



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**  
**Département des Sciences Biologiques**



# **Mémoire de fin d'études**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master 2**

**En Ecologie et Environnement**

**Spécialité : Biodiversité et Écologie Végétale**

## ***Thème***

**Synthèse bibliographique des travaux réalisés sur les  
communautés fongiques ectomycorhiziennes du chêne liège  
(*Quercus suber* L.) dans trois régions Algériennes (Tlemcen,  
Tizi-Ouzou et M'sila).**

**Réalisé par : M<sup>elle</sup> TABTI Selloua**

**Soutenu le :07/01/2021.**

**Devant le jury**

**Président(te) : M<sup>me</sup> Larbi –Aidrous N .....MAA à UMMTO.**

**Promotrice : M<sup>me</sup> Smail-Saadoun N.....Professeur à UMMTO.**

**Co-promotrice : M<sup>elle</sup> Mechiah F.....Doctorante à UMMTO.**

**Examinatrice/Examineur : M<sup>elle</sup> Zareb A.....MAA à UMMTO.**

**Promotion : 2019/2020**

## *Remerciements*

*Je remercie Dieu de m'avoir donné assez de force et de courage pour mener à terme ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à :*

*Ma promotrice M<sup>me</sup> SMAÏL-SAADOUN N. Professeur à l'UMMTO pour m'avoir encadré, mais aussi pour son aide, ses conseils et ses recommandations. Merci d'avoir pris le temps de corriger et de finaliser ce travail.*

*Ma co-promotrice M<sup>elle</sup> MECHIAH F. Doctorante à L'UMMTO pour son soutien et le partage du savoir et des informations, mais aussi pour son aide, ses conseils et ses recommandations. Merci d'avoir pris le temps de corriger ce travail.*

*M<sup>me</sup> Larbi -Aidrous N d'avoir accepté de présider le jury et d'examiner le travail.*

*M<sup>elle</sup> Zareb A d'avoir accepté d'examiner ce travail, je leur exprime toute ma reconnaissance.*

*À toute personne qui m'a aidée de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.*

# *Dédicaces*

*Je dédie cet humble travail :*

*A mes chers parents qui ont su m'insuffler la volonté de toujours aller de l'avant.*

*A mon frère : Mohand.*

*A mes sœurs : Fazia, Lynda, Lina, Laetitia.*

*A tout la famille Tabti.*

*La famille Leroul.*

*A ma chère grand-mère.*

*A toutes mes tantes et oncles sans oublier les cousins et les cousines.*

*A tous mes amis.*

*Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Selloua Tabti*

## *Liste des figures*

<b>Figure 1.</b> Schéma représentatif de la colonisation de la racine par les champignons endomycorhiziens (S : spore ; C : cellule, E : épiderme, V : vésicule) (Peterson et <i>al.</i> , 2004).....	7
<b>Figure 2.</b> Ectomycorhize de <i>Cenococcum geophilum</i> . Au centre de la photo, <i>C. geophilum</i> est noir avec de grosses hyphes externes. Il est voisin avec une mycorhize blanche, à manteau lisse (à droite sur la photo) (Garbaye et Gueht, 1997) .....	9
<b>Figure 3.</b> Illustration schématique d'une ECM à gauche (D'après Lagrange, 2001 <i>in</i> Gagné, 2005) ; ECM de <i>Lactarius indigo</i> et <i>Pinus oocarpa</i> en coupe (Flores et <i>al.</i> , 2005) .....	21
<b>Figure 4.</b> Représentation spatiale de la structure du manteau fongique des ectomycorhizes à Basidiomycètes du <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Strullu, 1979).....	12
<b>Figure 5.</b> Cycle de vie typique des Basidiomycètes (modifié par Martin et Selosse, 2008).....	13
<b>Figure 6.</b> Cycle de vie typique des Ascomycètes (Anonyme 3, 2006) .....	14
<b>Figure 7.</b> Tronc du chêne liège (Bouchaour-Djabeur, 2016) .....	22
<b>Figure 8.</b> Feuilles du chêne liège (Bouchaour-Djabeur, 2016) .....	22
<b>Figure 9.</b> Chatons du chêne liège (Anonyme 2, 2014).....	23
<b>Figure 10.</b> Glands du chêne liège (Anonyme 2, 2014).....	24
<b>Figure 11.</b> Aire de répartition naturelle du chêne liège dans le monde (Quézel et Médail, 2003).....	26
<b>Figure 12.</b> Aire de répartition du chêne liège en Algérie (Quézel, 1956, modifiée).....	27
<b>Figure 13.</b> A : plaques de liège récoltées, B : bouchons en liège, C : liège d'isolation (Stiti, 2017).....	28
<b>Figure 14.</b> Localisation des trois sites d'étude (Google Earth, 2020) .....	32
<b>Figure 15.</b> Structure d'un champignons Agaricale (Anonyme 3, 2011) .....	36
<b>Figure 16.</b> Technique d'obtention d'une sporée (Mesfek, 2014).....	36
<b>Figure 17.</b> Protocole d'isolement du mycélium issu d'ectomycorhizes (Bâ et <i>al.</i> , 2011).....	38
<b>Figure 18.</b> Espèces ECMs identifiées dans la forêt de M'sila (Benazza-Bouregba, 2017).....	45

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1.</b> Différents types de mycorhizes (Smith et Read, 2008).....	6
<b>Tableau 2.</b> Répartition du chêne liège dans les pays du bassin méditerranéen.....	25
<b>Tableau 3.</b> Différentes données des trois sites étudiés .....	33
<b>Tableau 4.</b> Présentation générale des résultats de Lachichi 2014 et celles de Benazza-Bouregba 2017.....	42
<b>Tableau 5.</b> Abondance en espèces des différentes familles de champignons récoltés dans le massif de Hafir-Zarieffet (Lachichi, 2014) .....	43
<b>Tableau 6.</b> Familles identifiées des champignons récoltés dans la forêt de M'sila (Benazza-Bouregba, 2017).....	43
<b>Tableau 7.</b> Représentation des différents morphotypes identifiés dans la subéraie de Taksebt (Zekri, Tizi-Ouzou), (Kadi-Bennane, 2016) .....	45

## *Liste des abréviations*

% : Pourcentage.

°C : Degré Celsius.

µm : Micromètre.

AM : Endomycorhizes à arbuscules.

Cm : Centimètre.

ECM : Champignon ectomycorhizien.

Ha : hectare.

Kcal/Kg : kilocalorie par Kilogramme.

Km : Kilomètre.

M : mètre.

Min : Minute.

ml : millilitre.

mm : Millimètre.

S : seconde.

Tween 80 : E433 Polysorbate 80.



5.2. En Algérie .....	26
6. Productions des forêts du chêne liège .....	27
<b>Chapitre3 : Protocole d'échantillonnage et de manipulation au laboratoire .....</b>	<b>30</b>
1. Zones d'étude .....	31
1.1. Prospection.....	31
1.2. Végétation des trois sites d'étude .....	31
1.3. Milieu physique .....	32
2. Matériel fongique .....	33
2.1. Récolte des sporophores des champignons .....	34
2.2. Echantillonnage et prélèvement des racines de chêne liège et des sols sous- jacents .....	34
3. Examens des sporophores des champignons récoltés .....	35
3.1. Examens macroscopiques .....	35
3.2. Réalisation d'une sporée .....	36
3.3. Examens microscopiques .....	37
4. Examens des mycorhizes .....	37
4.1. Protocole d'isolement du mycélium.....	37
5. Constitution d'une base de données des champignons récoltés .....	38
6. Méthode de description de la forme des mycéliums issus des ectomycorhizes.....	39
<b>Chapitre 4 : Synthèse et discussion des résultats .....</b>	<b>40</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>49</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>52</b>
<b>Résumé</b>	

# **Introduction Générale**

## 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 (*Quercus suber* L.) est l'une de ces richesses naturelles, qui sont présentes en Méditerranée occidentale depuis plus de 60 millions d'années (Aafi, 2006). Les subéraies sont attachées économiquement et culturellement aux habitants du bassin méditerranéen, elles caractérisent son paysage rural et ces forêts couvrent plus de deux millions d'hectares et montrent une biodiversité riche en endémiques (Smith et Read, 2008).

Le chêne liège est une essence forestière remarquable, qui présente une grande valeur économique, grâce à sa particularité physiologique qui le distingue des autres ligneux, à reproduire une nouvelle écorce subéreuse appelée communément : liège et ayant des qualités spécifiques de légèreté, de souplesse et d'élasticité, d'autant plus que cette espèce est assez rare, puisque son aire de répartition se limite au pourtour méditerranéen (Zeraia, 1981 ; Piazzetta, 2005).

Depuis quelques décennies, les botanistes et mycologues ont réalisé que la plupart des arbres contractent des associations symbiotiques avec un certain nombre de champignons du sol (Mosse, 1956). Ces associations à bénéfices réciproques permettent à l'arbre de résister aux effets drastiques du climat, au manque de nutriments provenant du sol et aux attaques parasitaires et à son tour la plante fournit au champignon du carbone (Sturllu, 1991). Près de 95% des espèces végétales établissent des associations symbiotiques avec les champignons appelées mycorhizes. C'est une collaboration entre un champignon et les racines d'une plante. Ces dernières réalisent une symbiose durable, vraie et mutualiste (Dommergues et Mangenot, 1970).

Il existe plusieurs types de symbiose mycorhizienne impliquant des partenaires différents. Parmi ces différentes symbioses, l'ectomycorhize est réalisée entre des Gymnospermes et Angiospermes comprenant la majorité des espèces forestières et des champignons Ascomycète et Basidiomycètes appartenant à plus de 5 000 espèces (Sene, 2015). Cette symbiose joue un rôle majeur dans l'adaptation du chêne liège aux stress biotiques et abiotiques (Smith et Read, 2008).

À cause des mauvaises conditions de travail dû à l'apparition de la pandémie de covid-19, n'avons pas eu l'occasion de faire un travail expérimental.

## Introduction générale

---

Ce travail est donc bibliographique. Il concerne trois subéraies Algériennes, le massif Hafir-Zarieffet (Wilaya de Tlemcen), subéraie de Taksebt (Zekri, Tizi-Ouzou) et la forêt de M'sila (Wilaya d'Oran). Notre objectif est de faire une synthèse de la diversité et de l'abondance des champignons ectomycorhiziens du chêne liège.

Le présent travail est structuré de la manière suivante.

- Le premier chapitre est consacré à une approche de la symbiose mycorhizienne, ainsi que la description et la classification de la communauté ectomycorhizienne qui accompagne le chêne liège.
- Nous avons consacré le deuxième chapitre à l'étude du chêne liège du point de vue taxonomique, aire de répartition, description botanique et dendrométrique, ainsi que l'écologie et l'utilisation de cette plante.
- Dans la troisième partie, nous avons présenté les différentes stations des trois régions étudiées (Tlemcen, Tizi-Ouzou, M'sila), ainsi que le matériel et les méthodes utilisées.
- Dans la quatrième partie, nous avons présenté les résultats obtenus et la discussion de ces derniers.
- Enfin, le mémoire se termine par une conclusion générale.

# **CHAPITRE 1**

## Symbiose ectomycorhizienne

## 1. Introduction

Les mycorhizes sont des associations symbiotiques entre certains champignons du sol et des racines de plantes. La mycorhize (Mykes : champignon, Rhyza : racine) est un organe mixte plante-champignon. Ce dernier est nommé pour la première fois par Franck en 1877 et quelques années après, il introduisit ce terme après avoir observé au niveau des racines des arbres une structure anatomique et morphologique, dans laquelle étaient impliqués des mycelia fongiques. Cette observation le conduisit à présager de la nature symbiotique de cette association. La confirmation de l'hypothèse de Frank fut faite lors des expériences ultérieures (Melin et Nilsson, 1950). De Bary et Garnsey (1887) donnent une définition plus approfondie, où ils notent l'incidence bénéfique de la coexistence d'un champignon et de son hôte dans une vie où apparemment les deux organismes s'entraident.

Aujourd'hui, le sens du terme symbiose a évolué, pour n'englober que les relations bénéfiques augmentant les performances et la résistance de l'hôte, à certaines conditions et circonstances environnementales. Toutefois, il apparaît que cette relation existait, il y a 400 millions d'années (Dévonien) (Heckman et *al.*, 2001). L'histoire évolutive décrit le processus dynamique de symbiose « végétal-champignon mycorhizien » comme une relation multifonctionnelle (Brundrett, 2002). Actuellement, près de 90% des plantes sont concernées par cette symbiose (Smith et Read, 2008). Les mycorhizes favorisent la nutrition azotée et phosphorée des plantes ; elles améliorent leurs croissances et leurs assurent une protection contre les stress biotiques et abiotiques (Selosse, 2001).

## 2. Typologie des mycorhizes

Il existe plusieurs classifications des associations symbiotiques mycorhiziennes, entre autres celles basées sur le partenaire fongique impliquées dans la symbiose, car les symbiotes végétaux sont nombreux et diversifiées, une classification selon leur genre serait trop complexe (Smith et Read, 2008). Parmi les classifications, celle établie par Smith et Read (2008) (Tableau 1) amendé par Garbaye (2013) constitué de sept groupes.

Tableau 1. Différents types de mycorhizes (Smith et Read, 2008).

	MA <sup>(1)</sup>	ECM <sup>(2)</sup>	Ectendomyco- rhizes	Mycorhizes Arbutoïdes	Mycorhizes monotropeïdes	Mycorhizes éricoïdes	Mycorhizes orchidoïdes
<b>Champignon</b>							
Hyphes							
Avec cloison	-	+	+	+	+	+	+
Sans cloison	+	-	-	-	-	-	-
Arbuscules	+	-	-	-	-	-	-
Pelotons	-	-	+	+	+	+	+
Manteau	-	+	+ ou -	+ ou -	+	-	-
Réseau de Harting	-	+	+	+	+	-	-
Taxon	Gloméro.	Basidio./Asco. (Gloméro.)*	Basidio./Asco.	Basidio.	Basidio.	Asco.	Basidio.
<b>Plante hôte</b>							
Taxon	Bryo./Prérido. Gymno./Angio.	Gymno./Angio.	Gymno./Angio.	Erica.	Monotropa.	Erica./Bryo.	Orchida.
Chlorophylle	+(-)*	+	+	+	-	+	-**

MA : mycorhizes à arbuscules ; ECM : Ectomycorhizes ; Gymno. : Gymnosperme ; Angio. : Angiospermes ; Erica. : Ericacées ; Monotropa. : Monotrace ; Orchida. : Orchidacées  
 Gloméro. : Gloméromycota ; Basidio. : Basidiomycota ; Asco. : Ascomycota ; Bryo. : Bryophytes ; Ptérido. : Ptéridophytes ; - : absent ; + : présent ; \* : rare ; \*\* : les Orchidaceae ne sont pas chlorophylliennes au stade juvénile.

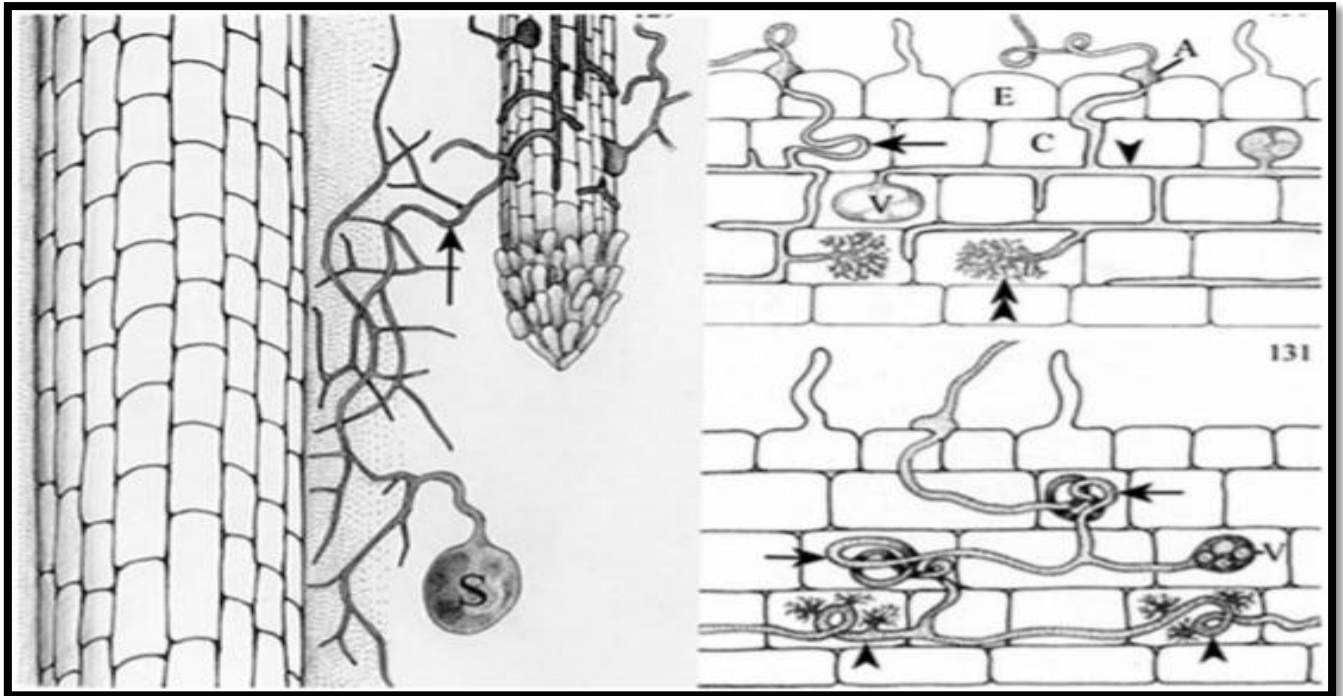
### 2.1. Endomycorhizes à arbuscules (AM)

Les endomycorhizes à arbuscules, qui concernent la quasi-totalité des plantes terrestres, sont très anciennes puisqu'elles existent depuis le début de la colonisation des continents par les végétaux, il y a environ 450 millions d'années (Selosse et le Tacon, 1998). Ces mycorhizes sont formées entre les racines d'une grande variété de plantes (Angiospermes, Gymnospermes et Ptéridophytes) et de champignons symbiotiques obligatoires, appartenant aux Gloméromycota (Jacob, 2005). Ce sont des champignons microscopiques, dont les hyphes ont la capacité de pénétrer dans les cellules racinaires de la plante. Elles représentent 80% des symbioses mycorhiziennes dans le règne végétal. Les endomycorhizes n'entraînent pas de modifications particulières de l'aspect externe de la racine (Bâ et *al.*, 2011).

Les filaments du champignon pénètrent dans les cellules, où ils se ramifient très finement pour former les arbuscules, qui ont donné le nom à ce type de mycorhize (Figure 1). C'est au niveau de ces arbuscules, qui développent une très grande interface, qu'ont lieu les échanges caractéristiques de la symbiose. Ces filaments se développent également à l'extérieur de la racine et forment un réseau dense, mais invisible à l'œil nu, explorant le sol à

grande distance des racines, de l'ordre du décimètre. Les Glomeromycota se disséminent par des spores produites dans le sol et transportées par l'eau et les animaux. Ces spores sont omniprésentes dans les sols (Drénou, 2006).

Les arbuscules se forment entre la paroi et la membrane cytoplasmique, mesurent entre 2 et 6  $\mu\text{m}$ . Ils sont le site d'échange de minéraux et de nutriments entre la plante hôte et le champignon (Dexheimer, 1997).



**Figure 1.** Schéma représentatif de la colonisation de la racine par les champignons endomycorhiziens (S : spore ; C : cellule, E : épiderme, V : vésicule) (Peterson et *al.*, 2004).

