justement là les caractéristiques climatiques de la Kabylie et de la région Est de l'Algérie en allant de Jijel (forêt de Guerrouche) à El Kala. Ces exigences varient néanmoins selon les particularités des stations qu'il colonise: exposition (Nord/Sud), topographie (sommet, fond de vallon), proximité de la mer, etc. Le dernier facteur n'est pas le moindre, il s'agit du sol. Le chêne-liège est une espèce calcifuge stricte (Bouchafra et Fraval, 1991), se plaisant sur tous les substrats siliceux et acides (schistes, grès, gneiss, granite). Il préfère les sols acides, profonds et bien drainés (Bouchafra et Fraval, 1991).

### **I.2.7. Traitement sylvicoles**

Les traitements du chêne-liège se présentent sous deux aspects différents : La subériculture et la sylviculture.

#### **I.2.7.1. Subériculture**

C'est une arboriculture sommaire très développée au Portugal où le chêne-liège est considéré comme un arbre fruitier dont le fruit est le liège (Dehane, 2012) et ses pratiques sont en général, l'exploitation du liège pour la reproduction.

#### **I.2.7.2. Sylviculture**

En Algérie, où la culture du chêne-liège peut être qualifiée d'extensive, les interventions qu'il convient de pratiquer sont celles de la sylviculture ordinaire (Saccardy, 1938). Elle comprend deux principaux aspects : les opérations sylvicoles et l'aménagement.

- **les opérations sylvicoles**

Elles reposent sur les différentes coupes à réaliser pour favoriser la régénération et sa prise en charge ultérieure :

La régénération, obtenue par coupe rase ou par larges trouées, avec débroussaillage du sous-bois, suivie d'un dégagement des rejets d'avenir est complétée par le réensemencement naturel ou même artificiel, s'il est nécessaire. (Saccardy, 1938).

- **Aménagement des subéraies**

L'aménagement des subéraies consiste à faire des traitements de rénovation et d'amélioration progressive des peuplements:

- débroussaillage de pénétration ;
- éclaircie sanitaire : prélèvement des peuplements trop denses, tendant à l'élimination des producteurs de liège les plus médiocres dans la mesure où elle peut profiter aux meilleurs producteurs, en vue d'aboutir en somme à une véritable sélection. (Saccardy, 1938).
- démasclage du liège mâle, levée des lièges brûlés, abîmés ou sur-épais, levée du liège de qualité si le moment est venu (épaisseur minimum : 3 cm). Une taille et un élagage des chêne-lièges sont souvent nécessaires ;

- les éclaircies suivantes interviennent après chaque levée de liège (tous les 12 à 15 ans).

D'après Boudy (1950), l'aménagement des forêts de chêne-liège correspond à :

**La futaie régulière** où les arbres ont le même âge, la même taille et sont issus des semences ;

**La futaie jardinée** où les arbres ont des âges différents ;

**Le taillis simple** où les arbres ont le même âge mais sont issus des rejets de souches ;

**Le taillis sous- futaie** qui est un peuplement d'aspect jardiné avec des arbres de tout âge.

En Algérie, la majorité des forêts de chêne-liège ne sont pas aménagées et la forme sylvicole dominante est, comme ailleurs, la futaie jardinée (claire) d'aspect irrégulier où toutes les classes d'âges sont présentes. Letreuch-Belarouci (1991) signale que les études d'aménagement, entreprises dans les années 60, n'ont touché qu'une superficie très restreinte de l'ordre de 5 300 hectares sur les 10 000 hectares prévus au départ.

### I.2.8. Régénération naturelle du chêne-liège

Le chêne-liège a deux possibilités de multiplication (Boudy, 1950) :

- **Par semis (voie sexuée)** : Elle est liée directement au cycle de fructification et de leur fréquence, l'abondance et la qualité des semences, les conditions climatiques et la nature du sol (Nsibi et al., 2006).
- **Par rejets de souche (voie végétative)** : Des études faites depuis longtemps sur les subérais nord-africaines, rapportées par Boudy (1952), reconnaissent que c'est grâce à ce type de régénération qu'un très grand nombre de massifs a pu subsister, malgré les incendies et les dévastations de l'homme. Après une coupe, les souches assurent la régénération du peuplement dans un court laps de temps (Peyssou, 1960), en émettant des rejets qui croissent nettement plus vite que les brins issus de semences. Il est d'autant plus vigoureux et a plus de vitalité qu'il émane des souches plus jeunes. Le chêne-liège conserve sa faculté de rejeter sur souche jusqu'à 170 ans, à 100 ans, il y aurait 75 % de souches rejetées et à 120 ans, 70 % uniquement (Marion, 1951).

### I.2.9. Reboisement du chêne-liège en Algérie

En septembre 1999, le Plan National de Reboisement (PNR) adopté par le Conseil du Gouvernement, a visé une reconstitution du couvert forestier national algérien, mais aussi la protection, la valorisation et le développement des ressources naturelles rentrant dans le cadre du développement durable. D'une durée de 20 ans (2000-2020), il concerne une surface globale de 1 245 000 ha, avec un rythme annuel de réalisation de l'ordre de 100 000 ha. Les plantations forestières représentent 53 % de cette surface, soit 663 000 ha et le chêne-liège se trouve être au premier rang des essences de reboisement avec 160 000 ha (soit 24 %) (Bouhraoua, 2013).

Le tableau 1 représente le taux de réussite des reboisements en chêne-liège en Algérie (2001-2011). Les résultats sont dans leur ensemble non satisfaisants et doivent être profondément analysés de près et comparés à la réalité du terrain pour pouvoir parler de peuplements artificiels de chêne-liège effectivement créés (densité, état de croissance, travaux d'entretien apportés, etc.).

**Tableau 1 : Taux de réussite des reboisements en chêne-liège en Algérie  
(Campagnes 2001-2011)**

	Surface parcourue (ha)	Surface boisée (ha)	% de réussite
Skikda	3480	2135	61
Jijel	3470	1592	46
Boumerdes	418	164	39
El Taref	1555	584	38
Sétif	340	123	36
Tizi Ouzou	1562	394	25
Bejaia	1015	220	22
Tlemcen	630	83	13
Oran	210	10	05
Souk Ahras	885	45	5

### I.2.10. Importance économique du chêne-liège

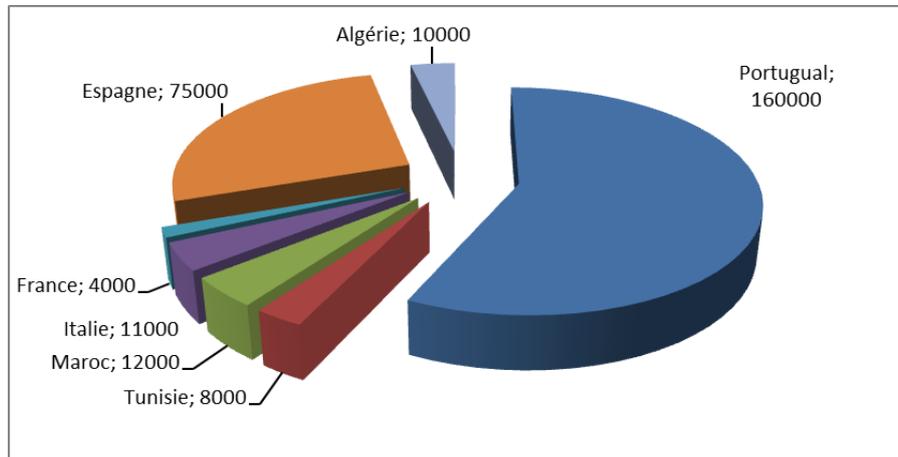
L'importance économique du chêne-liège réside essentiellement dans son écorce, le liège (Beltran, 2002), qu'il produit régulièrement tout au long de sa vie. Ce matériau, particulièrement léger, souple, élastique, imperméable et non conducteur pour la chaleur est utilisé depuis l'antiquité pour des fins diverses (Boudy, 1950). La forêt de chêne-liège possède également d'autres ressources. L'extraction du bois de charbon, du tanin et de glands ont été l'une d'elles (Belhoucine, 2013).

#### I.2.10.1. Le liège

Le liège possède une remarquable combinaison de propriétés qui l'ont fait choisir de façon préférentielle pour la fabrication des bouchons pour bouteilles de vin ainsi que pour d'autres applications, telles que l'isolation thermique et phonique (Yessad, 2000). Il est aussi utilisé dans la fabrication de la chaussure orthopédique, comme joint dans l'industrie mécanique et des fluides et comme isolant anti vibratile lors de l'installation d'équipements. Le papier liège est utilisé pour l'impression, couverture de livres, la fabrication de vêtements, « maroquinerie » et autres produits. Le liège est également utilisé dans la fabrication des volants de badminton, poignées de cannes à pêche et des dispositifs spéciaux pour l'industrie spatiale (Belhoucine, 2013).

### I.2.10.2. Production mondiale du liège

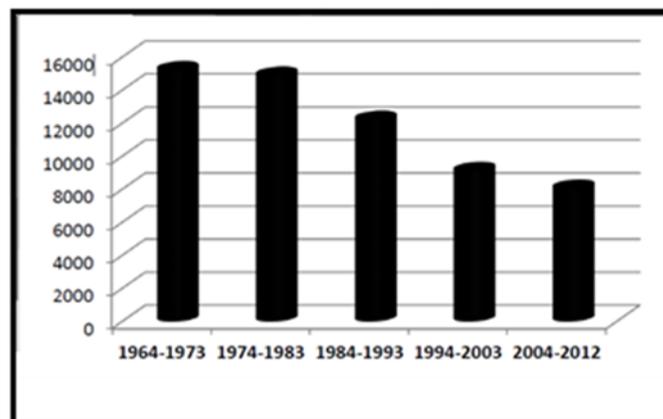
La production mondiale de liège atteint environ 300 000 tonnes par an, dont 52% vient du Portugal (plus de 150 000 tonnes) (Fig. 6).



**Figure 6 : Répartition de la production du liège dans le monde en tonne** (\*)

### I.2.10.3. Production du liège en Algérie

La production nationale connaît actuellement des fluctuations alarmantes résultant de la situation sylvicole et forestière qui règne dans nos subéraies due principalement aux incendies de forêts récurrents mais aussi au vieillissement des peuplements, l'enrésinement, l'absence de travaux sylvicoles, l'embroussaillage, l'abandon des forêts, manque de plans de gestion subéricoles, mauvaise exploitation du liège, etc... Cette production oscille en moyenne entre 15 000 tonnes (1964 - 1973) et 8 000 tonnes au cours de la dernière décennie (2004 - 2012) (Dehane et al., 2013) (Fig. 7).



**Figure 7 : Evolution décennale de la production du liège en Algérie (Volume moyen annuel en tonne)** (Dehane et al., 2013)

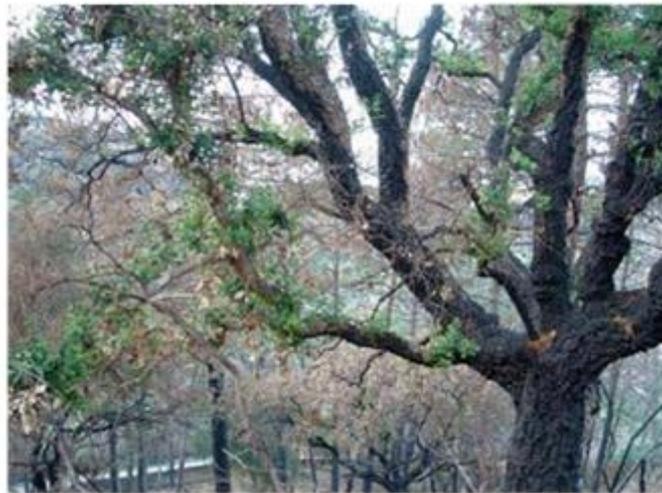
(\*) <http://www.planeteliège.com/tout-sur-le-liège/le-liège-et-le-chêne-liège/de-l'arbre-a-la-planche/la-production-subericole/> : consulté le : 2/05/2017

Ces dernières années (2009 - 2012), le volume annuel en liège est très réduit et loin de la moyenne décennale. En effet, le bilan des récoltes durant cette période a donné des productions variant entre 3 000 et 5 000 tonnes/an. Cette très faible production ne couvre même pas la moitié des besoins des usines de transformation du liège installées en Algérie. Certaines ne fonctionnent qu'à niveau très bas et d'autres ont malheureusement cessé de travailler en 2013 par manque de cette matière première.

### **I.2.11. Causes de dégradation des subéraies Algériennes**

#### **I.2.11.1. Le chêne-liège face aux incendies**

Le climat méditerranéen génère un ensemble de conditions critiques, propices à l'éclosion des incendies de forêts. Dans le panorama forestier le chêne-liège fait partie du groupe d'espèces de basse sensibilité au feu car il possède des feuilles, une écorce faiblement combustible et des fruits en général non inflammables. Le liège, un des tissus végétaux les plus isolants, renforce la résistance du chêne-liège vis-à-vis du feu. En plus, cette essence est capable de se régénérer après incendie (Pausas, 1997; Varela, 2004) (Fig. 8).



**Figure 8 : Chêne-liège repoussant 2 mois après l'incendie**  
(Cliché : MC Varela, 2012)

#### **I.2.11.2. Le dépérissement du chêne-liège**

Le dépérissement du chêne-liège est un phénomène qui est apparu dans la région méditerranéenne dès le début du XXe siècle (Natividade, 1956). Il a commencé à prendre des dimensions relativement importantes à partir des années 80-90 au Portugal (Sousa et al., 1995), en Italie (Marras et al., 1995), en Espagne (Garolera, 1988), en France (Nageleisen et Hett, 1989), au Maroc (Bakry et Abourouh, 1996) et en Algérie (Bouhraoua et al., 2002).

Ce phénomène complexe est en relation avec divers facteurs, d'intensités variables d'une région à l'autre tels les changements climatiques, les mauvaises pratiques de gestion sylvicole, l'exploitation du liège mal faite, les incendies, les attaques parasitaires, l'abandon des peuplements, etc... (Amandier, 2006).

### I.2.11.2.1. Les symptômes du dépérissement du chêne-liège

D'après Nageleisen (1994), les symptômes du dépérissement du chêne-liège sont nombreux mais c'est au niveau du houppier que se traduisent, en général, le plus rapidement des symptômes. Si, classiquement, une diminution de la taille des feuilles ou une altération de couleur du limbe sont observées, ces phénomènes ne sont cependant pas suffisamment spécifiques d'un dépérissement pour être retenus comme seuls critères d'appréciation. Par contre, la modification progressive de l'architecture du houppier et, consécutivement, la réduction de la masse foliaire sont des processus importants.

- **Au niveau du houppier**

Trois phénomènes interviennent dans la structure du houppier : le dessèchement de rameaux ou de branches, la chute de rameaux verts par décurtation et la réduction de la longueur des pousses annuelles (Nageleisen, 1993).

**Le dessèchement** progressif de **ramilles** et de **rameaux** puis de **branches** de diamètre de plus en plus gros peut s'effectuer, de la périphérie supérieure du houppier vers le bas, dans le schéma classique de descente de cime. Mais il peut intervenir également de façon diffuse et provoquer une diminution importante de la ramification secondaire et par la suite de la masse foliaire. Ces dessèchements vont, dans un certain nombre de cas, jusqu'à la mort totale du houppier.

**La chute de rameaux verts par décurtation** durant la saison de végétation, lors d'étés chauds et secs. Il s'agit de rameaux de 1 à 2 cm de diamètre, âgés de 1 à 5 ans. Leur densité au sol peut dépasser 10 rameaux au mètre carré sous certains houppiers. Ce phénomène contribue, avec le précédent, à la diminution de la ramification secondaire. Il est interprété comme un processus naturel d'automutilation de la part de l'arbre pour réduire l'évapotranspiration en cas de stress hydrique intense.

**La réduction de la longueur des pousses annuelles** modifie la distribution spatiale de la masse foliaire. Une colonisation optimale de l'espace, assurée par des pousses annuelles normales, entraîne une bonne opacité du houppier. La réduction de la croissance longitudinale des pousses durant quelques années se traduit par la formation de rameaux en « fouet » à la périphérie supérieure du houppier. Si cette situation d'élongation faible se pérennise, les rameaux prennent l'aspect de chaînes de pousses courtes, feuillées à leur seule extrémité du fait de l'absence de bourgeons foliaires latéraux. Ce processus, associé au dessèchement des pousses anciennes à la base des rameaux, donne un aspect caractéristique de la répartition de la masse foliaire en « Paquets » (Roloff, 1989). Ces trois phénomènes interagissent, la plupart du temps, de façon différentielle pour en final donner un aspect global du houppier, qu'il est possible de répartir en cinq classes selon les types de symptômes observés et leur intensité :

**Classe 0** : Absence de symptôme Houppier opaque Ramification fine dense.

**Classe 1** : Rameaux fins desséchés dans la périphérie du houppier et/ou présence de fenêtres disjointes et/ou rameaux en fouet.

**Classe 2** : Branches desséchées dans le houppier (mais moins de 50 %) et/ou échancrures nettes dans le houppier et/ou feuilles en paquets.

**Classe 3** : Branches mortes composant plus de 50 % du houppier.

**Classe 4** : Houppier mort, arbre mort ou moribond.

Enfin, dans certains cas, la perte de ramification secondaire peut être ultérieurement compensée par une repousse de rameaux au niveau de bourgeons dormants. Il se forme alors des manchons verts autour de branches maîtresses aux extrémités desséchées. Une reprise de croissance axiale peut éventuellement compléter cette reconstitution. Cette dynamique montre que le processus de dépérissement n'est pas nécessairement irréversible, du moins jusqu'à un certain stade de dégradation du houppier (classe 2).

- **Au niveau du tronc**

Des suintements sont classiquement observés à ce niveau. Il s'agit de symptômes non spécifiques, liés à une accumulation de sève entre le bois et l'écorce. La sève oxydée finit par sourdre sous forme de liquide noirâtre à travers les sinus du rhytidome. Ce type de symptômes nécessite un écorçage progressif pour en détecter l'origine. Dans certains cas, on met en évidence une lésion cambiale, abiotique, en fuseau, plus ou moins longue (5 cm à plusieurs mètres), peu large (quelques cm à une trentaine de cm) et limitée par un bourrelet cicatriciel plus ou moins actif. Dans le cas d'un faible potentiel de réaction de l'arbre, il se produit fréquemment une colonisation au niveau du bourrelet cicatriciel et au-delà, par des champignons pathogènes de faiblesse ou de blessure.

- **Au niveau des racines**

Un décapage de quelques décimètres de profondeur autour du collet permet d'observer fréquemment des altérations fongiques plus ou moins avancées des racines ou du collet.

#### **I.2.11.2.2. Les facteurs en cause**

L'étude d'un dépérissement passe par une analyse des différents paramètres de l'écosystème qui peuvent influencer sur la vitalité des arbres : contexte climatique, contexte stationnel, contexte sylvicole et facteurs biotiques. Cette analyse permet de mettre en évidence un cortège de facteurs actifs dans le processus de dépérissement, que l'on peut en général hiérarchiser en facteurs prédisposants, déclenchants et aggravants (Nageleisen, 1994). Parmi les facteurs prédisposants généraux, le vieillissement des peuplements (âge > 120 ans) et une faible capacité de rétention en eau au niveau du sol sont classiquement rencontrés.

Les sécheresses successives observées depuis plus de vingt ans et plus particulièrement la période de stress hydrique récente (1989-90-91) peuvent être admises comme un facteur déclenchant quasi général (Nageleisen, 1994).

Des pathogènes de faiblesse ou de blessure sont également en cause notamment sur chêne-liège (*Hypoxylon mediterraneum*, *Diplodia mutila*, . . .).

CHAPITRE II  
LES CHAMPIGNONS  
PHYTOPATHOGENES DU  
CHÊNE-LIEGE

## II. Les champignons phytopathogènes du chêne liège

### II.1. Introduction

Depuis le début des années 1980, les phénomènes de déclin et la mortalité des chênes à feuilles persistantes ont été progressivement signalés dans le sud de l'Europe et l'Afrique du Nord (Brasier, 1992 ; Bakry et Abourouh, 1995 ; Gallego et al., 1999 ; Camilo-Alves et al., 2013). Les symptômes précoces des arbres sont généralement représentés par l'amincissement de la couronne, la chlorose foliaire et le dépérissement des brindilles. Par la suite, les branches des arbres en déclin se fanent à partir de la partie distale, du tronc et des grandes branches. Malgré les nombreuses études réalisées jusqu'à présent, le déclin du chêne continue d'être le principal problème pathologique des chênaies dans la région méditerranéenne (Fernandez-Escobar et al., 1999; Luque et al. 2008; Maddau et al. 2009; Solla et al., 2009).

L'apparition des événements de déclin du chêne est souvent due à l'interaction de multiples facteurs biotiques et abiotiques, de type variable, d'intensité et de fréquence, même au niveau du site (Brasier 1996 ; Moreira et Martins 2005 ; Des-prez-Loustau et al., 2006). Parmi les facteurs biotiques impliqués, plusieurs agents pathogènes jouent un rôle principal. En particulier, certains endophytes fongiques tels que *Biscogniauxia mediterranea* (De Not.) Kuntze, *Diplodia corticola* A.J.L. Phillips (= *Botryosphaeria corticola*), A.Alves & J. Luque et *Discula quercina* (Cooke) Sacc. (*Botryosphaeria stevensii*) ont été constamment jugés associés au déclin des chênes et leur pathogénicité aux espèces de chênes méditerranéens a été démontrée (Luque et al., 2000; Sanchez et al., 2003; Lina-Ideddu et al. 2009b ; Inacio et al., 2011; Maddau et al., 2011).

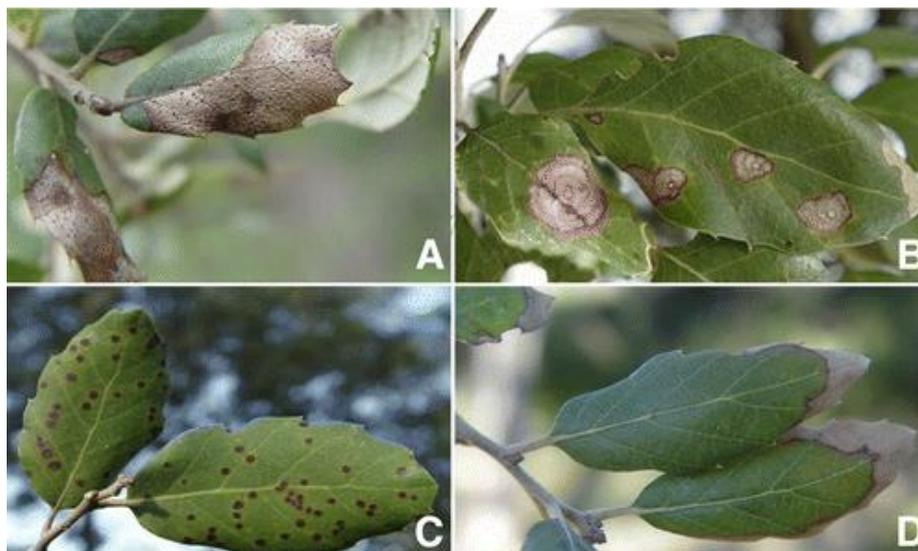
### II.2. Les principaux pathogènes fongiques du chêne-liège

Le chêne-liège héberge plusieurs espèces de champignons qui lui provoquent des maladies remarquables, dans ce contexte on peut citer quelques pathogènes fongiques que nous pouvons trouver au niveau des feuilles, des racines ou encore du bois.

