

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

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR / ANNABA



FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de  
Magistère en Ecologie et Environnement

OPTION : Pollution Des Ecosystèmes  
Diagnostic Et Procédés De Traitement

THEME :

**Diversité des macromycètes et des mycorhizes du chêne-liège dans  
deux stations du Nord-Est algérien : une subéraie naturelle et une  
subéraie envahie par *Acacia decurrens* (Willd)**

Présenté par : M<sup>lle</sup> ADOUANE Meriem

Devant la commission d'examen :

Président:	Pr. BOUGHEDIRI Larbi	U. Annaba
Examineur:	Pr. BORDJIBA Ouahiba	U. Annaba
Examineur:	Dr. SERRADJ Mounia	U. Annaba
Promoteur:	Pr. BEDDIAR Arifa	U. Annaba

Promotion 2011

## Remerciements

*Je tiens à remercier **spécialement** :*

- Mme Beddiar A. qui, en parrainant encore une fois mon travail, a constitué pour moi un précieux levier par son assistance et sa contribution.
- Mr Boughediri L. de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.
- Mmes Bordjiba O. et Serradj M. d'avoir bien voulu examiner mon travail.

*Mes remerciements vont également à :*

- Mme Hamza A. pour son aide et pour m'avoir prodigué de bons conseils concernant les endomycorhizes.
- Farida Azzouz pour son appui moral et son aide précieuse.
- Mr Halisse A. et Mme Bennadja S. pour avoir mis à ma disposition une documentation utile.
- Mme Bouhired L. et le groupe de l'INRF Alger pour leur apport et leur générosité durant la période de stage.
- Mr le directeur du parc animalier « Brabtia » pour son aide.
- Mr Ayadi A., gardien de l'exploitation dite « Djer el ouassaa » pour nous avoir facilité l'accès à la forêt.

*Je me dois d'exprimer par ailleurs **ma sympathie** à un grand nombre de personnes dont la collaboration et l'amitié m'ont été précieuses :*

- Rachid
- Houda (technicienne du laboratoire de biologie végétale et environnement)
- Lamia et Nassima
- Djohra Aït Si Mohamed
- 

*Je n'oublierai pas de **remercier chaleureusement**, dans ce cadre :*

- Nora Aouissi
- Nawel Hadjoudja
- Zouleikha Guerfi
- Imene Boudiaf

*Je me dois d'exprimer **mes remerciements et ma reconnaissance** à certains membres de ma famille, qui m'ont apporté leur assistance chacun selon ses possibilités, il s'agit de :*

- Amar Boulmis
- Mehdi Kerioui
- Farouk Merdaci
- Imene Boulmis et Riane Adouane

Enfin, pour terminer, il m'est agréable d'exprimer ma gratitude à mes parents pour leur soutien moral et leur dévouement.