## 2.2. Mycorhizes à pelotons (Orchidacées et Ericacées)

Les champignons qui forment des pelotons intracellulaires s'associent aux espèces végétales des familles des Ericaceae et des Orchidaceae. Chez les Ericacées, la symbiose a lieu directement au niveau des cellules corticales puisqu'elles ne possèdent pas d'épiderme. Ces mycorhizes se présentent sous forme de pelotons à l'intérieur des cellules racinaires. Les champignons formant ce type de mycorhizes sont des Ascomycètes principalement du genre *Hymenoscyphus* et *Oidiodendron*, par contre les Orchidacées forment obligatoirement des associations avec des champignons dans les premiers stades de leur développement. La plupart des champignons impliqués appartiennent au genre *Rhizoctonia* (kadi-Bennane, 2016).

### 2.3. Ectomycorhizes (ECM)

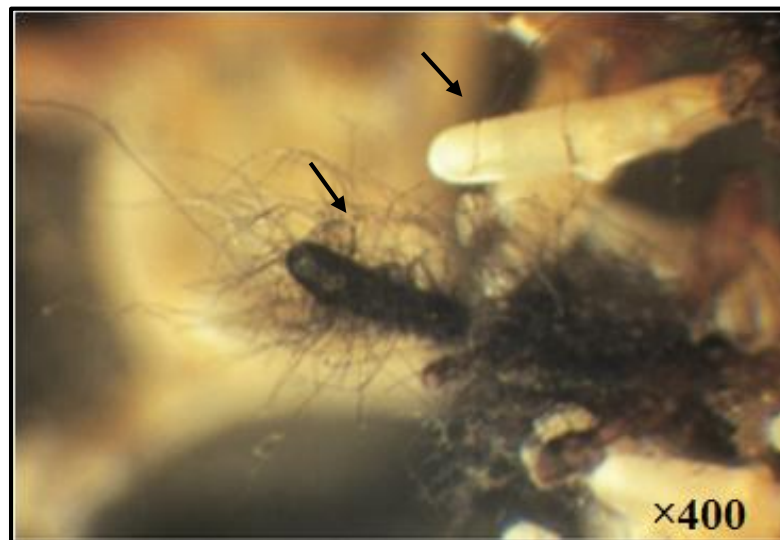
Du grec *ektos* : à l'extérieur, la symbiose ectomycorhizienne est une association mutualiste entre les racines de la plante et les champignons du sol, qui fournissent des nutriments minéraux, de l'eau et assurent la protection de la plante contre les agents pathogènes (Smith et Read, 2008 ; Bâ et *al.*, 2012). Plusieurs champignons ectomycorhiziens coexistent sur les racines d'un arbre donné et par conséquent des communautés fongiques diverses sont formées dans les écosystèmes forestiers (Richard et *al.*, 2005 ; Diédhiou et *al.*, 2010).

La diversité des champignons ectomycorhiziens est évaluée de 20 000 à 25 000 espèces (0,5 à 0,7% de la diversité des champignons), appartenant majoritairement à des Basidiomycètes et Ascomycètes (Taylor et Alexander, 2005 ; Tedersoo et *al.*, 2010). On estime aussi que la diversité des champignons ectomycorhiziens serait moins importante dans les régions tropicales que dans les régions tempérées (Tedersoo et Nara, 2010). Cette estimation serait en deçà de la réalité, car les inventaires restent limités et de nombreux champignons ne sont pas encore répertoriés ou restent indéterminés dans les régions tropicales (Rivière et *al.*, 2007 ; Peay et *al.*, 2009).

Trois sources majeures d'inoculum de ces champignons existent dans les forêts : les spores, les sclérotés et le mycélium végétatif émanant des ectomycorhizes (Bâ et *al.*, 1991 ; Jones et *al.*, 2003). Les hyphes ectomycorhiziens effectuent une connexion physique entre les plantes d'une même espèce ou d'espèces différentes et créent ainsi des réseaux mycorhiziens communs entre elles (Selosse et *al.*, 2006 ; McGuire 2007 ; Simard et *al.*, 2012). Ces réseaux interconnectent des plantes de différents âges (Richard et *al.*, 2005 ; Bingham et Simard, 2012) et pourraient ainsi améliorer la croissance et la survie des jeunes plants, par un transfert d'azote, de carbone et d'eau, qui serait possible des arbres matures vers les semis (Warren et *al.*, 2008 ; Van der Heijden et Horton 2009 ; Simard et *al.*, 2012).

Les ectomycorhizes, qui constituent par exemple la totalité de l'appareil absorbant d'une futaie de hêtres, de chênes ou d'épicéa commun, sont en revanche visibles à l'œil nu, ou tout au moins à l'aide d'une loupe à main. Elles sont beaucoup plus récentes à l'échelle de l'évolution, puisqu'elles ne sont apparues qu'au Crétacé, il y a environ 150 millions d'années (Drénou, 2006).

Les ectomycorhizes sont formées par des champignons supérieurs Ascomycètes et Basidiomycètes qui produisent en général des fructifications macroscopiques. Les espèces symbiotiques sont extrêmement nombreuses : de l'ordre du millier à l'échelle régionale, de la centaine dans un peuplement forestier homogène et de la dizaine sur les racines d'un même arbre (Figure 2). Ce sont par exemple les truffes, bolets, chanterelles, russules, lactaires, amanites, cortinaires, etc..., que l'on rencontre couramment en forêt. Certains de ces champignons, dits généralistes, peuvent s'associer symbiotiquement avec toutes les essences à ectomycorhizes, alors que d'autres (les spécialistes) ne forment des ectomycorhizes qu'avec certains genres d'arbres. C'est par exemple le cas de certaines espèces de lactaires à lait rouge ou orange, qui ne sont compatibles qu'avec l'épicéa commun (*Lactarius deterrimus*), les sapins (*L. salmonicolor*) ou les pins (*L. deliciosus* et *L. sanguiluus*) (Molina et al., 1992).



**Figure 2.** Ectomycorhize de *Cenococcum geophilum*. Au centre de la photo, *C. geophilum* est noir avec de grosses hyphes externes. Il est voisin avec une mycorhize blanche, à manteau lisse (à droite sur la photo) (Garbaye et Gueht, 1997).

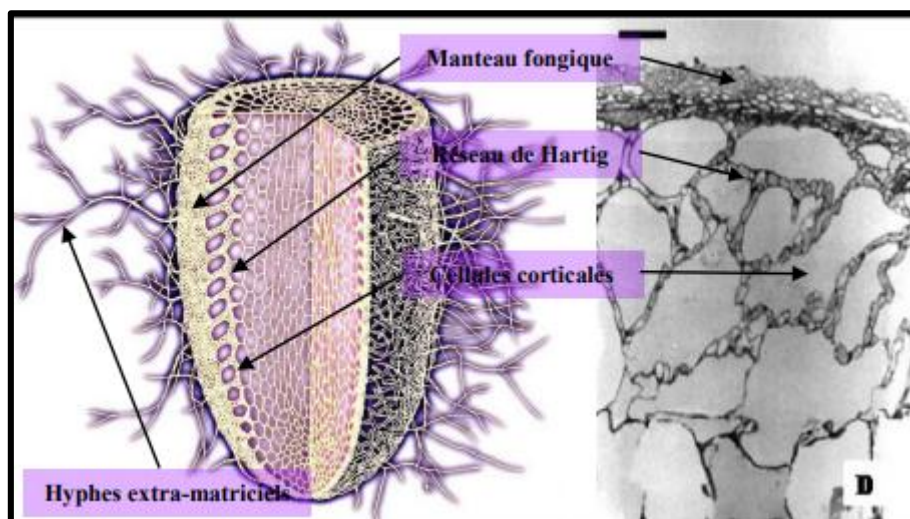
Les champignons ectomycorhiziens se disséminent le plus souvent par des spores produites au-dessus du sol ou dans le sol par les fructifications et transportées par le vent ou les animaux. Ces spores sont omniprésentes dans l'atmosphère et dans les sols (Sene, 2015).

La formation des ECMs entraîne des modifications importantes de la racine : disparition des poils absorbants, multiplication des racines latérales, allongement des cellules du cortex et formation d'un manteau d'hyphes, appelé « manteau fongique », visible à l'œil nu, entourant les racines nourricières (Martin et al., 2001 ; Marmeisse et al., 2004). De ce manteau partent des hyphes qui s'insèrent entre les cellules corticales de la racine, sans jamais

traverser la paroi, pour former le réseau de Hartig (Figure 3). Ce réseau qui peut se limiter à l'épiderme chez les feuillus ou s'étendre jusqu'à l'endoderme chez les résineux (Voiry, 1981).

### 2.3.1. Réseau de Hartig

Le nom de réseau de Hartig a été attribué à la mémoire du naturaliste allemand Theoder Hartig (1805-1880), qui l'avait parfaitement décrit, mais sans en deviner la nature fongique dès 1840. Dans le détail de sa morphologie, ce réseau peut naturellement légèrement varier selon l'espèce de la plante hôte et l'espèce du champignon symbiotique, mais la différence la plus marquée est entre les Pinacées (Gymnospermes) et toutes les autres essences Angiospermes à ectomycorhizes : chez les Pinacées, le réseau de Hartig s'établit dans toute l'épaisseur du cortex, jusqu'à l'endoderme qui délimite le cylindre central, alors que chez les Angiospermes il reste cantonné dans la couche de cellules la plus externe du parenchyme, immédiatement sous le rhizoderme ou épiderme ; mais ces cellules subissent alors une elongation radiale qui augmente le diamètre de la racine courte et accroît l'épaisseur de la zone d'imbrication entre les tissus de la plante hôte et ceux du champignon (Figure 3). Du fait de la grande surface de contact développée par l'hyper-ramification des hyphes fongique autour des cellules végétales, le réseau de Hartig est une structure clé de la symbiose, puisque c'est là qu'ont lieu tous les échanges entre les deux partenaires. Il est très difficile de quantifier avec précision, et même de mesurer, cette interface du fait de l'irrégularité des formes et de la complexité de l'arrangement des cellules végétales et fongiques (Garbaye, 2013).



**Figure 3.** Illustration schématique d'une ECM à gauche (D'après Lagrange, 2001 *in* Gagné, 2005) ; ECM de *Lactarius indigo* et *Pinus oocarpa* en coupe (Flores *et al.*, 2005).

### 2.3.2. Manteau fongique

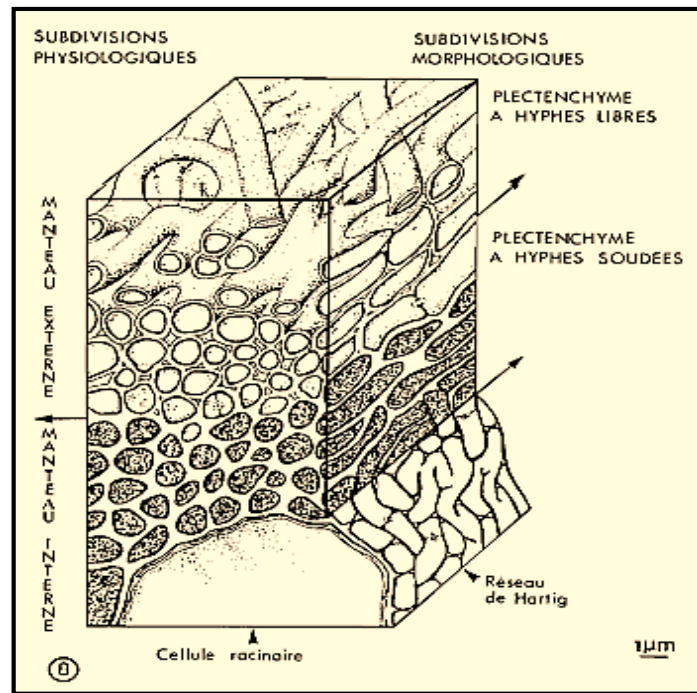
Agerer (1987-2002) a reconnu deux types principaux de développement des hyphes dans le manteau des ECMs :

- le manteau pseudo-parenchymateux, dans lequel les hyphes individuels ne peuvent pas être distingués parce qu'ils ont été agrandis et ont perdu leur forme originale, ainsi ils prennent un aspect d'un vrai parenchyme. Le manteau pseudo-parenchymateux semble être plus évolué que le plectenchymateux dans un sens structurel et évolutif ;
- le manteau plectenchymateux, dans lequel les hyphes peuvent être identifiés individuellement.

Ces types de manteau sont décrits en détail par Agerer (1995, 2006) et Agerer et Rambold (2004-2013) et divisés en 16 types : 9 plectenchymateux et 7 pseudo-parenchymateux. Les laticifères, la présence de latex, longueur, épaisseur, et ramifications des hyphes peuvent se produire dans tous les types de manteau (Agerer, 2006 *in* Kadi-Bennane, 2016).

Habituellement, le manteau peut être divisé en trois couches en vue plane : manteau interne, moyen et externe (Agerer et Rambold, 2004 ; 2016). Le manteau interne et les couches du manteau extérieur sont toujours présents dans les ectomycorhizes, tandis que le manteau moyen peut être présent ou non, ou il peut avoir plus d'une couche, en fonction de sa structure. La couche du manteau interne est en contact avec la surface de la racine et elle est généralement plus mince que le reste des couches (Figure 4).

Cependant, la structure, l'épaisseur et la couleur du manteau fongique sont très variables selon les partenaires symbiotiques et les conditions environnementales (Agerer 1995b). Caravaca et *al.* (2002) ont montré que le développement de la symbiose ectomycorhizienne, grâce à son mycélium extramatriciel, influencerait significativement la structure des sols, ainsi que les caractéristiques et le fonctionnement de la microflore tellurique symbiotique et non symbiotique de son environnement.



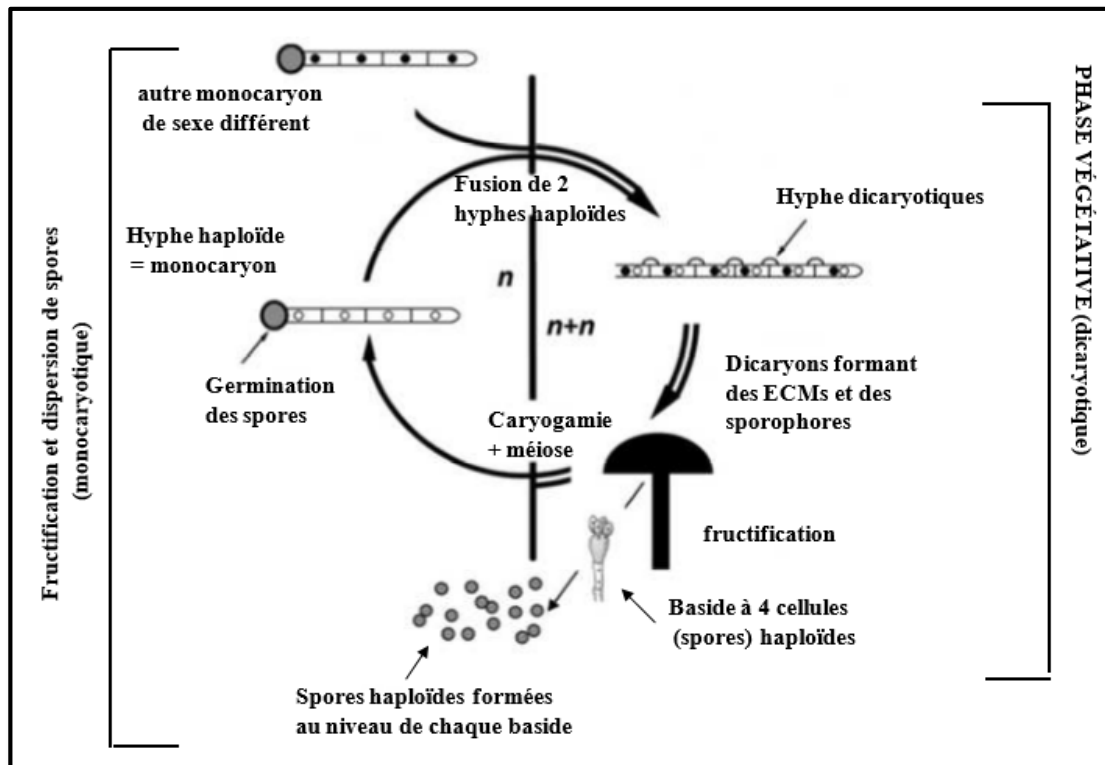
**Figure 4.** Représentation spatiale de la structure du manteau fongique des ectomycorhizes à Basidiomycètes du *Pseudotsuga menziesii* (Strullu, 1979).

### 2.3.3. Cycle de vie des champignons ectomycorhiziens

Le cycle de développement des champignons ECMs se résume en deux phases principales : une phase végétative comprenant la formation et le développement du mycélium ou thalle à partir de la germination des spores, et une phase fructifère marquée par l'apparition de sporophores épigés ou hypogés et la production de spores.

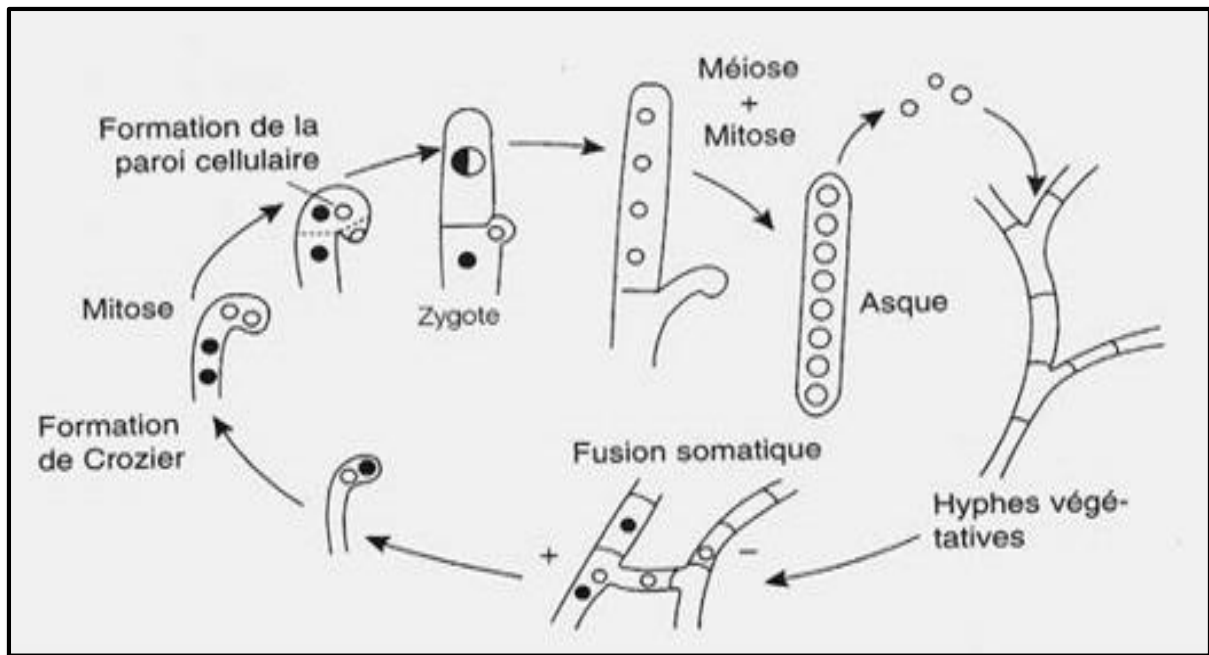
Chez les Basidiomycètes, les fructifications appelées sporophores ou basidiocarpes sont constituées de lamelles couvertes d'une couche fertile ou hyménium. Les cellules terminales d'hyphes dicaryotiques situées dans l'hyménium donnent naissance aux basides après un processus de maturation, qui se traduit par la fusion de leurs noyaux, suivie de la méiose. Il en résulte la formation de 4 basidiospores haploïdes dans chaque baside. Lorsqu'elles arrivent à maturité, les basidiospores haploïdes sont propulsées hors des lamelles et emportées par le vent ou l'eau. Lorsqu'elles trouvent des conditions favorables, elles germent et donnent des hyphes monocaryotiques, celles de sexes différents fusionnent entre elles pour donner des hyphes dicaryotiques. Ces hyphes vont croître, très rapidement et coloniser les racines courtes des arbres pour former des ECMs. Lorsque certaines conditions environnementales sont réunies (température, humidité etc.), le mycélium dicaryotique

s'agglomère pour donner de nouveaux basidiocarpes dicaryotiques et le cycle recommence (Figure 5) (Sene, 2015).