#### II.2.1. Pathogènes des feuilles

Les agents pathogènes du chêne-liège les plus connus sont *Discula quercina* (Fig.9A), *Cystodendron dryophilum* (Fig. 9B), *Lembosia quercina* (Fig. 9C) et *Dendrophoma myriadea* (Fig. 9D) (Moricca et al., 2016). Il est bien connu que les maladies des feuilles peuvent affaiblir les arbres en interrompant la photosynthèse, le taux de respiration et les voies métaboliques et en altérant la régulation thermique (Marçais et Desprez-Loustau, 2014).

Cependant, à ce jour, peu d'informations sont disponibles sur la pathogénicité, la répartition géographique, la gamme d'hôte de chênes et la variabilité génétique, à travers le monde, des principaux agents pathogènes des feuilles de chêne-liège (Moricca et al., 2016) .



**Figure 9 : Exemples de maladies foliaires du chêne-liège causées par des pathogènes fongiques**

(Moricca et al., 2016)

- A** : Nécroses de feuilles induites par l'agent d'antracnose *Discula quercina*, avec des taches noirs qui sont proéminents sur la surface supérieure des lésions ;
- B** : Taches de feuilles cornéennes, nécrotiques avec une marge de bord noire distincte causée par *Cystodendron dryophilum* ;
- C** : Petit, dispersé, taches de feuilles noires à veloutées avec une marge régulière causée par *Lembosia quercina* ;
- D** : Pointe de la feuille et nécroses marginales, avec des bords distincts, brun rougeâtre, produits par *Dendrophoma myriadea*.

L'ascomycète *Discula quercina* (Fig. 9A), connue pour provoquer l'antracnose et la brûlure des pousses sur les chênes en Amérique du Nord et en Europe, est probablement l'espèce la plus étudiée (Hecht-Poinar et Parmeter 1986 ; Moricca et Ragazzi 2008, 2011 ; Ragazzi et al., 2002, 2007b). Sur le chêne-liège, *Discula quercina* provoque des taches de feuilles brun foncé à noir, se coagulant dans des zones nécrotiques plus importantes à la fin de la saison de croissance. Parfois, cela provoque également des chancres de brindilles. Au niveau physiologique, l'infection de *Discula quercina* sur le chêne-liège modifie l'équilibre normal de certains processus métaboliques, y compris la conductance stomatique et la photosynthèse (Linaldeddu et al., 2009b). *Discula quercina* a montré qu'il produisait in vitro plusieurs métabolites bioactifs secondaires, dont certains sont phytotoxiques (Maddau et al., 2011). En automne, ce pathogène produit, sur les feuilles, plusieurs conidiomata acerviculaires noirs et éclatantes, qui sont la principale source d'inoculum (Marras, 1962a). La phase sexuelle (*Apiognomonina quercina*) se développe très rarement sur le chêne-liège. En revanche, sur les chênes à feuilles caduques, la différenciation des périthèces est plus fréquente. *Discula quercina* survit également comme endophyte dans les tissus asymptomatiques de chênes sains et en déclin (Linaldeddu et al., 2011).

*Cystodendron dryophilum* est un champignon pathogène des feuilles qui provoque des taches brun-cuir avec une marge distincte (figure 9B), alors que *Lembosia quercina* provoque des taches typiques, semblables à des gousses, sombres et veloutées (figure 9C) (Moricca et al., 2016). Les attaques de ces deux champignons sont signalées dans des peuplements denses, où ils provoquent une défoliation lente mais progressive et parfois totale (Marras, 1962a). Les deux agents pathogènes différencient leurs structures de reproduction asexuées au printemps (mai-juin): *Cystodendron dryophilum* sur la lame de la feuille inférieure et *Lembosia quercina* sur la lame de la feuille supérieure, principalement au niveau du centre des taches. La plupart des connaissances sur la biologie de *Cystodendron dryophilum* et *Lembosia quercina* proviennent de la Sardaigne (Italie) et on connaît relativement peu ces espèces dans d'autres pays méditerranéens (Moricca et al., 2016).

*Dendrophoma myriadea* provoque une nécrose foliaire (figure 9D), principalement en automne, lorsque des zones nécrotiques brun clair apparaissent sur la pointe de la feuille (Moricca et al., 2016). Ces zones ont un bord brun rougeâtre distinctif qui les distingue clairement de la feuille verte saine. Les feuilles symptomatiques sont brûlées et facilement reconnues de loin. Le champignon est assez rare, mais sur les arbres, son infection peut être sévère (Moricca et al., 2016). Les tests de pathogénicité sur les semis entrepris en Espagne ont confirmé la virulence de ce pathogène (Luque et al., 2000).

D'autres agents pathogènes foliaires ont été identifiés sur le chêne-liège, notons l'exemple de *Erysiphe sp* agent de l'oïdium et *Uredo quercus* agent de la rouille (Marras 1962a). A ce jour, il existe peu d'informations sur l'impact écologique et le rôle joué par ces agents pathogènes foliaires dans l'étiologie du chêne-liège (Moricca et al., 2016).

### II.2.2. Pathogènes des racines

Depuis le début des années 1990, les espèces du genre *Phytophthora* (oomycètes) et plus spécialement l'espèce *Phytophthora cinnamomi* a eu un impact majeur dans le déclin du chêne-liège dans les pays européens méditerranéens, dont la France, l'Italie, l'Espagne et le Portugal (Brasier, 1992; Robin et al., 1998; Scanu et al., 2013). Les informations sur l'apparition du pathogène en Afrique du Nord sont très rares (Brasier 2003).

*P. cinnamomi* infecte les arbres en croissance individuelle ou en groupe (fig.10A), envahissant les racines, les colliers et les troncs, à partir desquels un exsudat noir suinte souvent (Moricca et al., 2016) (Fig. 10B).

Les arbres infectés montrent une perte importante de racines latérales, petites, ligneuses et de fines racines. Par conséquent, le système racinaire est entravé dans l'absorption et le transport de l'eau et des nutriments, ce qui provoque la mort de la plante. Une croissance plus lente s'accompagne d'un jaunissement des feuilles, d'une microphyllie, d'un amincissement de la couronne et d'un développement des pousses épicromiques, suivies habituellement d'un dépérissement de l'arbre entier (Camilo-Alves et al., 2013).

En fonction du site et des conditions climatiques, les arbres peuvent mourir soudainement en une ou deux saisons, ou présentent un déclin lent, qui peut survenir pendant plusieurs années (Camilo-Alves et al., 2013).

*P. cinnamomi* se développe dans les forêts de chêne-liège traversées par des cours d'eau, dans les plaines avec de l'eau stagnante (Moreira et Martins, 2005). Sa propagation et sa diffusion réussies sont dues à la production d'un grand nombre de zoospores, qui sont différenciées à l'intérieur des sporanges et libérées dans l'eau du sol (Moricca et al., 2016). Les zoospores de *Phytophthora* sont mobiles et sont chimio-tactiquement attirées par les racines, où elles sécrètent un certain nombre de protéines qui les collent sur la surface de la racine et facilitent l'infection (Hardham et Cahill 2010)



**Figure 10 : Symptômes causés par *Phytophthora cinnamomi***

(Moricca et al., 2016).

**A :** Mort soudaine d'un groupe de chêne-liège mûrs.

**B :** Exsudats noirâtres typiques à la base d'un chêne-liège infecté.

Bien que *P. cinnamomi* soit probablement originaire des régions tropicales, ce pathogène est devenu invasif dans de nombreuses régions méditerranéennes caractérisées par des conditions de sécheresse prolongées et sévères (Shearer et al., 2004). Cette adaptation écologique est due à la production de structures de survie à long terme, telles que les agrégations de greffes de type stromata, les chlamydospores à parois épaisses et les oospores autonomes sur les racines et les débris de la racine, permettant à l'agent pathogène de survivre pendant des saisons défavorables telles que les étés chauds et secs typiques des écosystèmes méditerranéens (Jung et al., 2016).

D'autres espèces de *Phytophthora*, à savoir *P. quercina*, *P. gonapodyides* et *P. psychrophila*, ont récemment été associées à des chênes méditerranéens en déclin en Italie et en Espagne et leur pathogénicité a été démontrée sur *Quercus faginea*, *Q. ilex* et *Q. suber* (Pérez-Sierra et al., 2013; Linaldeddu et al., 2014; Seddaiu et al., 2014). Cependant aucune information n'est disponible sur ce genre en Algérie.

Le *Pythium spiculum* (oomycète), a été fréquemment isolé des racines de chêne-liège en déclin et de la rhizosphère dans le sud de l'Iberia (Serrano et al., 2012a). *P. spiculum* se trouve souvent simultanément avec *Phytophthora cinnamomi* dans des peuplements de chêne dans le sud-ouest de l'Espagne et le sud du Portugal (Moricca et al., 2016). En raison de leurs différentes structures de reproduction asexuée et donc des besoins en eau du sol, les deux agents pathogènes peuvent être les plus actifs en différentes saisons, avec un faible niveau de compétition entre eux pour la colonisation des racines de chêne (De Vita et al., 2011).

### II.2.3. Pathogènes du bois

Plusieurs champignons ascomycètes sont rapportés dans la littérature comme agents de chancre et dépérissement du chêne-liège. Ces agents pathogènes causent des infections locales sur le tronc, les branches et les brindilles, dont la gravité et l'incidence sont variables (Moricca et al., 2016). Depuis le début des années 1980, certains de ces champignons ont reçu une attention particulière car ils ont toujours été associés à l'étiologie de la mortalité du chêne-liège dans de nombreux pays (Luque et Girbal, 1989 ; Franceschini et al., 1999).

Deux espèces en particulier, *Biscogniauxia mediterranea* et *Botryosphaeria sp* (sujet de notre étude), sont sans doute, les agents pathogènes les plus largement diffusés dans les forêts de chêne-liège en déclin.

*Biscogniauxia mediterranea* est apparue comme un agent pathogène fongique opportuniste et potentiellement invasif. La fréquence de ses attaques sur les chênes a considérablement augmenté au cours des dernières décennies dans la région méditerranéenne (Moricca et al., 2016). Cette augmentation de l'infection est associée à un taux de mortalité élevé, en particulier chez les jeunes chêne-liège, et il semble directement lié à l'augmentation des années exceptionnellement sèches et chaudes (Desprez-Loustau et al., 2006 ; Henriques et al., 2012). Bien que plusieurs études ont démontré que *B. mediterranea* est moins agressif que *Botryosphaeria corticola*, ils sont considérés comme étant les espèces fongiques les plus fréquemment associées au dépérissement de *Quercus suber* (Martín et al., 2005).

Le cycle de vie de *B. mediterranea* sur le chêne-liège comprend d'abord une phase endophyte latente, puis une phase parasite, et enfin une phase saprophyte (Franceschini et al., 2002).

Ce champignon peut persister comme endophyte dans tous les organes aériens des arbres. Le comportement endophytique de *B. mediterranea* est influencé par des changements dans la physiologie de l'hôte avec certains facteurs de stress, en particulier le stress hydrique, qui favorisent la colonisation du tissu de chêne par ce pathogène et favorisent son passage d'une phase endophytique à la phase parasite (Linaldeddu et al. 2011).

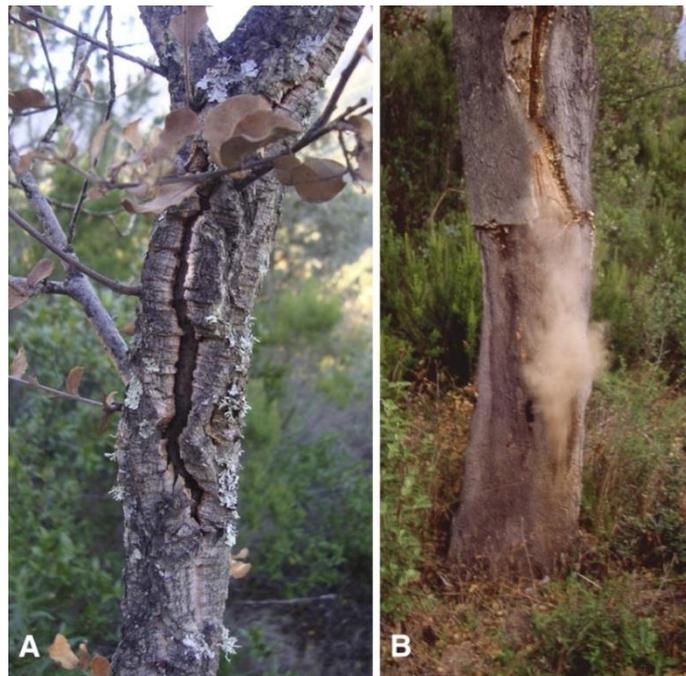
*B. mediterranea* est un agent pathogène nécrotrophique, dont les infections induisent une écorce interne étendue et une nécrose du xylème associée à une exsudation noirâtre provenant de l'écorce extérieure (Moricca et al., 2016).

Ce pathogène fongique produit plusieurs métabolites phytotoxiques, à savoir le biscopyrane, l'acide phénylacétique et la 5-méthylméléline (Evidente et al., 2005). Cependant, des

informations limitées sont disponibles sur le rôle spécifique de ces composés dans le développement des symptômes de la maladie (Moricca *et al.*, 2016).

Sur les tissus infectés, le champignon développe les chancres à charbon de la mère caractéristiques (Moricca *et al.*, 2016) (fig.11 A). Ces chancres apparaissent lorsque l'écorce est déchirée par le stroma charbonneux noir exerçant une pression dans le ritidome. A cette étape (phase saprophyte sur les tissus morts), *B. mediterranea* augmente sa biomasse en produisant un grand nombre de propagules (ascospores et conidies) facilement dispersées par le vent (Fig. 11B), l'eau et les insectes (Franceschini *et al.*, 2002 ; Inácio *et al.*, 2011).

La précipitation (une période de trois jours consécutifs avec des précipitations supérieures à 0,5 mm) est une condition cruciale pour la libération des ascospores, alors que le vent est la principale voie de dispersion (Henriques *et al.*, 2014a). Plusieurs insectes contribuent également à la dispersion de ce champignon dans les forêts de chêne-liège, leur action étant importante non seulement en tant que vecteurs d'inoculum, mais aussi parce que les plaies qu'elles causent peuvent servir de point d'infection (Martín *et al.*, 2005). Les principaux insectes connus comme vecteurs de *B. mediterranea* sont *Agrilus sp.*, *Tropideres sp.* et *Platypus cylindrus* (Inácio *et al.*, 2011 ; Belhoucine *et al.*, 2011, Belhoucine, 2013).



**Figure 11 : Biscogniauxia mediterranea sur le chêne-liège**

(Moricca *et al.*, 2016)

**A** : Caractéristique, stromata noir (chancre à charbon de la mère) érudent à travers l'écorce.  
**B** : Un chancre sporulant sur le tronc inférieur: les masses de spores, libérées sous la forme d'un nuage bronzé, sont dispersées par les courants d'air.

## II.3. Les champignons du genre *Botryosphaeria*

### II.3.1. Historique

L'histoire de la famille des Botryosphaeriaceae (Theiss. & Syd.) a été plutôt compliquée tel que documentée par les différentes révisions taxonomiques réalisées au cours des années. Cette famille de champignons a été introduite par Theissen et Sydow en 1918 en tant que sous-famille de la Pseudosphaeriaceae. Les Pseudosphaeriaceae ont été considérées par Theissen en (1916) dans l'ordre des Myriangiales alors qu'un an plus tard, Theissen et Sydow (1917) pensaient qu'il était plus approprié d'unir les Pseudosphaeriaceae avec les Dothideaceae (Luttrell, 1951). Theissen et Sydow (1918) ont érigé la sous-classe des Dothideinae et ont inclus l'ordre Pseudosphaeriales, la famille Botryosphaeriaceae et le genre Botryosphaeria dans cette sous-classe.

Cette classification n'a pas été acceptée par Petrak (1923) qui a placé Botryosphaeria dans la sous-famille Pseudosphaeriae appartenant à la famille des Pleosporaceae, dans l'ordre des Sphaeriales. En 1928, Miller a observé des différences substantielles entre les espèces des Sphaeriales caractérisées par la présence des vrais ascomes périchétiales et paraphyses, et ceux qui sont attribués dans les Dothideales caractérisés par les ascomes ascostromatiques dépourvues de paraphyses et a proposé de classer les espèces de Botryosphaeria chez les Dothideales parce qu'elles ne possèdent pas une véritable paroi périchétial. Quelques années plus tard, Miller (1938) a étudié plus en détail les caractéristiques morphologiques résultant de l'ontogénie de la paroi périchétial et le développement des tissus dans le centrum, et il a observé que les Sphaeriales ont formé le périthèce et les paraphyses, tandis que les formes ascostromatiques qui sont apparues dans la cavité de l'ascome avant le développement des asci étaient des caractères différents des Dothideales. Pour cette raison, il a gardé Botryosphaeria dans la famille Pseudosphaeriaceae et placé le genre dans l'ordre des Pseudosphaeriales. Par la suite, sur la base du type de développement du centrum, le nom Pseudosphaeriales a été remplacé par Pleosporales par Luttrell (1955) et Botryosphaeria a été logé dans les Pleosporales.

Barr (1972, 1976) a d'abord ignoré les spécimens de B. Dothidea caractérisés Par des tissus inter-thérapeutiques et classé Botryosphaeria dans les Dothideales. Quelques années plus tard, Barr (1979) a reconnu que les espèces de Botryosphaeria avaient un centrum typique des Pleosporales et ont donc été bien accueillis dans cet ordre. Von Arx et Müller (1975) et ont observé la présence du genre non apparentés et le chevauchement des caractères taxonomiques utilisés pour séparer les ordres dans la classification proposée par Luttrell (1955 et 1973) et Barr (1972,1987). De plus, compte tenu de la ressemblance étroite de Guignardia et Botryosphaeria dans les termes morphologiques, Von Arx et Müller (1975) n'ont pas accepté leur placement dans les différents ordres Dothideales et Pleosporales respectivement, et sont venu à la conclusion que Guignardia et Botryosphaeria devrait être combiné dans les Dothideales. Hawksworth et al. (1995) ont accepté que Guignardia soit sous les Dothideales mais a inclus ce genre dans la famille Mycosphaerellaceae, en conservant Botryosphaeria sous les Botryosphaeriaceae.

L'introduction d'outils moléculaires et d'analyses phylogénétiques des données de séquence nucléotidique a contribué en partie à clarifier l'histoire taxonomique confuse de la Botryosphaeriaceae (Deidda, 2014). Plusieurs études phylogénétiques ont été réalisées en utilisant différents gènes d'ADNr nucléaire et mitochondrial afin d'établir le placement ordinal des Botryosphaeriaceae. Cependant, ces études ont donné des résultats contradictoires et n'ont pas permis la clarification de la position taxonomique de la famille dans les Dothideales ou la Pleosporales (Lutzoni *et al.*, 2004). En utilisant une approche multigènes a révélé que *Botryosphaeria* et les espèces de *Guignardia* se sont regroupées dans un clade séparé qui ne pouvait être bien accueilli dans aucun autre ordre (Schoch *et al.*, (2006). Pour cette raison, ils ont introduit l'ordre des Botryosphaeriales Schoch, Crous & Shoemaker pour y accueillir la famille des Botryosphaeriaceae. Elle est restée la seule famille sous Botryosphaeriales jusqu'à ce que (Minnis *et al.*, 2012) aient introduit les Planistromellaceae dans cet ordre. Les espèces du genre *Botryosphaeria* se distinguent facilement de celles de *Guignardia* en raison de leurs ascomates et ascospores qui sont plus importantes, d'un stroma multiloculaire, ainsi que des caractéristiques de croissance en culture différentes (Van der Aa, 1973; Punithalingam, 1974). En raison de l'utilisation massive des méthodes de séquençage d'ADN pour lier les morphologies asexuées et sexuelles et la fin de la nomenclature double, le nom de *Guignardia* a été remplacé par le nom ancien *Phyllosticta* (Wong *et al.* 2012). En utilisant une phylogénie multigène basée sur ITS, le gène de l'ARNr 28S (LSU), les facteurs de l'allongement de la translation 1-alpha (EF1- $\alpha$ ), l'actine (ACT) et les données de séquence de glyceraldéhyde-3- phosphate déshydrogénase (GPDH) combinées à des caractéristiques morphologiques, ont proposé de ressusciter les Phyllostictaceae pour accueillir les Phyllostictas dans l'ordre Botryosphaeriales (Wikee *et al.*, 2013). Slippers *et al.* (2013) ont introduit trois nouvelles familles supplémentaires, à savoir les Aplosporellaceae, les Melanopsaceae et les Saccharataceae. Par conséquent, l'ordre des Botryosphaeriales comprend actuellement six familles distinctes (Deidda, 2014).

### II.3.2. Les genres chez les Botryosphaeriaceae

Lorsqu'elle a été introduite, la famille des Botryosphaeriaceae comprenait trois genres distincts: les *Botryosphaeria*, les *Phaeobotryon* et les *Dibotryon* (Theissen et Sydow, 1918). Le premier champignon Botryosphaeriaceae a été décrit dans les années 1820 comme une espèce de *Sphaeria* (Fries) ((Slippers et Wingfield, 2007). Le genre *Botryosphaeria* Ces. & De Not. a été introduit en 1863 par Cesati et De Notaris pour accueillir les espèces transférées des genres *Sphaeria* et *Gibbera* et est basé sur les espèces types *Botryosphaeria dothidea* (Moug.: Fr.) Ces. & De Not. (Slippers *et al.*, 2004). Il comprenait des champignons Ascomycètes produisant des ascomates typiquement uni-multiloculaires et bi-tuniqués avec des ascospores hyalines aseptés, qui peuvent devenir marron avec l'âge (Deidda, 2014). Un certain nombre de genres d'anamorphes liés à *Botryosphaeria* ont été décrits au cours des années. La taxonomie des genres et des espèces dans les Botryosphaeriaceae repose depuis longtemps sur la morphologie de la sexualité et les morphes asexuelles (Phillips *et al.*, 2008). Cependant, l'identification des genres et d'espèces fondées exclusivement sur des caractéristiques morphologiques des télémorphes et des anamorphes a conduit dans le passé à une

prolifération de noms. Il est maintenant clair que les caractères morphologiques seuls ne sont en aucun cas suffisants pour circonscrire les genres au sein de cette famille (Deidda, 2014).

L'avènement des méthodes de séquençage de l'ADN a contribué de manière significative à démêler la taxonomie mélangée de cette famille fongique. Au fil du temps, de nombreux genres ont été réduits à la synonymie, d'autres ont été supprimés dans d'autres familles ou nouvellement introduits et certains des genres plus anciens ont été ressuscités (Deidda, 2014). Denman *et al.*, (2000) a tenté de réviser les espèces dans le genre *Botryosphaeria* et a proposé de réduire les anamorphes de *Botryosphaeria* en deux groupes, *Fusicoccum* et *Diplodia*. Ces deux genres peuvent être essentiellement différenciés sur la base de la morphologie conidienne. Les espèces du genre *Fusicoccum* produisent des, conidies hyalines, fusiformes, des petites et des plus grandes, principalement des conidies à parois épaisses ( $> 10 \mu\text{m}$ ), devenant pigmentées lorsqu'elles sont mûres (Deidda, 2014). Cette subdivision taxonomique a été soutenue par la phylogénie de l'ADN-ADN de ITS et plusieurs études ultérieures ont accepté cette vue (Slippers *et al.*, 2004). En utilisant des données de séquence d'ADN Crous *et al.*, (2006) ont résolu 10 lignées distinctes, chacune correspondant à un genre distinct au sein des *Botryosphaeriaceae*. Dans cette étude, les auteurs ont limité le nom de *Botryosphaeria* à seulement *B. dothidea* et *B. corticis* introduisant le système de nomenclature à nom unique basé sur l'utilisation d'un nom de genre unique, se référant habituellement à la forme asexuée, peu importe que la morphologie sexuelle soit connue ou pas.