## Dédicace

*A mes parents.*

*A toutes celles et à tous ceux qui m'ont aidé  
de près et de loin.*

*A tous les écologistes où qu'ils soient.*

*Aux partisans d'une Révolution « verte » mondiale.*

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> Aire de distribution du chêne-liège.....	4
<b>Figure 2 :</b> Surface occupée par la subéraie dans le monde.....	5
<b>Figure 3 :</b> Aire de répartition du chêne-liège en Algérie.....	6
<b>Figure 4 :</b> Photos montrant les caractères botaniques du chêne-liège.....	8
<b>Figure 5 :</b> Répartition de la production mondiale de liège .....	16
<b>Figure 6 :</b> Production de liège en Algérie par région (période 1999/2008).....	17
<b>Figure 7 :</b> Les principaux agents pathogènes du chêne-liège.....	21
<b>Figure 8 :</b> Illustration schématique d'une ectomycorhize et d'une mycorhize arbusculaire.....	27
<b>Figure 9 :</b> Structures caractéristiques des mycorhizes arbusculaires.....	29
<b>Figure 10:</b> Photos d'ectomycorhize.....	33
<b>Figure 11:</b> Ectomycorhize simple formée par le <i>Cenococcum geophilum</i> .....	34
<b>Figure 12 :</b> la forêt de Brabtia.....	39
<b>Figure 13:</b> Vue générale du site 2.....	40
<b>Figure 14 :</b> Carte géographique représentant la zone et sites d'étude .....	41
<b>Figure 15:</b> Types des ramifications des ectomycorhizes.....	49
<b>Figure 16:</b> Formes des extrémités non ramifiées des ectomycorhizes.....	49
<b>Figure 17:</b> Formes des extrémités distales des ectomycorhizes.....	49
<b>Figure 18:</b> Aspects de la surface du manteau .....	49
<b>Figure 19:</b> Points de connexion des rhizomorphes au manteau.....	49
<b>Figure 20:</b> Types d'organisations du manteau.....	50
<b>Figure 21:</b> Types de réseau de Hartig.....	50
<b>Figure 22:</b> différents types d'organisation des rhizomorphes.....	50
<b>Figure 23:</b> représentation schématique de la méthode des intersections des lignes et des colonnes.....	52
<b>Figure 24 :</b> montage des racines entre une lame porte-objet et une lamelle dans du glycérol pour la quantification des endomycorhizes.....	53
<b>Figure 25 :</b> Echelle d'intensité de colonisation du cortex racinaire.....	53
<b>Figure 26 :</b> Echelle permettant l'évaluation de la présence des arbuscules.....	54
<b>Figure 27 :</b> Diversité des macromycètes dans la zone d'étude.....	98

<b>Figure 28:</b> Les possibilités importantes de régénération par semis d' <i>Acacia decurrens</i> lors de l'expérience de piégeage.....	108
<b>Figure 29:</b> Croissance en hauteur des plants de chêne-liège en fonction des substrats de culture.....	109
<b>Figure 30:</b> Poids de matière sèche de la tige des plants de chêne-liège en fonction des substrats de culture....	109
<b>Figure 31 :</b> vue de la croissance des plants pièges de chêne-liège en fonction des substrats de culture.....	109
<b>Figure 32 :</b> Poids de matière fraîche des systèmes racinaires des plants de chêne-liège en fonction des substrats de culture.....	110
<b>Figure 33:</b> Vue du développement du système racinaire des plants pièges en fonction des substrats de Culture.....	110
<b>Figure 34:</b> Taux de colonisation ectomycorhizienne sur les racines des plants pièges âgés de 1 an en fonction des trois substrats de culture.....	154
<b>Figure 35:</b> Colonisation des racines de chêne-liège par les champignons arbusculaires, présence de vésicules (V) et du mycélium (flèches).....	155

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Tableau synthétique des caractères botaniques du chêne-liège.....	7
<b>Tableau 2 :</b> Tableau synthétique des exigences écologiques du chêne-liège.....	11
<b>Tableau 03 :</b> Echelle de texture.....	44
<b>Tableau 4 :</b> caractéristiques physico-chimiques du sol de trois sites.....	55
<b>Tableau 5:</b> Inventaire des macromycètes terricoles rencontrés dans les divers sites d'étude durant les années 2010 (10) et 2011(11).....	100-105
<b>Tableau n° 6 :</b> Les différents morphotypes d'ectomycorhizes piégés sur les racines des jeunes plants (4 mois et 1 an) de chêne-liège, en fonction de l'origine du substrat.....	152
<b>Tableau n° 7 :</b> classes de colonisation endomycorhizienne selon chaque site d'étude.....	155
<b>Tableau n° 8 :</b> Calcul des paramètres de colonisation endomycorhizienne arbusculaire.....	155

## Liste des photos

<b>Photos de 1 à 105 :</b> Vues photographiques des différentes espèces de macromycètes terricoles récoltés durant les années 2010 et 2011 dans les divers sites d'étude et leur position systématique.....	58-94
<b>Photos de (a) à (z) :</b> Espèces de macrprmycètes non identifiés.....	95-97