**Figure 5.** Cycle de vie typique des Basidiomycètes (modifié par Martin et Selosse, 2008).

Chez les Ascomycètes, contrairement aux Basidiomycètes, les hyphes monocaryotiques forment les ECMs en colonisant les racines de la plante. La formation d'un dicaryon intervient lors de l'apparition des fructifications. En effet, deux mycéliums compatibles vont différencier pour l'un, une structure de reproduction femelle, et pour l'autre une structure mâle. Il y a fusion des 2 hyphes (plasmogamie) et apparition d'hyphes dicaryotiques. Au niveau des fructifications se différencient des hyphes ascogènes dont les cellules terminales vont conduire à la formation d'asques après fusion de leurs noyaux suivie d'une méiose et d'une mitose. Il en résulte la formation de 8 ascospores haploïdes (Figure 6) (Sene, 2015).



**Figure 6.** Cycle de vie typique des Ascomycètes (Anonyme 2, 2006).

#### 2.3.4. Infection des plantes par les champignons ectomycorhiziens

Les champignons ectomycorhiziens sont présents dans le sol sous forme de propagules de différents types que sont les spores, les hyphes, les cordons mycéliens et les vieilles mycorhizes. Ces propagules sont disséminées par le vent, l'eau ou les animaux et sont en état de vie ralentie pendant la période sèche (Bâ et *al.*, 1991). Quand les conditions sont favorables, en période humide, les propagules produisent des hyphes qui poussent et se ramifient, pour donner un mycélium capable de coloniser le système racinaire pour former des ECMs. Ces spores se disséminent en masse sur les graines de la plante hôte et même dans le sol par le vent et/ou par des jeunes Mammifères.

#### 2.3.5. Fonctionnement de la symbiose ectomycorhizienne

Les champignons ECMs jouent un rôle majeur dans le fonctionnement des écosystèmes forestiers. L'association symbiotique entre arbres et champignons telluriques contribue à l'établissement et à la pérennité de l'écosystème forestier, de même qu'à sa productivité (Read, 1997). Les études relatives au fonctionnement de la symbiose ont entériné le constat de diversité sur les bases conceptuelles de la spécialisation et de la complémentarité fonctionnelle : absorption de l'eau, mobilisation et assimilation des nutriments, production de régulateurs de croissance et protection contre les agents pathogènes (Smith et Read, 2008).

D'après plusieurs études, il est clair que le partenaire fongique est capable de mobiliser de l'azote à partir de sources azotées organiques (protéines, peptides, acides aminés), ou minérales (nitrate, ammonium) et qu'il possède généralement tout l'équipement enzymatique nécessaire pour absorber et assimiler l'azote provenant de ces différentes sources, qui vont être disponibles soit au niveau du mycélium extra-radicalaire, soit au niveau des ectomycorhizes. Finalement, l'efficacité d'un partenaire fongique dépendra en grande partie de sa capacité à transférer à sa plante-hôte l'azote qu'il aura préalablement mobilisé, prélevé et/ou assimilé. Cette capacité de transfert est sans aucun doute un des éléments clef de la compréhension du fonctionnement symbiotique. Les données acquises au cours de ces dernières années démontrent clairement, que les champignons ectomycorhiziens ont des équipements enzymatiques souvent différents de ceux des plantes hôtes avec lesquelles ils s'associent, leur permettant d'avoir une meilleure adaptation à des conditions écologiques très variées (Claude et *al.*, 1997).

Par ailleurs, il a été également démontré que les associations ECMs pouvaient jouer un rôle majeur dans la décomposition, la minéralisation des matières organiques végétales et la mobilisation des nutriments au bénéfice de la plante hôte (Gobat et *al.*, 2003 ; Lambers et *al.*, 2008). He et Nara (2007) ont même suggéré que les mycorhizes pourraient jouer un rôle fondamental dans la réduction de la malnutrition humaine, du fait que de nombreux nutriments se retrouvaient dans la biomasse des plantes mycorhizées (biofortification) et pourraient alimenter l'organisme humain. Il a été également souligné la grande diversité des mécanismes impliqués dans la contribution du champignon au statut hydrique de l'arbre, depuis l'accès aux ressources jusqu'aux régulations stomatique et osmotique. Car, les associations ectomycorhiziennes, qui impliquent des modifications profondes des caractéristiques structurales et fonctionnelles des racines, sont a priori susceptibles de modifier l'efficacité d'acquisition et d'utilisation de l'eau par les arbres (Garbaye et *al.*, 1997). Les racines fines superficielles des arbres forestiers se situent dans les dix à vingt premiers centimètres du sol, là où le recyclage des éléments nutritifs est important et sont totalement soumises à la symbiose ectomycorhizienne (Blaise et Garbaye, 1983 ; Bakker et *al.*, 2000). Par leurs facultés à développer un vaste réseau mycélien, ces champignons permettant aux arbres d'assurer l'absorption de l'eau et des éléments minéraux (Garbaye et Guehl, 1997). Elle revêt ainsi un rôle fondamental dans la physiologie et la croissance des arbres. Elle représente l'interface de la plante et du sol et elle constitue donc un maillon essentiel dans le transfert des éléments du sol vers la plante (Smith et Read, 1997).

La protection des plantes hôtes contre les pathogènes par les champignons est un fait avéré. Zak (1964) a observé la capacité des champignons ectomycorhiziens à protéger les racines par différentes voies :

- le manteau agit comme une barrière mécanique contre les pathogènes, qui tenteraient de pénétrer dans la racine ;
- les champignons peuvent produire des substances antibiotiques ; ces observations ont essentiellement été effectuées en culture pure ou sur des carpophores ;
- les champignons agissent contre les pathogènes, par compétition dans l'utilisation des substances carbonées exsudées par la racine. La présence de champignons symbiotiques limite la quantité totale de substances exsudées par la racine et utilisables par les pathogènes ; la plupart des exsudats de la racine doivent passer par le réseau de Hartig et le manteau ; les exsudats non utilisés par les champignons ectomycorhiziens ou les métabolites qu'ils produisent et excrètent eux-mêmes, pourraient avoir un effet contre les pathogènes.

D'après Garbaye (2013), les champignons ectomycorhiziens emploient deux stratégies pour faire face à la pollution par les métaux : La première, appelée stratégie d'évitement ou de résistance, consiste à réduire la quantité de métaux entrant dans la cellule en les précipitant à l'extérieur de la cellule, en augmentant leur efflux, ou en diminuant leur absorption, notamment grâce à la densité du manteau fongique qui représente une véritable barrière physique, La seconde stratégie, dite de séquestration ou de tolérance, consiste à transférer les métaux dans des organes spécifiques de la plante ou du champignon qui présentent des activités métaboliques limitées ou dans des compartiments subcellulaires tels que les vacuoles.

### **2.3.6. Typologie fonctionnelle des ectomycorhizes**

Il est bien connu que la structure de base des ECMs est identique, bien qu'il existe différents morphotypes. Cela suggère qu'il existe un programme de différenciation commun aux ECMs. Plusieurs méthodes de description et de classification réalisées par plusieurs auteurs sur l'identification par les racines mycorhizées (Kadi-Bennane, 2016), et d'autres par l'appareil reproducteur (sporophores) des champignons ectomycorhiziens sont développées (Sene, 2015).

### 2.3.6.1. Classification d'Agerer (2001)

Cette classification s'appuyant sur les caractéristiques anatomiques (différentiation et longueur) du mycélium extramatriciel a été développée pour classer les ectomycorhizes en différents types exploratoires. Le mycélium extramatriciel produit varie d'un petit nombre d'hyphes de plus en plus sur quelques mm à de très développé. L'extension et la structure de ce mycélium est distingué pour être différent chez les champignons ectomycorhiziens. Selon cet auteur, une espèce fongique donnée peut être caractérisée par un type exploratoire unique, stable entre les individus, qui correspond à une stratégie d'exploitation du sol. Ces espèces sont qualifiées selon le mode exploratoire du sol en quatre types :

- type d'exploration contact : correspond à un manteau pourvu de quelques rares hyphes extramatriciels les courtes et non différenciées ;
- types d'exploration courte distance : il est caractérisé par une absence de rhizomorphes ;
- types d'exploration moyenne distance : les rhizomorphes sont soit peu ou pas différenciés ;
- type d'exploration longue distance : il présente peu de rhizomorphes, mais ceux-ci sont très différenciés avec des hyphes centraux de diamètre plus gros, permettant une plus grande efficacité de transport de l'eau et de nutriments.

Agerer en 2006 a développé et a proposé des correspondances au type d'exploration, différentes stratégies d'acquisition et de translocation des nutriments. Dans ce contexte, le but est de classer les ECMs, interprétant leurs caractéristiques anatomiques, ainsi que leurs « types d'exploration », comme des stratégies écologiques pour coloniser le sol.

### 2.3.6.2. Identification des champignons ectomycorhiziens par les sporophores

Les sporophores sont utilisées pour l'étude des communautés et des populations ECMs. Leur description et l'identification sur la base de caractères morphologiques et anatomiques sont largement effectuées chez les champignons à fructifications épigées (ex : *Amanita*, *Boletus*, *Pisolithus*, *Russula*, *Suillus*, *Scleroderma*). Cependant, une première contrainte s'impose pour les champignons à fructifications hypogées telles que les truffes, les *Rhizopogon* et les *Hydnellum*, ainsi que pour ceux qui ne produisent aucune fructification comme *Cenococcum geophilum*, pourtant très répandu (Cairney et al., 1999).

**2.4. Ectendomycorhizes**

Les ectendomycorhizes sont caractérisées à la fois par la présence du manteau mycélien et le développement d'hyphes inter et intracellulaires. Les hyphes mycéliens forment autour de la racine un manteau fongique, généralement plus réduit que celui des ectomycorhizes et elles franchissent les parois des cellules végétales. Les ectendomycorhizes ont d'abord été considérées comme des infections d'importance mineure chez les conifères, apparaissant en absence de champignons ectomycorhizogènes. En fait, ce type d'interaction est mutualiste et correspond souvent à une colonisation précoce des plantules. Elles sont formées par des Basidiomycètes (Smith et Read, 1997).

# **CHAPITRE 2**

## Le chêne liège

## 1. Introduction

*Quercus suber* est l'espèce forestière méditerranéenne la plus particulière, en tenant compte de sa sylviculture et de son utilité. Du point de vue écologique, c'est une espèce climacique, qui partage son aire naturelle de distribution avec d'autres espèces de chênes méditerranéens (Sánchez González, 2006).

La subéraie joue des rôles économiques, sociaux et écologiques indéniables. En effet, elle profère plusieurs produits et services tels que le liège, le bois, le charbon, les fourrages, les produits non ligneux (champignons, myrte, arbouses, glands, etc...) et elle joue un rôle important dans la fixation du carbone, la protection contre l'érosion, la préservation de la nature, la récréation, etc... (Chebil et Daly, 2006).

## 2. Systématique

Selon la troisième version de classification botanique des Angiospermes, établie par Angiosperm Phylogeny Group (APG III, 2009), *Quercus suber* L. présente la taxonomie suivante :

- **Règne :** Plantae
- **Sous-règne :** Tracheobionta
- **Division :** Magnoliophyta
- **Embranchement :** Spermaphytes
- **Classe :** Magnoliopsida
- **Sous-classe :** Hamamelidae
- **Ordre :** Fagales
- **Famille :** Fagaceae.

D'après Benseghir (2002), le liège est reconnu en Algérie sous 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.

Le genre *Quercus* est le plus important de la famille des Fagacées, un genre qui comprend de 200 à 500 espèces, dont 6 existent en Afrique du Nord (El Antry Tazy et *al.*, 2008).

### 3. Description du chêne liège

Plusieurs auteurs ont décrit les caractéristiques botaniques du chêne liège (Saccardy, 1937 ; Boudy, 1955 ; Natividade, 1956 ; Yessad, 2000).

C'est un arbre qui ne dépasse pas les 12 m en France, qui peut atteindre 15 à 20 m en Algérie et au Portugal, dont certains sujets dépassent 1 m de diamètre, s'étalant en longueur. L'arbre présente un couvert léger, laissant passer la lumière (Boudy, 1955). L'arbre peut vivre jusqu'à 300 ans, mais les levées successives de liège diminuent fortement cette remarquable longévité à environ 200 ans (Boudy, 1955).

#### 3.1. Système racinaire

Selon Veillon (1998), le système racinaire du chêne liège est pivotant, il est constitué d'une grosse racine principale, qui sert comme support à l'arbre et de racines secondaires superficielles, permettant un enracinement profond, qui fixe l'arbre sur des sols légers, peu profonds et même rocheux, car il permet l'approvisionnement en eau et en éléments minéraux. Natividade (1956) souligne que dès le jeune âge, il montre des dispositions naturelles à s'enfoncer verticalement et avec vigueur dans le sol. Trois mois après le semis, les racines atteignaient 55 à 60 cm, tandis que la partie aérienne atteint 9 cm.

Le système racinaire du chêne liège peut s'emmêler avec les racines des arbres voisins (échanges de substances nutritives), mais aussi il établit des relations symbiotiques, principalement avec des espèces fongiques, pour faire face aux conditions climatiques et édaphiques (Azul et *al.*, 2010).

#### 3.2. Tronc

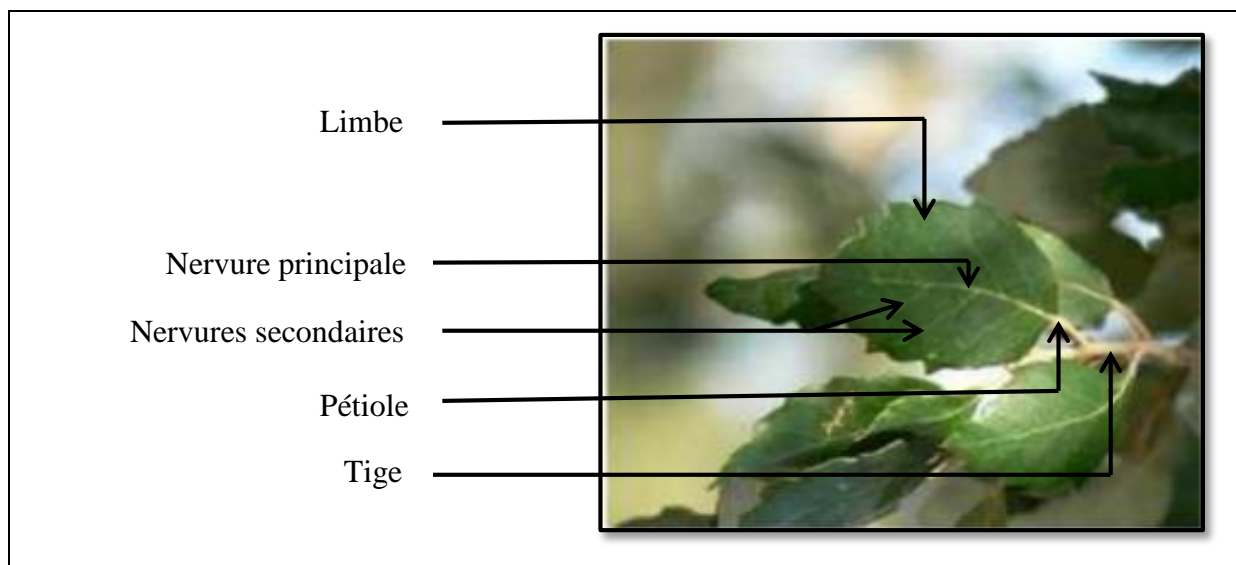
Le tronc est assez court et se ramifie à une faible hauteur (4 m environ), il est recouvert d'une écorce subérifiée et fortement crevassée longitudinalement (Figure 7) (Gil et Varela, 2008). A l'état isolé le tronc est couvert de grosses branches étalées, quand il vit en massif le tronc est plus droit et plus long (Gil et Varela, 2008).



**Figure 7.** Tronc du chêne liège (Bouchaour-Djabeur, 2016).

### 3.3. Feuilles

Elles présentent un polymorphisme très marqué, d'un arbre à l'autre comme sur un même individu. Elles sont persistantes, de forme ovale, coriaces vert foncé et lisses sur la face supérieure, blanchâtre et tomenteuse sur la face inférieure. Elles mesurent 3 à 6 cm de long et 2 à 4 cm de large, courtement pétiolées, dentées épineuses (entières sur les vieux rameaux) à 10-14 nervures secondaires (Figure 8) (Natividade, 1956). Les feuilles de plus d'un an meurent et tombent quelques mois après le développement des jeunes feuilles (Rached-Kanouni, 2013).



**Figure 8.** Feuilles du chêne liège (Bouchaour-Djabeur, 2016).

### 3.4. Fleurs

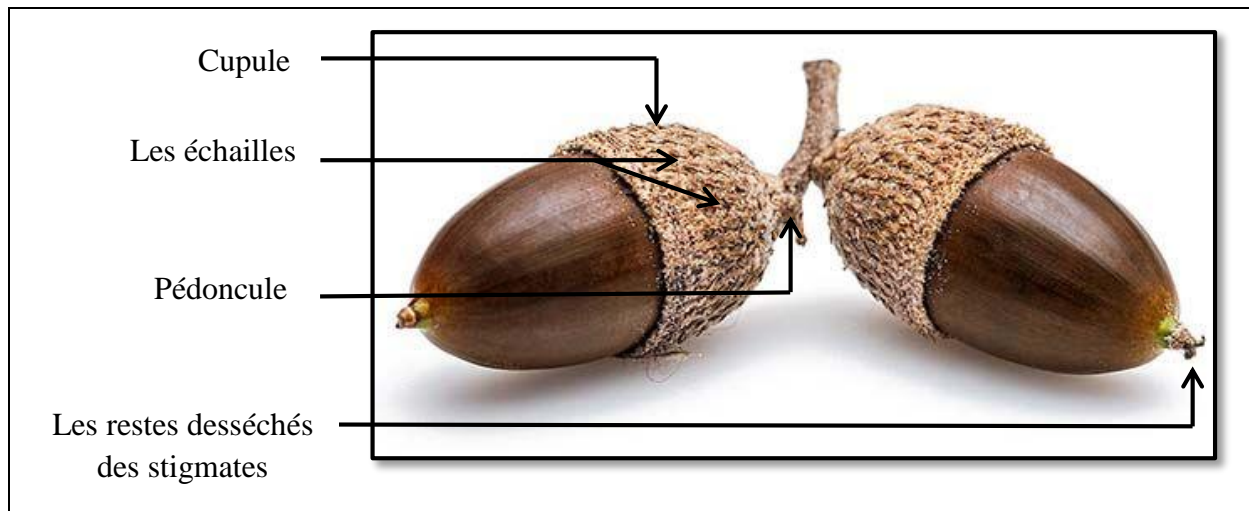
En ce qui concerne les fleurs, le chêne liège est monoïque et allogame. Les fleurs mâles, en grappes de 4 à 8 cm apparaissent sur les rameaux de l'année précédente (Fraval, 1991). Les fleurs femelles poussent isolées ou en grappes de trois maximum sur les rameaux de l'année en cours (Figure 9). Leur cupule protectrice recouvrera les futurs glands. Chaque chaton porte 2 à 5 fleurs en forme de petites cupules écailleuses, dont la corolle et le calice sont peu développés. Le climat et l'exposition conditionnent la floraison, qui commence dès l'âge de 12 à 15 ans et qui se déroule entre les mois d'avril et mai (Piazzetta, 2005).