Plus récemment, dans une étude taxonomique approfondie sur les lignées phylogénétiques dans *Botryosphaeriales*, Slippers *et al.* (2013) ont évalué les relations phylogénétiques de tous les genres connus de la culture sur la base de données de séquence d'ADN. Dans cette étude, les auteurs ont conclu que 17 genres, dont *Barriopsis*, *Botryobambusa*, *Botryosphaeria*, *Cophinforma*, *Diplodia*, *Dothiorella*, *Endomelanconiopsis*, *Lasiodiplodia*, *Macrophomina*, *Neodeightonia*, *Neofusicoccum*, *Neoscytalidium*, *Phaeobotryon*, *Phaeobotryosphaeria*, *Pseudofusicoccum*, *Spencermartinsia* et *Tiarosporella*, peuvent maintenant être acceptés parmi les *Botryosphaeriaceae*.

### II.3.3. Écologie

Les espèces dans les *Botryosphaeriaceae* ont une distribution cosmopolite et sont souvent mentionnées comme associées à de nombreux hôtes ligneux (Slippers *et Wingfield*, 2007). Elles ont d'abord été décrites comme des saprophytes sur des tissus morts de plantes ligneuses (Deidda, 2014). Des études ultérieures sur *Botryosphaeria* et ses anamorphes apparentés ont démontré que ces microorganismes sont des agents pathogènes importants associés à différents symptômes de la maladie tels que les taches foliaires, les chancres, les pourritures des fruits, le dépérissement et la mort de plantes entières sur les cultures vivaces ligneuses, les arbres forestiers et les plantes ornementales (Phillips *et al.*, 2013). La capacité des espèces de *Botryosphaeriaceae* à infecter les plantes hôtes par des ouvertures naturelles est connue depuis longtemps. De plus, depuis les années 1980, il a été reconnu que les espèces de *Botryosphaeriaceae* sont en mesure de vivre en phase endophytique chez leurs hôtes (Deidda, 2014). Petrini *et Fisher* (1988) ont isolé la *Diplodia sapinea* (syn. *Sphaeropsis sapinea*), un agent pathogène important de plusieurs arbres forestiers, à partir de tige et de tissu xylématique

d'arbres de Pin asymptotiques. Quelques années plus tard, Johnson *et al.*, (1992) ont isolé plusieurs espèces de champignons appartenant aux genres *Fusicoccum*, *Neofusicoccum*, *Pseudofusicoccum* et *Lasiodiplodia* à partir de mangues apparemment saines en Australie. Depuis lors, plusieurs autres espèces ont été isolées et décrites comme agents pathogènes avec une phase endophytique. En conséquence de l'attention croissante qui a été abordée dans l'étude de ces champignons chez les plantes asymptotiques, il est maintenant clair que les Botryosphaeriaceae représentent la composante dominante des communautés endophytes qui vivent sur différentes plantes ligneuses (Burgess *et al.*, 2006).

Le rôle écologique exact des Botryosphaeriaceae n'est toujours pas clair pour la plupart des espèces. Bien que plusieurs espèces soient signalées comme agents pathogènes, elles ne présentent pas toujours d'agressivité élevée. *B. dothidea*, par exemple, a été signalé comme un agent pathogène agressif sur les arbres fruitiers et la pistache aux États-Unis (Ma *et al.*, 2004), mais il s'est révélé être un agent pathogène faible sur *Vitis*, *Eucalyptus* et *Syzygium* en Afrique du Sud (Slippers *et al.*, 2007). Cela peut être dû à l'effet des conditions environnementales et / ou d'autres facteurs abiotiques (Deidda, 2014). Plusieurs espèces appartenant principalement au genre *Dothiorella* présentent des niveaux d'agressivité bas ou insignifiants lorsqu'ils sont inoculés artificiellement (Pavlic *et al.*, 2007).

Ces espèces sont sporadiquement associées à des maladies sévères. En fait, le rôle réel que jouent faiblement ou pas les espèces pathogènes dans les communautés naturelles n'est toujours pas clair. La période de latence est souvent liée à l'apparition de stress abiotique qui peut altérer la défense des plantes et favoriser l'activité parasitaire de certaines Botryosphaeriaceae (Desprez-Loustau *et al.*, 2006).

Particulièrement, le stress environnemental qui peut favoriser les infections par les espèces de Botryosphaeriaceae comprend: la sécheresse, la grêle, les gelées et les blessures du vent, les lésions causées par d'autres agents pathogènes ou les insectes nuisibles, la concurrence avec d'autres plantes pour l'eau et les éléments minéraux ainsi que les plantations établies dans des environnements inadaptés (Paoletti *et al.*, 2001). En outre, plusieurs espèces de Botryosphaeriaceae sont connues sous le nom de pathogènes agressifs, très compétitives et capables de coloniser les tissus de l'hôte végétal très rapidement. Les symptômes peuvent se développer rapidement sur des arbres infectés, ce qui entraîne des dommages sérieux sur les zones étendues (Linaldeddu *et al.*, 2014).

En raison de leur nature endophytique, l'échange de plantes asymptotiques représente un moyen important pour la diffusion de ces champignons qui entrave l'application de stratégies de lutte appropriées contre ces agents pathogènes. Par conséquent, on peut conclure que les espèces appartenant à la famille des Botryosphaeriaceae représentent une grave menace pour plusieurs écosystèmes agricoles et forestiers.

#### II.3.4. Les Botryosphaeriaceae dans les écosystèmes agro-forestiers

Les espèces chez les Botryosphaeriaceae sont bien connues sous le nom d'agents de chancre et de dépérissement sur de nombreux hôtes ligneux d'origine agricole, forestière et ornementale (Deidda, 2014). Dans le passé, on pensait que les Botryosphaeriaceae était spécifiques à l'hôte

ou, sinon, pouvait infecter un nombre limité d'hôtes. En conséquence, de nombreuses espèces ont été décrites en fonction de la spécificité des hôtes. Il s'agit notamment de *Botryosphaeria quercuum* de *Quercus* sp., *Botryosphaeria ribis* de *Ribes* sp., *Botryosphaeria mali* de *Malus* sp., *Botryosphaeria vitis* de *Vitis* sp. (Slippers et Wingfield, 2007). En revanche, des études récentes ont démontré que de nombreuses espèces chez les Botryosphaeriaceae ont un faible niveau de spécificité de l'hôte et certaines espèces, telles que *Diplodia seriata* et *Neofusicoccum parvum*, sont hautement polyphages (Phillips et al., 2013).

Cependant, certaines espèces sont communément associées à des hôtes spécifiques ou à des familles de plantes spécifiques, telles que *Diplodia sapinea* et *D. scrobiculata* sur *Pinus* sp. et parfois sur d'autres conifères, *N. eucalyptorum* et *N. eucalypticola* sur *Eucalyptus* spp. Et *N. protearum* sur *Proteaceae* (De Wet et al., 2008).

En outre, selon Deidda (2014) les Botryosphaeriaceae se caractérisent par une grande adaptabilité écologique, car leur survie dans un environnement spécifique n'est pas affectée par la présence d'un hôte spécifique. Les modèles climatiques futures tendent vers une augmentation graduelle de la température globale avec des phénomènes météorologiques extrêmes (Coakley et al., 1999). Dans ce contexte, de nombreuses espèces pathogènes et invasives de Botryosphaeriaceae peuvent trouver des conditions optimales pour se développer et causer des dégâts graves (Linaldeddu et al., 2014).

Plusieurs espèces de Botryosphaeriaceae sont actuellement reconnues comme les agents pathogènes les plus importants sur la vigne dans le monde (Taylor et al., 2005). A ce jour, plus de 20 espèces de cette famille ont été signalées comme étant survenues sur une vigne (Úrbez-Torres, 2011).

De même, plusieurs espèces de Botryosphaeriaceae sont impliquées dans l'étiologie des chancres et la mort des eucalyptus dans les zones indigènes et introduites (Smith et al., 1994).

Au cours des dernières années, les attaques épidémiques de *Diplodia* sp. et d'espèces de *Neofusicoccum* ont progressivement augmenté. Ces épidémies ont impliqué la vigne ainsi que différents arbres forestiers tels que le chêne-liège (Linaldeddu et al., 2014).

### **II.3.5. Les champignons pathogènes du genre *Botryosphaeria* sur le chêne-liège**

#### **II.3.5.1. Le chancre à *Botryosphaeria***

C'est une maladie qui affecte plusieurs arbres fruitiers, ornementaux et forestiers notamment les arbres de chêne-liège. Le cambium, l'aubier et l'écorce interne des arbres affaiblis sont vulnérables aux chancres extensifs qui causent une altération observable de l'eau et du transport minéral (Gillman, 2011). Les symptômes typiques sont le brunissement soudain des feuilles ou la chute des feuilles au printemps et des lésions du chancre sur les brindilles et les branches affectées (Gillman, 2011). Une fois établie dans la branche, le champignon du genre *Botryosphaeria* forme des structures fruitières noires, pycnidia et / ou pseudothecia qui éclatent à travers l'écorce des lésions du chancre (Bush, 2009). Les conditions humides stimulent les masses de spores (conidies et / ou ascospores) à exsuder des structures fruitières principalement au printemps, mais aussi lorsque les conditions sont humides tout au long de la saison de croissance (Gillman, 2011).

Le vent, les éclaboussures d'eau, l'alimentation des insectes et les outils de démasclage du liège contaminés dispersent les spores (Bush, 2009). Les spores infectent les plantes à travers des plaies, y compris des cicatrices de feuilles ou des stomates ouverts à l'échange de gaz (Bush, 2009). Une fois que le champignon colonise le site, il produit des enzymes qui réduisent le cambium et les tissus d'aubier à une forme que le champignon *Botryosphaeria* consomme comme aliment (Gillman, 2011).

### II.3.5.2. Le pathogène fongique *Botryosphaeria sp*

Parmi les champignons pathogènes du chêne-liège qui provoque la maladie du chancre il y a l'espèce *Diplodia corticola* = *Botryosphaeria corticola* et *Diplodia mutila* = *Botryosphaeria stevensii* qui ont été considérées comme des agents pathogènes les plus virulents du chêne-liège (Linaldeddu et al., 2009b, Luque et al., 2000).

*Diplodia mutila* anamorphe de *Botryosphaeria stevensii* Shoem., est un parasite secondaire. qui s'attaque aux arbres déjà affaiblis et stressés. il contribue avec d'autres facteurs adverses au déclin progressif des forêts de chêne-liège. il est responsable, chez l'adulte, du dessèchement des branches périphériques, de la chlorose, de la nécrose des feuilles et de l'éclaircissement de la frondaison. Chez les jeunes plants en particulier, il est responsable du flétrissement brusque et de la brûlure des jeunes pousses. En raison de l'état actuel de régression avancée des forêts de chêne-liège dans le bassin méditerranéen ce parasite devient de plus en plus virulent et provoque de graves dégâts du fait que son grand pouvoir pathogène s'exerce indépendamment de l'état hydrique dans lequel se trouvent les plants (Bakry et Abourouh, 1995), ce champignon a été confondu avec l'espèce *Diplodia corticola* en raison de la ressemblance de la forme entre ces deux espèces, quoi que les ascospores et les conidies de *Diplodia corticola* sont plus grands .

Les attaques de *Diplodia corticola* initialement mal identifiées comme *Diplodia mutila*, ont été signalées sur le chêne-liège en Italie, au Maroc, au Portugal, en Espagne et en Tunisie (Alves et al., 2004) .

Le pathogène affecte également d'autres espèces de chênes méditerranéens telles que *Quercus afares*, *Q. canariensis*, *Q. coccifera* et *Q. ilex* (Linaldeddu et al., 2014 ; Tsopelas et al., 2010). Au cours des dernières années, *Diplodia corticola* a suscité des inquiétudes aux États-Unis, où il a colonisé agressivement *Q. Agrifolia*, *Q. rubra* et *Q. virginiana* (Dreaden et al., 2011 ; Lynch et al., 2013 ; Aćimović et al., 2016) . Malgré le nombre d'études visant à élucider la taxonomie et la pathogénicité de *Diplodia corticola*, ses origines évolutives et géographiques demeurent non résolues (Moricca et al., 2016).

*Diplodia corticola* est un opportuniste qui pénètre dans les plantes à travers des plaies, y compris des cicatrices de feuilles ou des stomates ouverts à l'échange de gaz. Le champignon peut coloniser les tissus morts, puis se mouvoir dans des tissus sains dans la branche (Bush, 2009).

Récemment, un autre agent pathogène décrit comme *Diplodia quercivora*, phylogénétiquement très étroitement lié à *D. corticola*, a été signalé sur la diminution des

arbres de *Q. Canariensis* en Tunisie (Linaldeddu et al., 2013) et sur *Q. virginiana* en Floride (Dreaden et al. 2014a).

Ces deux taxons ont été classés dans le sous-groupe 4, un groupe distinct au sein du genre *Diplodia*, qui comprend uniquement les espèces connues principalement comme agents pathogènes du chêne (Alves et al., 2014). Les deux espèces peuvent être distinguées l'une de l'autre et d'autres espèces de *Diplodia* par morphologie et polymorphisme de séquence d'ADN. Compte tenu de la virulence mise en évidence par des expériences d'inoculation artificielle sur les grumes de chêne, *Botryosphaeria quercivora* représente un nouveau risque sérieux pour la santé du chêne-liège (Linaldeddu et al., 2013).

### II.3.5.3. Classification taxonomique

La classification de ces organismes est la suivante:

**Règne :** Champignons

**Embranchement :** Ascomycota

**Catégorie:** Dothidiomycètes

**Ordre :** Botryosphaeriales

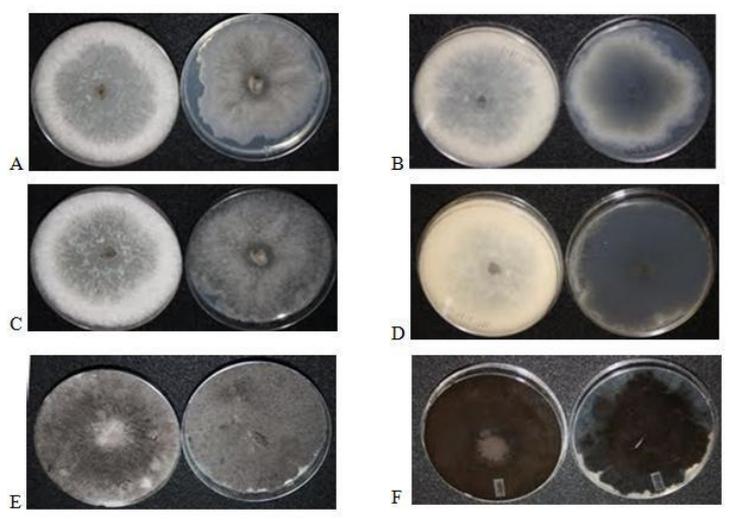
**Famille:** Botryosphaeriaceae

**Genre:** *Diplodia* / *Botryosphaeria*

**Espèce:** *Diplodia corticola* / *mutila* (ou *quercivora*)

### II.3.5.3. Morphologie et comportement du champignon

Différentes conditions d'éclairage ou températures ont des effets différents sur le développement de *D. corticola* et *D. quercivora* en culture, et les membres de Botryosphaeriaceae sont notoirement semblables les uns aux autres, plusieurs espèces habitant souvent la même plante. Cependant, seules ces deux espèces dans Botryosphaeriaceae sont connues pour provoquer une maladie dans les chênes. L'apparition des chancres des branches et de la mort des brindilles est une étape majeure pour identifier ces agents pathogènes.

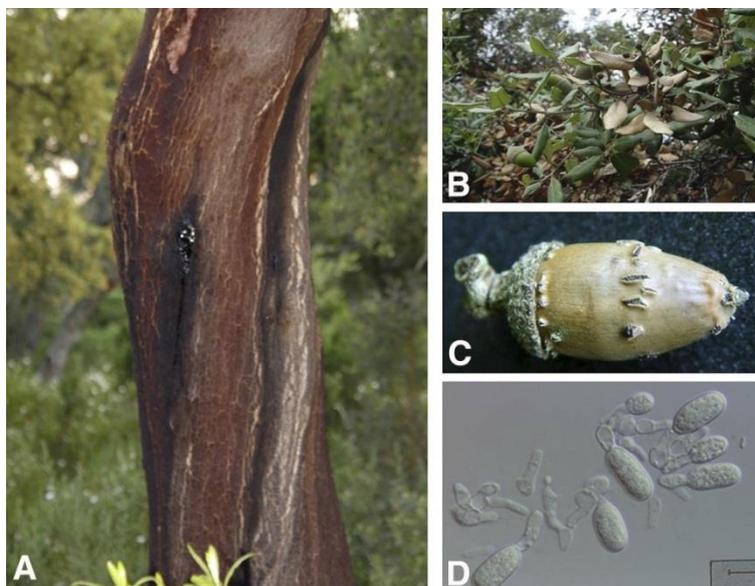


**Figure 12 :** Les différences de développement entre les deux champignons en culture. (Mullerin et al., 2015).

Les chênes-lièges artificiellement infectés par *D. corticola* présentent une réduction significative du taux net de photosynthèse et de la conductance stomatique (Linaldeddu et al., 2009 ; Luque et al., 1999). Étant donné que l'impact de l'infection sur les taux de change des gaz était indépendant de la longueur de la lésion de la tige chez les deux espèces (*B. corticola* et...). Linaldeddu et al. (2009) ont suggéré que la cause en était les «toxines diffusibles».

D'autres espèces pathogènes de *Botryosphaeria* étaient connues pour produire un véritable fragment de toxines végétales comme métabolites (Venkatasubbaiah et al., 1991). En raison de la prédiction, *D. corticola* a été trouvé pour produire un composé appelé diplopyrone, toxique pour le chêne-liège (*Q. suber*) à des concentrations de 0,01 à 0,1 mg / ml (Maddau et al., 2008). Sur les boutures de tomates de 0,1 à 0,2 mg / ml, la diplopyrone a provoqué un effondrement du tissu interne de la tige (Maddau et al., 2008). Une toxine spécifique à *D. quercivora* a également été identifiée -diplopimarane- décrite comme présentant une "phytotoxicité remarquable" (Andolfi et al., 2014).

Les symptômes les plus fréquents sur le chêne-liège sont les chancres enfoncés sur le tronc et les branches (Moricca et al., 2016). Ces chancres exsudent souvent une sève brun foncé, ce qui leur donne l'apparence de saignements, qui sèche progressivement à une masse glueuse noirâtre sur l'écorce (Fig.13A). Le bois devient décoloré et le système vasculaire nécrotique. L'apparition des symptômes sur le feuillage (flétrissement) suggère que les métabolites phytotoxiques sont impliqués dans l'interaction hôte-pathogène (fig.13B) (Moricca et al., 2016).



**Figure 13 : Symptômes causés par *Diplodia corticola* sur le chêne-liège**

(Moricca et al., 2016)

**A** : Le tronc avec une nécrose et un exsudat noir et mucilagineux. **B** : Flétrissement et mort de pousses. **C** : Gland avec une pycnide erudeuse. **D** : En particulier des cellules conidiogènes et des conidies, bar = 12,5 µm

La pycnide du champignon se différencie sur tous les organes des arbres aériens infectés, y compris les glands (Fig.13C). Les conidies (Fig.13D) sont dispersées par des vecteurs de vent, d'eau ou d'insectes (Moricca *et al.*, 2016).

### CHAPITRE III

MILIEU D'ETUDE : LA FORÊT  
DOMANIALE DE M'SILA (W : ORAN)

### III. Milieu d'étude : La forêt domaniale de M'Sila (w :Oran)

La présente étude a été réalisée dans la forêt domaniale de M'sila, qui est situé dans la zone littorale de l'Oranie exactement dans la wilaya d'Oran . Le choix de cette forêt est justifié par la présence des symptômes d'affaiblissement remarquables des arbres de chêne-liège dans cette forêt, ce qui implique par conséquent l'installation des champignons phytopatogènes notamment le genre *Botryosphaeria*.

#### III.1. Milieu physique

##### III.1.1. Localisation géographique

**La forêt de M'Sila**, qui fait partie de la circonscription forestière d'Oran et du district de Boutlélis (C.F.W.O., 1996), occupe une superficie totale d'environ 1 570 ha, dont le couvert végétale couvre 1080 ha, à savoir, 60% de cette superficie est occupée par le chêne-liège (M'hamdia, 2012) la forêt est divisée en 6 cantons y compris le canton « Guedara » (C.F.W.O., 1997). Elle se situe à 30 km à l'ouest d'Oran et à 7km de la commune de Boutlélis (Bouhraoua, 2003). Elle est limitée par les peuplements de Terziza au sud, les communes d'El Ançor et les Andalouses au nord, et Misserghine à l'est Aïn El Kerma à l'ouest (Bouhraoua, 2003) (Fig.14).

Les coordonnées géographiques de la forêt de M'Sila sont regroupées dans le tableau.1 :

**Tableau 2 Coordonnées géographiques de la forêt de M'sila**

Nom de la forêt	Cordonnées Lambert		Distance de la mer	Carte d'État-major
	X (km)	Y(km)		
M'Sila	X1 : 173,1	Y1 : 6,5	14 km	Andalouses Feuilles n°152,153
	X2:179,5	Y2 : 71,7		

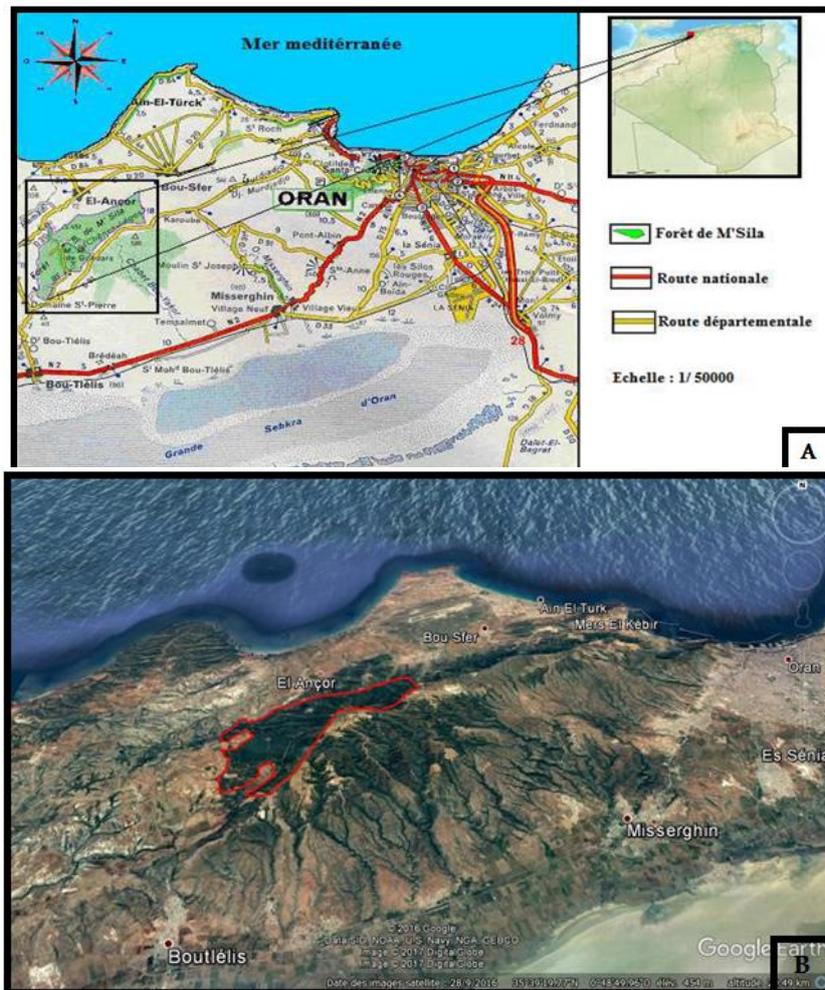


Figure 14 : Situation géographique de la forêt domaniale de M'sila

A: Cartothèque d'Alger 1962, B : (Google-Earth, 2016)

### III.1.2. Orographie et Hydrographie

La forêt de M'Sila se situe à l'ouest de Djebel Murdjadjo (Boudy, 1955). Elle se compose d'un seul massif nommé aussi M'Sila dont la configuration escarpée est très accidentée surtout dans sa partie est. Cependant, la forêt de M'Sila est caractérisée par un relief moins accidenté avec un terrain plat et sans pentes abruptes (pentes inférieures à 3%). Dans certains endroits (au sud surtout).les ruptures de pentes (supérieures à 25%) entraînent souvent des phénomènes d'érosion (Bouhraoua, 2003 ; Belhoucine, 2013). La presque totalité de la forêt dispose d'un plateau sans orientation particulière où dominant des peuplements denses et claires de chêne liège. D'autres peuplements de moindre superficie existent également sur le versant nord. La forêt qui se trouve entre 260m d'altitude au nord-est et 568 m au sud-ouest se caractérise par un important dénivelé d'environ 308 m (A.E.F.C.O., 1914).