## Liste des planches

<b>Planche 1:</b> Ectomycorhize 1 formée par <i>Cenococcum geophilum</i> .....	112
<b>Planche 2:</b> Ectomycorhize 2.....	114
<b>Planche 3:</b> Ectomycorhize 3.....	116
<b>Planche 4:</b> Ectomycorhize 4.....	118
<b>Planche 5:</b> Ectomycorhize 5.....	120
<b>Planche 6:</b> Ectomycorhize 6.....	122
<b>Planche 7:</b> Ectomycorhize 7.....	124
<b>Planche 8:</b> Ectomycorhize 8.....	126
<b>Planche 9:</b> Ectomycorhize 9.....	128
<b>Planche 10:</b> Ectomycorhize 10.....	130
<b>Planche 11:</b> Ectomycorhize 11.....	132
<b>Planche 12:</b> Ectomycorhize 12.....	134
<b>Planche 13:</b> Ectomycorhize 13.....	136
<b>Planche 14:</b> Ectomycorhize 14.....	138
<b>Planche 15:</b> Ectomycorhize 15.....	140
<b>Planche 16:</b> Ectomycorhize 16.....	142
<b>Planche 17:</b> Ectomycorhize 17.....	144
<b>Planche 18:</b> Ectomycorhize 18 .....	146
<b>Planche 19:</b> Ectomycorhize 19.....	148
<b>Planche 20:</b> Ectomycorhize 20.....	150

## Liste des abréviations

**PNEK** : Parc National d'El-Kala

**ANF** : Agence Nationale des Forêts

**INRF** : Institut National des Recherches Forestières

**DGF** : Direction Générale des Forêts

**ECM** : Ectomycorhize

# SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre I : Etat des connaissances sur le chêne-liège (<i>Quercus suber</i> L.), et la subéraie algérienne</b>	
<b>I. Origine et systématique</b> .....	3
1. Origine.....	3
2. Systématique.....	3
<b>II. Aire naturelle de répartition</b> .....	4
1. répartition mondiale.....	4
2. Répartition en Algérie.....	5
<b>III. Caractères botaniques du chêne-liège</b> .....	6
<b>IV. Régénération</b> .....	9
1. La multiplication ou la régénération naturelle.....	9
2. La régénération artificielle.....	9
<b>V. Biologie</b> .....	10
1. La feuillaison.....	10
2. La floraison et la fructification.....	10
<b>VI. Exigences écologiques</b> .....	10
<b>VII. Importance socio-économique</b> .....	12
1. Les produits.....	12
1.1 Le Bois.....	12
1.2 Le liège.....	12
1.3 Sous-produits.....	12
2. Les services.....	13
2.1 Pâturage.....	13
2.2 Tourisme et paysage.....	13
<b>VIII. Importance écologique</b> .....	14
<b>IX. Le liège</b> .....	15

1. Définition.....	15
2. Production du liège.....	15
2.1 Production mondiale.....	15
2.2 Production algérienne.....	16
<b>X. Présentation de la forêt algérienne.....</b>	<b>17</b>
1. Introduction.....	17
2. Aperçu historique.....	17
a. l'époque précoloniale.....	17
b. l'époque coloniale.....	17
c. Après l'indépendance.....	18
<b>XI. Etat actuel du déclin du chêne liège dans la région méditerranéenne.....</b>	<b>18</b>
1. Les principaux agents abiotiques responsables du déclin.....	18
2. Les agents biotiques associés au déclin du chêne liège.....	19
<b>XII. Impacts des reboisements.....</b>	<b>20</b>
1. Problèmes écologiques, sanitaires et génétiques induits par les reboisements.....	20
2. Invasions biologiques en forêt.....	20
3. Introduction des eucalyptus en Algérie.....	22
3.1 Historique.....	22
3.2 Le projet de reboisement.....	22
3.3 Le choix de l'Eucalyptus.....	23
3.4 Les problèmes écologiques liés à l'utilisation des Eucalyptus.....	23
4. L'invasion des peuplements forestiers par les <i>Acacias</i> .....	24
5. Inhibition et concurrence.....	24