**Figure 9.** Chatons du chêne liège (Anonyme 1, 2014).

### 3.5. Fruits

Le fruit ou le gland est de taille très variable, de 2 à 4 cm de longueur sur 1,5 à 1,8 cm de diamètre, de forme généralement trapue et arrondie, lisse, brillant, de couleur brune à la maturité. La partie inférieure, tronquée, portant une cicatrice rugueuse et saillante, cette dernière est enfermée dans une cupule sur 1 à 2,5 cm. La cupule est de taille et de forme très variable ; munie d'écailles grises. Elle est portée par un pédoncule assez court, de forme allongée et conique à sa partie inférieure. L'extrémité distale du gland se termine par une pointe courte, velue. Cependant, les restes desséchés des stigmates peuvent figurer là-dessus (Figure 10). La forme et les dimensions du fruit sont très variables suivant les arbres (Natividade, 1956). On distingue couramment 3 sortes de glands, en fonction de leur période de maturation : les glands hâtifs primeurs en septembre, les seconds en octobre et les tardifs en janvier (Seigue, 1985).



**Figure 10.** Glands du chêne liège (Anonyme 1, 2014).

#### 4. Caractéristiques écologiques du chêne liège

De nombreux chercheurs se sont penchés sur l'étude des exigences écologiques du chêne liège (Sauvage, 1960 ; Achhal *et al.*, 1980 ; Zeraïa, 1981, Quézel et Médail, 2003). Cette essence est exigeante quant aux conditions édaphiques et bioclimatiques du milieu. Elle prospère depuis le bord de la mer jusqu'à 1500-1600 m en général, exceptionnellement 2000 m dans le Haut Atlas, dans les étages bioclimatiques subhumide et humide (Younsi, 2006). Du point de vue étages de végétation, le chêne liège apparaît au méso-méditerranéen et au thermo-méditerranéen, mais il peut aussi se développer au supra-méditerranéen et au méditerranéen supérieur, sans qu'il soit l'essence principale de ces deux étages de végétation (Benabid, 2000).

Le chêne liège est une espèce héliophile, qui exige de forts ensoleillements, et thermophile poussant entre 13 et 16 °C, il ne supporte pas des froids prolongés inférieurs à -5 °C ou des froids de courte durée inférieurs à -9 °C. Par contre, il supporte bien la chaleur, sous réserve qu'elle soit accompagnée d'une humidité suffisante (Boudy, 1950). En effet, le chêne liège est exigeant en humidité atmosphérique, il lui faut une humidité atmosphérique moyenne, qui ne descend pas en dessous de 60% en saison sèche. Cette condition se rencontre seulement au voisinage de la mer en zone méditerranéenne, mais jusqu'à 200 à 300 km des côtes Atlantiques (Quézel et Médail, 2003).

Le chêne liège a une bonne croissance, quand la pluviosité moyenne annuelle est comprise entre 500 et 1200 mm/an (Yessad, 2000). Par son comportement à l'égard des facteurs climatiques, le chêne liège se place parmi les essences les plus plastiques, aussi bien

du point de vue des températures que de la pluviométrie ; cette grande plasticité du chêne liège à l'égard de la pluviométrie est remarquable. Néanmoins, la croissance est ralentie et la production diminue dans les régions à faible précipitations. Cette plasticité est en partie liée au régime des pluies qui caractérise le climat méditerranéen. Ainsi, pour la plupart des régions considérées, le maximum du régime annuel des pluies coïncide, en zone littorale, avec les deux saisons, l'automne et l'hiver, alors qu'en zone montagneuse, ce maximum s'observe en hiver et au printemps (Halimi, 1980).

Le chêne liège est une essence calcifuge stricte, se développant sur tous les substrats siliceux et acides (schistes, grès, gneiss, granite) et craignant l'hydromorphie (Boudy, 1950). Il s'accommode aux sols peu fertiles, superficiels ou lourds (riches en argiles), mais aussi il recherche plutôt des textures légères (sables), bien aérées et riches en matière organique (Benazza-Bouregba, 2017). D'après Azul et *al.* (2010), le chêne liège préfère aussi les sols profonds, où il peut bien développer un enracinement fortement pivotant.

## 5. Répartition géographique du chêne liège

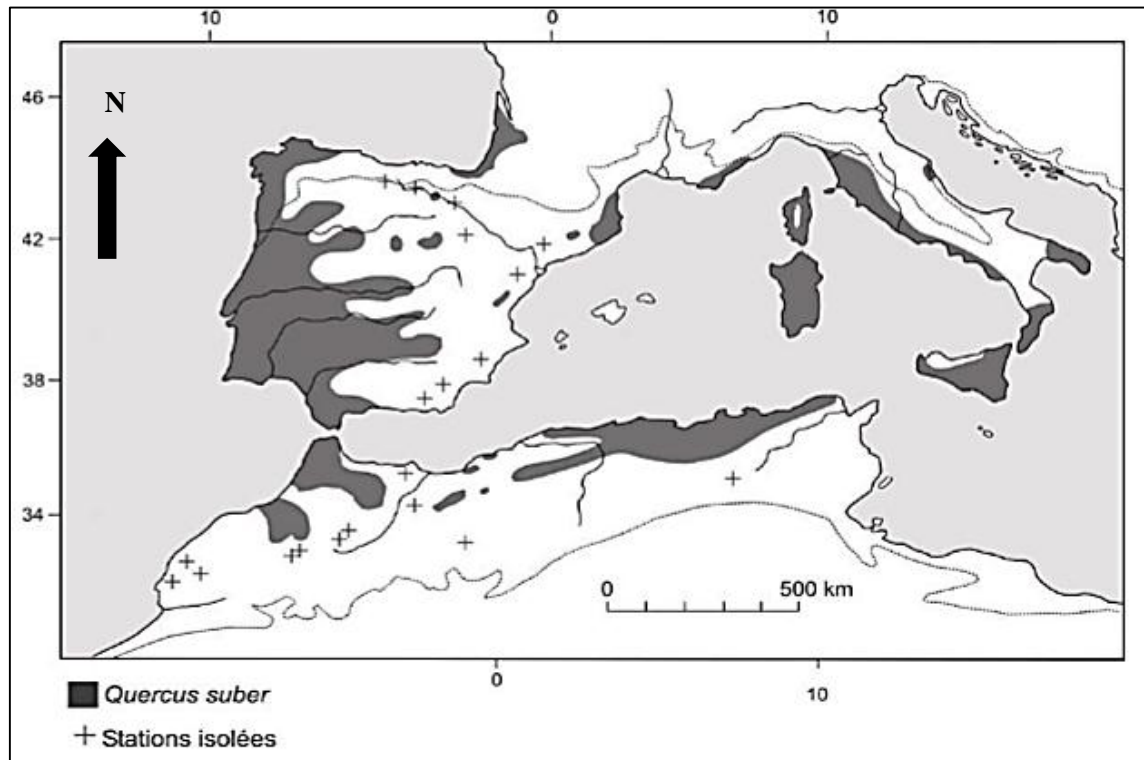
### 5.1. Dans le monde

Le chêne liège est circonscrit à la région de la Méditerranée occidentale et déborde le long du sud de la façade atlantique, où les influences de la mer et de l'océan permettent de tempérer la grande amplitude des oscillations thermiques et l'aridité de la saison d'été du climat méditerranéen au sens strict (Pausas et *al.*, 2009). La subéraie mondiale serait d'environ 2.689.000 hectares, répartis exclusivement sur sept pays, dont l'Algérie (Tableau 2) (Figure 11).

**Tableau 2.** Répartition du chêne liège dans les pays du bassin méditerranéen.

Pays	Portugal	Espagne	Maroc	Algérie	Tunisie	Italie	France
Superficie (ha)	862000	725000	440000	375000	144000	99000	44000
%	32	27	16	14	5	4	2

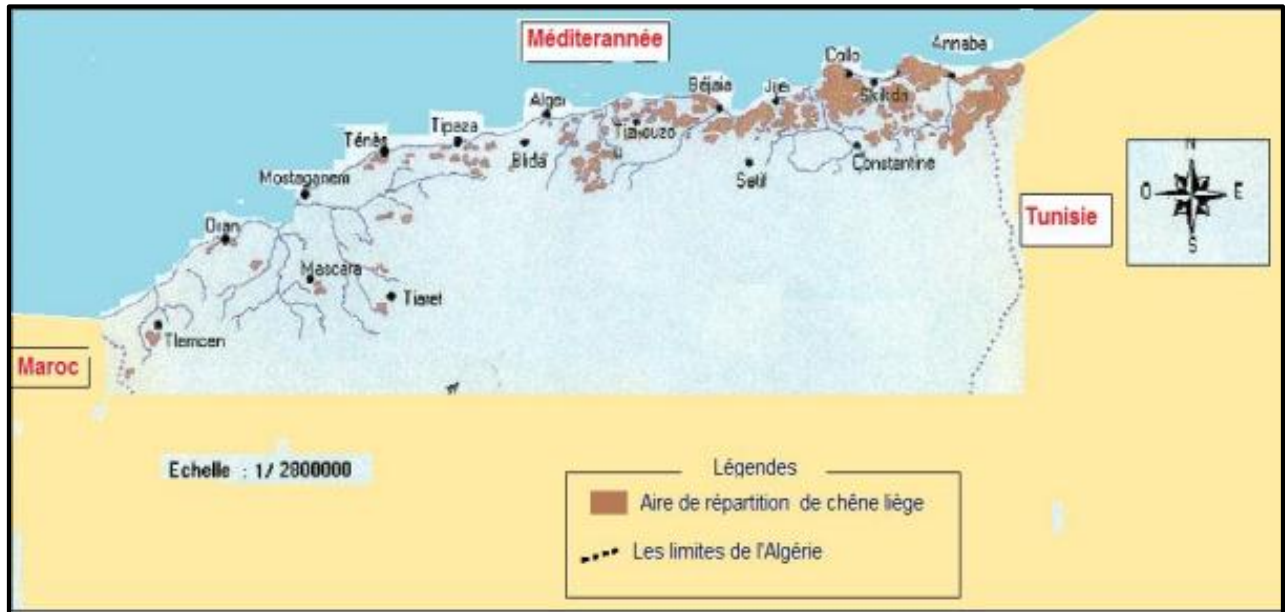
(Santos Pereira et *al.*, 2008 in Benazza-Bouregba, 2017).



**Figure 11.** Aire de répartition naturelle du chêne liège dans le monde (Quézel et Médail, 2003).

## 5.2. En Algérie

En Algérie, la superficie occupée par la subéraie est estimée à 375 000 ha, seulement 229000 ha sont considérés comme productifs (DGF, 2011). La régression de l'aire du chêne liège, dans certains cas au profit des chênaies caducifoliées sur les versants nord et de peuplements de résineux, atteste de la dégradation de la situation des subéraies. Pour ne citer que le cas de l'ouest algérien, pour lequel les chiffres sont disponibles, la superficie occupée par la subéraie passe de 9400 ha dans les années cinquante pour atteindre environ 6500 ha (Bouhraoua, 2003). Jadis classé premier producteur de liège dans le pourtour méditerranéen, aujourd'hui, l'Algérie est classée en dernière position, après les pays producteurs en Méditerranée (Figure 12) (APCOR, 2012).

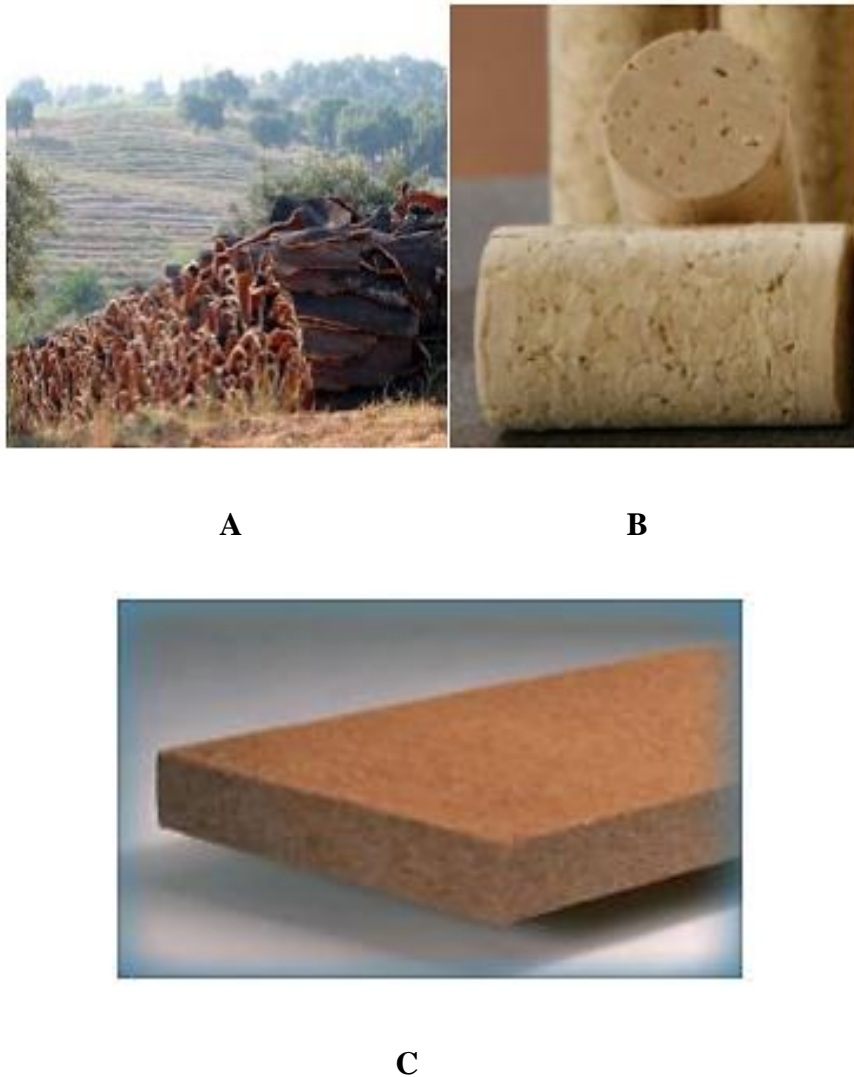


**Figure 12.** Aire de répartition du chêne liège en Algérie (Quézel, 1956, modifiée).

## 6. Productions des forêts du chêne liège

En Algérie, la forêt du chêne liège présente divers produits et services tels que le bois, le charbon, les fourrages, ainsi que les produits non ligneux dont le plus important est le liège, les champignons, les glands, les plantes médicinales, etc... Cette forêt joue également un rôle important dans la fixation du carbone, la protection contre l'érosion, la préservation de la biodiversité, la récréation, etc... (Stiti, 2017).

Le premier usage est celui du liège de reproduction, épais, qui sert à la fabrication des bouchons de toutes catégories (Ferreira et *al.*, 2000). Le liège est un tissu végétal composé de cellules mortes hexagonales remplies de gaz et de lenticelles (pores) qui le traversent, ce qui lui confère une densité extrêmement faible. Les propriétés d'élasticité et d'étanchéité du liège en font un matériau de bouchage remarquable (Figure 13) (Boudaoud, 2006). Le liège est aussi utilisé, après transformation, dans plusieurs activités industrielles, telles que la construction en général (isolement thermique et acoustique, revêtement, décoration, etc...) et l'industrie des emballages : granulés et laine de liège (González-Adrados et *al.*, 2009). Il possède encore d'autres propriétés de la plus grande importance pour la technique de l'isolation : il n'absorbe pas l'humidité, il est inodore et hygiénique, conserve son efficacité indéfiniment et retarde la combustion (Natividade, 1956).



**Figure 13.** A : plaques de liège récoltées, B : bouchons en liège, C : liège d'isolation (Stiti, 2017).

Le chêne liège est une essence à croissance lente. Son bois a une forte densité, et il est très dur. Cependant, il n'est pas souvent utilisé en menuiserie, car il est très cassant et se travaille difficilement (IPROCOR, 1999). Par contre, son utilisation pour le chauffage est très appréciable et a un grand pouvoir calorifique (autour de 4000 kcal/ kg pour du bois sec) et sa combustion est lente, ainsi que sa qualité de charbon qui est excellente (Boussaidi, 2012).

Traditionnellement, l'élevage a été la ressource la plus valorisante des subéraies. Aujourd'hui, l'élevage dans ces zones constitue une source de revenu importante pour la population locale. C'est un élevage traditionnel, dominé par les petits ruminants : caprins et ovins (Chebil et Daly, 2006).

D'autre part, on peut trouver de multiples ressources naturelles, qui peuvent apporter un complément de revenu non négligeable comme l'apiculture, les champignons, les plantes médicinales et les fruits d'autres plantes utiles. Outre son importance économique directe, la forêt contribue à l'économie nationale par sa capacité de protection de la biodiversité, des ressources en eau et des sols contre l'érosion. Elle joue un rôle social en offrant des espaces récréatifs et éducatifs de plus en plus sollicités pour l'épanouissement de la société (Boussaidi, 2012). Mais aussi la forêt assure un rôle primordial en captant les composés atmosphériques contenant du carbone, ou en libérant du dioxyde de carbone par respiration, décomposition et par combustion. Cela fait d'elle le principal réservoir terrestre de carbone susceptible, selon le cas, de se comporter en puits ou en source. En plus de l'estimation de la biomasse ligneuse, les stocks dans quatre autres compartiments doivent être évalués : les sols et la litière, les feuilles, le bois mort, la biomasse du sous-bois. Différentes sources, issues de mesures et/ou de travaux de modélisation, sont utilisées pour estimer le stock de carbone des différents compartiments des écosystèmes forestiers. Toutefois les incertitudes restent grandes et les calculs sont complexes (Colin et Derrière, 2005).

# **CHAPITRE 3**

Protocole d'échantillonnage et  
de manipulation au laboratoire

## 1. Zones d'étude

### 1.1. Prospection

En raison du climat méditerranéen de l'Algérie, les champignons commencent à apparaître dès les premières pluies d'automne. Des prospections ont été effectuées au niveau de trois sites de différentes régions algériennes à différentes périodes. Dans les trois cas, des sporophores ont été récoltés sous les houppiers du chêne liège. Aussi, des ectomycorhizes ont été échantillonnées, dans le but d'identifier les différents champignons recensés.

- 1<sup>ère</sup> étude : c'est une contribution à l'étude de la biodiversité des champignons supérieurs dans les subéraies de Hafir et Zariéffet de la wilaya de Tlemcen, réalisée par Lachichi en 2014 ;
- 2<sup>ème</sup> étude : elle est focalisée sur la description des ectomycorhizes du chêne liège : effet des facteurs environnementaux dans la subéraie de Taksebt (Zekri) de la wilaya de Tizi-Ouzou, réalisée par Kadi-Bennane en 2016 ;
- 3<sup>ème</sup> étude : c'est un inventaire et identification des Basidiomycètes de la subéraie de M'sila dans la wilaya d'Oran réalisé par Benazza-Bouregba en 2017.

### 1.2. Végétation des trois sites d'étude

Les stations d'étude se répartissent au niveau des subéraies algériennes sur les territoires des wilayas de Tlemcen pour la forêt du massif Hafir-Zariéffet, de Tizi-Ouzou pour la subéraie de Taksebt (Zekri) et la wilaya d'Oran pour la forêt de M'sila, avec des formations végétales différentes.