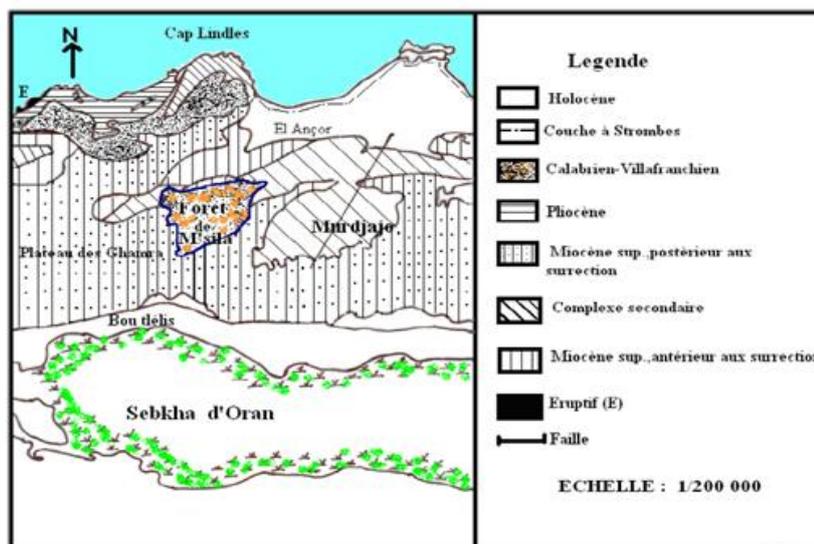
Le massif de M'Sila est drainé par un réseau hydrographique à orientation NE-NO composé de six oueds (Oued Guedara, Oued N'saris, Oued Dith, Oued Djourf Halia, Oued Bensabia et Oued Hassan) et un seul ravin profond qui coule dans la plaine de Bousfer (Bouhraoua, 2003 ; Belhoucine, 2013).

### III.1.3. Géologie et Pédologie

- **Géologie :**

Le tell oranais est particulièrement diversifié d'un point de vue géologique et pédologique (Thintoin, 1948 ; Quézel, 2000). La forêt de M'Sila couvre une ancienne surface d'abrasion Callabrienne encore localement couverte de dépôts marins ou dunaires (Gourinard, 1958). Ce même auteur note la présence d'une falaise morte correspond à l'extension de la mer Callabrienne, constituée de calcaire à Lithothamnies du Miocène supérieur sur la route menant à la forêt par la ferme Saint Pierre. Près de la source de la maison forestière.

Le nord de M'Sila est composé de quelques éléments de schistes relevant du Jurassique et du Crétacé mis en place au Miocène Moyen (Tinthoin, 1948 ; Boudy, 1950, 1955). Le sud est occupé par les calcaires dolomitiques durs du Jurassique Supérieur. Les autres sols se sont formés sur les schistes marneux du Crétacé Supérieur, des marnes éocènes et miocènes, du calcaire tendre et sables pliocènes ou quaternaires (Aubert et Monjauze, 1946) (Fig. 15)



**Figure 15 : Extrait du schéma géologique du littoral oranais**

(Gourinard, 1958) Modifié (Dehane, 2006)

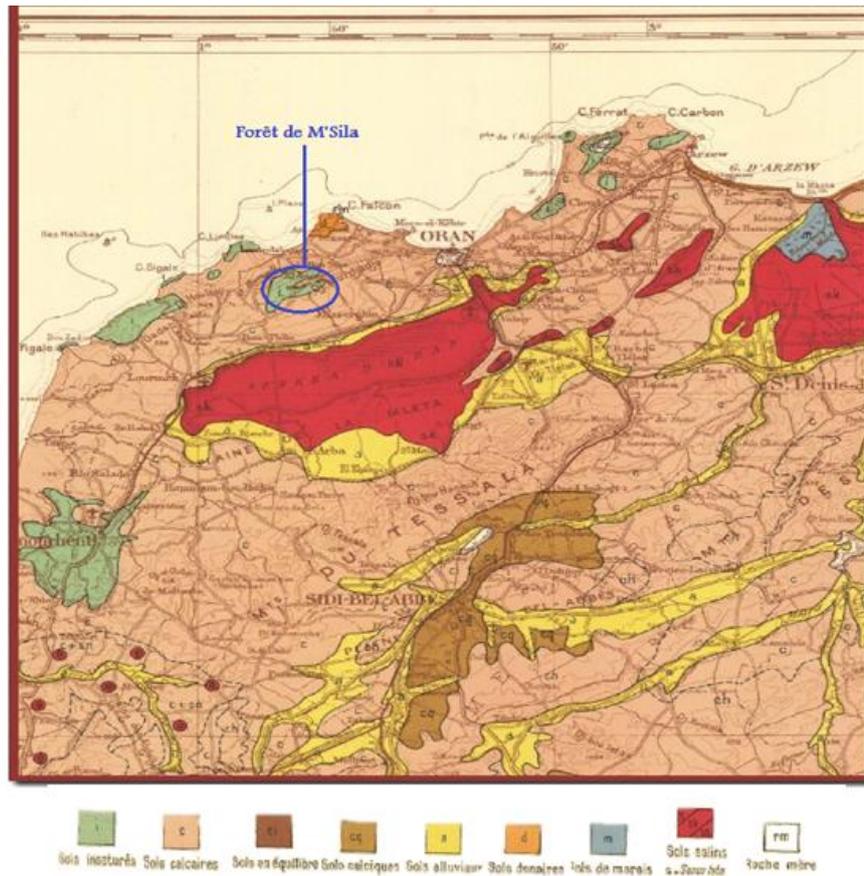
- **Pédologie :**

Le caractère général des sols nord-africains est d'être peu décomposé, peu différencié de la roche-mère dont ils proviennent d'où leur variabilité (Fig.16). Plusieurs auteurs ont étudié et cartographié les sols en Afrique du nord. Tel que : Durand (1958). Ils ont fourni des interprétations pédogénétiques ;

Ce qui a amené certains d'entre eux à rattacher les sols d'Afrique du nord à deux principaux types : les sols rouges fersiallitiques méditerranéens ou « terra rossa » et les sols carbonatées à croûte.

Les sols rouges : Le trait le plus caractéristique des sols méditerranéens est la fertilisation en relation avec la décarbonisation (Bottner, 1992), ce qui correspond à un ensemble de processus d'altération et de migration de composés en Fer dans le sol d'où la coloration rouge caractéristique : « sols rouges méditerranéens ». La décarbonisation des horizons rubéfiés est un phénomène qui a été souligné par tous les auteurs, au point que la dé-carbonisation est considérée comme une condition préalable à la rubéfaction. Cependant, la couleur rouge n'est pas forcément inhibée en milieu carbonaté (Williams et Yaalon, 1977). Ce type de sol connaît en fait son extension maximale dans les milieux où l'humidité est suffisamment grande pour favoriser l'altération. Le second type de sol caractérisant la méditerranée sont les sols carbonatées à croûte dont l'extension est importante dans la majorité des plaines et des vallées arides et semi arides. Les processus de mélanisation s'y généralisent (Michalet, 1991). Leur genèse est également controversée, étant donné leur localisation.

Les Sols de notre région d'étude sont pauvres de texture argilo-siliceuse issus de la décomposition des schistes et quartzites néocomiens et la désagrégation des grès sableux pliocènes (Tinthoin, 1948). D'après Aime (1991), quatre types de sols existent dans cette forêt : les sols rouges sur formation quartzique, les sols rouges décarbonatés sur grès calcaire, les sols rouges tirsifiés et les sols polycycliques.



**Figure 16 : Carte Des Principaux Sols De La Région Oranaise ,1/500.000**

(Durand, 1954)

### III.1.4. Climat

De tous les éléments contrôlant la vie d'une plante, le climat est le plus influent (Polunin, 1976). En effet, en région méditerranéenne, le climat est un facteur déterminant en raison de son importance dans l'établissement, l'organisation et le maintien des écosystèmes. C'est un type de climat tempéré se caractérisant par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. Son caractère essentiel est le régime pluviométrique (Emberger, 1954).

- **Les stations météorologiques :**

En vue de l'absence d'une véritable station météo forestière dans la forêt de M'Sila ,nous avons recueilli des données anciennes qui proviennent principalement de Seltzer (1946) s'étalant de 1913 à 1934, et des données récentes des stations météorologiques d'El Ançor et de l'INPV Messerghine des années 1961 à 2011 sachant que ses stations sont les plus proches de notre zones d'étude, alors que leurs paramètres climatiques ne reflètent pas exactement le climat régnant dans la forêt, nous allons seulement présenter une idée générale sur le climat de cette forêt.

**Tableau 3 Principales caractéristiques des stations du réseau météorologique**

(Belhoucine ,2013)

Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Situation	Distance à la forêt
El Ançor	0°52'W	35°41'N	90	Ville	12
Misserghine	0° 46'W	25°37'N	100	Station INPV	10

Suite aux travaux de De Martonne (1927), de nombreux indices climatiques ont été proposés. Les plus courants sont basés essentiellement sur la pluviométrie et la température (Sauvage, 1963). C'est le cas du quotient pluviothermique d'Emberger (Emberger, 1930, 1955) et des diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен (1953) qui sont les plus utilisés et que nous les avons choisies pour caractériser le climat de la forêt de M'sila.

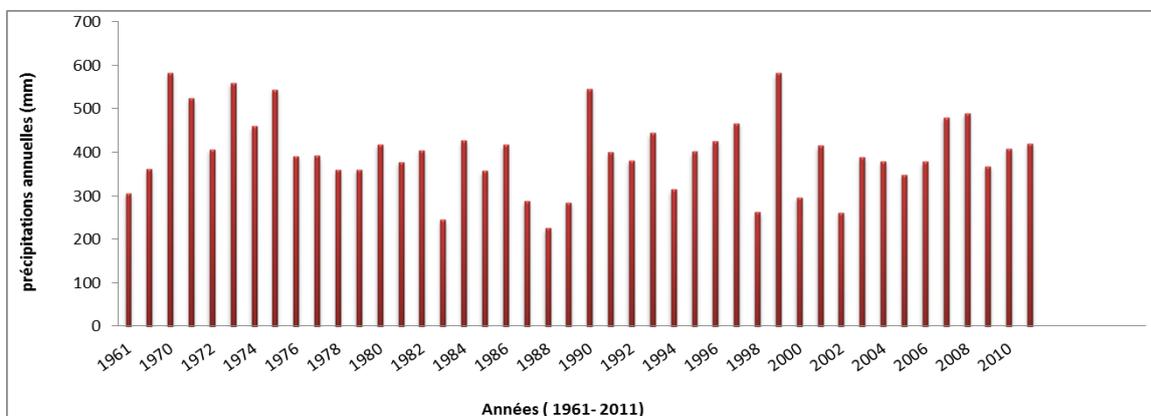
### III.1.4. 1. La pluviométrie

Les précipitations dans la région oranaise s'exprime par l'irrégularité des pluies le long de l'année : abondantes en automne et en hiver et parfois au printemps et rare et presque nulles en été (Aubert et Monjauze, 1946). Elles varient cependant suivant la disposition topographique de la forêt, son altitude et sa localisation géographique.

#### A. Répartition annuelle des précipitations

La figure 17 représente la répartition annuelle de la pluviométrie enregistrée dans la forêt de M'Sila durant la période 1961-2011

L'examen de la figure 17, montre une variabilité interannuelle de distribution des précipitations dans la forêt. Cette variabilité est corroborée par un coefficient de variation de 23 %.



**Figure 17 : Répartition annuelle de la pluviométrie dans la forêt de M'Sila durant la période 1961-2011**

(INPV Misserghine, 2011)

**Répartition mensuelle moyenne des précipitations**

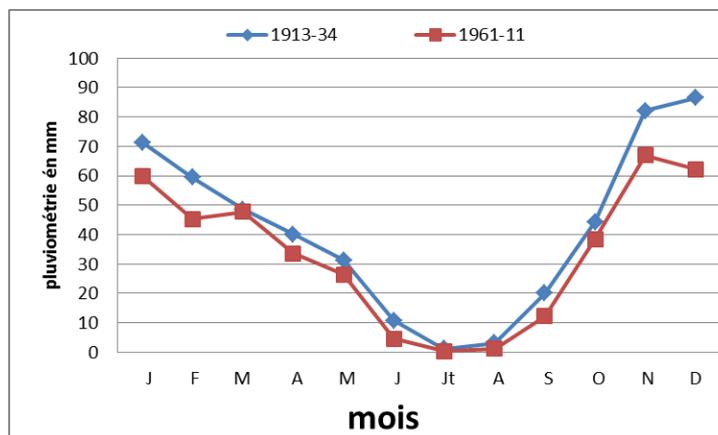
Le tableau 3 consigne les chutes de pluies moyennes mensuelles pendant les deux périodes de référence

**Tableau 4 Précipitation moyennes mensuelles pendant les deux périodes**

Forêt	Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
M'Sila	1913-34	71,3	59,4	48,6	40,0	31,3	10,8	1,08	3,2	20,1	44,3	82,1	86,4	498,6
	1961-11	59,9	45,2	47,8	33,6	26,3	4,7	0,41	1,2	12,2	38,4	66,9	62,3	399

(Seltzer, 1946 ; INPV Misserghine, 2011)

D'après le tableau 4 le mois le plus pluvieux en période nouvelle (1961-2011) est Novembre avec 66.9 mm tandis que le plus sec est enregistré en juillet (0.41 mm).

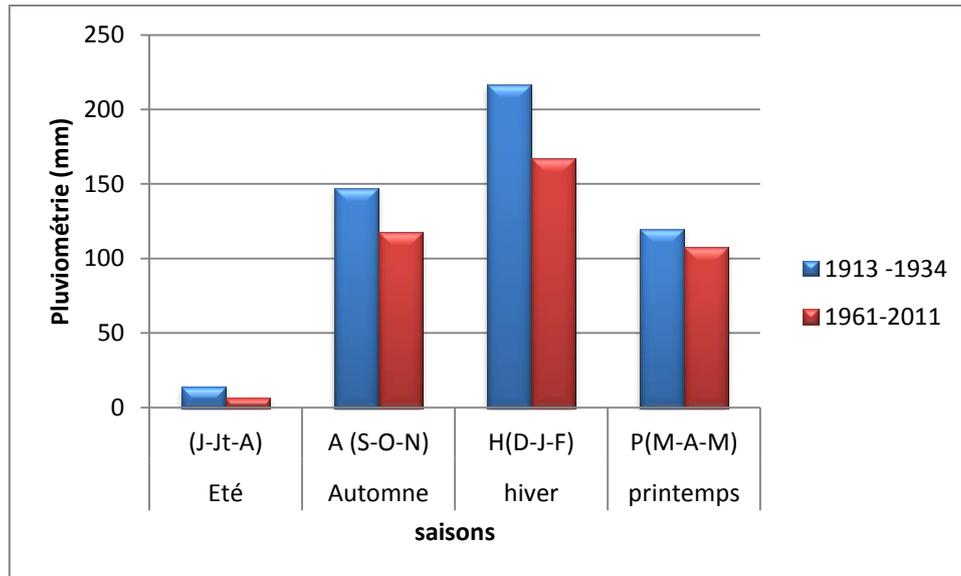


**Figure 18 : Variation mensuelle des précipitations au niveau de la forêt de M'Sila pour les deux périodes de référence**

Les valeurs moyennes des précipitations mensuelles varient globalement d'une période à l'autre. Le régime pluvial dans la forêt de M'Sila est plus marqué durant les mois de janvier, novembre et décembre. Les autres mois affichent des tranches pluviométriques moins accusées surtout entre juin et septembre pour les deux périodes de références, donc on peut déduire qu'il y a un déficit hydrique important et cela conditionne la durée de la période végétative du chêne liège.

**B. Régime saisonnier des précipitations**

Pour faciliter le traitement des données climatiques, un découpage en saisons de la pluviosité annuelle est indispensable. Musset (1935) le premier qui a défini la notion du régime saisonnier. Il a calculé la somme de précipitation par saison et a effectué le classement des saisons par ordre de pluviosité décroissante. Le régime saisonnier des précipitations dans la forêt de M'Sila est de type HAPE pour les deux périodes. Ce régime correspond aux zones littorales à ambiance maritime (Musset, 1935). Ceci explique que le maximum des pluies est concentré en hiver et en automne et avec un degré moindre au printemps. Ce régime correspond plus au moins à la bonne croissance des arbres et mais aussi aux bons accroissements du liège (Dehane, 2012).



**Figure 19 : Régime saisonnier des précipitations des deux périodes de référence**

**III.1.4. 2. Les Températures**

Pour connaître la variation des températures dans notre milieu d'étude, nous avons pris en considération celles ayant une signification biologique c'est-à-dire la température moyenne (T), la température moyenne des maxima (M) et la température moyenne des minima (m). Toutes ces températures sont exprimées en degré Celsius.

1. Moyenne des minima du mois le plus froid « m » :

**Tableau 5 : répartition des températures moyennes minimales de la forêt durant deux périodes différentes**

forêt	Périodes	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
M'Sila	1913-34	8,3	8,6	9,6	11,8	13,5	16,3	19	20	18,3	15	11,1	9,2	13,4
	1971-11	6,8	8,4	9,7	11,2	14,2	17,2	19,6	20,6	18,3	15,2	10,8	8,2	13,35

(Seltzer, 1946 ; INPV Misserghine, 2011)

Dans cette forêt soumise à l'influence régulatrice de la mer, les valeurs de «m» affichent respectivement au mois de janvier 8,3°C pendant l'ancienne période et 6,8°C pour la période récente ce qui indique une augmentation de la température hivernale de 1.3°C ce qui est important.

2. Moyenne des maxima du mois le plus chaud « M »

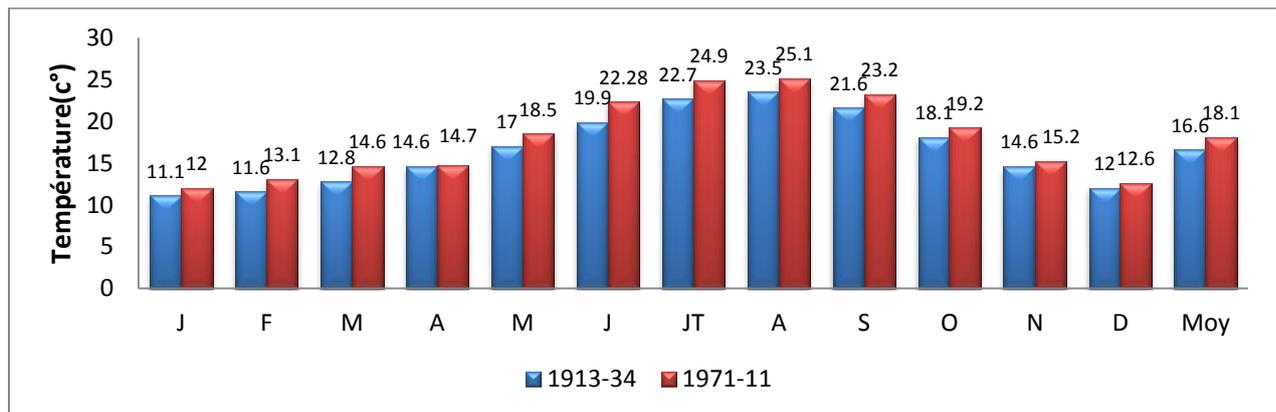
**Tableau 6 : répartition des températures moyennes maximales de la forêt durant deux périodes différentes**

Forêt	Périodes	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy.
M'Sila	1913-34	13,9	14,7	16,1	18	20	23	26,5	27,0	24,9	21,3	17,5	14,8	19,9
	1971-11	17	17,9	19,4	22	22,7	26,7	29,8	30,1	28	24,8	19,9	16,8	22,9

(Seltzer, 1946 ; INPV Misserghine, 2011)

Il ressort du tableau 5 que températures moyennes maximales dans la forêt de M'Sila sont enregistrés au mois d'août .Les valeurs de 27,0°C et 30,0°C s'avèrent plus clémentes Cela est le fait de l'influence maritime qui compense en partie la menace de sècheresse en maintenant une atmosphère humide favorisant les phénomènes de condensations et de rosées.

### 3. Températures moyennes mensuelles et annuelles (T°C)



**Figure 20 : Températures moyennes mensuelles et annuelles T (°C) enregistrées dans la forêt de M'Sila**

D'après la vingtième figure, nous constatons que la température moyenne annuelle dans la forêt de M'Sila est de l'ordre de 18,1°C. Le mois de janvier reste en général le mois le plus froid (12°C). Par contre le mois le plus chaud est noté en août avec 25°C.

#### III.1.4. 3. Synthèse climatique

La synthèse des données climatiques, nous permet de décrire les caractéristiques du climat qui règne dans une station. Elle fait appel à plusieurs indices calculés à partir de deux principaux paramètres climatiques ; la température et les précipitations.

##### 1. Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité

L'amplitude thermique extrême moyenne (M-m) a une valeur écologiquement importante car elle représente la limite thermique extrême à laquelle chaque année en moyenne les végétaux doivent résister. Une classification a été établie par Debrach (1953) basée sur la définition du climat en fonction des écarts thermiques « M-m ». Cette méthode permet de définir les types de climat

Climat insulaire :  $M-m < 15^{\circ}\text{C}$

Climat littoral :  $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$

Climat semi-continentale :  $25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$

Climat continental :  $M-m > 35^{\circ}\text{C}$

**Tableau 7 : Amplitude thermique extrême moyenne de la forêt de M'Sila**

Forêts	période	M (C°)	m(C°)	M-m(C°)	Type
M'Sila	1913-1934	27	8,3	18,7	climat littoral
	1971-2011	30,1	6,8	23,3	

(Seltzer, 1946 ; INPV Misserghine, 2011)

Il ressort du tableau 7 l'indice de continentalité  $M-m=23,3$  est ( $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$ ) donc selon la classification de Debrach (1953), il apparaît clair que notre zone d'étude se caractérise par un climat typiquement littoral.