## **Chapitre II : Etat des connaissances sur les mycorhizes, leurs rôles et leur application**

<b>I. Introduction.....</b>	<b>26</b>
<b>II. Définition.....</b>	<b>26</b>
1. Les mycorhizes arbusculaires.....	27
2. Les Ectomycorhizes.....	28
2.1 Le manteau.....	30
2.2 Le mycélium.....	31
2.3 Les cordons.....	31
2.4 Les rhizomorphes.....	31

2.5 Le réseau de Hartig.....	32
<b>III. Apparition et Rôle des Mycorhizes dans l'évolution des plantes vasculaires.....</b>	<b>32</b>
<b>IV. Rôle des Mycorhizes.....</b>	<b>34</b>
1. Absorption de l'eau (protection contre la dessiccation).....	34
2. Absorption des éléments minéraux.....	34
3. Protection contre les substances toxiques.....	35
4. Production de substances de croissance.....	35
5. Protection contre les organismes pathogènes.....	35
<b>V. La Mycorhization Contrôlée.....</b>	<b>36</b>
1. Utilisation des inoculum naturels.....	36
1.1 Les spores comme inoculants ectomycorhiziens.....	37
1.2 Les inoculum mycéliens.....	37

## **Chapitre III : Matériel et Méthodes**

<b>I. Présentation de la zone et des sites d'étude.....</b>	<b>38</b>
1. Présentation de la zone d'étude.....	38
1.1 Situation géographique et administrative.....	38
1.2 Climat.....	38
1.3 Pédologie et sol.....	38
1.4 Végétation.....	39
2. Présentation des sites d'étude.....	39
<b>II. Les méthodes de prélèvement, d'observation et d'estimation de la colonisation mycorhizienne.....</b>	<b>42</b>
1. Analyses physico-chimiques du sol.....	42
1.1 pH	
eau.....	42
1.2 pH Kcl.....	42
1.3 Conductivité électrique.....	42
1.4 Matière organique.....	42
1.5 Calcaire total.....	43
1.6 La texture .....	43
2. Les méthodes de prélèvement.....	44

2.1 Inventaire des macromycètes.....	45
2.1.1 Récolte des champignons.....	45
2.1.2 Identification des champignons.....	45
2.2Expérience de piégeage (Préparation au laboratoire des plants pièges).....	45
2.2.1 Germination aseptique des glands.....	46
2.2.2 Mise en sachets des semis.....	46
2.2.3 Paramètres mesurés.....	46
2.3Les méthodes d'observation et d'estimation de la colonisation mycorhizienne.....	47
2.3.1 Etude morphologique et anatomique des ectomycorhizes (Fiches descriptives des ectomycorhizes).....	47
2.3.2 Préparation et observation des ectomycorhizes.....	51
2.3.3 Coloration et observation des endomycorhizes arbusculaires.....	52
2.3.4 Estimation de la colonisation par les champignons endomycorhiziens arbusculaires.....	53

## **Chapitre IV : Résultats et discussion**

<b>I. Caractéristiques physico-chimiques du sol.....</b>	<b>55</b>
<b>II. Inventaire des champignons</b> (Vues photographiques des différentes espèces de macromycètes terricoles récoltés durant les années 2010 et 2011 dans les divers sites d'étude et leur position systématique).....	<b>55</b>
<b>III. Résultats de l'expérience de piégeage.....</b>	<b>107</b>
1. La croissance.....	107
2. Observation et description des ectomycorhizes.....	111
3. Estimation de la colonisation par les champignons ectomycorhiziens.....	154
4. Estimation de la colonisation par les endomycorhizes arbusculaires.....	154
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>156</b>

## **Bibliographie**

## **Annexes**

## **Résumés**

## Introduction

Depuis l'ère tertiaire, la forêt de chêne-liège n'a pas cessé de représenter une richesse socio-économique avérée liée à diverses activités telles que l'exploitation du liège, l'utilisation du bois par la population riveraine, l'élevage, le tourisme...etc

A l'instar des forêts en général, la subéraie contribue à une meilleure qualité de l'environnement, à une régulation du régime hydrique et à la protection du patrimoine forestier contre divers phénomènes naturels négatifs.