Le massif Hafir-Zariéffet est composé de deux forêts. La forêt de Hafir est composée essentiellement de peuplements naturels de chêne liège. On n'aperçoit que de rares traces de régénération naturelle, malgré l'existence d'un sol gréseux profond. Le reste du massif est occupé par des peuplements de chêne vert, de chêne zeen et de taillis de Thuya ; par contre la forêt de Zariéffet est une chênaie mixte naturelle, où le chêne liège représente encore l'essence principale ; celle-ci est incendiée, non aménagée et à faible densité de régénération. D'après Boudy (1955), la forêt de Zariéffet était composée à peu près exclusivement et à 8/10 de peuplements denses de chêne liège, dépassant les 100 ans, issus de souches et de taillis médiocre et de chêne zeen (1/10), avec une présence remarquée de chêne vert (1/10). Mais malheureusement, cette situation a été totalement bouleversée en l'espace de 60 ans par des incendies répétés, un surpâturage permanent et excessif, des techniques sylvicoles inadaptées

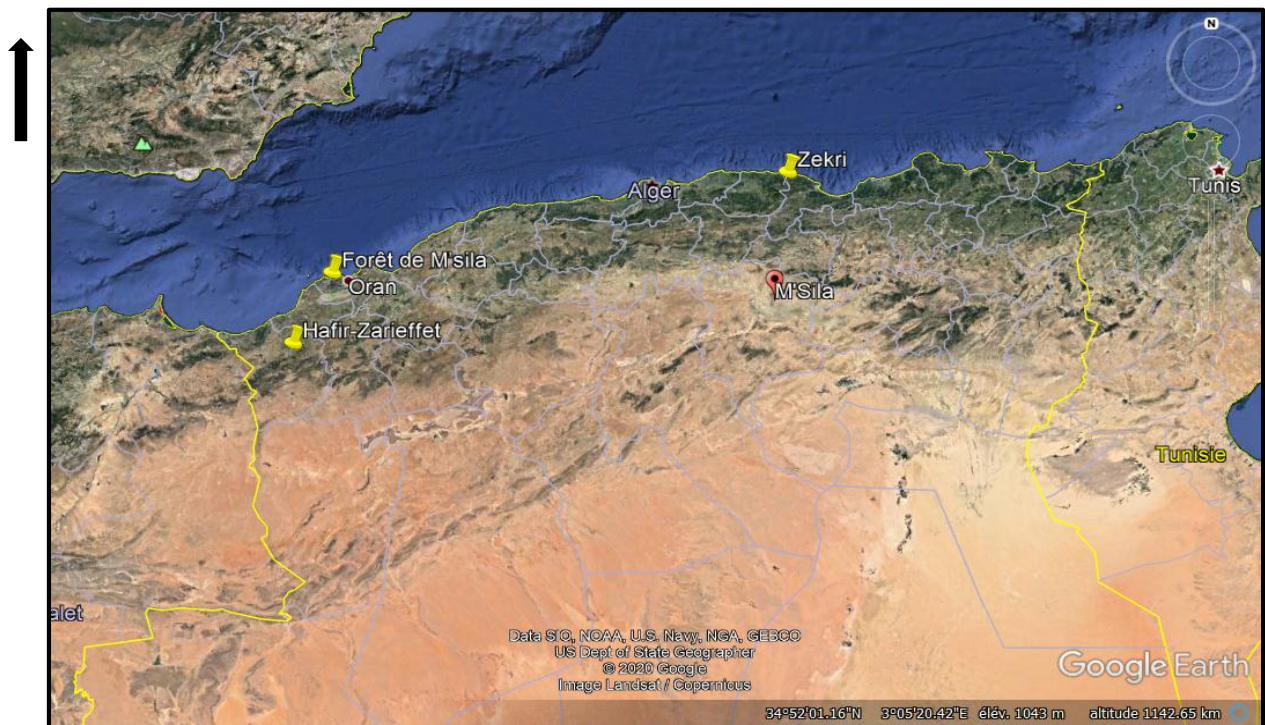
et des défrichements, qui ont largement contribué à la dégradation de la subéraie et à l'envahissement de celle-ci par les maquis.

La forêt de Taksebt (Zekri) à Tizi-Ouzou est une futaie irrégulière pure de chêne liège.

La forêt de M'sila (Oran) est représenté par deux essences forestières principales, qui recouvrent en grande partie ce massif ; ce sont le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et le chêne liège (*Quercus suber*). Le chêne liège occupe une superficie d'environ 3000 ha (Boudy, 1955).

### 1.3. Milieu physique

Les différentes données sur les trois régions d'étude sont indiquées dans la figure 14 et le tableau 3.



**Figure 14.** Localisation des trois sites d'étude (Google Earth, 2020).

Tableau 3. Différentes données des trois sites étudiés.

<b>Auteurs</b>	<b>Lachichi (2014)</b>	<b>Kadi-Bennane (2016)</b>	<b>Benazza-Bouregba (2017)</b>
<b>Zones d'étude</b>	Deux forêts du massif Hafir et Zariéffet (Tlemcen)	Subéraie de Taksebt (Zekri, Tizi-Ouzou)	Forêt de M'sila (Oran)
<b>Altitudes (m)</b>	800 à 1418 m	700 à 1100 m	90 à 380 m
<b>Coordonnées GPS</b>	34° 52' 41"N 1° 18' 53"E	36 ° 45' 28"N 4 ° 38' 49"E	35° 38"N 0° 53"O
<b>Etages de végétation</b>	Méso-méditerranéen	Thermo-méditerranéen	Thermo-méditerranéen
<b>Etages bioclimatiques</b>	Subhumide	Subhumide supérieur à variante fraîche	Semi-aride supérieur à variante tempérée
<b>Précipitations moyennes (mm)</b>	344,91 mm/an	950 mm/an	153 mm /an
<b>Périodes de récolte</b>	mars et mai 2014	juin 2011 à mai 2012.	novembre et mai des années 2008, 2009, 2010, 2012 et 2013
<b>Nombre de placettes</b>	Tout le massif	10 placettes	4 placettes
<b>Nombre d'échantillons</b>	Récolte de tous types de champignons	480 échantillons de sol et racines	Récolte de tous types de champignons

## 2. Matériel fongique

La maîtrise des symbioses ectomycorhiziennes dépend d'une bonne connaissance des méthodes de récolte, d'identification morphologique et moléculaire, d'isolement du mycélium, de production d'inoculum et d'inoculation des champignons (sporophores et ECMs).

### **2.1. Récolte des sporophores des champignons**

Pour la récolte des sporophores, Lachichi (2014) et Benazza-Bouregba (2017) ont procédé à un échantillonnage aléatoire, sans utiliser de méthodes statistiques particulières, en raison de l'absence des méthodes d'investigations spécifiques aux études mycologiques (Guinberteau et Courtecuisse, 1997).

Les sporophores seront, de préférence, récoltés sur le terrain le matin et décrits en laboratoire l'après-midi. Il est important de récolter des sporophores entiers, comportant des individus jeunes et matures, à différents stades de développement. Lors de la récolte, une attention toute particulière sera donnée à la présence éventuelle de restes du voile général à la base du stipe (volve), à la présence d'une structure de type pseudo-racine ou d'autres éléments du même type sous la surface du sol, à la présence de plaques, de verrues, d'anneaux, de flocons ou de filaments sur les différentes parties du sporophore. Pendant la récolte, il est nécessaire de manipuler les spécimens aussi peu que possible. Quelques caractères importants sont très fugaces et pourraient disparaître, du fait d'une manipulation inconsidérée et maladroite. Il faut éviter de récolter des primordiums seuls, car ils ne possèdent pas de spores, mais, par contre, ils ont parfois des voiles qui sont difficilement visibles chez les adultes ou des champignons trop âgés qui se seront dégradés (ex : pourritures, nécroses), avant leur étude en laboratoire. Les sporophores collectés sont débarrassés avec précaution des débris de terre et de végétaux et mis chacun en isolement dans des sacs en papier, qui restent ouverts à l'air libre, pendant toute la durée de leurs prospections.

Lachichi (2014) a précisé que les prospections ont été effectuées sur tout le massif Hafir-Zariffet, après chaque pluie. Concernant l'étude de Benazza-Bouregba (2017), ses prospections ont été effectuées dans 4 parcelles présentant des biotopes différents : PI, PII, PIII et PIV. Les parcelles PI, PII, PIII d'altitudes 366m, 379m et 325m respectivement, qui sont espacées d'un Km ; 2 à 4 sorties sont faites dans une parcelle. Pour la parcelle PIV, 20 prospections ont régulièrement été effectuées.

### **2.2. Echantillonnage et prélèvement des racines de chêne liège et des sols sous-jacents**

Avant de prélever les racines, Kadi-Bennane (2016) a d'abord choisi et localisé des lieux de prélèvement des racines, en essayant de cartographier la végétation locale et l'emplacement précis des chênes liège sur le terrain, par rapport au chemin de traverse, ruisseau, des bois tombés au sol, afin de les retrouver plus facilement lors de nouvelles prospections sur le terrain. Dix placettes ont été choisies pour l'échantillonnage. Au sein de

chaque placette, trois arbres de différents diamètres sont marqués. Les mêmes arbres ont fait l'objet d'un suivi d'une année (de juin 2011 à mai 2012), avec des prélèvements à intervalle de trois mois, correspondant aux différentes saisons. Chaque arbre a donc fait l'objet de quatre prélèvements de racines mycorhizées par saison, à une distance de 1,5 m du tronc sous le houppier et à une profondeur du sol de 20 à 40 cm. Les échantillons sont mis dans des sachets en plastique étiquetés. Au total, 480 échantillons de sol et de racines ont été récoltés.

### 3. Examens des sporophores des champignons récoltés

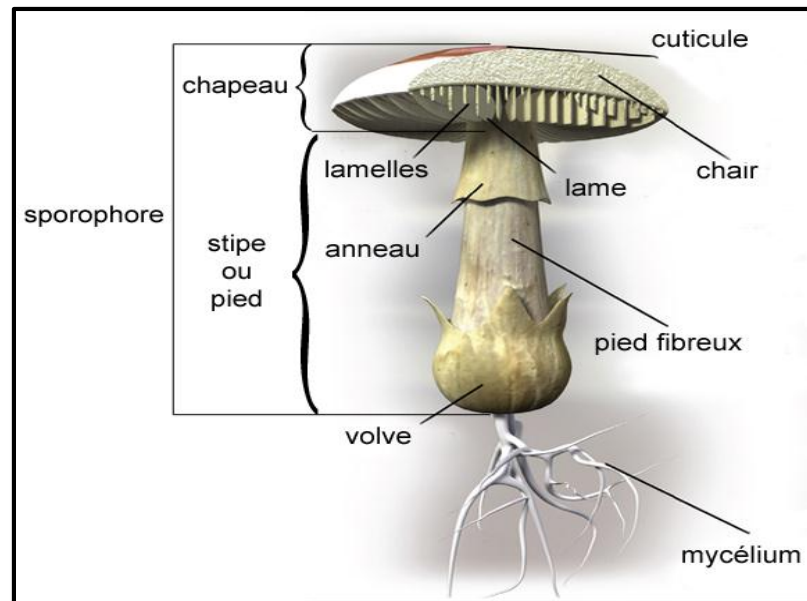
Lachichi (2014) et Benazza-Bouregbe (2017) ont utilisé différents examens dans leurs études.

#### 3.1. Examens macroscopiques

Les sporophores des champignons ont été photographiés *in situ* avant leur récolte, en prenant soin de noter leur substrat naturel (mousses, arbre mort, sous tronc ou auprès d'arbres vivants), leur mode de développement « caractère social des champignons » (seul ou en groupe). D'autres photos ont été prises au laboratoire. Les caractéristiques macroscopiques des sporophores sont importantes pour la détermination de l'espèce fongique (Figure 15). Les examens macroscopiques permettent d'étudier les critères suivants :

- **chapeau** : la taille en centimètre, la forme, la marge, la couleur et la texture (gluant, fibreux, squameux, etc...) ;
- **ped** : la hauteur et la largeur en millimètres, la couleur, la présence de l'anneau, d'une volve ou d'un bulbe basal ;
- **chair** : la couleur, la texture (si elle est fibreuse ou friable) ;
- **lames** : couleur, forme, mode d'insertion (d'attachement) sur le pied.

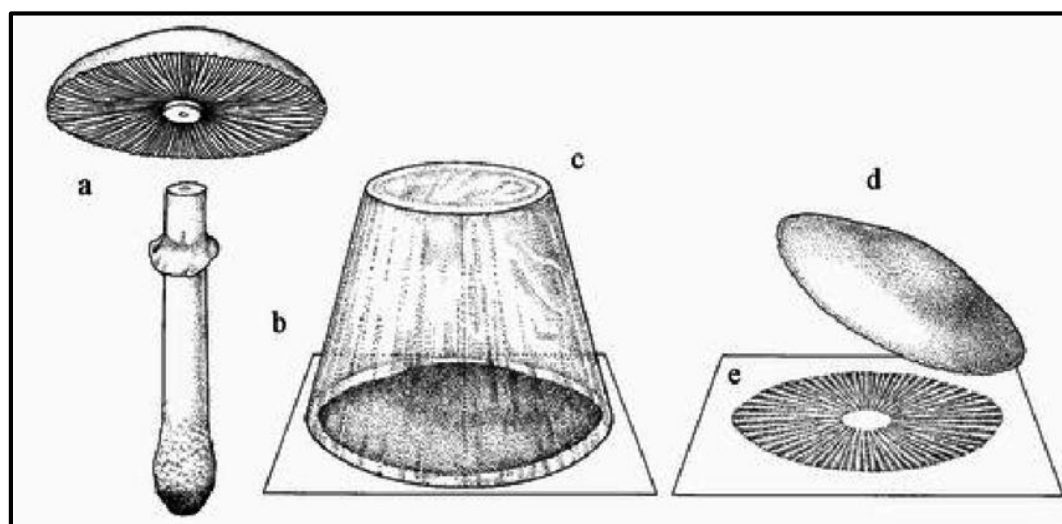
D'autres caractéristiques importantes doivent être prises en compte : l'odeur qui reste parfois difficile à caractériser et l'écoulement de latex, comme les lactaires qui produisent à la cassure un lait de différentes couleurs ; la couleur particulière de ce lait qui change rapidement au contact de l'air est une caractéristique très importante pour déterminer ces espèces. L'ensemble des caractéristiques macroscopiques sont enregistrées sur une fiche descriptive de chaque espèce fongique.



**Figure 15.** Structure d'un champignons Agaricales (Anonyme 3, 2011).

### 3.2. Réalisation d'une sporée

La technique pour réaliser une sporée est très simple. Le chapeau d'un champignon frais est coupé (a) et l'hyménium (partie fertile) est placé sur un papier blanc (dirigé vers le bas) (b), puis recouvert par un verre, pour éviter sa dessiccation et maintenu dans une atmosphère confinée humide (c) (Figure 16). Les résultats d'une sporée sont obtenus après 24 heures (e).



**Figure 16.** Technique d'obtention d'une sporée (Mesfek, 2014).

### 3.3. Examens microscopiques

Les examens microscopiques sont effectués sur des coupes à main levée au niveau de l'hyménium, de la chair, du pied et des spores ; les observations sont réalisées dans l'eau, l'ammoniaque et le bleu coton. Les dimensions des spores sont mesurées à l'aide d'un micromètre oculaire étalonné, muni d'une échelle micrométrique à partir d'une sporée ou d'un fragment du champignon hydraté, dans une petite quantité d'eau distillée stérile. La forme et la couleur des spores sont aussi décrites.

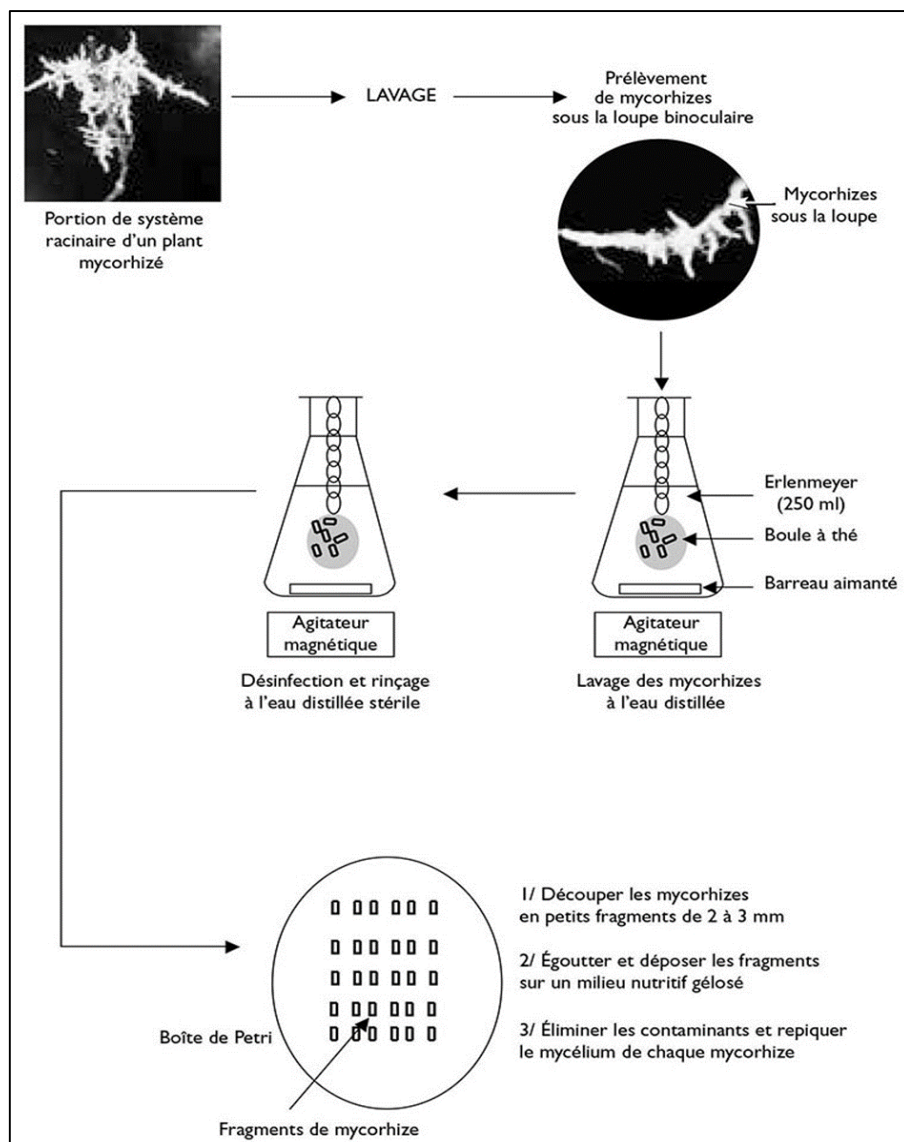
## 4. Examens des mycorhizes

Des échantillons de racines mycorhizées du chêne liège prélevées *in situ* sont examinés au laboratoire, après l'isolement du mycélium par Kadi-Bennane (2016) par la technique donnée ci-dessous.

### 4.1. Protocole d'isolement du mycélium

Le protocole d'isolement du mycélium issu des ectomycorhizes utilisé est celui établi par Bâ et *al.* (2011). Le système racinaire est soigneusement débarrassé de sa motte de terre par un rinçage à l'eau courante. Sous la loupe binoculaire au grossissement (x20), les différents morphotypes ectomycorhiziens sont séparés sur la base de caractères macroscopiques. Elles sont lavées dans une boule à thé, par agitation dans de l'eau courante, afin de détacher les particules du sol. Des fragments d'ectomycorhizes (5 à 10 mm de long) sont désinfectés en surface par trempage de la boule à thé dans une solution d'osmium (0,01 à 0,05% pendant 30 à 60 s) ou d'hypochlorite de calcium (0,3% pendant 3 min), en agitation dans une fiole de 250 ml. Les agents désinfectants sont additionnés de Tween 80 à 2,5%, un agent mouillant qui permet une meilleure adhésion du désinfectant sur les ECMs.

Les fragments de racines désinfectés en surface sont abondamment rincés à l'eau distillée stérile et découpés en fragments de 2 à 3 mm de long environ, égouttés sur du papier-filtre stérile et déposés sur du milieu nutritif gélosé MMN, additionné d'antibiotiques. Les boîtes de Pétri sont scellées avec un ruban adhésif et incubées à 30 °C à l'obscurité. Les fragments contaminés sont éliminés tous les jours. Les hyphes du champignon ectomycorhizien émergent des fragments d'ectomycorhizes après 7 à 21 jours d'incubation (Figure 17).