### 2. Indice de sécheresse estivale

Selon la formule d'Emberger (1942), Cet indice s'exprime par le rapport entre les valeurs moyennes des précipitations estivales P (mm) et la moyenne des maxima du mois le plus chaud M (°C).

$$I.e = P.E / M$$

**Tableau 8 : Indice de sécheresse estivale de la forêt de M'Sila**

Forêts	Période	Pluviosité estivale P.E (mm)	Valeur de M (°C)	« I.e »
M'Sila	1913-1934	15,1	27	0,56
	1971-2011	6,2	30,1	0,21

(Seltzer, 1946 ; INPV Misserghine, 2011)

D'après le tableau 8 nous remarquons que l'indice de sécheresse est très inférieur à 5. Ceci indique l'appartenance de cette subéraie au climat méditerranéen selon la grille de Daget (1977), avec une sécheresse significative.

### 3. Etage de végétation ou zonation altitudinale

Selon les travaux d'Emberger (1930) sur la répartition de la végétation méditerranéenne, les étages de végétation auxquels appartient chaque essence sont définis selon trois variables : les gradients thermiques T (°C), m (°C) et l'altitude m (°C)

**Tableau 9 : Zonation altitudinale du chêne-liège dans la forêt de M'Sila**

Forêt	Période	T (°C)	m (°C)	Altitude moyenne (m)	Etage de végétation
M'Sila	1913-1934	16,6	8,3	353,8	Thermo- Méditerranéen
	1971-2011	18	6,8		

(Seltzer, 1946 ; INPV Misserghine, 2011)

Il ressort du tableau 9 que puisque ( $m > 3^{\circ}\text{C}$ ,  $T \geq 16^{\circ}\text{C}$  et alt.  $< 600\text{m}$ ) le chêne liège de la forêt de M'Sila s'intègre dans l'étage de végétation thermo-méditerranéen. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

4. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Bagnouls et Gaussen (1953), ont établi un diagramme qui permet de dégager la durée de la période sèche en s'appuyant sur la comparaison des moyennes mensuelles des températures en °C avec celles des précipitations en mm ; on admettant que le mois est humide lorsque « P est supérieur ou égal à 2T ». Le climat est humide lorsque la courbe des précipitations est au-dessus de celle des températures et sec dans le cas contraire (Fig.21)

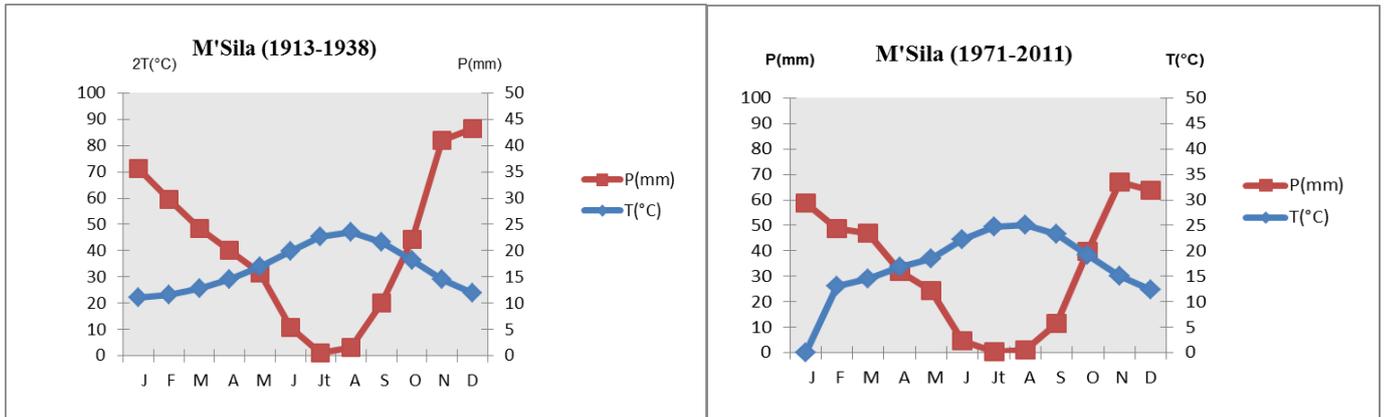


Figure 21 : Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen (1953) de la forêt de M'Sila.

L'examen des diagrammes ombrothermiques de la figure 21 montre que pendant la période (1913-1938), la forêt de M'Sila accuse 5 mois de sécheresse (mai, juin, juillet, août, septembre), par contre pour la nouvelle période (1971-2011), la sécheresse perdure anormalement sur 7 mois du mois d'avril au mois d'octobre.

5. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Afin de déterminer la position de chaque station météorologique et de délimiter l'aire bioclimatique d'une espèce ou d'un groupe végétale, Emberger (1930, 1955) a établi un quotient pluviothermique « Q2 » qui est spécifique au climat méditerranéen. Il est le plus utilisé en Afrique du Nord. Ce quotient a été formulé de la façon suivante :

$$Q2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

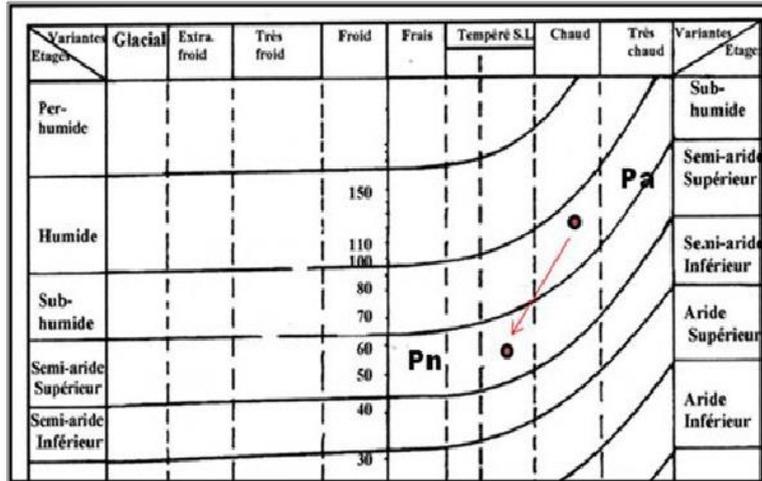
- P : moyenne des précipitations annuelles (mm)
- M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K=°C+273,2)
- m : moyenne des minima du mois le plus froid (°K=°C +273,2)

Pour positionner la forêt de M'Sila dans les étages correspondants nous avons calculé ce Quotient, les résultats sont regroupés dans le tableau suivant

**Tableau 10 : Quotient pluviothermique et étages bioclimatiques de la forêt de M'sila**

Forêt	Période	P (mm)	m (°C)	M (°C)	Q2	Etage Bioclimatique	Sous-étage	variante thermique
M'Sila	Pa	498,6	27	8,3	91,7	Sub-humide	Inférieur	Chaud
	Pn	375	30,1	6,8	55,2	Semi-aride	Supérieur	Doux

(Seltzer, 1946 ; INPV Misserghine, 2011)



**Figure 22 : Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger de la forêt de M'sila au cours de la période ancienne (Pa) et récente (Pn)**

(Belhoucine, 2013)

Ce climagramme nous a permis de déduire l'ambiance bioclimatique qui est semi-aride caractérisé par une hauteur pluviométrique variant entre 350 et 400 mm et une température moyenne moins élevée. En effet, la forêt de M'Sila est passée de l'étage bioclimatique sub-humide inférieur en période ancienne à l'étage semi-aride en période actuelle ce passage est causé par l'influence de la sécheresse par conséquent la vitalité des peuplements de chêne liège est sauvegardée.

### III.1.5. Description forestière

La forêt de M'Sila couvre actuellement 460 ha (C.F.W.O., 1996) alors qu'elle comptait environ 1100 ha (Boudy, 1955), soit une réduction de 58 %.

Le chêne-liège, essence dominante, outre nous y trouvons aussi des peuplements purs de pin d'Alep issus de différents semis réalisés presque annuellement entre 1888 et 1898 à l'ouest du canton Guedara et d'autres essences secondaires qui proviennent de travaux de reboisement telles que le cyprès (A.E.F.C.O, 1914), le pin maritime et l'eucalyptus.

Les peuplements du chêne-liège sont actuellement localisés essentiellement dans les cantons de M'Sila, Cheikh Ben Khalifa et avec un degré moindre à Guedara, Belhadi (Djorf Halia), Messabiah et Oued Hassan (C.F.W.O., 1996). C'est une vieille futaie naturelle, de structure jardinée, à un âge moyen supérieur à 120 ans. Les arbres de plus de deux siècles y sont assez fréquents. La densité du peuplement est variable. Elle varie en général de 100 à 200 sujets à l'hectare et parfois beaucoup moins (< 80 tiges/ha) par endroits à la suite des incendies.

Les parcelles de forte densité (400 tiges/ha), sont issues de différents reboisements (Bouhraoua, 2003). Le cortège floristique accompagnant le chêne liège se compose essentiellement de : *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea angustifolia*, *Daphne gnidium*, *Ampelodesma mauritanica*, *Chamaerops humilis*, *Arbutus unedo*, *Asparagus acutifolius*, *Smilax aspera*, *Hedera helix*, *Lonicera implexa*

### III.1.5. production subéricole

La production du liège en région oranaise a connu deux grandes périodes de fluctuation bien distinctes :

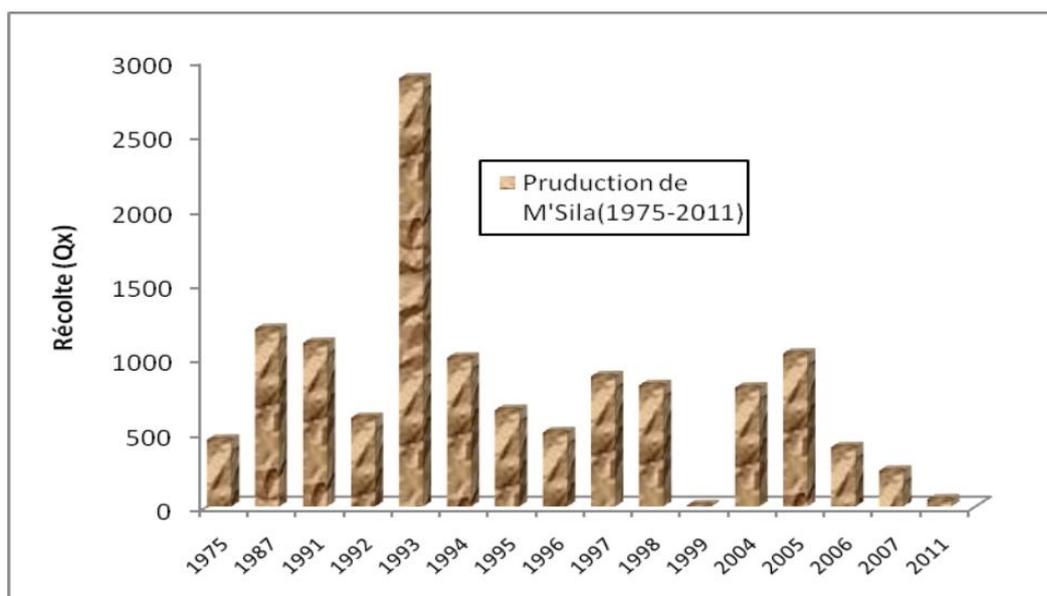
La première, coloniale, caractérise l'époque où le liège exploité était complètement exporté en France pour approvisionner leurs industries de transformation de liège. Durant cette période, ce produit était récolté à rotation régulière de 10 ans ou moins et avec beaucoup de soins (Puyo, 2006). Nous notons, en effet, une production annuelle moyenne d'environ 1 500 Qx entre 1898 et 1915 (soit 1,7 % du total national) pour passer à 3 000 Qx entre 1939 et 1951 (1,3% du total national). Les 4/5 de ce volume étaient représentés par le liège marchand. Chaque arbre donnait un poids moyen de liège sec de 7kg (Marc, 1916). Cette production abondante s'explique par les soins cultureux nécessaires apportés aux peuplements (travaux d'assainissement, débroussaillage, protection contre les incendies, extension du peuplement par reboisement, etc.).

La seconde, post indépendance, correspond à une situation qui a pris un itinéraire toute à fait inverse en raison de la chute spectaculaire de la production subéreuse. Les statistiques (1962 - 2000) montrent alors un volume annuel moyen de l'ordre de 500 Qx. Nous tenons à signaler que les premières récoltes n'ont commencé, dans cette région, qu'au début des années 1970.

Durant la période 1883 à 1960, la forêt de M'Sila a produit environ 35 000 Qx de liège en 68 campagnes soit une moyenne annuelle de 540 Qx et un rendement annuel de 0,9 Qx à l'hectare

Le démasclage a commencé en 1883 et s'est achevé en 1938 : Un total d'environ 4 900 Qx (11% du total) a été enlevé au cours de deux périodes bien distinctes (1883-1914 et 1927-1938) avec une moyenne de 150 Qx par an. Le liège de reproduction, le plus recherché, a été levé au cours de 58 campagnes avec un volume moyen de 500 Qx par an. Le reste de la production (1900 Qx) provenait des différents autres lièges, rebut et déchets (1 648 Qx) fréquemment récoltés à partir de 1901 et du liège flambé (260 Qx) récolté en 1931, 1932, 1940 et 1945. Chaque récolte donnait alors une quantité moyenne de 45 Qx.

Après l'indépendance, les travaux d'exploitation du liège n'ont commencé qu'en 1975 avec une récolte de 450 Qx puis les opérations se sont suspendues à cause de la mortalité des arbres. Durant l'année 1987 la production a atteint 1194 Qx.



**Figure 23 : Evolution périodique de la production du liège dans la forêt de M'Sila**

(C.W.F.O., 2011)

La production du liège a pris un rythme régulier enregistrant un total de 10586 Qx dont 8026 Qx était un liège femelle à partir de 1991 jusqu'à 2007 (C.W.F.O., 2007). Par contre en 2011, elle n'a pas dépassé les 50 quintaux, ce qui nous amène obligatoirement à donner plus d'importance à cette richesse naturelle et d'étudier les causes de cette réduction significative de la production du liège.

CHAPITRE IV  
MATERIELS ET METHODES

## IV. Matériels et méthodes

### IV.1. Problématique et objectif de l'étude

L'objectif de la présente étude vise à isoler des champignons à partir des arbres de chêne-liège présentant des symptômes de la maladie du chancre à *Botryosphaeria* tels le jaunissement et le dessèchement des feuilles ainsi que la présence de chancres sur les branches et le tronc.

### IV.2. Matériels utilisés :

Afin de bénéficier des résultats satisfaisants, Plusieurs matériels spécialisés ont été utilisés, les principaux sont :

**IV.2.1. Le coupe-branche** également appelé **ébrancheur** est utilisé pour couper les branches fines mais dures ou rendues inaccessibles du fait de leur hauteur notamment. Il ressemble beaucoup à un grand sécateur. Les lames sont plus grandes et les bras nettement plus longs. Sachant que l'effort de coupe est plus important, et se manipule à deux mains.

**IV.2.2. Les sacs en plastique** : ont été utilisés pour conserver les échantillons de branches jusqu'à leur utilisation.

**IV.2.3. Un mètre ruban** : ou **ruban à mesurer** est un instrument de mesure formé d'une règle graduée flexible et pouvant s'enrouler. Il nous a permis de mesurer les circonférences des arbres aux niveaux de la forêt

**IV.2.4. Le dendromètre Blum-Leiss** : C'est un appareil qui est basé sur un principe trigonométrique (mesures d'angles) et il nécessite que l'observateur se place à une distance prédéterminée de l'arbre (la plus proche possible de la hauteur estimée). Pour ce faire, l'opérateur dispose d'une **mire pliante** comportant des voyants blancs marqués des valeurs 0, 15, 20, 30 et 40 ; distants de 45, 60, 90 et 120 cm. Ces valeurs correspondent à des distances d'éloignement par rapport à l'arbre de 15, 20, 30 et 40 m.

**IV.2.5. Hotte à flux laminaire** est conçue pour éviter la contamination microbienne d'échantillons biologiques. L'air passe à travers un filtre HEPA, puis se diffuse en un flux laminaire vers l'utilisateur. Elle est équipée d'une lampe UV pour stériliser le plan de travail et son contenu lorsqu'il n'est pas utilisé. Il est important d'éteindre cette lampe lorsqu'on travaille sous la hotte car elle brûlera rapidement toute surface exposée de peau et peut causer des cataractes.

**IV.2.6. Bec Bunsen** est un appareil de laboratoire destiné à produire une flamme ouverte avec du gaz combustible afin de chauffer des préparations, stériliser du matériel ou brûler des substances.

**IV.2.7. Boîte de Petri** est une boîte cylindrique transparente peu profonde, en verre ou en plastique, munie d'un couvercle. Facilement manipulable, empilable, elle est utilisée pour la mise en culture des champignons.

**IV.2. 8. Scalpel** est un instrument tranchant à lame fixe, fine et acérée, d'ordinaire pointue, utilisé pour couper des petits morceaux d'échantillons.

**IV.2.9. L'Autoclave** est un récipient à parois épaisses et à fermeture hermétique conçu pour réaliser sous pression la stérilisation à la vapeur.

**IV.2.10. L'Etuve**, lieu caractérisé par une chaleur sèche, qui favorise le développement des cultures de champignons.

**IV.2. 11. Le Réfrigérateur** est un appareil permettant de réfrigérer et conserver les cultures de champignons pour ralentir leur développement, dont la température doit être contrôlée indépendamment de la température extérieure. Dans un réfrigérateur, un compartiment principal maintient une température comprise entre 2 et 8 °C.

**IV.2.12. Le microscope optique** : c'est un appareil permettant de visualiser des objets ou des détails invisibles pour nos yeux, dont la résolution est trop faible (0,2 µm). Il utilise la lumière et est doté de deux lentilles :

- l'objectif, pour agrandir l'objet que l'on souhaite observer (il existe plusieurs grossissements) ;
- l'oculaire pour que les rayons arrivent à l'œil de manière parallèle, ce qui permet à l'œil de se reposer.

**IV.2.13. Les micro-pipettes ou pipettes Pasteur** : ce sont des tubes fins en verre dont l'extrémité a été effilée pour obtenir une pointe ouverte d'un très petit diamètre.

**IV.2.14. Les lames** : ce sont des petites plaques de verre utilisées pour poser et maintenir un échantillon préparé pour une observation au microscope. L'échantillon est souvent protégé et maintenu davantage au moyen d'une lamelle placée sur lui.

**IV.2.15. Parafilm** : c'est un film de paraffine en plastique avec un support de papier principalement utilisé dans les laboratoires pour sceller un récipient à couvercle contre l'humidité et la contamination de l'air pour un stockage à long terme.

**IV.2.16. Les produits utilisés :**

**La gélose** : La gélose est une substance nutritive favorisant la prolifération et le développement des champignons. Il s'agit donc du milieu de culture .

**La streptomycine** est un antibiotique cytotatique et cytotoxique de la classe des aminosides (ou aminoglycosides) découvert. C'est un antibiotique à spectres larges pouvant réagir avec les bacilles gram négatifs, avec certains cocci gram positifs ou avec certaines mycobactéries.

**Acide lactique** : c'est un regonflant très énergétique des exsiccata. en fait un bon milieu d'observation pour de nombreux objets, et spécialement pour les spores.

**L'eau bidistillée** : est une eau qui, comme son nom l'indique, a été distillée deux fois successivement. Elle est souvent utilisée pour se faire une idée générale des tissus à observer. C'est en effet un liquide naturel, qui modifie peu les éléments fongiques et qui, en particulier, n'altère jamais les pigments. Par ailleurs, l'eau est, même indirectement, le solvant de la grosse majorité des réactifs que l'on utilise en mycologie.

### IV.3. Procédures expérimentales :

#### IV.3.1. Au niveau de la forêt

Le présent travail se base sur l'étude de l'infection du chêne-liège (*Quercus suber*) par les champignons pathogènes du genre *Botryosphaeria* dans la forêt de M'Sila, wilaya d'Oran. Les sorties ont été effectuées au mois de Février 2017.

#### IV.2.1. Choix de la station

Dans le cadre de la présente étude, nous avons choisi une station dans le canton de « Guedara » où nous avons remarqués un dépérissement généralisé accentué, semble-t-il, par un stress hydrique. La station choisie est celle installée par Belhoucine en 2008 et élargie en 2010 en vue de l'étude des champignons associés au *Platypus cylindrus*. Elle se situe de 12 Km à la mer et à 380 m d'altitude, elle est exposée au Nord-Ouest, son terrain est plat avec une faible pente de 0 à 3 %, ses coordonnées Lambert sont X=175,8 à 176,3 et Y= 65,8 à 66,4.

Selon les archives forestières (A.E.F.C.O., 1961), la station est formée par un peuplement artificiel issu à l'origine d'un reboisement réalisé en 1961 sur une superficie de 72 ha après celui de 1950 sur environ 5 ha.

Notre station d'observation est une série entière (série 1). Elle a une forme rectangulaire couvrant une superficie de 10 hectares soit 500m de longueur et 200m de largeur (Fig.24). Les coordonnées géographiques des 4 points prises par Belhoucine (2013) à l'aide du GPS sont les suivantes :

P1 : +35° 39' 8.61", -0° 53' 3.07";

P2 : +35° 39' 17.83", -0° 53' 15.89";

P3 : +35° 39' 13.02", -0° 53' 21.23";

P4 : +35° 39' 3.61", -0° 53' 8.64".



Figure 24 : Localisation géographique de la station d'étude

### IV.2.2. Choix des arbres-échantillons

Le choix des arbres-échantillons a été effectué en tenant compte de leur état sanitaire, et en s'intéressant beaucoup plus aux arbres présentant des symptômes de la maladie du chancre à *Botryosphaeria*. Dans le but de trouver des arbres affectés par ce champignon pathogène, nous avons parcouru toute la station et nous avons coupé les rameaux de tous les arbres qui présentaient des symptômes de dépérissement à l'aide d'un coupe-branche. En revanche, tous les arbres dont les rameaux ne présentaient pas de taches noires au niveau du xylème ont été éliminés de notre lot d'échantillons.

### IV.2.3. Relevés caractéristiques des arbres

#### A. Coupe des rameaux

Pour sélectionner les arbres-échantillons, nous avons fait des coupes transversales au niveau des rameaux dépérissant pour confirmer la présence ou l'absence de la tache noire au niveau du xylème, caractéristique de la présence d'un champignon du genre *Botryosphaeria*.

Des échantillons ont été prélevés à partir de 30 arbres symptomatiques et ont été transportés au laboratoire dans des sacs en plastique pour analyse.

#### B. Relevé dendrométrique

Sur les arbres sélectionnés, certaines données sont mesurées :

La circonférence à 1,30 m à l'aide d'un ruban mètre ;

La hauteur totale de l'arbre à l'aide d'un Blum-Leiss.

**Tableau 11 : Principales classes de relevés dendrométriques**

Types de relevés	Descripteurs	Classes
Dendrométriques	Circonférence	1(<25 cm), 2(25- 49 cm), 3(50-75 cm)
	Hauteur totale	1 (<4m), 2 (4 - 4.9 m), 3 (5-6 m), 4 (>6m)

### IV.3. Au niveau du laboratoire

Du mois de Mars au mois de Mai 2017, nous avons isolé au niveau du laboratoire les pathogènes fongiques du chêne-liège. Les isollements ont été faits à partir des morceaux de rameaux symptomatiques des 30 arbres sélectionnés (Fig.25). L'ensemble des manipulations a été réalisé sous hotte à flux laminaire et UV et à proximité d'un bec bunsen afin de limiter au maximum les risques de contamination.



**Figure 25 : Morceaux des rameaux symptomatique (présence de taches noires)**

### **IV.3.1. Isolement des champignons**

#### **IV.3.1.1. Milieu de culture**

Les milieux utilisés pour cultiver les champignons sont la gélose au PDA (Potato Dextrose Agar) et le MEA (Malt Extract Agar). Pour tous les milieux de culture, la prolifération des bactéries est évitée en ajoutant un antibiotique, la streptomycine à 0,1% au moment de l'utilisation. Ils sont stérilisés par autoclavage à 120°C pendant 15 minutes.