La subéraie constitue par excellence un écosystème où se concrétise un remarquable équilibre entre ses différentes composantes naturelles (climat, végétation, sol...).

Du point de vue écologique, la subéraie permet le maintien d'une biodiversité très importante. En effet, sous le chêne-liège se développe un sous-bois très riche

Du point de vue économique, le chêne-liège, don miraculeux de la très riche flore méditerranéenne tire sa valeur essentielle du liège (Ouelmouhoub, 2005), qui est de loin, le plus favorisé des produits forestiers. Il constitue une ressource stratégique du fait de ses multiples usages (bouchonnerie, parquet, isolation thermique) (Anonyme, 2000).

Déjà, au III<sup>e</sup> et IV<sup>e</sup> siècle avant JC, le philosophe grec Théophraste découvrit qu'en écorçant le chêne-liège, cet arbre non seulement renouvelait son liège, mais produisait une matière de meilleure qualité, c'est le liège de production qui contribue au développement de l'économie du pays.

Malheureusement, ce patrimoine ne cesse de se dégrader en raison de la conjonction de divers facteurs : incendies, surpâturages, défrichements, déséquilibres climatiques (cela va de la sécheresse jusqu'au coup de gel en passant par la désertification et l'érosion), la surexploitation, notamment l'écorçage mal entrepris et d'autres pratiques. En plus de ces éléments de dépérissement s'ajoute une menace de poids, à savoir l'introduction d'espèces de type invasif originaires, pour la plus part, d'Australie (Acacia, Eucalyptus, Casuarina...).

Dans le but de reconstituer et revivifier ce patrimoine noble, des programmes de plantation et de restauration doivent être mis en place par le recours aux plants forestiers de très bonne qualité. Cette qualité, d'après Birot, 1991 in Abourouh, 2000, est fonction (tributaire) de critères génétiques, morphologiques et physiologiques. Elle est affectée par les techniques d'élevages employées depuis le semis jusqu'à la date de plantation.

Cette production de plants représente une phase très importante dans le succès des reboisements, plus particulièrement dans l'adaptation des plants au stress de transplantation (Biro, 1991) in (Abourouh, 2000).

Dans la nature, ces performances sont liées, pour la majorité des plants, à l'établissement de relations ecto et/ou endomycorhiziennes, qui sont des relations symbiotiques, avec certains champignons du sol.

D'après Langlois (1990), en milieu naturel l'ectomycorhization est une réalité écologique qui procure des avantages nutritionnels, métaboliques et prophylactiques pour les arbres. Cette réalité a mené, depuis ces dernières décennies, à l'apparition et au développement d'une nouvelle technique sylvicole : « La mycorhization contrôlée » qui correspond à un ensemble de techniques visant à associer artificiellement une plante-hôte et un champignon sélectionné pour son efficacité et sa compétitivité, au stade pépinière (Mousain et al., 1994)

Cette pratique consiste à établir la symbiose, en pépinière, entre un jeune semis et un champignon mycorhizien d'une souche particulière préalablement sélectionnée (Gagné, 2005). Ces manipulations en pépinière entrent dans le cadre de ce qu'il est convenu d'appeler le développement durable. Autrement dit, un cortège mycorhizien optimal constituerait donc un « engrais vert » et contribuerait à diminuer l'utilisation de pesticides, fongicides et engrais dommageables pour l'environnement (Gagné, 2005).

Pour ce faire, une sélection, selon certains paramètres, de champignons mycorhiziens, est indispensable.

Pour mener à bien la mission de protection du chêne-liège et assurer le maximum de maîtrise de ce domaine complexe marqué par une insuffisance de données, il est indispensable de réunir le maximum de connaissances concernant cette espèce et les mettre à la disposition des divers intervenants (reboiseurs, pépiniéristes...).