**Figure 17.** Protocole d'isolement du mycélium issu d'ectomycorhizes (Bâ et *al.*, 2011).

### 5. Constitution d'une base de données des champignons récoltés

Toutes les espèces identifiées par Lachichi (2014) et Benazza-Bouregbe (2017) ont été saisies dans une base de données Access 2010 (Leite, 2008), afin de caractériser le relevé mycologique de ces régions. Cette base de données comporte toutes les informations concernant les espèces récoltées, telles que la nomenclature de l'espèce (nom commun, nom latin), les caractéristiques du relevé (date de récolte, nom de site) et l'écologie de l'espèce (mode de vie, substrat, essences).

**6. Méthode de description de la forme des mycéliums issus des ectomycorhizes**

Visser (1995), Karen et Nylund (1996) et Horton et Bruns (2001) considèrent que le prélèvement du sol et la collecte des ectomycorhizes des racines, bien que destructrice, permet de visualiser directement la composition des communautés ectomycorhiziennes. Kadi-Bennane (2016) entrepris la description des différents morphotypes ectomycorhiziens, en se basant sur les ouvrages de référence d'Agerer (1987-2001 et 2008). Elle a complété la description et l'identification de quelques morphotypes, par des coupes à main levée et observation sous la loupe binoculaire (x20 et x40). D'autres morphotypes ont pu être déterminés par correspondance des mycorhizes avec les carpophores inventoriés *in situ*.

# **CHAPITRE 4**

## Synthèse et discussion des résultats

Une diversité en sporophores commune a été notée entre l'étude de Lachichi (2014) et celle de Benazza-Bouregba (2017), comparée à celle observée au niveau des ECMs de l'étude de Kadi-Bennane (2016). Cependant, la diversité fongique ectomycorhiziennes associée au *Quercus suber* est élevée dans l'ensemble des approches. En outre, la diversité des sporophores fructifiant sous chêne liège varie dans les trois sites d'études.

L'inventaire mycologique des champignons réalisé par Lachichi (2014) au niveau du massif Hafir-Zarieffet, mené entre mars et mai 2014, a permis d'identifier 15 familles de champignons supérieurs. Par ailleurs, cette diversité a été classée en deux phyla : Basidiomycota et Ascomycota et huit ordres (Tableau 4).

Concernant l'étude réalisée dans la forêt de M'sila par Benazza-Bouregba (2017), l'identification est faite sur les champignons récoltés. Un lot de sporophores de Basidiomycètes est identifié par plusieurs méthodes. La diversité fongique est illustrée dans le tableau 4, qui résume toutes les familles identifiées et récoltées dans le parc zoologique de cette forêt. Les espèces sont ordonnées selon la classification phylogénétique de l'ordre des Agaricales proposée par Matheny et *al.* (2006) et la division de la classe des Agaricomycètes réalisée par Hibbett et *al.* (2014). Les espèces identifiées, appartiennent au phylum des Basidiomycota, à la classe des Agaricomycètes et la sous-classe des Agaricomycetidae. Les récoltes sont représentées dans les cinq clades majeurs de l'ordre des Agaricales, parmi les six groupes taxonomiques, des Agaricales définis par Hibbett et *al.* (2006). D'autres espèces sont réparties et classées dans les ordres des Boletales, Russulales, Polyporales et Thelephorales selon Hibbett et *al.* (2014).

**Tableau 4.** Présentation générale des résultats de Lachichi 2014 et celles de Benazza-Bouregba 2017.

Phylum	Résultats de Lachichi en 2014			Résultats de Benazza-Bouregba en 2017.	
	Ordres	Familles	Lieux de récolte	Ordres	Familles
Basidiomycota	Agaricales	Bolbitiaceae	Hafir	Agaricales	Pluteaceae
		Strophafriaceae			Hygrophoraceae
		Psathyrellaceae			Omphalotaceae
		Inocybaceae			Lyophyllaceae ; Tricholomataceae
		Agaricaceae			Hymenogastraceae ; Inocybaceae
		Cortinariaceae			Gymnopileae; Cortiariaceae Psathyrellaceae; Agaricaceae
	Hymenochaetales	Hymenochaetales	Zarieffet Hafir	Boletales	Sclerodermataceae ; Rhizopogonaceae Suillaceae ; Boletaceae
	Boletales	Boletaceae	Zarieffet	Russulales	Russulaceae ; Steraceae
	Russulales	Russulaceae	Hafir	Polyporals Thelephorales	Polyporaceae Bankeraceae
	Dacrymycetales	Dacryomycetaceae			
	Auriculariales	Auriculariaceae			
Tricholomatales	Tricholomataceae				
Ascomycota	Pezizales	Helvellaceae	Hafir		
		Sarcoscyphaceae			
		Pezizaceae	Zarieffet		

D’après Lachichi (2014), 19 espèces de champignons récoltées sont réparties en 15 familles. Trois espèces appartenant à la famille des Hymenochaetaceae, suivi de 2 familles : Helvellaceae et Psathyrellaceae, avec deux espèces chacune. Toutes les autres familles sont représentées par une seule espèce (Tableau 5).

**Tableau 5.** Abondance en espèces des différentes familles de champignons récoltés dans le massif de Hafir-Zarieffet (Lachichi, 2014).

<b>Familles</b>	<b>Pourcentage des espèces (%)</b>
<b>Hymenochaetaceae</b>	15,79
<b>Helvellaceae</b>	10,53
<b>Psathyrellaceae</b>	10,53
<b>Agaricaceae</b>	5,27
<b>Auriculariaceae</b>	5,27
<b>Bolbitiaceae</b>	5,27
<b>Boletaceae</b>	5,27
<b>Cortinariaceae</b>	5,27
<b>Dacryomycetaceae</b>	5,27
<b>Inocybaceae</b>	5,27
<b>Pezizaceae</b>	5,27
<b>Russulaceae</b>	5,27
<b>Sarcoscyphaceae</b>	5,27
<b>Strophariaceae</b>	5,27
<b>Tricholomataceae</b>	5,27

Plus de familles de champignons ont été recensées dans la forêt de Hafir, un bilan de 13 familles. D'une part, les récoltes sont diversifiées et regroupent la majorité des taxons connus des subéraies en mycologie. D'autre part, le massif Hafir-Zariffet, se révèle être une zone très riche du point de vue mycologique, non seulement avec le nombre de taxons récoltés, qui reste encore à compléter, mais aussi avec la diversité des groupes taxonomiques, remarquable dans la forêt de Hafir, avec 84% des champignons prélevés.

Parmi les 15 familles notées, 15 espèces appartiennent aux Basidiomycota et 4 aux Ascomycota. Cette richesse fongique pourrait s'expliquer par l'étendue du massif Hafir-Zarieffet caractérisé par un climat typiquement méditerranéen allant de l'humide au semi-aride. Toutes ces conditions sont favorables à l'installation d'une végétation typique, tel que le chêne liège, ce qui crée des biotopes facilitant le développement et la fructification de plusieurs champignons ectomycorhiziens (Lachichi, 2014).

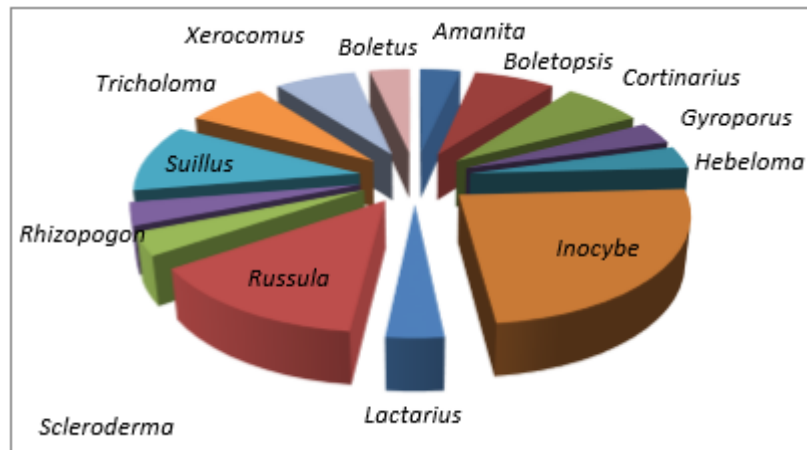
Par rapport à la forêt de M'sila, de nombreuses prospections dans les différents sites de la forêt durant les cinq ans ont permis de tracer un tableau des abondances et la diversité des champignons récoltés dans cette forêt (Tableau 6).

**Tableau 6.** Familles identifiées des champignons récoltés dans la forêt de M'sila (Benazza-Bouregba, 2017).

Parcelles prospectées	Nombre de prospections	Nombres d'espèces
<b>PI</b>	Moins de 4	4
<b>PII</b>	4	16
<b>PIII</b>	5	13
<b>PIV</b>	19	28

Les quatre parcelles PI, PII, PIII et PIV prospectées dans le parc zoologique de la forêt domaniale de M'sila (Oran) présentant des biotopes différents. Il est évident que la biodiversité des champignons récoltés et la richesse en espèces sont étroitement liées au nombre de prospections effectuées dans chaque parcelle, pendant les périodes de fructification et également aux conditions climatiques annuelles favorables au développement de ces champignons. Les résultats obtenus montrent une corrélation entre la superficie des parcelles, le nombre de prospection et la diversité des champignons recensés. D'autres facteurs peuvent également contribuer dans l'évaluation de la richesse fongique d'un écosystème forestier, en particulier l'intensité des recherches au cours des prospections, les caractéristiques écologiques des espèces, ainsi que la dimension des sporophores (discernables ou non sur le terrain). La rareté ou l'absence de sporophores dans la parcelle (PI) serait probablement dû à la quantité insuffisante d'humus, en effet, cette parcelle de la forêt constitue une partie récréative du parc et le sol est piétiné et mis à nu, ce qui nuit aux champignons ectomycorhiziens. Les parcelles PII, PIII et PIV sont au contraire, moins anthropisées, ce qui explique l'abondance et la diversité des champignons ectomycorhiziens récoltés au cours des prospections.

La totalité des champignons ectomycorhiziens recensés est représentée par 29 espèces. Les faibles taux de matière organique des sols de la forêt de M'sila n'ont pas été une barrière pour l'installation de ces champignons. Les espèces les plus abondantes sont représentées par les genres *Inocybe*, *Russula* et *Suillus* (Figure 18).



**Figure 18.** Espèces ECMs identifiées dans la forêt de M'sila (Benazza-Bouregba, 2017).

Pour bien identifier la diversité fongique de la forêt de M'sila, des prospections sur deux saisons différentes durant cinq ans ont été effectuées par Benazza-Bouregba (2017). Selon Guinberteau et Courtecuisse (1997), il faudra 7 à 12 ans de prospections pour établir un diagnostic concret de la diversité fongique d'un milieu. Les champignons ectomycorhiziens sont généralement plus abondants dans des zones boisées, où la végétation est dense avec la présence de chêne liège, pin d'Alep, arbousier, chêne kermès et d'espèces herbacées. Dans la parcelle (PIV), l'auteur a rencontré essentiellement le chêne liège, le pin d'Alep et quelques pins pignon ; le sol est plutôt nu, sauf au printemps où c'est le trèfle qui recouvre le sol. Les observations de cet auteur rejoignent les analyses de Richard et *al.* (2005) et Azul et *al.* (2009), qui ont signalé que la mycoflore des forêts méditerranéennes est très diverse et qu'elle dépend aussi bien de la composition de la forêt, que des strates végétales.

Selon l'étude réalisée par Kadi-Bennane (2016), les observations de 8514 racines issues de 30 arbres d'âges différents et 21 plantules obtenus durant les quatre saisons ont permis d'inventorier 58 morphotypes ectomycorhiziens associés au chêne liège en conditions naturelles. Ces résultats sont illustrés dans le tableau 7.

**Tableau 7.** Représentation des différents morphotypes identifiés dans la subéraie de Taksebt (Zekri, Tizi-Ouzou), (Kadi-Bennane, 2016).

Morphotypes	Pourcentage (%)
Types d'exploration contact	31
Types d'exploration courte distance	26
Types d'exploration moyenne distance	22
Types d'exploration longue distance	21

Kadi-Bennane (2016) a constaté que le chêne liège est doté d'un nombre important de partenaires fongiques ectomycorhiziens. Les groupes les plus représentés sont les types d'exploration contact au nombre de 18 morphotypes (31%) et courte distance constitué de 15 morphotypes (26%). Selon Hobbie et Agerer (2010), ces résultats seraient induits par la faible demande en carbone de l'hôte, bien qu'ils soient en général plus efficaces dans le transport de l'eau. Les groupes moyenne et longue distance se retrouvent à des pourcentages respectifs de 22% et 21%. La richesse de ces derniers est aussi intéressante. Cependant, une majorité de leur morphotypes sont rares et observés une seule à deux fois sur tous les fragments racinaires des arbres (Kadi-Bennane, 2016). Selon cet auteur, ces deux types d'explorations nécessitent de grandes quantités de carbone pour établir un vaste réseau mycélium d'exploration. En raison de l'offre réduite par les arbres, ce carbone ne peut être disponible en période de sécheresse, ce qui favorise les espèces qui ne produisent que peu de mycélium externe, tels que les types d'exploration contact et courte distance (Lilleskov et *al.*, 2011). De plus, Kjoller et *al.* (2012) rapportent que dans les conditions optimales de disponibilité en azote dans le milieu, les types d'exploration contact sont favorisés en opposition aux types de longue distance, qui dans ce cas sont faiblement présents. Lilleskov et *al.* (2011) ont rapporté aussi leurs sensibilités (réponse négative) à la concentration en azote organique du sol. Kadi-Bennane (2016) conclue que la présence en grand nombre et richesse de ces deux types serait donc induite par les faibles concentrations d'azote organique et du phosphore dans le sol de la station d'étude.

Pendant la saison sèche, 47 morphotypes bien distingués par leurs caractères morphologiques et anatomiques ont été inventoriés (Kadi-Bennane, 2016). Cet auteur a constaté que le chêne liège répond à la sécheresse estivale, en s'associant aux champignons qui forment des ectomycorhizes de type exploration contact et courte distance. Selon Azul et *al.* (2009) et Lancellotti et Franceschini (2013), *Quercus* en général présente un cortège ectomycorhizien riche. Garbaye (2013) a rapporté que lorsque le sol sèche, le taux d'ectomycorhizes diminue et le taux de racines courtes et fines colonisées par certaines ECMs augmente. Par leur résistance à la sécheresse, ces ECMs confère un rôle protecteur contre la dessiccation aux racines vivantes et leur permet de rester en vie et fonctionnelles avec une récupération rapide de l'absorption d'eau et de minéraux (Jany et *al.*, 2003). Cependant, comparativement à d'autres saisons (printanières et automnales), Kadi-Bennane (2016) a noté la présence de différents morphotypes en automne en grand nombre et l'absence de plusieurs morphotypes au printemps et cela selon les successions végétales installés.

Kadi-Bennane (2016) a signalé la présence de plusieurs morphotypes de la classe des Basidiomycètes à savoir : *Russula sp.*, *Lactarius subdulcis*, *Lactarius chrysorrheus*, *Amanita muscaria*, *Dermocybe sp.*, *Laccaria sp.* et *Inocybe sp.* Les Ascomycètes sont aussi bien représentés par *Cenococcum geophilum* et par les espèces du genre *Tuber*. D'après cet auteur, une diversité importante de champignons ectomycorhiziens fructifie sous le houppier du chêne liège. Les russules sont des champignons souvent dominants dans les forêts, ils sont réputés par une production faible de spores, avec un pouvoir germinatif très faible (5%), même en présence de la plante hôte. Contrairement aux inocybes, champignons pionniers, ils produisent peu de spores, mais avec un pouvoir germinatif relativement élevé (60%) en présence de la plante hôte (Nara, 2009).

Selon Courty et al. (2005), les ectomycorhizes formées en association avec les espèces du genre *Laccaria* sont spécialisées dans la décomposition de la litière et du bois par le biais de la batterie de laccase peroxydases, cellulase et hydrolases. Garbaye (2013) signale que les genres *Russula sp.*, *Lactarius subdulcis*, *Lactarius chrysorrheus sp.*, *Laccaria sp.*, *Cenococcum geophilum*, *Tuber sp.* et *Inocybe sp.* sont capables, à travers leurs hyphes isolés ou faiblement agrégés en faisceaux lâches à surface hydrophile, d'absorber l'eau sur toute leur longueur et sont revêtus d'un film d'eau capillaire lorsque le sol est humide.

Les caractères anatomiques adoptés chez la majorité des mycorhizes observés présentent un aspect fonctionnel qui suggère l'efficacité de ces dernières. Deux types du manteau fongique sont observés chez *Quercus suber* : plectenchymateux et pseudo-parenchymateux (Kadi-Bennane, 2016). Agerer (1995a) considère que le manteau pseudo-parenchymateux est plus évolué d'un point de vue structural et évolutif. Ce dernier prévient la formation d'une phase extra-matricielle en relation avec les grandes cellules du manteau externe. Il est apparemment destiné à former des ectomycorhizes, en contact direct avec les particules du sol et augmente ainsi les capacités hydrophiles de ces cellules (Agerer, 2006). Selon Peterson et al. (2004), un manteau fongique plus développé a un rôle protecteur, mais aussi celui de réserve. Cependant, Van der Heijden et Kuyper (2009) rapportent que lorsque le champignon se développe davantage par des épaisseurs importantes du manteau et une forte colonisation de racine, il mobilise une grande quantité d'azote pour sa propre croissance, transférant peu de nutriments à la racine. Il présente un rôle d'absorption de l'eau et d'éléments minéraux. Peterson et al. (2004) rapportent que lorsque le manteau interne est épais et composé de plusieurs couches, un échange bidirectionnel d'eau et de nutriments est

observé entre le manteau interne et le réseau de Hartig, car ce dernier est le siège même de tous les échanges entre la plante hôte et son partenaire fongique.

Le chêne liège en général présente un cortège ectomycorhizien riche tout au long des saisons, mais aussi en fonction de l'âge des arbres. Des travaux sur la même espèce (*Quercus suber* L.) dans différentes régions d'Algérie ont montré que certaines espèces fongiques qualifiées de généralistes, ont de larges spectres d'hôtes. C'est le cas des russules et les inocybes, qui sont présents dans les trois régions étudiées. D'autres, au contraire, présentent une spécificité étroite vis-à-vis d'un genre ou d'une famille de plantes ; ils sont qualifiés de spécialistes. Par exemple, les espèces du genre *Suillus* sont des champignons presque exclusivement associés aux Pinaceae et parfois aux Monotropaceae (Molina et Trappe 1994 ; Kretzer et al., 1996 ; Taylor et Bruns 1997).

Comme précisé précédemment, une espèce d'arbre peut héberger plusieurs espèces de champignons ectomycorhiziens, dans un écosystème forestier. Toutefois, l'apparition de changements globaux dans un écosystème peut être susceptible de modifier la composition d'une communauté ectomycorhizienne associée à une plante hôte. Cependant, l'interaction d'une plante hôte avec plusieurs espèces fongiques ayant des caractéristiques morphologiques et physiologiques différentes, pourrait lui donner accès à une large gamme de réservoirs d'éléments nutritifs (Smith et Read 2008).

Plusieurs facteurs climatiques et édaphiques pourraient contribuer dans la distribution et l'abondance de ces communautés fongiques associées au chêne liège. Les précipitations annuelles moyennes nettement plus élevées à la subéraie de Taksebt (Zekri, Tizi-Oizou) qu'à la forêt de M'sila et les deux forêts du massif Hafir-Zarieffet peuvent contribuer à cette variation. En effet, le potentiel hydrique du sol dépend en partie du niveau des précipitations annuelles dans les forêts. De ce fait, l'abondance et la répartition des précipitations peuvent être des facteurs importants dans la structuration et la diversité des espèces fongiques ectomycorhiziens, fructifiant dans les forêts à chêne liège (Sene, 2015). Kadi-Bennane (2016) a montré que les conditions d'acidité du milieu impliquent une richesse fongique partenaire du chêne liège dans son milieu naturel.