#### **IV.3.1.2. Isolement des champignons**

Les échantillons des plants de chêne liège ont été amenés au laboratoire, conservés à 4°C dans un réfrigérateur jusqu'à leur analyse. La méthode d'isolation utilisée est celle décrite par [Vijanovic et Brisson \(2001\)](#). Les branches et les tiges présentant un noircissement du xylème, ont d'abord été nettoyés des impuretés et décontaminés en surface avec de l'éthanol 70 % pendant 10 seconds afin de ne conserver que les endophytes. Les tissus extérieurs de l'écorce ont été, par la suite, coupés par un scalpel stérilisé. Sous une haute à flux laminaire et UV, préalablement désinfectée avec de l'éthanol 70 % et mise en marche pendant au moins 15 min, des coupes longitudinales et transversales des branches symptomatiques ont été réalisées (5 mm<sup>2</sup>), à l'aide d'un scalpel stérile à partir de la marge des lésions nécrotiques puis stérilisés avec de l'hypo-chlorite de Sodium à 0.2 % pendant une minute et demi (1,5min), suivi d'une immersion dans de l'eau distillée stérilisée pendant cinq minutes (5min). Les fragments ont été ensuite séchés à l'aide d'un papier filtre stérile. Tous les fragments, de l'ordre de cinq à six (5-6) par boîte de Petri, avec 2 répétitions par échantillon, ont été cultivés sur milieux de culture.

Les boîtes ensemencées ont été incubées dans une étuve à 25 °C ± 1 dans des conditions d'obscurité totale pendant 5 à 10 jours.



**Figure 26 : Ensemencement des champignons à partir des rameaux infectés**

#### **IV.3.1.3. Purification du champignon**

A l'issue de la période d'incubation des cultures, la purification des souches est réalisée par la méthode de repiquages successifs en transférant du mycélium de ces cultures sur une boîte de Pétri contenant de la gélose PDA ou MEA. Les boîtes de Pétri sont incubées pendant 5 à 10 jours à  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  et la pureté est vérifiée à l'issue de la période d'incubation.

Les cultures obtenues ont été quantifiées et groupées conformément à leurs caractéristiques macroscopiques pour nous permettre de choisir, enfin, des représentants de chaque groupe pour l'identification.

#### **IV.4. Observation microscopique et identification**

Des fragments de cultures fongiques ont été étalés sur lames, imbibés d'acide lactique et d'alcool, puis couverts entre lame et lamelle.

Les lames sont ensuite observées à différents grossissements à l'aide d'un microscope optique muni d'un appareil photo et relié à un ordinateur. Le grossissement pris en compte pour l'identification est :  $\times 100 \times 1025 \times 10$ .

L'identification des champignons sera basée sur les caractéristiques culturelles et morphologiques des conidies et conidiospores conformément à Barnett et Hunter (1975), Botton et al. (1990), Luque et al. (2000), Phillips et al. (2007), Mullerin et Smith (2015).

CHAPITRE V  
RESULTATS ET DISCUSSION

## V. Résultats et discussion

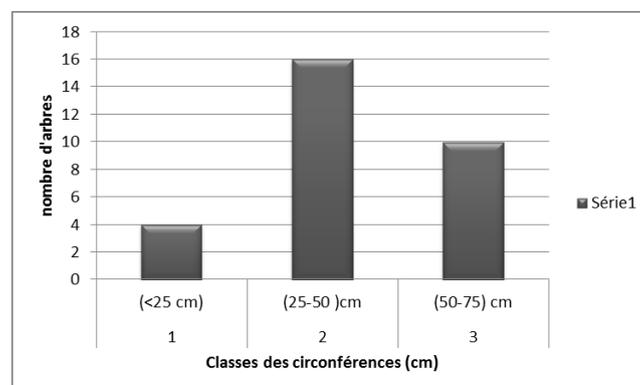
### V.2. Caractérisation dendrométriques des arbres échantillons

Les arbres-échantillons pris en considération, dans la présente étude, sont ceux qui présentent des symptômes d'infection par les endophytes fongiques du genre *Botryosphaeria*. Il s'agit d'un jaunissement et dessèchement du feuillage d'une partie ou de la totalité de l'arbre avec présence des chancres au niveau du tronc et des branches comme décrit par Bush *et al.*, (2009) et Gillman (2011) (Fig.27). Trente (30) arbres ont été retenus après vérification de la présence des taches noires au niveau du xylème à la coupe transversale des branches.



**Figure 27 : Arbres échantillons symptomatiques**

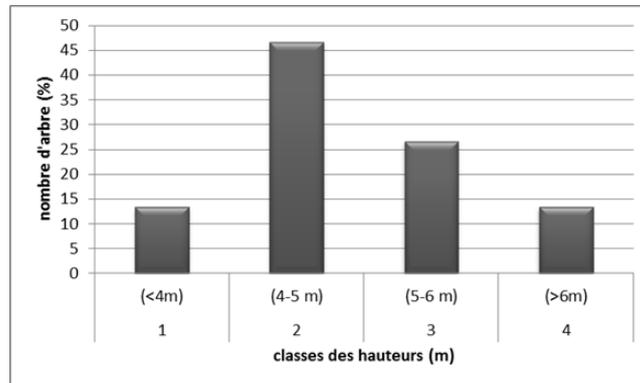
Les arbres échantillons sont jeunes et non démasclés. Leurs caractéristiques dendrométriques sont illustrés dans les figures 28 et 29.



**Figure 28 : les différentes classes de circonférences des arbres échantillons**

Les arbres atteints par le chancre à *Botryosphaeria* appartiennent au trois premières classes de circonférences. Plus de 50% ont formé la 2<sup>ème</sup> classe de circonférence ( $\emptyset$  entre 25 et 50 cm),

c'est-à-dire un âge inférieur à 40 ans. La classe 3 est formée par le 1/3 des arbres échantillons, des arbres dont l'âge dépasse à peine 40 ans. Les autres font partie de la 1<sup>ère</sup> classe, celle des arbres très jeunes.



**Figure 29 : les différentes classes de hauteurs des arbres échantillons**

Les arbres dont la hauteur est comprise entre 4 et 5 m sont présents dans le lot d'échantillons avec un taux qui dépasse 45% suivi par ceux dont la hauteur est entre 5 et 6 m avec plus de 25%. Les autres arbres de la 1<sup>ère</sup> et la 4<sup>ème</sup> classe forment environ le 1/3 du lot.

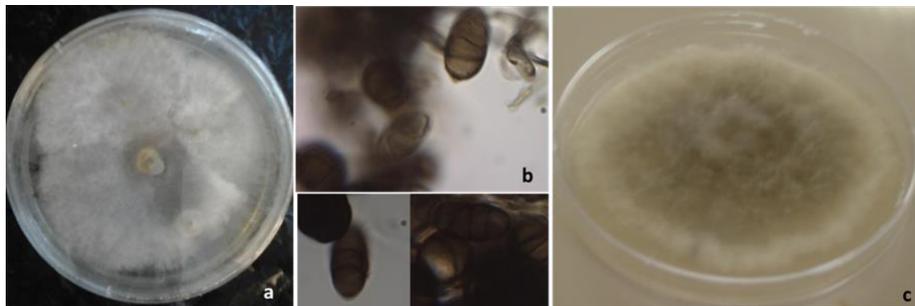
### V.3. Les champignons isolés

Après l'isolement et la purification des champignons nous avons essayé de les identifier à partir de leurs caractéristiques macroscopiques et microscopique.

#### V.3.1. Les champignons du genre *Botryosphaeria*

##### V.3.1.1. *Diplodia corticola* = *Botryosphaeria corticola*

Dans une culture sur PDA et MEA, *Diplodia corticola*, apparaît initialement blanc éponge, tournant au gris foncé après environ cinq jours. Le dessous devient premier vert olive, puis noir (Alves et al., 2004; Dreaden et al., 2011), le champignon remplit la plaque puis empile les mycéliums de manière aérienne (Mullerin et al., *Sous presse*) (Fig.30).

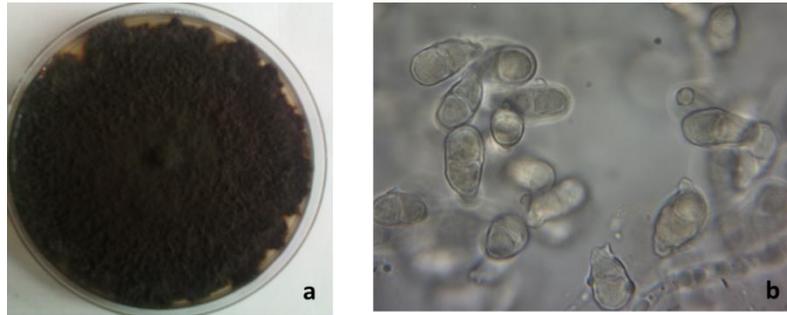


**Figure 30 : Caractéristiques morphologiques de *Botryosphaeria corticola* isolé**  
**a: Jeune culture de 4-5 jours sur PDA ; b : Aspect microscopique – forme des spores**  
**(x100x1.25x10) ; c: Jeune culture de 7-8 jours sur MEA**

### V.3.1.2. *Diplodia mutila* = *Botryosphaeria stevensii*

*Diplodia mutila* anamorphe de *Botryosphaeria stevensii* Shoem., est un parasite endophyte secondaire qui s'attaque aux arbres déjà affaiblis et stressés. Il contribue avec d'autres facteurs adverses au déclin progressif des forêts de chêne-liège. Chez les jeunes plants en particulier, il est responsable du flétrissement brusque et de la brûlure des jeunes pousses.

L'examen microscopique d'une culture sur la gélose (PDA), révèle la présence des conidies hyalines, ovoïdes à elliptiques, unicellulaires, aseptées, à paroi lisse assez épaisse (Fig.31).

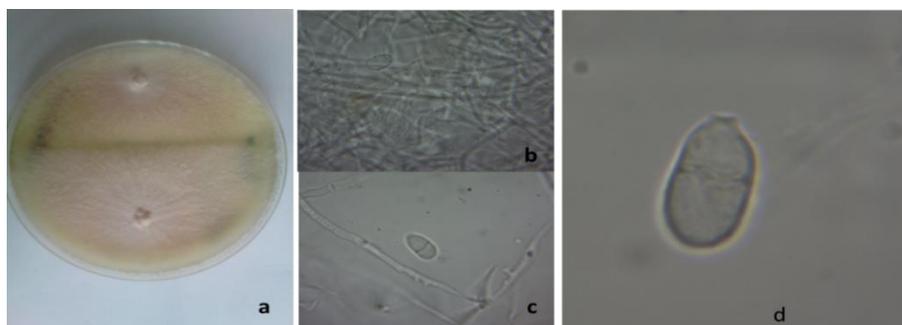


**Figure 31 : Caractéristiques morphologiques de *Botryosphaeria stevensii* (*Diplodia mutila*) isolé a: culture de 4-5 semaines sur PDA ; b : Aspect microscopique (x100x1.25x10)**

### V.3.1.2. *Diplodia sapinea* (syn. *Diplodia pinea*, *Sphaeropsis sapinea*)

*Diplodia sapinea* est un champignon très largement répandu au niveau mondial. C'est un champignon endophyte capable de coloniser divers tissus des pins sans provoquer de maladies. Il est cependant associé à une grande variété de symptômes car il peut devenir pathogène sous l'effet de différents stress enclenchant un déséquilibre temporaire au sein des arbres.

Sur une culture de PDA le champignon développe un mycélium blanc moelleux. En outre sous le microscope, les cellules conidiogènes apparaissent sous forme d'un flacon, dilatées en dessous et se rétrécissant vers un cou mince au-dessus, elles sont hyalines, et lisses (Fig.32)



**Figure 32 : Caractéristiques morphologiques de *Diplodia sapinea* isolé a: Jeune culture de 4-5 jours sur PDA ; b : Aspect microscopique – forme des hyphes- c-d : forme des spores (x100x1.25x10)**

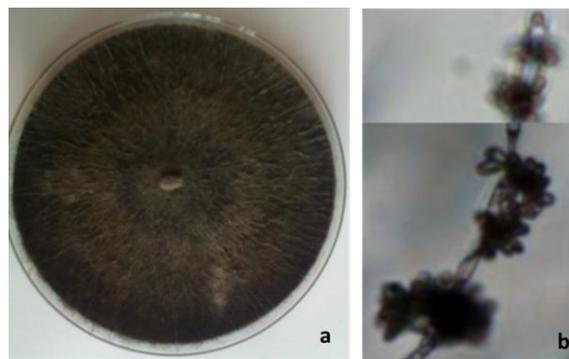
La présence de cette espèce dans les arbres de chêne-liège, est sûrement due à une contamination causée par l'enrésinement de la forêt par les espèces de pin d'Alep. Cela nous amène à proposer une étude sur la possibilité de l'infection des espèces de pin formant la station d'étude par ce pathogène fongique.

### V.3.2. Les autres champignons isolés

#### V.3.2.1. *Biscogniauxia mediterranea* = *Hypoxylon mediterraneum*

Le champignon *Biscogniauxia mediterranea* infecte de nombreuses espèces de chênes (Hawksworth, 1972), sur lesquelles il provoque la «maladie du charbon» dans les branches et les troncs (Ju et al., 1998). Cependant, ce champignon se produit également dans les tissus de chêne dépourvus de symptômes en phase latente.

Les isolats de *B. mediterranea* présentaient dans la culture sur (PDA) un aspect velouté avec un mycélium aérien. La couleur est grisâtre à noire, où la marge bout à bout avec le centre olivacé (Fig.33).

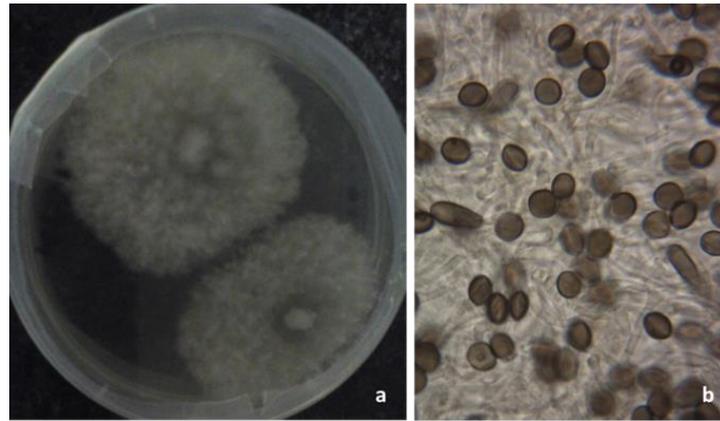


**Figure 33 : Caractéristiques de *Biscogniauxia mediterranea* isolé**  
**a: culture de 3 semaines sur PDA ; b : Aspect microscopique (x100x1.25x10)**

#### V.3.2.2. *Chaetomium globosum*

*Chaetomium globosum* est une espèce appartenant au genre *Chaetomium*, c'est un champignon filamenteux, décomposeur des plantes et d'autres matériaux riches en cellulose, c'est une espèce cosmopolite qui peut être facilement isolé à partir de matières végétales en décomposition, de graines et d'autres substrats cellulosiques, c'est une espèce capable de se développer à des températures élevées (Domsch et al., 1993).

Sur le milieu PDA et à 25°C le champignon a développé un mycélium cotonneux de couleur blanchâtre. Et sous le microscope, les spores étaient brunâtres et de forme ovoïde (Fig.34).

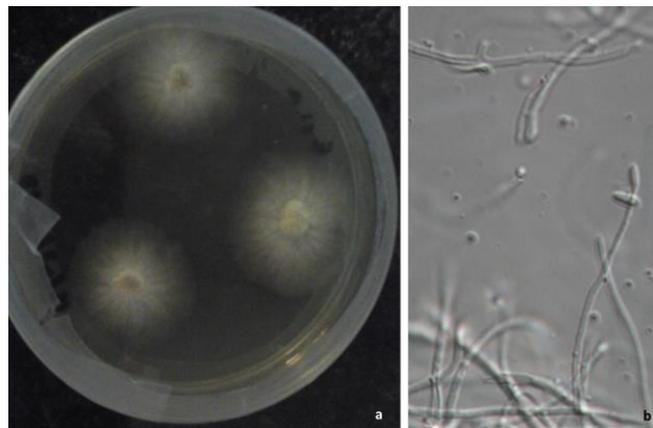


**Figure 34 : Caractéristiques de *Chaetomium globosum* isolé**  
**a: Jeune culture de 4-5 jours sur PDA ;**  
**b : Aspect microscopique – forme des spores (x100x1.25x10)**

### V.3.2.3. *Acremonium crontocinogenum*

C'est un champignon du genre *Acremonium*, de l'ordre des Hypocreales, cette espèce est un pathogène potentiels identifiés pour plusieurs espèces d'arbres y compris le chêne liège (Kiffer et Morelet, 1997).

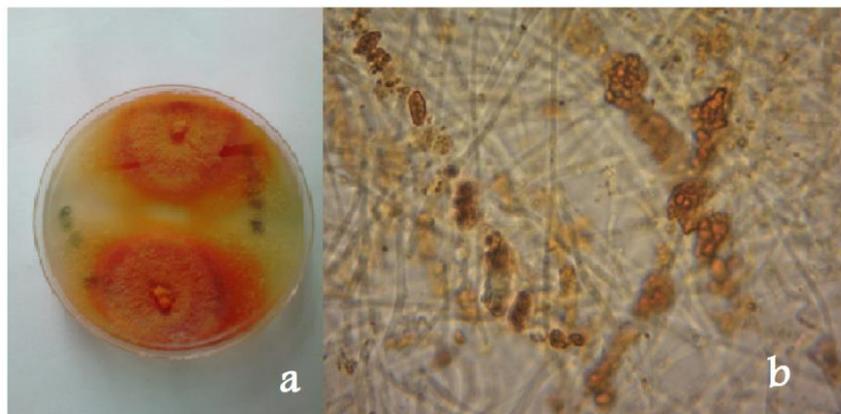
Le champignon isolé est caractérisé par un mycélium hyalin et cloisonné, avec des conidies qui sont généralement unicellulaires, parfois bicellulaires, hyalines ou pigmentées (Fig.35).



**Figure 35 : Caractéristiques de *Acremonium crontocinogenum* isolé**  
**a: Jeune culture de 4-5 jours sur PDA ;**  
**b : Aspect microscopique – forme des spores (x100x1.25x10)**

### V.3.2. Les champignons inconnus ou stériles :

La culture sur PDA du champignon non identifié présente un mycélium velouté de couleur blanche à une température de 25°C. Il prend une couleur orange à partir de 15°C (Fig.36).



**Figure 36 : Caractéristiques de champignon non identifié**  
 a : culture de 3 à 4 semaine sur PDA ; b : aspect microscopique (x100x1.25x10)

#### V.3.4. Localisation des champignons isolés

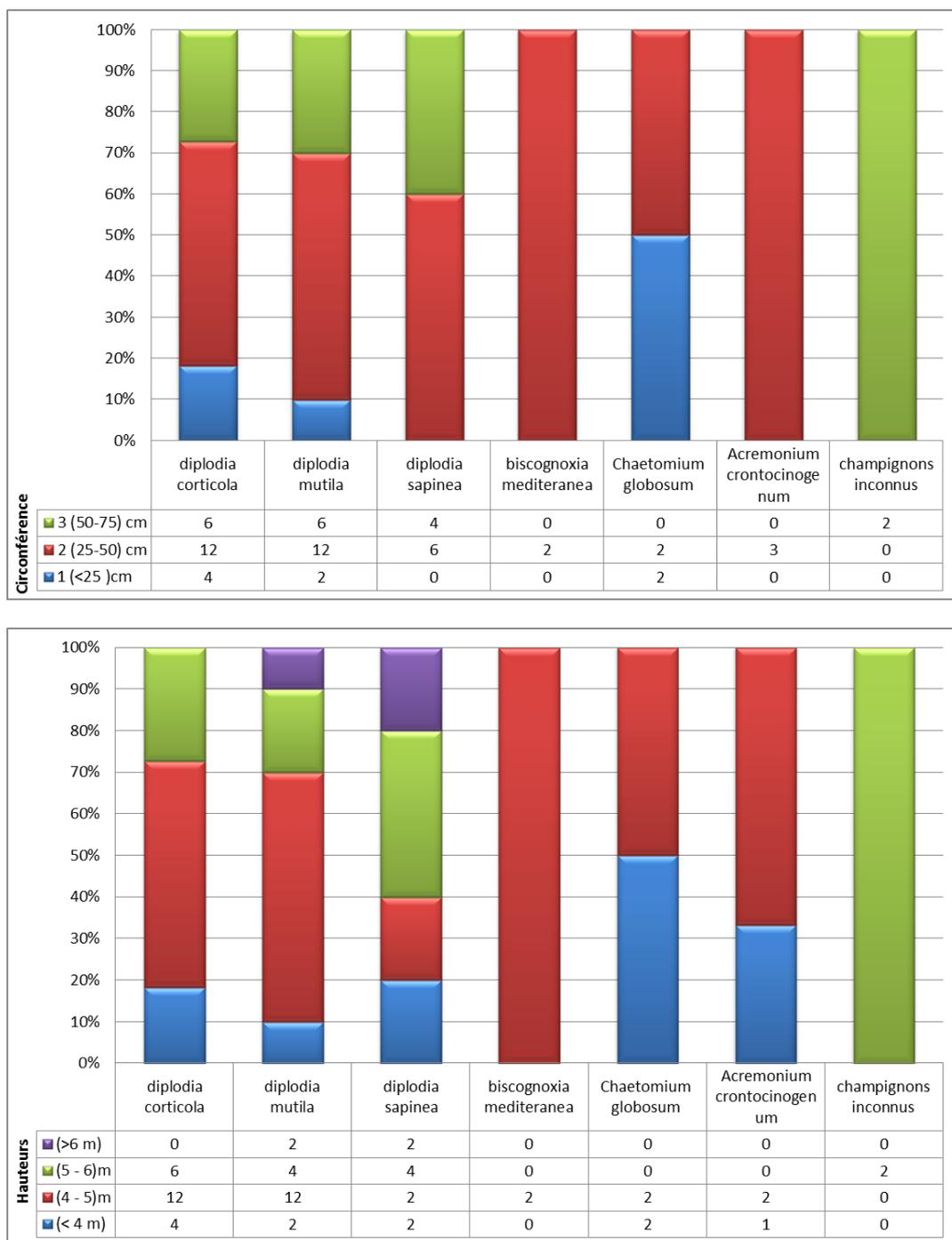
Le tableau 11 représente le nombre des champignons isolés et leur taux de présence dans notre lot d'échantillons :

**Tableau 12 : Taux de présence de chaque espèce de champignon isolé**

	nombre de répétitions	taux de présence (%)
<i>Diplodia corticola</i>	22	34.92
<i>Diplodia mutila</i>	20	31.74
<i>Diplodia sapinea</i>	10	15.87
<i>Biscognoxia mediteranea</i>	2	3.17
<i>Chaetomium globosum</i>	4	6.34
<i>Acremonium crontocinogenum</i>	3	4,76
<i>Champignons inconnus</i>	2	3,17

Le nombre total de champignons isolés est de 63. Les champignons appartenant aux Botryosphaeriaceae représentent plus de 80 %. Ce lot est dominé par *Diplodia corticola* et *Diplodia mutila* avec des taux respectifs d'environ 35% et 32%.