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude qui a pour objectif :

- L'établissement d'un inventaire des espèces fongiques qui se développent autour du chêne-liège et susceptibles de s'associer à lui, et aussi l'élaboration d'un atlas de la région étudiée.

- L'estimation de l'état mycorhizien du chêne-liège et établissement d'un inventaire des ectomycorhizes qui s'installent sur les racines des jeunes plants de un an élevés au laboratoire.

- L'évaluation, au moyen d'une expérience de piégeage, de la croissance du chêne-liège sur du sol provenant d'un site à Acacia et de son statut mycorhizien et détermination des premières ectomycorhizes qui s'installent sur les racines du chêne-liège.

Notre mémoire comportera

## Chapitre I

Etat des connaissances sur le chêne-liège (*Quercus suber* L.)  
et la subéraie algérienne

## I. Origine et systématique

### 1. Origine

Selon Sauvage (1961), le chêne-liège est originaire de la péninsule ibérique et aurait colonisé l'Afrique du Nord depuis Gibraltar et le Rif à la fin du Miocène. Les études palynologiques confirment qu'il est significativement présent en Afrique du Nord au moins depuis le Pléistocène. Selon Ben Tiba et Reille (1982) in Quézel et Médail (2003), il a survécu dans divers refuges de la partie méridionale et du littoral de la péninsule ibérique, mais aussi en Afrique du Nord, lors du dernier maximum glaciaire. Selon (Bernard et Reille (1987) in Quézel et Médail (2003) il est encore signalé au Maroc dès le début du post-glaciaire. En l'absence de structuration génétique régionale et de la grande homogénéité moléculaire de l'espèce (Toumi et Lumaret, 1998 in Quézel et Médail, 2003), il est toutefois encore bien difficile de proposer un centre d'origine et un scénario précis de colonisation, car l'homme a considérablement brouillé les pistes.

### 2. Systématique

Nom scientifique *Quercus suber* (L.)

Sur le plan botanique, la taxonomie habituellement retenue pour le chêne-liège est la suivante :

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Sous - règne</b>	Tracheobionta
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Sous – classe</b>	Hamamelidae
<b>Ordre</b>	Fagales
<b>Famille</b>	Fagaceae
<b>Sous – famille</b>	Quercineae ou Quercoidées
<b>Genre</b>	<i>Quercus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Quercus suber</i> L.

D'après Benseghir (2002), le chêne-liège est reconnu en Algérie, selon les noms vernaculaires suivants :

- El Felline : Cette dénomination est probablement d'origine grecque (*Phellodrus:Phellos=liège*)
- Fernane, kachar (liège) dans la région de Petite Kabylie.
- Ifarki et Aqchouch dans la région de Grande Kabylie.