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

La synthèse des travaux a révélé une richesse et une diversité de champignons ectomycorhiziens tout à fait exceptionnelles dans les différentes régions algériennes étudiées (Tlemcen, Tizi-Ouzou et M'sila) impliquée dans la survie du chêne liège (*Quercus suber* L.) en conditions naturelles.

Au cours de notre travail, nous avons noté :

Dans les deux régions Tlemcen et M'sila, ils ont fait des prospections a différentes stations à différentes années ils ont arrivé à ;

- Dans la subéraie de Tlemcen, ils ont recensé 15 familles de champignons ont apparu dont 15 espèces appartiennent aux Basidiomycota et 4 Ascomycota. La famille la plus rencontrée appartient à la division Basidiomycota : Hymenochaetaceae avec 3 espèces, alors que la plus rencontrée en Ascomycota regroupe 4 espèces, il s'agit de Helvellaceae. Cette richesse fongique a été expliquée par l'étendue du massif Hafir-Zarieffet, caractérisé par un climat typiquement méditerranéen allant de l'humide au semi-aride. Toutes ces conditions sont favorables à l'installation d'une végétation typique tels que les chênes, les pins, les eucalyptus et l'acacia, ce qui crée des biotopes facilitant le développement des champignons ectomycorhiziens ;
- Pour la subéraie de M'sila, la totalité des champignons ectomycorhiziens recensé sont représenté par 29 espèces appartiennent aux Basidiomycota, car les plus abondantes sont représentées par les genres *Inocybe*, *Russule* et *Suillus*.
- Dans la subéraie de Tizi-Ouzou, ils ont marqué une grande richesse en morphotypes ectomycorhiziens tout au long de l'année. Cette essence forme des ECMs appartenant aux différents niveaux taxonomiques et des différents groupes fonctionnels d'exploration. Les plus riches et les plus abondants sont les morphotypes de types d'exploration contact et courte distance, avec des pourcentages de 31% et 26% respectivement. A l'opposé, les groupes de type d'exploration de moyenne et longue distance bien que riche et présent sont rares parfois observés une à deux fois tout au long de l'année.

Cependant, les recensements des champignons ectomycorhiziens établie dans les trois régions, nous a permis de voir une diversité morphologique des ECMs naturelles importantes du chêne liège.

Il serait intéressant de poursuivre ce travail par une identification moléculaire des morphotypes ectomycorhiziens. L'étude des communautés d'ECMs du chêne liège est très

## **Conclusion générale**

---

complexe. Il est donc souhaitable d'approfondir cette étude par d'autres travaux dans plusieurs régions à des longues durées. Ceci, afin de bien appréhender les différentes compositions communautaires ectomycorhiziennes et d'identifier de nouvelles souches à proposer à l'inoculation multiple pour les pépinières et les projets de reboisement de grande envergure dans notre pays.

# **Références Bibliographiques**

1. **Aafi, A., 2006.** La Mamora. Encyclopédie du Maroc. 21 : 7199-7200.
2. **Achhal A., Akabli O., Barbéro M., Benabid A., M'hirit O., Peyre C., Quezel P., Rivas Martinez S., 1980.** A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières du Maroc. *Ecologia mediterranea*. 5 : 211-249.
3. **Agerer R. 2001.** Exploration types of ectomycorrhizae. *Mycorrhiza* 11 : 107-114.
4. **Agerer R. 2006.** Fungal relationships and structural identity of their ectomycorrhizae. *Mycol Prog*. 5 : 67-107.
5. **Agerer R., 1987-2002.** Colour atlas of ectomycorrhizae. Schwäbisch Gmünd, Munich : Einhorn-Verlag, Eching. 249–302.
6. **Agerer R., 1987-2008.** Colour atlas of ectomycorrhizae. Einhorn-Verlag, Schwäbisch Gmünd, 1st–13th.
7. **Agerer R., 1995A.** Anatomical characteristics of identified ectomycorrhizas: an attempt towards a natural classification. In : Varma AK, Hock B (Eds). *Mycorrhiza : structure, function, molecular biology and biotechnology*. Springer, Berlin Heidelberg New York. 685-734.
8. **Agerer R., 1995B.** Ectomycorrhizae of *Tomentella albomarginata* (Thelephoraceae) on Scots pine. *Mycorrhiza* 6 : 1-7.
9. **Agerer R., Rambold G. 2004–2016.** [First posted on 2004-06-01; most recent update: 2011-0110]. DEEMY – An Information System for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae. [www.deemy.de](http://www.deemy.de) – München, Germany.
10. **Anonyme** **2,** **2006.**  
[https://www.google.com/search?q=cycle+de+developement++d%27un+ascomyc%C3%A8te+&tbm=isch&ved=2ahUKEwj48\\_PlOnuAhUDFIMKHbsMBS0Q2-cCegQIABAA&oq=cycle+de+developement++d%27un+ascomyc%C3%A8te+&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJ1D04QdY6e8IYIj3CGgBcAB4AIAB-QSIAcY-kgEKMi0xMi43LjEuM5gBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&scient=img&ei=FfooYLiVNIOszAK7mZToAg&bih=657&biw=1366#imgrc=JMxRo0NuXGZrZM](https://www.google.com/search?q=cycle+de+developement++d%27un+ascomyc%C3%A8te+&tbm=isch&ved=2ahUKEwj48_PlOnuAhUDFIMKHbsMBS0Q2-cCegQIABAA&oq=cycle+de+developement++d%27un+ascomyc%C3%A8te+&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJ1D04QdY6e8IYIj3CGgBcAB4AIAB-QSIAcY-kgEKMi0xMi43LjEuM5gBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&scient=img&ei=FfooYLiVNIOszAK7mZToAg&bih=657&biw=1366#imgrc=JMxRo0NuXGZrZM).
11. **Anonyme** **1,** **2014.**  
[https://www.google.com/search?q=les+fleurs+m%C3%A2le+et+femelle+du+ch%C3%AAn+li%C3%A8ge&tbm=isch&ved=2ahUKEwjy3pi1xKbtAhXHgM4BHa3QD7sQ2-cCegQIABAA#imgrc=KJyqgp3m6c\\_3NM](https://www.google.com/search?q=les+fleurs+m%C3%A2le+et+femelle+du+ch%C3%AAn+li%C3%A8ge&tbm=isch&ved=2ahUKEwjy3pi1xKbtAhXHgM4BHa3QD7sQ2-cCegQIABAA#imgrc=KJyqgp3m6c_3NM).

12. Anonyme 3, 2011.  
[https://www.google.com/search?q=les+diff%C3%A9rentes+parties+d%27un+champiignon&sxsrf=ALeKk03d1qKK4\\_l6DJxadovcn6Pa6dUd6g:1613138943630&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=qexdHOSFpxy2aM%252CJphOt-ESI8Mf\\_M%252C\\_&vet=1&usg=AI4](https://www.google.com/search?q=les+diff%C3%A9rentes+parties+d%27un+champiignon&sxsrf=ALeKk03d1qKK4_l6DJxadovcn6Pa6dUd6g:1613138943630&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=qexdHOSFpxy2aM%252CJphOt-ESI8Mf_M%252C_&vet=1&usg=AI4).
13. APCOR. 2012. Cork, 2012. Available in :  
[www.apcor.pt/userfiles/File/Publicacoes/AnuarioAPCOR2012.pdf](http://www.apcor.pt/userfiles/File/Publicacoes/AnuarioAPCOR2012.pdf).
14. Aronson J., Pereira, JS., Pausas JG., 2009. Cork Oak Woodlands on the Edge Ecology, Adaptive Management, and Restoration Society for Ecological Restoration International. Society for Ecological Restoration International and Island Press, 307p.
15. Aučina A, Rudawska M, Leski T, Ryliškis D, Pietras M, Riepšas E (2011). Ectomycorrhizal fungal communities on seedlings and conspecific trees of *Pinus mugo* grown on the coastal dunes of the Curonian Spit in Lithuania. *Mycorrhiza* 21: 237-245.
16. Azul A.M., Castro P., Sousa J. P., Freitas H. 2009. Diversity and fruiting patterns of ectomycorrhizal and saprobic fungi as indicators of land-use severity in managed woodlands dominated by *Quercus suber* — a case study from southern Portugal. *Can. J. For. Res.* 39 : 2404-2417.
17. Azul AM., Sousa JP., Agerer R., Martin MP., Freitas H., 2010. Land use practices and ectomycorrhizal fungal communities from oak woodlands dominated by *Quercus suber* L. considering drought scenarios. *Mycorrhiza*. 20 : 73-88p.
18. Bâ A., Duponnois R., Diabaté M., Dreyfus B., 2011. Les champignons ectomycorhiziens des arbres forestiers en Afrique de l'Ouest : Méthodes d'étude, diversité, écologie, utilisation en foresterie et comestibilité. IRD Éditions, 252p.
19. Bâ A., Duponnois R., Moyersoén B., Diédhiou A., 2012. Ectomycorrhizal symbiosis of tropical African trees. *Mycorrhiza*. 22 : 1-29.
20. Bâ A., Garbaye J., Dexheimer J., 1991. Influence of fungal propagules during the early stage of the time sequence of ectomycorrhizal colonization on *Afzelia africana* Sm. seedlings. *Canadian Journal of Botany*. 66 : 2442-2447.
21. Bakker MR., Garbaye J., Nys C., 2000. Effect of liming on the ecto-mycorrhizal status of oak. *Forest Ecology and Management*. 126 : 121-131.
22. Barbaye J., 2013. La symbiose mycorhizienne : une association entre les plantes et les champignons ; Editions Quae. 31p.

23. **Benabid A., 2000.** Flore et écosystème du Maroc : évaluation et préservation de la biodiversité. Ibis Press. Paris. 357 p.
24. **Benazza-Bouregba M., 2017.** Inventaire et identification des Basidiomycètes de la forêt de M'sila (Oran). Thèse de doctorat en Biotechnologie, Université Ahmad Ben Bêla d'Oran ,12-166p.
25. **Benseghir LA., 2002.** Amélioration des techniques de production hors-sol du chêne liège : conteneurs-substrats-nutrition minérale. Mémoire de Magistère. Université Badji moukhtar d'Annaba, 41-42p.
26. **Bingham MA., Simard SW., 2012.** Mycorrhizal networks affect ectomycorrhizal fungal community similarity between conspecific trees and seedlings. *Mycorrhiza*. 22 : 317-326.
27. **Blaise T., Garbaye J., 1983.** Effets de la fertilisation minérale sur les ectomycorhizes d'une hêtre. *Oecol. Plant.* 18 : 165-169.
28. **Bouchaour-Djabeur S., 2001.** Diagnostic sanitaire de quelque subéraie de l'Ouest Algérien. Etude particulière des principaux insectes Ravageurs. Thèse en Foresterie, Département des ressources forestières, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'univers, Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, Algérie, 158p.
29. **Boudaoud N., 2006.** Potentialités d'utilisation du nez électronique à spectromètre de masse pour la caractérisation de la fraction volatile du liège œnologique. Thèse doctorale (ABIÉS) en chimie analytique. Institut National Agronomique Paris-Grignon. 157p.
30. **Boudy P., 1950.** Economie forestière Nord-Africaine. T. (2) Fasc .1. Monographie et traitement des essences forestières. Ed. Larose, Paris, 525p.
31. **Boudy P., 1955.** Economie forestière Nord-Africaine, description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose édition. Paris, France, 483p.
32. **Bouhraoua RT., 2003.** Situation sanitaire de quelques forêts de chêne liège de l'ouest algérien : étude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse de doctorat d'état en foresterie. Université Abou bakr belkaid Tlemcen. 290p.
33. **Boussaidi N., 2012.** Impacts de l'action anthropique sur la subéraie tunisienne : essai de projection dans le futur d'un écosystème (cas de la subéraie de kroumirie-nord-ouest de la Tunisie). Thèse de doctorat. Institut National Agronomique de Tunisie (INAT). 220p.

34. **Brundrett MC., 2002.** Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytologist*. 154 : 275-304.
35. **Cairney JWG., Chambers SM., Erland S., Taylor AFS., 1999.** Resupinate Ectomycorrhizal Fungal Genera. In : *Ectomycorrhizal Fungi Key Genera in Profile*. Springer Berlin Heidelberg. 22 : 103-111.
36. **Caravaca F., Barea JM., Palenzuela FD., Alguacil MM., Roldan A., 2002.** Establishment of shrub species in a degraded semi-arid site after inoculation with native or allocthonous arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied Soil Ecology*. 22 : 103-111.
37. **Chebil A., Daly H., 2006.** Analyse du revenu d'élevage dans la forêt de chêne liège d'Iteimia : impact des scénarios de gestion de pâturage. *Annales de l'INRGREF*. 9 : 70-81p.
38. **Claude P., Chalot M., Botton B., Martin F., 1997.** Le rôle des ectomycorhizes dans la nutrition azotée des arbres forestiers, *Rev. For. Fr.* XLIX. 94-95p.
39. **Colin A., Derrière N., 2005.** La forêt française : un puits de carbone ? Son rôle dans la limitation des changements climatiques. *L'IF*. N° 7 : 1-8p.
40. **Colpaert JV., Van Tichelen KK., Van Assche JA., Van Laere A., 1999.** Short-term phosphorus uptake rates in mycorrhizal and non- mycorrhizal roots of intact *Pinus sylvestris* seedlings. *New Phytologist*, 143 : 589-597.
41. **Courty P. E., Pritsch, K., Schloter M., Hartmann A., Garbaye J., 2005.** Activity profiling of ectomycorrhiza communities in two forest soils using multiple enzymatic tests. *New Phytologist*, 174 : 240-243.
42. **Dauglas A., Charles B., David L., 2007.** Changes in forest structure following variable retention harvests, pp: 9.
43. **De Bary A., Garnsey HEF., 1887.** Comparative morphology and biology of the fungi, mycetozoa and bacteria. Clarendon Press. 129 : 83-95.
44. **Dexheimer J., 1997.** Etude structurale et fonctionnelle des interfaces entre le champignon et la plant-hôte. *Revu. Forest. F*, 49, 43-56.
45. **DGF, 2011.** Rapport sur la politique forestière et la stratégie de l'aménagement et de développement durable des ressources forestières et alfatière.
46. **Diédhiou AG., Dupouey JL., Buée M., Dambrine E., Laüt L., Garbaye J., 2010.** The functional structure of ectomycorrhizal communities in an oak forest in central France witnesses ancient Gallo-Roman farming practices. *Soil Biology and Biochemistry*. 42 : 860-862.

47. **Dommergues Y., et Mangenot F., 1970.** Ecologie microbienne du sol. Paris Fr, Masson et Cie, 802 p.
48. **Drénou C., 2006.** Les racines face cachée des arbres, Livre 29-30p.
49. **El Antry Tazi S., Abourouh M., Aafi A., 2008.**Etat des connaissances Scientifiques sur les subéraies : Bilan et perspectives. Annales de Recherche forestière au Maroc, Tome spécial 39 : 9-18.
50. **Emberger L., 1939.** Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte Biodiversité. Ibis Press, Paris. 357p.
51. **Ferreira A., Lopez F., Pereira H., 2000.** Caractérisation de la croissance et de la qualité du liège dans une région de production. Ann. For. Sci. 57: 187-193.
52. **Flores R., Diaz G., Honrabria M., 2005.** Mycorrhizal synthesis of *Lactarius indigo* (Schw) Fr. with five Neotropical pine species. Mycorrhiza, 15 :563-570.
53. **Fraval A., 1991.** Contribution à la connaissance des rythmes de floraison du chêne liège en forêt de Mamora. Ann. Rech. For. Maroc. 25 : 102-118.
54. **Garbaye J., 2013.** La symbiose mycorhizienne. Synthèse edit-Quae. 251p.
55. **Garbaye J., Guehl JM., 1997.** Le rôle des ectomycorhizes dans l'utilisation de l'eau par les arbres forestiers. Revue forestière française. 49 : 110-120.
56. **Gil L., Varel A., 2008.** EUFORGEN Technical guidelines for genetic conservation and use for cork oak (*Quercus suber* L.). Biodiversity International, Rome, Italy.
57. **Gobat JM., Aragno M., Matthey W., 2003.** Le sol vivant : Bases de pédologie, Biologie des sols. Presses polytechniques et universitaires romandes (Ed) 528p.
58. **González-Adrados JR., Garcia-Del Ceca JL., González-Hernández F., 2009.** Evaluación de anomalías y clasificación del corcho, in: Santiago Zapato (editor). Cork oak woodlands and cork industry: present, past and future. Museu del Suro de palafrugell copyright, Berceclona, 160-170.
59. **Guinberteau, J., Courtecuisse, R., 1997.** Diversité des champignons (surtout mycorhiziens) dans les écosystèmes forestiers actuels. Revue forestière française, 49 :25-39.
60. **Halimi A., 1980.** L'Atlas Blédeen : climats et étages végétaux. Edition.O.P.U. Alger. 523p.
61. **He X., Nara K., 2007.** Element biofortification: can mycorrhizas potentially offer a more effective and sustainable pathway to curb human malnutrition? Trends in Plant Science. 12 : 331-333.

62. Heckman DS., Geiser DM., Eidell BR., Stauffer RL., Kardos NL., Hedges SB., 2001. Molecular evidence for the early colonization of land by fungi and plants. *Science*. 293 : 1129-1133.
63. Hibbett DS., 2006. A phylogenetic overview of the Agaricomycotina. *Mycologia*, 98: 917-925.
64. Hibbett DS., Bauer R., Binder M., Giachini AJ., Hosaka K., Justo A., Nagy LG., 2014. Agaricomycetes. In *Systematics and evolution* Springer Berlin Heidelberg. 373-429.
65. Hobbie E. A., Agerer R. 2010. Nitrogen isotopes in ectomycorrhizal sporocarps correspond to belowground exploration types. *Plant and Soil*, 327(1-2), 71-83.
66. Horton TR., Bruns TD., 2001. The molecular revolution in ectomycorrhizal ecology: peeking into the black box. *Mol Ecol* 10 : 1855–1871.
67. IPROCOR, 1999. Manuel didactique de l'éleveur et de l'ouvrier spécialisé dans les travaux d'exploitation du chêne liège. Instituto del Corcho, la Madera y el Carbon, Junta de Extramadura. 231p.
68. Jacob M., 2005. Travail exploratoire sur la valorisation d'une ressource forestière non ligneuse : Les champignons sylvestres du massif d'Annot. Mémoire de fin d'étude, Université Limoges, France, 54p.
69. Jany J. L., Martin F., Garbaye J. 2003. Respiration activity of ectomycorrhizas from *Cenococcum geophilum* and *Lactarius sp* in relation to soil water potential in five beech forests. *Plant and Soil* 255:487-494.
70. Jones MD., Durall DM., Cairney JWG., 2003. Ectomycorrhizal fungal communities in young forest stands regenerating after clearcut logging. *New Phytologist*. 157 : 399-422.
71. Kadi-Bennane S., 2016. Les ectomycorhizes du chêne liège : Effet des facteurs environnementaux. Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques. Thèse de doctorat en Sciences Biologiques. UMMTO. 21p.
72. Kårén O., Nylund J. E. 1996. Effects of N-free fertilization on ectomycorrhiza community structure in Norway spruce stands in Southern Sweden. *Plant and Soil*, 181 :295-305.
73. Kjølner R., Nilsson L.O., Hansen K., Schmidt I.K., Vesterdal L., Gundersen P. 2012. Dramatic changes in ectomycorrhizal community composition, root tip abundance and mycelial production along a stand- scale nitrogen deposition gradient. *New phytologist*, 194(1), 278-286.