La figure 37 représente le taux de présence de chaque champignon isolé dans les arbres symptomatiques :



**Figure 37 : Taux de présence des champignons isolés sur les arbres échantillons**

L'examen de la figure 37 indique que les arbres appartenant à la classe 2 (hauteur comprise entre 4 et 5 m avec une circonférence de 25-50 cm) sont les plus affectés par les champignons pathogènes notamment les espèces *Botryosphaeria corticola* et *Botryosphaeria stevensii*. Leur taux de présence au niveau de ces arbres est important comparé aux autres classes d'arbres : plus de 50% des champignons de *Botryosphaeria corticola* y ont été isolés. Il est à noter que 60% des champignons de *Botryosphaeria stevensii* ont été trouvés sur les mêmes arbres.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

## Conclusion et perspectives

L'Algérie est l'un des pays méditerranéens que l'arbre de chêne-liège, (*Quercus suber* L.), constitue une des richesses forestières. On outre, cet arbre est unique en son genre car son écorce (le liège) a une valeur économique importante, il présente des caractéristiques et propriétés multiples qui sont exploitées dans l'ensemble de l'industrie de pointe.

Cependant les subéraies Algériennes sont devenues plus fragiles du fait de la pression chaque année de nombreux facteurs tel les incendies, le surpâturage, les attaques d'insectes ravageurs et les maladies fongiques qui font disparaître des surfaces considérables de chêne-liège,

En revanche, des symptômes inexplicables de dépérissement des arbres de chêne-liège dans la forêt de M'Sila ont été remarqués, ce qui nous a poussé à aborder cette modeste étude pour la première fois en Algérie en raison de la présence des symptômes indiquant la présence des champignons endophytes tel les champignons du genre *Botryosphaeria* ;

A partir de l'isolement des champignons qui se trouvaient dans des arbres présentant des chancres sur branches et des dessèchements des feuilles, nous avons pu répondre à nos questions problématiques ; les résultats de cette expérience ont démontré la présence de trois espèces du genre *Botryosphaeria* avec un taux de 82.53 % à savoir (34.92 % de *Diplodia corticola* , 31,74 % de *Diplodia mutila* et 15,87 % de *Diplodia sapinea* ), ces champignons étaient associés avec d'autres champignons endophytes tel *Biscognoxia mediteranea* , *Chaetomium globosum*, *Acremonium crontocinogenum* et un autre champignon non reconnu.

Dans cette situation inquiétante il s'avère nécessaire d'aborder une sérieuse stratégie pour lutter contre ces pathogènes fongiques qui menacent la santé de la subéraie de M'Sila , dans ce contexte Luque et al. (2008) ont évalué quatorze fongicides commerciaux pour contrôler *D. corticola* sur le chêne- liège. Les fongicides ont été efficacement pulvérisés sur les zones débarquées après l'enlèvement du liège, de même devraient être également épurés sur les fractures d'élagage. Bien qu'aucune n'ait fourni une protection complète, trois des traitements fongicides (carbendazim, benomyl et thiophanate-méthyl) ont entraîné une réduction significative de l'incidence du chancre et de la zone du chancre dans *Q. suber* après une seule application (Mullerin et al., 2015). Tous les trois composés les plus efficaces sont des membres de la même famille chimique (benzimidazoles). Le thiophanate-méthyle et le benomyl sont transformés en carbendazim dans la plante ( Luque et al.,2008).

Le contrôle biologique via des champignons endophytiques antagonistes, tels que *Trichoderma citrinoviride* Bissett, et d'autres espèces de *Trichoderma* et *Fusarium tricinctum* (Belhoucine, 2013) est prometteur, bien que ces espèces doivent coloniser une plaie d'élagage. *T. citrinoviride* et *F. tricinctum* inhibent de manière spectaculaire la croissance de *D. corticola* à la fois dans la culture et dans la plante (Mullerin et al., 2015)

Ces traitements pourraient faire l'objet d'études supérieures plus approfondies se basant d'abord sur l'identification moléculaire des champignons isolés pour pouvoir tester par la suite les différents fongicides chimiques et biologiques.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## Références bibliographiques

---

### A

---

A.E.F.C.O., 1914. Fascicule de gestion de la forêt domaniale de M'sila de 1861 à 1950. Cantonnement d'Oran, Non paginé.

Aafi, A., 2006. La Mamora. Encyclopédie du Maroc, N°21 : 7199-7200.

Acimović, S. G., Harmon, C. L., Bec, S., Wyka, S., Broders, K., and Doccola, J. J. ?2016. First report of *Diplodia corticola* causing decline of red oak (*Quercus rubra*) trees in Maine. Plant Dis. 100:649.

Aime, S., 1991. Etude écologique de la transition entre les bioclimats sub-humide, semi-aride et aride dans l'étage thermo-méditerranéen du tell oranais (Algérie occidentale). Thèse Doct. Es. Sci. Univ. Aix- Marseille III, 189p.

Alili, N. 1983. Contribution à l'étude de la régénération du chêne liège dans la forêt domaniale de Beni Ghobri (Tizi Ouazou). Thèse d'Ing, I N A, El Harrach. 53 p.

Alves, A., Correia, A., Luque, J., et Phillips, A. J. L., 2004. *Botryosphaeria corticola*, sp. nov. on *Quercus* species, with notes and description of *Botryosphaeria stevensii* and its anamorph, *Diplodia mutila*. Mycologia 96:598-613.

Alves, A., Linaldeddu, B. T., Deidda, A., Scanu, B., and Phillips, A. J. L., 2014. The complex of *Diplodia* species associated with *Fraxinus* and some other woody hosts in Italy and Portugal. Fungal Divers. 67:143-156.

Amandier, L., 2002. La subéraie : biodiversité et paysage. (en ligne). Vivexpo biennale Du liège et de la forêt méditerranéenne. Colloque biodiversité et paysage, 21 Mai 2002, Vivès Perpignon). [www.vivexpo.org](http://www.vivexpo.org). (consulté le13/06/2017).

Amandier, L., 2005. Suberaie de l'Algarve fin 2005: une forêt en train de dépérir. Rapport du Voyage en Algarve (Portugal) 15-16 décembre.

Amandier, L., 2006. Les causes de dépérissement du chêne-liège et de chêne vert. Séminaire « Vitalité des peuplements des chênes lièges et des chênes verts : situation actuelle, état des connaissances et actions à entreprendre. 25-26 octobre 2006, Evora, Portugal, p: 3

Andolfi, A., L. Maddau, S. Basso, B.T. Linaldeddu, A. Cimmino, B. Scanu, A. Deidda, A. Tuzi, and A. Evidente., 2014. Diplopimarane, a 20-nor-ent-Pimarane produced by the oak pathogen *Diplodia quercivora*. J. Nat. Prod. 77(11), 2352-60.

Aubert, G. et Monjauze, A., 1946. Observations sur quelques sols de l'Oranie nord occidentale - Influence du déboisement de l'érosion sur leur évolution. *Compte-rendu sommaire des Séances de la société de Biogéographie*, 23, (199): 44-51.

Axelrod, D.I., 1983. Biogeography of oaks in the Arct-Tertiary province *Annals of the Missouri Botanical Garden* 70: 629-657.

---

**B**

---

Bakry, M. et Abourouh, M., 1995. Dépérissement du chêne-liège au Maroc: état des connaissances et perspectives. *IOBC/ WPRS Bulletin* 18, 50-5.

Bakry, M. et Abourouh, M., 1996. Nouvelles données sur le dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L.) au Maroc. *Ann. Rech. Maroc*, 29: 24-39.

Barr, ME., 1972. Preliminary studies on the Dothideales in temperate North America. *Contributions from the University of Michigan Herbarium* 9:523-638

Barr, ME., 1976. Perspectives in the Ascomycotina. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 28:1-8.

Barr, ME., 1979. A classification of Loculoascomycetes. *Mycologia* 71:935-957

Barr, ME., 1987. *Prodromus to class Loculoascomycetes*. Published by the author, Amherst, Massachusetts, USA

Belhoucine, L., 2008. Etude bioécologique du *Platypus cylindrus* (Col., Platypodidae) dans la suberaie de M'Sila (Oran): Etude particulière des champignons qui lui sont associés. *Mémoire de Magister, Dep. Forest. Fac. Sci. Univ. Tlemcen*. p.120

Belhoucine, L., 2013. Les champignons associés au *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera, Curculionidae, Platypodinae) dans un jeune peuplement de chêne-liège de la forêt de M'Sila (Oran, nord-ouest d'Algérie): Etude particulière de la biologie et l'épidémiologie de l'insecte. *Thèse Doct. Dep. Agro- Forest., Fac. SNV/STU, Univ. Tlemcen*. pp. 243

Beltran, R.S., 2002. Suberaies, biodiversité et production de liège. *IPROCOR*. (En ligne). *Vivexpo biennale du liège et de la forêt méditerranéenne. Colloque biodiversité et paysage*, 21Mai 2002, Vivès (Perpignan). [www.vivexpo.org](http://www.vivexpo.org), (consulté le 13/06/2017).

Benseghir L.A, 2002. Amélioration des techniques de production hors-sol du chêne-liège: conteneurs-substrats-nutrition minérale. *Mémoire de magistère. Université d'Annaba*

Boissiere, T., 2005, *Le jardinier et le citoyen. Ethnologie d'un espace agricole urbain dans la vallée de l'Oronte en Syrie*, Damas, Institut Français du Proche-Orient, 450 p.

Bottner, M., Christmann M H., et Winter R., 1992. The influence of local anesthetics on the temperature and pressure dependent phase behaviour of model biomembranes. In *The*

Structure and Conformation of Amphiphilic Membranes. Vol. 66. R. Lipowski, D. Richter, and K. Kremer, editors. Springer Proceedings in Physics, Berlin. 65-69.

Bouchafra, A. et Fraval, A., 1991. Présentation du chêne-liège et de la subéraie. In Villemant et Fraval, 1991, La faune du chêne-liège. Actes éditions, Rabat 1-26p

Boudy, P., 1950 . Economie forestière Nord-Africaine. Monographie et traitement des essences. Ed. Larose. Paris. 29-249 p

Boudy, P., 1955. Economie forestière nord-africaine. Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et la Tunisie. Larose, Paris, 483p.

Bouhraoua R.T, 2003. Situation sanitaire de quelques forêts de chêne liège de l'ouest Algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse. Doct. Dept Forest Fac.Sci.,Univ.Tlemcen : p 267.

Bouhraoua, L'œuvre du reboisement de chêne-liège en Algérie : entre les contraintes écologiques et les exigences climatiques. In : Piazzetta .R, Etat des lieux des méthodes de régénération du chêne-liège dans les pays du bassin méditerranéen, 21 novembre 2013 à Plan-de-la-Tour (France) Journées techniques du liège dans le Var– 2 ème édition ,2013 , p 31-40 . Disponible sur : < <http://www.suberaievaroise.com/documents/CRFINAL-JT2013.pdf> > consulté le 11/06/2017

Brasier, C. M., 1996. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. Ann. Sci. For. 53:347-358.

Brasier, C. M., 1992. Oak tree mortality in Iberia. Nature 360:539.

Burgess TI, Sakalidis ML, Hardy GES., 2006. Gene flow of the canker pathogen *Botryosphaeria australis* between *Eucalyptus globulus* plantations and native eucalypt forests in Western Australia. Austral Ecol 31:559–566

Bush, E.A., 2009. *Botryosphaeria* canker and dieback of trees and shrubs in the landscape.. Virginia Cooperative Extension Report 450-726.

---

C

---

C.F.W.O., 1996 : Conservation des Forêts de la wilaya d'Oran : Présentation général. Dir. Gén. For., Min., Agri., juin 1996.24p.

C.W.F.O. 2007. Plan de gestion de la forêt de M'sila. Circonscription forestière de Boutlélis, 2p.

Camilo-Alves, C. S. P., Clara, M. I. E., and Ribeiro, N. M. C. A. 2013. Decline of Mediterranean oak trees and its association with *Phytophthora cinnamomi*: a review. Eur. J. For. Res. 132:411-432.

Campanile, G., A. Ruscelli, and N. Luisi. 2007. Antagonistic activity of endophytic fungi towards *Diplodia corticola* assessed by *in vitro* and *in planta* tests. *Eur. J. Plant Pathol.* 117, 237–46.

Camus, A. (1936-1954). Les chênes, Monographie du genre *Quercus* et Monographie du genre *Lithocarpus*. Editions Paul Lechevalier (Paris)

Charlemagne, A., 1894. Chêne liège .Notices sur les forêts domaniales de l'Algérie. Edit. Giralt. 39p.

Coakley SM, Scherm H, Chakraborty S., 1999. Climate change and plant disease management. *Annu Rev Phytopathol* 37:399–426

Code international des Pratiques Subericoles (CIPS). Fonds européen de développement régional initiative communautaire Interreg III. France, 2005. 12 p

Crous PW, Slippers B, Wingfield MJ, Rheeder J, Marasas, WFO, 2006, Phylogenetic lineages in the Botryosphaeriaceae. *Stud Mycol* 55:235–253.

---

**D**

---

D.G.F., 2007, Bilan de la production national du liège. 1p

D.G.F., 2009. Statistiques des produits forestiers. Min. Agri. , Alger, 1 p.

De Vita, P., Serrano, M. S., Belbahri, L., García, L. V., Ramo, C., and Sánchez, M. E. 2011. Germination of hyphal bodies of *Pythium spiculum* isolated from declining cork oaks at Doñana National Park (Spain). *Phytopathol. Mediterr.* 50:478-481.

De Wet J, Slippers B, Preisig O, Wingfield BD, Wingfield MJ ., 2008 . Phylogeny of the Botryosphaeriaceae reveals patterns of host association. *Mol Phylogenet Evol* 46:116–126.

Dehane B, Bouhraoua RT, Belhoucine L et Hamani FZ. , 2013 .la filière liège algérienne, entre passé et présent. *For. Med.*, t. XXXIV, n°2, juin 2013, 143-152.

Dehane B., 2012 .Incidence de l'état sanitaire des arbres du chêne liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège de deux subéraies Oranaises : M'sila (W Oran) et Zariffet (W Tlemcen). These. Doc., Dep. Forst., Fac, Sci., Univ. Tlemcen : pp 330.

Dehane, B., 2006. Incidences des facteurs écologiques sur les accroissements du liège de quelques subéraies oranaises. Mémoire de Magister en Foresterie. Dep. Forest. Fac. Sci .Univ. Tlemcen, 130p.

Deidda, A., Botryosphaeriaceae species associated with cankers and dieback of grapevine and other woody hosts in agricultural and forestry ecosystems. PhD thesis in “Monitoraggio e Controllo degli Ecosistemi Forestali in Ambiente Mediterraneo” – XXVII ciclo – Università degli Studi di Sassari, 2014, 158p

Denk, T. et Grimm G. W., 2010. The oaks of western Eurasia: Traditional classifications and evidence from two nuclear markers. *Taxon* 59(2): 351-366.

Denman S, Crous PW, Taylor JE, Kang J-C, Pascoe I, Wingfield MJ., 2000. An overview of the taxonomic history of *Botryosphaeria*, and a re-evaluation of its anamorphs based on morphology and ITS rDNA phylogeny. *Stud Mycol* 45:129–140.

Desprez-Loustau ML, Marcais B, Nageleisen LM, Piou D, Vannini A (2006) Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. *Ann Forest Sci* 63:597–612.

Domsch K. H., Gams W., Anderson T. H. (1993). *Compendium of Soil Fungi*. (Reprint of 1980 Ed. Verlag) (New York, NY: Academic Press; ) , 780–783.

Dreaden, T. J., Black, A. W., Mullerin, S., et Smith, J. A. 2014a. First report of *Diplodia quercivora* causing shoot dieback and branch cankers on live oak (*Quercus virginiana*) in the United States. *Plant Dis.* 98:282.

Dreaden, T. J., Shin, K., and Smith, J. A., 2011. First report of *Diplodia corticola* causing branch cankers on live oak (*Quercus virginiana*) in Florida. *Plant Dis.* 95:1027.

Durand J.H., 1958 . Les sols irrigables. Etude pédologique. S.E.S. Alger, 198 p

---

E

---

Evidente, A., Andolfi, A., Maddau, L., Franceschini, A., and Marras, F. 2005. Biscopyran, a phytotoxic hexasubstituted pyranopyran produced by *Biscogniauxia mediterranea*, a fungus pathogen of cork oak. *J. Nat. Prod.* 68:568-571.

---

F

---

Fernández-Escobar, R., Gallego, F. J., Benlloch, M., Membrillo, J., Infante, J., and Pérez de Algaba, A., 1999. Treatment of oak decline using pressurized injection capsules of antifungal materials. *Eur. J. Plant Pathol.* 29:29-38.

Franceschini, A., Corda, P., Maddau, L., and Marras, F., 1999. Observations sur *Diplodia mutila*, pathogene du chêne-liege en Sardaigne. *IOBC WPRS Bull.* 22:5-12.

Franceschini, A., Maddau, L., and Marras, F., 2002. Osservazioni sull'incidenza di funghi endofiti associati al deperimento di *Quercus suber* e *Q. pubescens*. Pages 313-325 in: *L'endofitismo di funghi e batteri patogeni in piante arboree e arbustive*. A. Franceschini and F. Marras, eds. Carlo Delfino Editore, Sassari, Italy.

Fraval, A. 1991. Contribution à la connaissance des rythm de floraison du Chêne-liège, *Quercus suber* (L.) (Fagales), en forêt de la Mamora. *Ann. Rech. for. Maroc*, 25, 102-118.

---

G

---

G.G.A., 1927: Instruction sur les travaux d'exploitations dans les forêts de chêne-liège.96p.

Gallego FJ, Perez de Algaba A, Fernandez-Escobar R., 1999. Etiology of oak decline in Spain. *European Journal of Forest Pathology* 29:17-27.

Garolera E., 1988 .Problèmes et perspectives de la production du liège en Catalogne espagnole. *For. médit.* 10(1), juillet 1988 : 160- 161.

Gil, L. et Varela, M.C. 2008. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for cork oak (*Quercus suber*). Bioersivity International, Rome, Italy. 6 p.

Gillman, 2011, «Botryosphaeria Canker », <<https://ag.umass.edu/landscape/factsheets/botryosphaeria-canker>>, 09/2011 (consulté le 10/6/2017)

Gourinard Y. 1958. Recherches sur la géologie du littoral oranais. Pub. Serv. Carte géol. de l'Algérie, 6, 111 p

---

H

---

Hamdaoui M., 1981. Surveillance et lutte contre *Lymantria dispar* en 1981 (canton A de la Mamora). *Mém. Ing. Phytiatre. Doc. Labo. Zool. I.A.V. Hassan II (Rabat)*, 107 pp.

Hardham, A. R., et Cahill, D. M. 2010. The role of oomycete effectors in plant-pathogen interactions. *Funct. Plant Biol.* 37:919-925.

Hawksworth DL, Kirk PM, Sutton BC, Pegler DN., 1995. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*, 8th Edition. CAB International, Wallingford.

Hecht-Poinar, E. I., and Parmeter, J. R., 1986. *Cryptocline cinerescens* and *Discula quercina* causing twig blight of oaks in California. *Plant Dis.* 70:800.

Henriques, J., Barrento, M. J., Bonifacio, L., Gomes, A. A., Lima, A., and Sousa, E. 2014a. Factors affecting the dispersion of *Biscogniauxia mediterranea* in Portuguese cork oak stands. *Silva Lusitana* 22:83-97.

Henriques, J., Inácio, M. L., Lima, A., and Sousa, E., 2012. New outbreaks of charcoal canker on young cork oak trees in Portugal. *IOBC WPRS Bull.* 76:85-88.

Hubert F., 2013 Reconstructions phylogénétiques du genre *Quercus* à partir de s'équences du génome nucléaire et chloroplastique. *Biologie végétale. Université Sciences et Technologies - Bordeaux I*, 286 p.

---

I

---

Inácio, M. L., Henriques, J., Guerra-Guimaraes, L., Gil Azinheira, H., Lima, A., and Sousa, E., 2011. *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera: Platypodidae) transports *Biscogniauxia mediterranea*, agent of cork oak charcoal canker. *Bol. Sanid. Veg., Plagas* 37:181-186

---

J

---

Jacamon M.,1987 ,Guide de dendrologie Arbres , Arbustes , Arbrisseaux, E.N.G.E.F.,pp70-72

Johnson GI, Mead AJ, Cooke AW, Dean JR (1992) Mango stem end rot pathogens – Fruit infection by endophytic colonisation of the inflorescence and pedicel. *Ann Appl Biol* 120:225–234.

Jones, J. H. (1986). Evolution of the Fagaceae - the Implications of Foliar Features. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 73(2): 228-275.

Jung, T., Orlikowski, L., et al., 2016. Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases. *For. Pathol.* 46:134-163

---

K

Kremer, A., Petit, R.J. et Ducouso, A., 2002. Developmental biology and genetic diversity of Sessile and Pedunculate oak. *Revue Forestiere Francaise* 54: 111-130.

---

L

Lallemand, B., M. Masi, et al., 2012. Evaluation of *in vitro* anticancer activity of sphaeropsidins A-C, fungal rearranged pimarane diterpenes, and semisynthetic derivatives. *Phytochemistry Letters* 5(4), 770-75.

Lamey, 1893. Chêne-liège: sa structure et son exploitation. Levraut et Cie, Nancy: 168-209. Le Houerou, H.N. 1980. L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne (1<sup>ère</sup> partie). *Rev. For. médit.*, II: 31 - 44.

Lecellier, A. Caractérisation et identification des champignons filamenteux par spectroscopie vibrationnelle. Thèse de doctorat : Biologie-Biophysique. Université de Reims Champagne-Ardenne, 2013, 185 p

Letreuch-Belarouci N., 1991. Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. O.P.U., Tome1, Alger. 294 p.

Linaldeddu BT, Scanu B, Schiaffino A, Serra S., 2010, First report of *Neofusicoccum australe* associated with grapevine cordon dieback in Italy. *Phytopathol Mediterr* 49:417–420

Linaldeddu, B. T., Hasnaoui, F., and Franceschini, A. 2009a. First report of *Botryosphaeria corticola* affecting *Quercus afares* and *Q. canariensis* in Tunisia. *J. Plant Pathol.* 91:234.

Linaldeddu, B. T., Scanu, B., Maddau, L., and Franceschini, A. 2014. *Diplodia corticola* and *Phytophthora cinnamomi*: the main pathogens involved in holm oak decline on Caprera Island (Italy). *For. Pathol.* 44:191-200.

Linaldeddu, B. T., Sirca, C., Spano, D., and Franceschini, A. 2009b. Physiological responses of cork oak and holm oak to infection by fungal pathogens involved in oak decline. *For. Pathol.* 39:232-238.

- Linaldeddu, B. T., Sirca, C., Spano, D., and Franceschini, A. 2011. Variation of endophytic cork oak-associated fungal communities in relation to plant health and water stress. *For. Pathol.* 41:193-201
- Louni D., 1994. Les forêts algériennes. *Forêt méditerranéenne*, 15 (1) : 59-63.
- Luque, J., and Girbal, J. 1989. Dieback of cork oak (*Quercus suber*) in Catalonia (NE Spain) caused by *Botryosphaeria stevensii*. *Eur. J. Forest Pathol.* 19:7-13.
- Luque, J., M. Cohen, R. Save, C. Biel, and I. F. Alvarez. 1999. Effects of three fungal pathogens on water relations, chlorophyll fluorescence and growth of *Quercus suber* L. *Annals of Forest Science* 56: 19–26.
- Luque, J., Parladé, J., and Pera, J. 2000. Pathogenicity of fungi isolated from *Quercus suber* in Catalonia (NE Spain). *For. Pathol.* 30:247-263.
- Luque, J., Pera, J., and Parladé, J. 2008. Evaluation of fungicides for the control of *Botryosphaeria corticola* on cork oak in Catalonia (NE Spain). *For. Pathol.* 38:147-155.
- Luttrell, ES., 1951. Taxonomy of the Pyrenomycetes. University of Missouri Studies, Science Series 24:1–120
- Luttrell, ES., 1955. The ascostromatic Ascomycetes. *Mycologia* 47:511–532
- Luttrell, ES., 1973. Loculoascomycetes. In: GC Ainsworth, FK Sparrow, & AS Sussman (eds.): *The Fungi*, Vol. Iva: A taxonomic review with keys: 135–219. Academic Press, New York and London
- Lutzoni F, Kauff F, et al., 2004. Assembling the fungal tree of life: progress, classification, and evolution of subcellular traits. *Am J Bot* 91:1446–1480.
- Lynch, S. C., Eskalen, A., Zambino, P. J., Mayorquin, J. S., et Wang, D.H., 2013. Identification and pathogenicity of *Botryosphaeriaceae* species associated with coast live oak (*Quercus agrifolia*) decline in southern California. *Mycologia* 105:125-140.