## II. Aire naturelle de répartition

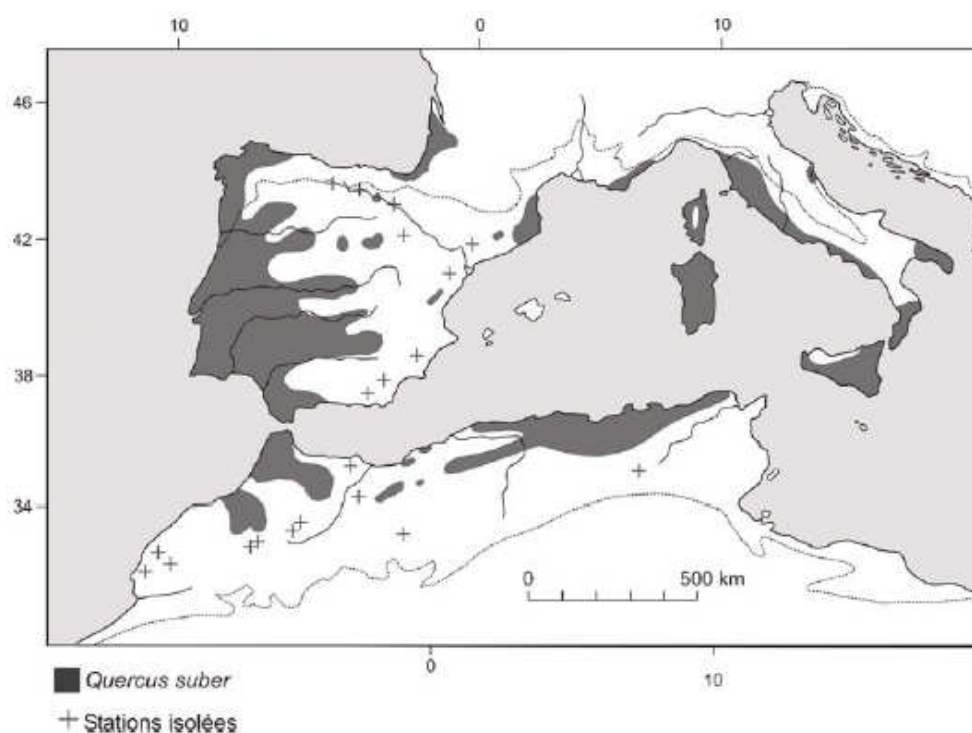
### 1. répartition mondiale

L'aire naturelle du chêne-liège est relativement restreinte puisqu'elle concerne exclusivement le pourtour occidental de la Méditerranée et le littoral atlantique (Fig. 1), soit entre 31° et 45° de latitude nord (Quézel et Santa, 1962).

Cette essence est signalée dans sept pays dont quatre en Europe méridionale soit, la France (avec 1,6 % notamment dans le massif des Maures (Var), le massif des Albères (Pyrénées-Orientales), le sud des landes et en Corse), l'Italie (3,7 %), l'Espagne (27%) et le Portugal 32%

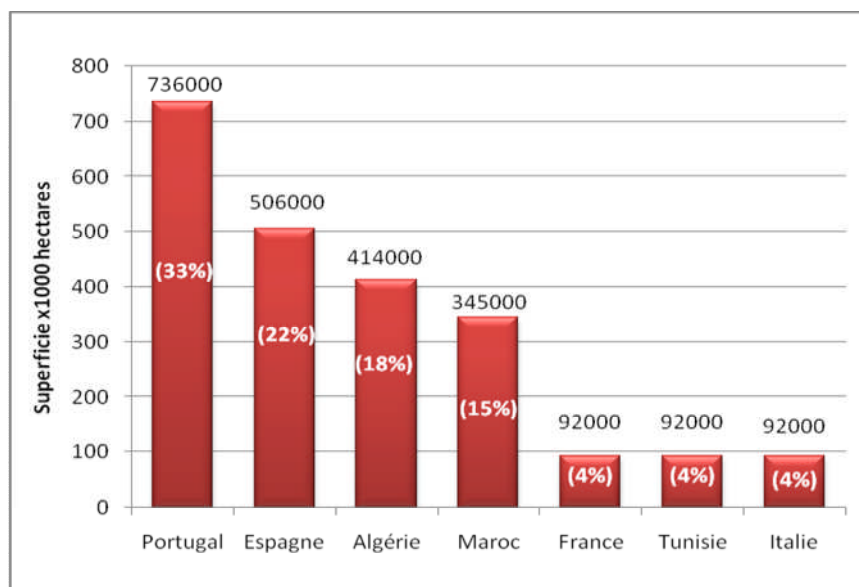
Et trois d'Afrique du Nord : l'Algérie (14%), le Maroc (16.4 %) et la Tunisie (5.3 %).

Elle couvre une superficie totale d'environ 2 millions d'hectares dont près de 45%, soit environ 900 000 hectares, en Afrique du Nord (Bouhraoua, 2003).