- 74. Kretzer A., Li YN., Szaro T., Bruns TD., 1996.** Internal transcribed spacer sequences from 38 recognized species of *Suillus sensu lato*: phylogenetic and taxonomic implications. *Mycologia*, 88: 776-785.
- 75. Lachichi A., 2014.** Contribution à l'étude de la biodiversité des champignons supérieurs dans les subéraies de Hafir et Zarieffet (Tlemcen), Université abou bekr belkaid Tlemcen faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers, Mémoire de fin d'étude en Ecologie, Gestion et Conservation de la Biodiversité. 29-74p.
- 76. Lambers H., Raven JA., Shaver GR., Smith SE., 2008.** Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. *Trends in Ecology & Evolution*. 23 : 95-103.
- 77. Lancellotti E., Franceschini A. 2013.** Studies on the ectomycorrhizal community in a declining *Quercus suber* L. stand. Springer-Verlag Berlin Heidelberg Mycorrhiza 23:533-542.
- 78. Le Tacon F., 1998.** The land flora: a phototroph-fungus partnership. *Trends in Ecology et Evolution* 13 : 15–28.
- 79. Leite S., 2008.** La bio-indication mycologique de la forêt domaniale Sainte-Croix-Volvestre. Mémoire Master 2, Université. Paul Sabatier, Toulouse III, France, 42p.
- 80. Lilleskov EA., Hobbie EA., Horton TR., 2011.** Conservation of ectomycorrhizal fungi: exploring the linkages between functional and taxonomic responses to anthropogenic N deposition. *Fungal Ecol.* 4 :174–183.
- 81. Louni D., 1994.** Les forêts algériennes. *Forêt méditerranéenne*, 15 : 59-63.
- 82. Marion J., 1951.** La régénération naturelle du chêne liège en Mamora. *Annales de la Recherche Forestière*. Rabat. 1 : 25-57.
- 83. Marmeisse R., Guidot A., Gay G., Lambilliotte R., Sentenac H., Combier JP., Melayah D., Fraissinet-Tachet L., Debaud JC. 2004.** *Hebeloma cylindrosporum*: a model species to study ectomycorrhizal symbiosis from gene to ecosystem. *New Phytologist*. 163 : 481-498.
- 84. Martin F., Duplessis S., Ditengou F., Lagrange H., Voiblet C., Lapeyrie F. 2001** Developmental cross talking in the ectomycorrhizal symbiosis: signals and communication genes. *New Phytologist*. 151 : 145-154.
- 85. Martin F., Selosse MA., 2008.** The *Laccaria* genome: a symbiont blueprint decoded. *New Phytologist* 180: 296-310.

- 86. Matheny PB., Curtis JM., Hofstetter V., Aime MC., Slot JC., Hibbett DS., 2006.** Major clades of Agaricales : à multilocus phylogenetic overview. *Mycologia*. 98 : 982-995.
- 87. McGuire KL., 2007.** Common ectomycorrhizal networks may maintain monodominance in a tropical rain forest. *Ecology*. 88 : 567-574.
- 88. Melin E., Nilsson H., 1950.** Transfer of radioactive phosphorus to pine seedlings by means of mycorrhizal hyphae. *Physiologia Plantarum*. 3 : 88-92.
- 89. Mesfek F., 2014.** Etude écologique et taxonomique des champignons forestiers et morphologie des ectomycorhizes du chêne vert dans la Wilaya de Relizane, Université d'Oran es-senia, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Mémoire de magister en Biotechnologie. 67p.
- 90. Molina R., Massicotte H., Trappe JM., 1992.** Specificity phenomena in mycorrhizal symbiosis: community-ecological consequences and practical implications. In : Allen MF (ed.) : *Mycorrhizal functioning*. Chapman & Hall: London, UK. pp. 357-423.
- 91. Molina R., Trappe JM., 1994.** Biology of the ectomycorrhizal genus *Rhizopogon*. I. Host associations, host-specificity and pure culture syntheses. *New Phytologist*, 126 : 653-675.
- 92. Montero G., Cañellas I., 1999.** Manual de reforestación y cultivo de alcornoque (*Quercus suber* L.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnológica de Investigativo de alcornoque, Grafistaff, S.L. Madrid. 103p.
- 93. Mosse B., 1956.** Fructifications of an *Endogone* species causing endotrophic mycorrhiza in fruit plants. *Annals of Botany*, 20(2), 349-362.
- 94. Nara K., 2009.** Spores of ectomycorrhizal fungi: ecological strategies for germination and dormancy. *New Phytologist* 181 : 245-248.
- 95. Natividade JV., 1956.** Subériculture. ED Française de l'ouvrage Portugais subériculture. E.N.E.F. (Nancy). 303p.
- 96. Nieto MP, Carbone SS (2009).** Characterization of juvenile maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) ectomycorrhizal fungal community using morphotyping, direct sequencing and fruitbodies sampling. *Mycorrhiza* 19 : 91-98.
- 97. Pausas J.G, Pereira J.S., Aronson J., 2009.** The tree in Aronson J., Pereira J.S., Pausas J.G., eds. *Cork oak woodlands on the edge Ecology, adaptative, management, and restoration* Society for ecological restoration international. USA : 11-21p.

98. **Peay KG., Garbelotto M., Bruns TD. 2009.** Spore heat resistance plays an important role in disturbance- mediated assemblage shift of ectomycorrhizal fungi colonizing *Pinus muricata* seedlings. *Journal of Ecology*. 97 : 537-547.
99. **Peterson RL., Massicotte HB., Melville LH., 2004.** Mycorrhizas: anatomy and cell biology. CABI publishing. 182 p.
100. **Piazzetta R., 2005.** La levée du liège, guide technique et de vulgarisation, institut méditerranéen du liège. 23p.
101. **Quézel P., 1956.** Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques d'Algérie Mém. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord, Alger, N.S., 1, 57p.
102. **Quézel P., Médail F., 2003.** Ecologie et biogéographie du bassin méditerranéen, 2nd Edn. Elsevier. Paris, 571p.
103. **Rached-Kanouni M., 2013.** Adaptation du chêne liège (*Quercus suber* L.) aux conditions extrêmes de température. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques et Physiologie Végétale. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Département d'Ecologie et Biologie, Université des Frères Mentouri, Constantine 1, Algérie ,37p.
104. **Read D. 1997.** Mycorrhizal fungi: the ties that bind. *Nature*, 388 : 517-518.
105. **Richard F., Millot S., Gardes M., Selosse MA., 2005.** Diversity and specificity of ectomycorrhizal fungi retrieved from an old-growth Mediterranean forest dominated by *Quercus ilex*. *New Phytologist*. 166 : 1011-1023.
106. **Rivière T., Diedhiou AG., Diabate M., Senthilarasu G., Natarajan K., Verbeken A., Buyck B., Dreyfus B., Bena G., Bâ AM., 2007.** Genetic diversity of ectomycorrhizal basidiomycetes from African and Indian tropical forests. *Mycorrhiza*. 17 : 415-428.
107. **Rousseau V., Vaultot D., Casotti R., Cariou V., Lenz J., Gunkei J., Baumann M.E.M. 1994.** The life cycle of *Phaeocystis* (Prymnesiophyceae) : evidence and hypotheses. *J Mar Sys*. 5 : 23-29.
108. **Saccardy L., 1937.** Notes sur le liège et le liège en Algérie. *Bull. Stat. Rech.for. Afr. Nord*. 11 : 271-374.
109. **Sánchez-González M., 2006.** Modelo de crecimiento y producción para monte alcornocal. Thèse de doctorar. Departamento de silvopascicultura. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid, 285-298p.
110. **Sanon K. B., Bâ A. M., Delaruelle C., Duponnois R., Martin F., 2009.** Morphological and molecular analyses in *Scleroderma* species associated with

## Références bibliographiques

---

- some Caesalpiniaceae, Dipterocarpaceae and Phyllanthaceae trees in southern Burkina Faso. *Mycorrhiza*, 19 : 571-584.
111. **Sauvage C., 1960.** Recherches Géobotaniques sur les Subéraies Marocaines. Thèse de Doctorat Es-Sciences : Faculté des Sciences de Montpellier Elsevier, Paris, 592 p.
112. **Seigue A., 1985.** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Maisonneuve et Larose, France, 67-81p.
113. **Selosse MA., 2001.** Apport des techniques génétiques et moléculaires à la connaissance des communautés et des populations de champignons ectomycorhiziens. *Revue de botanique Lejeunia*. N°165.56p.
114. **Selosse MA., Martin F., Le Tacon F., 1998.** Survival of an introduced ectomycorrhizal *Laccaria bicolor* strain in a European forest plantation monitored by mitochondrial ribosomal DNA analysis. *New Phytologist*. 140 : 753-761.
115. **Selosse MA., Richard F., He X., Simard SW., 2006.** Mycorrhizal networks : des liaisons dangereuses ? *Trends in Ecology and Evolution*. 21 : 621-628.
116. **Sene S., 2015.** Analyse de la diversité des symbioses ectomycorhiziennes du *Coccoloba uvifera* L. en zones d'origine et en zones d'introduction. Thèse de Doctorat en Biotechnologies Végétales et Microbiennes et Amélioration des Plantes. Université, cheikh anta diop de Dakar. Faculté : sciences et techniques : 25-28.
117. **Simard SW., Beiler KJ., Bingham MA., Deslippe JR., Philip LJ., Teste FP., 2012** Mycorrhizal networks : Mechanisms, ecology and modelling. *Fungal Biology Reviews*. 26 : 39-60.
118. **Smith S. E., and Read D.J., 2008.** *Mycorrhizal Symbiosis*, 3rd edition. Academic Press, London, UK.
119. **Smith SE., Read DJ., 1997.** *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, Combridge, 605p.
120. **Smith SE., Read DJ., 2008.** *Mycorrhizal Symbiosis*, 2nd edition. Academic Press, Toronto, Canada, 605 p.
121. **Stiti B., 2017.** Analyse du potentiel de croissance et de production dans une forêt de chêne liège en Kroumirie. Thèse de doctorat en Sciences Biologiques. Université Tunis El Manar, Faculté des Sciences de Tunis, Département des sciences biologiques, Tunis, 28-30p.
122. **Strullu DG. 1979.** Ultrastructure et représentation spatiale du manteau fongique des ectomycorhizes. *Can. J. Bot.* 57:9-2324.

123. **Strullu DG., 1990.** Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées. Collection TEC et DOC, Lavoisier, Paris, 250p.
124. **Taylor AF., Alexander IAN., 2005.** The ectomycorrhizal symbiosis: life in the real world. *Mycologist*. 19 : 102-112.
125. **Taylor DL., Brunst D., 1997.** « Independent, specialized invasions of ectomycorrhizal mutualism by two non-photosynthetic orchids ». In : USA, Proceedings of National Academic Sciences. 94 : 4510-4515.
126. **Tedersoo L, Nara K 2010.** General latitudinal gradient of biodiversity is reversed in ectomycorrhizal fungi. *New Phytologist* 185 : 351-354.
127. **Tedersoo L., May TW., Smith ME., 2010.** Ectomycorrhizal lifestyle in fungi: global diversity, distribution, and evolution of phylogenetic lineages. *Mycorrhiza*. 20: 217-263.
128. **Thoen D., Sougoufara B., Dommergues YR., 1990.** *In vitro* mycorrhization of *Casuarina* and *Allocasuarina* species by *Pisolithus* isolates. *Canadian Journal of Botany*, 68 : 2537-2542.
129. **Van der Heijden MGA., Horton TR., 2009.** Socialism in soil ? The importance of mycorrhizal fungal network for facilitation in natural ecosystems. *Journal of Ecology*. 97 : 1139-1150.
130. **Van Tichelen, KK., Colpaert JV., 2000.** Kinetics of phosphate absorption by mycorrhizal and non- mycorrhizal Scots pine seedlings. *Physiologia Plantarum*. 110 : 96-103.
131. **Veillon S., 1998.** Guide technique de subériculture dans les Pyrénées-Orientales : typologie de peuplements et étude préliminaire. Rapport de stage de fin d'études FIF-ENGREF. Institut Méditerranéen du liège, compagnie d'aménagement Bas-Rhône-Languedoc.Vivès.73p.
132. **Visser S., 1995.** Ectomycorrhizal fungal succession in jack pine stands following wildfire. *New Phytol*. 129 : 389-401p.
133. **Voiry H., 1981.** Classification morphologique des ectomycorhizes du chêne et du hêtre dans le nord-est de la France. *European Journal of Forest Pathology*. 11 : 284-299.
134. **Warren JM., Renée BJ., Meinze FC., Eberhart JL., 2008.** Hydraulic redistribution of water from *Pinus ponderosa* trees to seedlings: evidence for an ectomycorrhizal pathway. *New Phytologist*. 178 : 382-394.

## Références bibliographiques

---

135. **Yessad SA., 2000.** Le chêne liège dans les pays de la Méditerranée occidentale, Louvain La Neuve : Forêt Wallonne ASBL., 190p.
136. **Younsi S., 2006.** Diagnostic des essais de reboisement et de régénération du chêne liège (*Quercus suber* L.) dans la région de Jijel. Thèse. Magisters, Université des Frères Montouri Constantine 1, 101p.
137. **Zak B., 1964.** Role of mycorrhizae in root disease. Annual Review of Phytopathology. 2 (1) : 377-392.
138. **Zeraïa L., 1981.** Essai d'interprétation comparative des données des forêts de chêne liège de Provence cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse de Doctorat. Université de Marseille III. 367 p.

## Résumé

L'objectif de notre travail est de mettre en évidence la diversité ectomycorhizienne chez le chêne liège (*Quercus suber* L). Trois inventaires ont été réalisés à des différentes régions algériennes (Tizi-Ouzou, Tlemcen et M'sila). Le premier est effectué à la subéraie de Taksebt, située dans la limite supérieure de l'étage thermo-méditerranéen subhumide de la région de Tizi-Ouzou. Les prélèvements ont concerné des racines collectées au niveau des quatre points cardinaux à une distance de 1 m 50 du collet de trente arbres. L'échantillonnage est effectué pendant les quatre saisons de l'année 2011-2012. L'observation de 8514 racines courtes et l'étude morphoanatomique selon la méthode Agerer (1987-2006), a permis de distinguer 58 morphotypes ectomycorhiziens réparties en quatre groupes : 18 du type contact, 15 du type courte distance, 13 de type exploratoire de moyenne distance et enfin 12 de type longue distance. Pour le second, à la forêt de M'sila située dans le nord-ouest Algérien, en zone semi-aride à des conditions naturelles des subérais Méditerranéennes pendant 5 ans (2009-2013), à de différentes saisons. Les inventaires de la mycoflore ont été effectués par les techniques de la mycologie classique. La totalité des champignons ectomycorhiziens recensé sont représenté par 29 espèces appartenant à la classe des basidiomycètes, les plus abondants sont représentées par les genres *Inocybe*, *Russula* et *Suillus*. Enfin un inventaire mycologique des champignons réalisé au niveau du massif Hafir-Zarieffet, mené entre mars et mai 2014. Les champignons récoltés appartiennent à 15 familles taxonomiques réparties entre 2 phylas : Basidiomycota et Ascomycota. La famille des Helvellaceae (Ascomycota) qui est la plus présente avec 4 espèces suivi par la famille des Hymenochaetaceae (Basidiomycota) représentée avec 3 espèces. Cette richesse fongique peut s'expliquer par l'étendue des subérais du nord Algérien, caractérisé par un climat typiquement méditerranéen allant de l'humide au semi-aride, favorable à l'installation d'une végétation typique créant des biotopes favorables pour les ECMs.

**Mots clés:** diversité, champignons ectomycorhiziens, subérais, chêne liège, Algérie.

## Abstract

The objective of our work is to highlight the ectomycorrhizal diversity in the cork oak (*Quercus suber* L). Three inventories were carried out in different Algerian regions (Tizi-Ouzou, Tlemcen and M'sila). The first is carried out at the Taksebt cork grove, located in the upper limit of the subhumid thermo-Mediterranean stage of the Tizi-Ouzou region. The samples concerned roots collected at the level of the four cardinal points at a distance of 1.50 m from the collar of thirty trees. Sampling is carried out during the four seasons of the year 2011-2012. The observation of 8.514 short roots and the morphoanatomical study according to the Agerer method (1987-2006) made it possible to distinguish 58 ectomycorrhizal morphotypes divided into four groups : 18 of the contact type, 15 of the short distance type, 13 medium-distance exploratory type and finally 12 long distance type. For the second, in the forest of M'sila located in the north-west of Algeria, in a semi-arid zone under natural conditions of Mediterranean cork groves for 5 years (2009-2013), in different seasons. The mycoflora inventories were carried out by the techniques of classical mycology. All the listed ectomycorrhizal fungi are represented by 29 species belonging to the basidiomycete class, the most abundant are represented by the genera *Inocybe*, *Russula* and *Suillus*. Finally, a mycological inventory of fungi carried out in the Hafir-Zarieffet, massif carried out between March and May 2014. The fungi collected belong to 15 taxonomic families divided between 2 phylas: Basidiomycota and Ascomycota. The Helvellaceae family (Ascomycota) which is the most common with 4 species followed by the Hymenochaetaceae (Basidiomycota) family represented with 3 species. This fungal richness can be explained by the extent of the cork groves of northern Algeria characterized by a typically Mediterranean climate ranging from humid to semi-arid, favorable to the installation of typical vegetation creating favorable biotopes for ECMs.

**Key words :** diversity, ectomycorrhizal fungi, cork groves, cork oak, Algeria.

## ملخص

الهدف من عملنا هو تسليط الضوء على تنوع ectomycorrhizal في بلوط الفلين (*Quercus suber* L.). تم إجراء ثلاث قوائم جرد في مناطق جزائرية مختلفة (تيزي وزو ، تلمسان والمسيلة). يتم تنفيذ الأول في بستان الفلين Taksebt، الواقع في الحد الأعلى للمرحلة المتوسطة الحرارية شبه الرطبة في منطقة تيزي وزو. تتعلق العينات بالجدور التي تم جمعها على مستوى النقاط الأساسية الأربعة على مسافة 1.50 متر من تاج ثلاثين شجرة. يتم أخذ العينات خلال الفصول الأربعة لعام 2011-2012. مكنت ملاحظة 8.514 جذر قصير والدراسة الشكلية وفقاً لطريقة أجريبر (1987-2006) من التمييز بين 58 نمطاً من أشكال المورفوتيكوريزالي مقسمة إلى أربع مجموعات: 18 من نوع الاتصال، و15 من نوع المسافة القصيرة، و 13 نوع الاستكشافي للمسافة من النوع المتوسط وأخيراً 12 من نوع المسافة الطويلة. للثاني ، في غابة المسيلة الواقعة شمال غرب الجزائر ، في منطقة شبه قاحلة تحت الظروف الطبيعية لبساتين الفلين المتوسطي لمدة 5 سنوات (2009-2013) في مواسم مختلفة. تم إجراء عمليات جرد الفطريات الفطرية من خلال تقنيات علم الفطريات الكلاسيكي. يتم تمثيل جميع الفطريات ectomycorrhizal المدرجة في 29 نوعاً ينتمون إلى فئة Basidiomycète ، ويمثل أكثرها وفرة أجناس *Inocybe* ، *Russula* و *Suillus*. أخيراً تم إجراء جرد فطري للفطريات في كتلة هافير-زريفيت، بين مارس ومايو 2014. تنتمي الفطريات التي تم جمعها إلى 15 عائلة تصنيفية مقسمة بين شعبتين : Basidiomycota و Ascomycota. عائلة Helvellaceae (Ascomycota) وهي الأكثر شيوعاً مع 4 أنواع تليها عائلة Hymenochaetaceae (Basidiomycota) ممثلة بثلاثة أنواع. يمكن تفسير هذا الثراء الفطري من خلال امتداد بساتين الفلين في شمال الجزائر التي تتميز بمناخ متوسطي نموذجي يتراوح من الرطب إلى شبه القاحل الموات لتركيب نباتات نموذجية تخلق بيئات حيوية مواتية لـ ECMS.

**الكلمات المفتاحية:** التنوع، الفطريات الخارجية، بساتين الفلين ، بلوط الفلين ، الجزائر.