---

M

---

- M'hamdia, C., 2012. Etude des facteurs climatiques et édaphiques sur l'accélération du phénomène de dépérissement du chêne liège (*Quercus suber*) en Oranie (Algérie nord-ouest), mémoire de magister, faculté des sciences de l'université djillali liabes de sidi-bel-abbes, p: 43.
- Ma Z, Lou Y, Michailides TJ., 2004 Spatiotemporal changes in the population structure of *Botryosphaeria dothidea* from California pistachio orchards. *Phytopathology* 94:326–332.
- Mabsoute L., 1981. Influence de l'état de l'arbre du Chêne-liège sur les performances de croissance et de reproduction de *Lymantria dispar*. *Mém. Ing. Phytiatre. Doc. Labo. Zool. I.A.V. Hassan II (Rabat)*, 34 pp.

- Maddau, L., E. Spanu, B. T. Linaldeddu, A. Franceschini, and A. Evidente. 2008. Phytotoxic metabolites produced by fungi involved in cork oak decline. *SardiniaChem 2008*. Giornata di Studio Dedicata Alla Chimica Organica Delle Molecole Biologicamente Attive, 30 Maggio 2008, at 70–71.
- Maddau, L., Cabras, A., Franceschini, A., Linaldeddu, B. T., Crobu, S., Roggio, T., and Pagnozzi, D. 2009. Occurrence and characterization of peptaibols from *Trichoderma citrinoviride*, an endophytic fungus of cork oak, using electrospray ionization quadrupole time-of-flight mass spectrometry. *Microbiology* 155:3371-3381.
- Maddau, L., Perrone, C., Andolfi, A., Spanu, E., Linaldeddu, B. T., and Evidente, A. 2011. Phytotoxins produced by the oak pathogen *Discula quercina*. *For. Pathol.* 41:85-89.
- Maire R., 1961. Encyclopédie biologique. Flore de l'Afrique du nord. Vol 16. Ed: Paul le chevalier. Paris, pp8-9
- Maire, R. 1926. Note phytogéographiques de l'Algérie et de la Tunisie avec carte/ Alger
- Menitsky, J. L. (1984). *Duby Asii*. Leningrad: Nauka
- Manos P.S., Standford A.M. The historical biogeography of Fagaceae : tracking the tertiary history of temperate and subtropical forests of the northern hemisphere. — *Int. J. Plant Sci.*, vol. 162, n° 6 suppl., 2001, pp. S77-S93.
- Manos. P. S., Cannon .C. H., and Oh. S.-H. 2008. Phylogenetic relationships and taxonomic status of the paleoendemic Fagaceae of Western North America: recognition of a new genus, *Notholithocarpus*. *Madroño* 55:181–190.
- Marc, H. 1916. Notes sur les forêts de l'Algérie, typographie, Adolphe Jourdan, 331 p.
- Marc, H. 1930. Notes sur les forêts de l'Algérie. Collection du centenaire de l'Algérie. Larose, Paris. 702p.
- Marçais, B., et Desprez-Loustau, M. L. 2014. European oak powdery mildew: impact on trees, effects of environmental factors, and potential effects of climate change. *Ann. For. Sci.* 71:633-642.
- Marion, J., 1951. La régénération naturelle du chêne-liège en Mamora. *Ann. Rech. For. Maroc*. Rapport annuel pp 25-57.
- Marras WS, Lavender S, Leurgans S, Fathallah F, Ferguson S, Allread G, et al. Biomechanical risk factors for occupationally related low back disorders. *Ergonomics*. 1995;38:337–410.
- Marras, F., 1962a. Contributi alla patologia della quercia da sughero (*Quercus suber* L.). Malattie fogliari causate da funghi parassiti in Sardegna. Memorie della Stazione Sperimentale del Sughero, Tempio Pausania, Italy.

- Martín, J., Cabezas, J., Buyolo, T., and Patón, D. 2005. The relationship between *Cerambyx* spp. Damage and subsequent *Biscogniauxia mediterranea* infection on *Quercus suber* forests. For. Ecol. Manage. 216:166-174.
- Menitsky, Y. L., 2005. Oaks of Asia, Science Publishers.p549.
- Metro A., 1958, Forêts. Atlas du Maroc. Institut Scientifique Chérifien, Rabat, 157p
- Michalet R., 1991 - Une approche synthétique biopédoclimatique des montagnes méditerranéennes. Exemple du Maroc Septentrional. Thèse Doct. Es Sci., Univ. Joseph Fournier- Grenoble I, 273 p
- Miller JH (1928) Biologic studies in the Sphaeriales - I. Mycologia 20:187–213
- Miller JH (1938) Studies in the development of two Myriangium species and the systematic position of the order Myriangiales. Mycologia 30:158–181
- Moreira, A. C., and Martins, J. M. S., 2005. Influence of site factors on the impact of *Phytophthora cinnamomi* in cork oak stands in Portugal. For. Pathol. 35:145-162.
- Moricca, S., and Ragazzi, A. 2008. Fungal endophytes in Mediterranean oak forests: A lesson from *Discula quercina*. Phytopathology 98:380-386.
- Moricca, S., and Ragazzi, A. 2011. The Holomorph *Apiognomonina quercina*/*Discula quercina* as a Pathogen/Endophyte in oak. Pages 47-66 in: Endophytes of Forest Trees: Biology, and Application. A. M. Pirttila and A. C. Frank, eds. Forestry Sciences 80, Springer Science + Business Media B.V., Dordrecht, Netherlands.
- Moricca, S.; Ginetti, B.T.B.; Scanu, B.; Franceschini, A.; Ragazzi, A. 2016, Endemic and emerging pathogens threatening cork oak trees: Management options for conserving a unique forest ecosystem. *Plant Dis.* , 100, 2184–2193.
- Mullerin, S. et J.A. Smith. 2015. Bot Canker of Oak in Florida Caused by *Diplodia corticola* & *D. quercivora*. The School of Forest Resources and Conservation, UF/IFAS Extension. FOR318.
- Mullerin, S., A. Black, J. Smith, T. Dreaden. A host range study of *Diplodia corticola* and *Diplodia quercivora*, pathogens on oak. *Plant Disease* (in press).

---

N

---

- Nageleisen L.M. et Hett P., 1989 - Les problèmes entomologiques, pathologiques et physiologiques: Les feuillus. La Santé des Forêts [France] en 1989, Min. Agri. Pêche (DERF), Paris : 14-16
- Nageleisen, L-M., 1993. Les dépérissements d'essences feuillues en France, Revue Forestière Française, (XLV) 6.

Nageleisen, L-M., 1994, Le dépérissement actuel de feuillus divers : hêtre, merisier, alisier torminal, érable sycomore, peuplier, châtaignier, charme, aulne glutineux. Rev For Française 46:554–561.

Natividade, J.V., 1956 : Subériculture. Ed. Française de l'ouvrage portugais Subericultura. Nancy : Ecole Nationale des Eaux et Forêts. 303 p.

Nimmon M et Eldin M., 1987, Les arbres, Ed Bordus, Paris, 152 p

Nixon, K.C., 1993. Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names. *Annals of Forest Sciences* 50: 25-34

Nsibi, R., Souayha, N., Khoula, L. M. & Bouzid, S. 2006. La régénération naturelle par semis de la suberaie de Tabarka - Ain Draham face aux facteurs écologiques et anthropiques. *Geo-Eco-Trop.*, 30.1: 35-48.

---

P

---

Paoletti E, Danti R, Strati S., 2001. Pre- and post-inoculation water stress affects *Sphaeropsis sapinea* canker length in *Pinus halepensis* seedlings. *For Pathol* 31:209–218

Pausas J.G., Pereira J.S. & Aronson J., 2009. The tree. Pp: 11- 21, In: J. Aronson, J.S. Pereira & J.G. Pausas (eds). *Cork oak woodlands on the edge. Ecology, adaptive management and restoration.* Island Press, Abingdon, Oxfordshire, UK.

Pausas, J.G., 1997. Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire. *J. Veg. Sci.* 8: 703-706

Pavlic D, Slippers B, Coutinho TA, Wingfield MJ., 2007. *Botryosphaeriaceae* occurring on native *Syzygium cordatum* in South Africa and their potential threat to *Eucalyptus*. *Plant Pathol* 56:624–636.

Pérez-Sierra, A., Lopez-García, C., Leon, M., García-Jimenez, J., Abad-Campos, P., and Jung, T. 2013. Previously unrecorded low-temperature *Phytophthora* species associated with *Quercus* decline in a Mediterranean forest in eastern Spain. *For. Pathol.* 43:331-339.

Petrak F., 1923. Mycologische Notizen V. No. 200. Über die Pseudosphaeriaceen v.H und ihre Bedeutung für die spezielle Systematik der Pyrenomyzeten. *Annales Mycologici* 21:30–69.

Petrini O, Fisher PJ., 1988. A comparative study of fungal endophytes in xylem and whole stem of *Pinus sylvestris* and *Fagus sylvatica*. *T Brit Mycol Soc* 91:233–238.

Peyerimhoff, P., 1941. Gouvernement général de l'Algérie. Service cartographique. Service des forêts. Carte forestière de l'Algérie et de la Tunisie Impr. de Baconnier Frères, Alger. 71p.

Peysso M., 1960, Il faut encourager la culture du chêne-liège. *Revue Chêne-liège* n°1582 Constantine (Algérie). Mars 1960.

Phillips AJL, Alves A, Abdollahzadeh J, Slippers B, Wingfield MJ, Groenewald JZ, Crous PW., 2013. The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. *Stud Mycol* 76:51–167.

Phillips AJL, Alves A, Pennycook SR, Johnston PR, Ramaley A., 2008. Resolving the phylogenetic and taxonomic status of dark-spored teleomorph genera in the Botryosphaeriaceae. *Persoonia* 21:29–55.

Punithalingam E., 1974. Studies on Spheropsidales in culture II. *Mycological Papers* 136:1–63.

---

Q

---

Quézel, P. et Santa, S., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 1. CNRS, Paris, 565 p

Quezel, P., 1976. Les forêts du pourtour méditerranéen. In *Forêts et Maquis méditerranéens : écologie, conservation et aménagement*. Note technique MAB, 2 :9-33. UNESCO, Paris.

Quezel, P., 2000. *Reflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au maghreb méditerranéen*. Ibis press, paris, 117p.

---

R

---

Ragazzi, A., Moricca, S., Capretti, P., and Dellavalle, I., 1999. Endophytic presence of *Discula quercina* on declining *Quercus cerris*. *J. Phytopathol.* 147:437-440.

Ragazzi, A., Moricca, S., Dellavalle, I., and Turco, E., 2002. Variations in the pathogenicity of *Apiognomonina quercina* isolates from different hosts. *J. Plant Dis. Prot.* 109:578-588.

Ragazzi, A., Turco, E., Marianelli, L., Dellavalle, I., and Moricca, S., 2007b. Disease gradient of the anthracnose agent *Apiognomonina quercina* in a natural oak stand. *Phytopathol. Mediterr.* 46:295-303.

Renou.V, 1842, Forêt de l'Algérie .Première partie : description. *Ann.Fores.*, 1(30,Aôut1842) :pp415-430.

Robin, C., Desprez-Loustau, M. L., Capron, G., and Delatour, C. 1998. First record of *Phytophthora cinnamomi* on cork and holm oaks in France and evidence of pathogenicity. *Ann. For. Sci.* 55:869-883.

Roloff A., 1989. Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten [Crown development and vitality assessment of selected tree species of temperate latitudes]. *Schr. Forstl. Fakult. Univ. Goett. Niedersächs. Forstl. Versuch.* 93 [in Germany].

Rousset.A., 1858 . De l'exploitation et de l'aménagement des forêts de chênes -lièges en Algérie",REF,octobre,novembre et décembre,pp.253-264,297-308et 341-353.

S

- Saccardy, L., 1937. Notes sur le chêne liège et le chêne en Algérie. Bulletin de la station de recherches forestières (du nord de l'Afrique), tome2 fascicule n° 3. Ed. Service des forêts, pp. 273-363
- Saccardy, L., le chêne-liège et le liège en Algérie, Revue de Botanique appliquée et d'Agriculture tropicale, vol. XVIII, n° 204, 1938, pp.574-593 (p. 586).
- Sanchez R, Franco A., Gacto M., Notario V., et Cansado J., 2003. Characterization of gdp1+ as encoding a GDPase in the fission yeast *Schizosaccharomyces pombe*. *FEMS Microbiol Lett* 228(1):33-8
- Santo Pereira, J., Burgalho, M.N. & Caldeira M.C., 2008. From the cork oak to cork. A suitable system. APCOR (Portugal). 44p
- Sauvage C. 1961. Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines. Trav. Inst. Sci. Chérif., Bot., 21, 454p.
- Scanu, B., Linaldeddu, B. T., Franceschini, A., Anselmi, N., Vannini, A., and Vettriano, A. M. 2013. Occurrence of *Phytophthora cinnamomi* in cork oak forests in Italy. *For. Pathol.* 43:340-343.
- Schoch CL, Shoemaker RA, Seifert KA, Hambleton S, Spatafora JW, Crous PW., 2006. A multigene phylogeny of the Dothideomycetes using four nuclear loci. *Mycologia* 98:1041-1052
- Schwarz, O. I., et Tutin T. G., 1964. *Quercus* L. Flora Europaea. Cambridge, Cambridge University Press.
- Seddaiu, S., Sechi, C., Linaldeddu, B. T., Franceschini, A., and Scanu, B. 2014. Comparative aggressiveness of *Phytophthora* spp. to Mediterranean oaks. *IOBC WPRS Bull.* 101:117-124
- Seigue A., 1985, la forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maison Neuve et Larose. Paris A.C.C.T. 230p.
- Serrano, M. S., De Vita, P., Fernández-Rebollo, P., Coelho, A. C., Belbahri, L., and Sánchez, M. E. 2012a. *Phytophthora cinnamomi* and *Pythium spiculum* as main agents of *Quercus* decline in Southern Spain and Portugal. *IOBC WPRS Bull.* 76:97-100.
- Shearer, B. L., Crane, C. E., et Cochrane, A. 2004. Quantification of the susceptibility of the native flora of the South-West Botanical Province, Western Australia, to *Phytophthora cinnamomi*. *Australas. J. Bot.* 52:435-443.
- Sinclair, W. A., Lyon H. H., et Johnson W. T., 2005. *Diseases of Trees and Shrubs* (2d ed.). Cornell University Press: Ithaca, NY, p. 124.
- Slippers B, Boissin E, Phillips AJL, Groenewald JZ, Wingfield MJ., 2013. Phylogenetic lineages in the Botryosphaerales: A systematic and evolutionary framework. *Stud Mycol* 76:31-49

Slippers B, Crous PW, Denman S, Coutinho TA, Wingfield BD, Wingfield MJ., 2004, Combined multiple gene genealogies and phenotypic characters differentiate several species previously identified as *Botryosphaeria dothidea*. *Mycologia* 96:83–101

Slippers B, Wingfield MJ., 2007. *Botryosphaeriaceae* as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. *Fungal Biol Rev* 21:90–106

Smith H, Kemp GHJ, et Wingfield MJ., 1994. Canker and dieback of Eucalyptus in South Africa caused by *Botryosphaeria dothidea*. *Plant Pathol* 43:1031–1034

Sousa, E., Debouzie, D. et Pereira, H., 1995. Le rôle de l'insecte *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera, Platypodidae) dans le processus de dépérissement des peuplements de chêne-liège au Portugal. *IOBC/ wprs Bull.*, 18: 24-37

---

T

Taylor A, Hardy GESTJ, Wood P, Burgess T., 2005. Identification and pathogenicity of *Botryosphaeria* species associated with grapevine decline in Western Australia. *Australas Plant Pathol* 34:187-195.

Theissen F, Sydow H., 1918. Vorentwürfe zu den Pseudosphaeriales. *Annales Mycologici* 16:1–34

Theissen F, Sydow H., 1917. Synoptische Tafeln. *Annales Mycologici* 15:389–491

Theissen F., 1916. Mykologische Abhandlungen. Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien 66:296–400

Thintoin, R., 1948. Les aspects physiques du Tell oranais, essai de morphologie de pays semi-aride. Thèse de Doctorat d'État, Université d'Alger. 639 p

Touati, J., Chliyeh, M., El Asri, A., Ait Aguil, F., Selmaoui, K., Ouazzani Touhami, A., Benkirane, R., et Douira, A. 2014. First report of *Phytophthora cinnamomi* associated with decline of the Cypress plants (*Cupressus sempervirens*) in Morocco's nurseries. *Int. J. Recent Sci. Res.* 5:855-860.

Tsopelas, P., Slippers, B., Gonou-Zagou, Z., and Wingfield, M. J. 2010. First report of *Diplodia corticola* in Greece on kermes oak (*Quercus coccifera*). *Plant Pathol.* 59:805.

---

U

Úrbez-Torres JR., 2011. The status of *Botryosphaeriaceae* species infecting grapevine. *Phytopathol Mediterr* 50:S5–S45.

---

V

Vajna, L. 1986. Branch canker and dieback of sessile oak (*Q. petraea*) in Hungary caused by *Diplodia mutila*. I. Identification of pathogen. *Eur. J. For. Path.* 16, 223–29.

Valencia, S. A., 2004. Diversidad del genero Quercus (Fagaceae) en Mexico. Bol. Soc. Bot. Mex. 75: 33-54.

Valette, A., 1992. La subéraie maghrébine. Acte du Colloque « Les subéraies méditerranéennes », Vives : 90-97.

Varela, R. E., Vernberg, E. M., Sanchez-Sosa, J. J., Riveros, A., Mitchell, M., & Mashunkashey, J., 2004. Anxiety reporting and culturally associated interpretation biases and cognitive schemas: A comparison of Mexican, Mexican American, and European American families. Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology, 33, 237–247

Venkatasubbaiah, P., T. B. Sutton, et W. S. Chilton., 1991. Effect of phytotoxins produced by *Botryosphaeria obtusa*, the cause of black rot of apple fruit and frog-eye leaf spot. *Phytopathology* 81: 3, 243–47.

Vignes, E., 1990. Le traitement du taillis du chêne dans le Var. O.N.F. Arboréscence n°26, pp. 21-23.

Von Arx JA, Müller E., 1975. A re-evaluation of the bitunicate ascomycetes with keys to families and genera. *Stud Mycol* 9:1–159.

---

W

---

Wikee S, Lombard L, Nakashima C, Motohashi K, Chukeatirote E., 2013. A phylogenetic re-evaluation of Phyllosticta (Botryosphaerales). *Stud Mycol* 76:1–29

Williams, C., Yaalon, D.H., 1977. An experimental investigation of reddening in dune sand. *Geoderma* 17, 181–191.

Wong MH, Crous PW, Henderson J, Groenewald JZ, Drenth A., 2012. Phyllosticta species associated with freckle disease of banana. *Fungal Divers* 56:173–187.

---

X

---

Xu, L., 2004. Diversité de l'ADN chloroplastique et relations phylogénétiques au sein des Fagacées et du genre Quercus. Thèse de l'Université Henri Poincaré, Nancy, France.

---

Y

---

Yessed, S.D., 2000. Le chêne-liège et le liège dans les pays de la méditerranée occidentale. Edi. MRW. 123 p.

---

Z

---

Zhen g, W., 1985. Chinese Arboretum. Beijing, Chinese Forestry press

Zine, M., 1992. Situation et perspectives d'avenir du liège en Algérie. Actes du Colloque « Les Subérais méditerranéennes », Vives : 98-107.

## الملخص

المساهمة في دراسة اصابة اشجار الفلين (*Quercus suber L*) في غابة المسيلة (وهران) بالفطريات الممرضة من جنس **Botryosphaeria**.

تعد شجرة الفلين (*Quercus suber L*) من الاشجار النفيسة في الجزائر لدورها البارز في انعاش الاقتصاد الوطني ، الا انها و من المؤسف تعاني من مشكل الامراض و التلاشي المستمر مما يؤثر سلبا على المناظر الطبيعية والاقتصاد. وفي هذا السياق، قد شوهدت أعراض الذبول غير المبررة على أشجار الفلين في غابة المسيلة (وهران)، مما دفع بنا إلى دراسة تجريبية من خلال عزل الفطريات من بعض الأشجار ذات أعراض مرضية على الفروع والاوراق.

أظهرت النتائج وجود نوع من مسببات الأمراض الفطرية بما في ذلك فطريات من نوع *Botryosphaeria* خاصة الفطريات من جنس *Botryosphaeria mutila* و *Botryosphaeria corticola*

**الكلمات المفتاحية:** غابة المسيلة، بلوط الفلين ، ظاهرة التلاشي ، الفطريات، الفطريات من نوع *Botryosphaeria*

## Résumé :

**Contribution à l'étude de l'infection des arbres de chêne-liège (*Quercus suber L*) de la forêt de M'Sila (w :Oran) par les pathogènes fongiques du genre *Botryosphaeria*.**

En Algérie, le chêne-liège (*Quercus suber L*) est considéré comme un patrimoine forestier prestigieux, Malheureusement, cette essence est sujette à des dégradations continues qui ont des répercussions sur le paysage et l'économie du pays. Dans ce contexte, des symptômes non justifiés de dépérissement ont été remarqués sur les arbres de chêne-liège de la forêt de M'Sila (w : Oran), ce qui nous a poussé à faire une étude expérimentale en isolant des champignons à partir de quelques arbres symptomatiques qui présentent des chancres sur les branches, des dessèchements et des pertes de feuillage.

Les résultats obtenus ont démontré la présence de quelques pathogènes fongiques du genre *Botryosphaeria* notamment l'espèce *Botryosphaeria corticola* et *Botryosphaeria mutila*.

**Mots-clés :** la forêt de M'Sila, le chêne-liège, phénomènes de dépérissement, pathogènes fongiques, champignon du genre *Botryosphaeria*

## Abstract :

**Contribution to the study of the infection of cork oak trees (*Quercus suber L*) in M'Sila forest (w: Oran) by fungal pathogens of the genus *Botryosphaeria*.**

In Algeria, cork oak (*Quercus suber L*) is considered as a prestigious forest heritage. Unfortunately, this species is subject to continual deteriorations, which has repercussions on the landscape and economy of the country. In this context, unjustified symptoms of decline were observed on the cork oak trees of the M'Sila forest (w: Oran), which led us to make an experimental study by isolating fungi from Some symptomatic trees with cankers on branches, drying out and loss of foliage.

The results obtained demonstrated the presence of some fungal pathogens of the genus *Botryosphaeria*, in particular the species *Botryosphaeria corticola* and *Botryosphaeria mutila*.

**Key words:** M'Sila forest, cork oak, dieback phenomena, fungal pathogens, fungus of the genus *Botryosphaeria*.