**Figure 1:** Aire de distribution du chêne-liège (Quézel et Médail, 2003)

Selon la direction générale des ressources forestières du Portugal (DGRF), la surface occupée par la subéraie dans le monde est d'environ 2.277.700 hectares, répartie comme suit (Fig.2) :



**Figure 2 :** Surface occupée par la subéraie dans le monde

\*Source: Direction Générale des Ressources Forestières (DGRF, 2007 in Roula, 2010).

L'intérêt porté au matériau liège a très tôt suscité des tentatives d'acclimatation du chêne liège en dehors de son aire d'origine. La littérature, toutefois ancienne (Natividade, 1956), mentionne ces essais. Parmi les pays où cette espèce a été introduite à grande échelle, on peut citer :

- Les Etats Unies d'Amérique (en Californie dès 1858),
- La Russie (dès 1819 sur le littoral de la Mer Noire),
- Le Japon (1933).

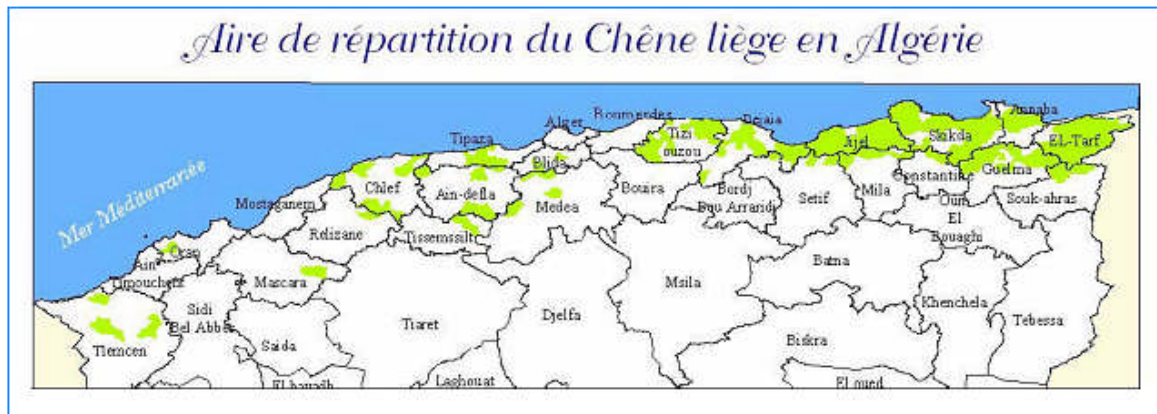
Parmi ceux où l'expérimentation est restée plus modeste, on retrouve : la Turquie, l'Argentine, l'Uruguay et l'Australie.

## 2. Répartition en Algérie

Les principales subéraies algériennes sont localisées dans le Tell Oriental, situées essentiellement en zones sub-humides et humides au Nord-Est de l'Algérie jusqu'à la frontière tunisienne (Zeraïa, 1982). Le chêne liège s'étend d'une manière assez continue le long de la zone littorale et reste disséminé sous forme d'ilôts de moindre importance dans la partie Ouest (Khelifi, 1987 in Ouelmouhoub, 2005). Les subéraies algérienne se répartissent à travers 22 wilayates (Fig. 3) :

El-Tarf , Souk-ahras , Annaba , Guelma , Skikda , Sétif , Constantine , Mila , Jijel , Bejaia , Tizi ouzou , Boumerdes , Blida , Media , Tipaza , Ain-defla , Chlef , Tissemsilt , Relizane, Mascara , Oran , Tlemcen.

Dans d'autres travaux (Cilp, 2000), on note que le chêne-liège couvre en Algérie une superficie totale de 440 000 ha ce qui représente 11% de la superficie algérienne et 18% de la subéraie mondiale. Il occupe une bande littorale de 450 km qui s'étend d'Alger jusqu'au Cap Roux un peu à l'Est d'El-Kala sur une largeur ne dépassant guère 70 km (Natividade, 1956).



**Figure 3 :** Aire de répartition du chêne-liège en Algérie (Source DGF, 2003).

Il forme de vastes massifs soit à l'état pur, soit en mélange avec le chêne vert (*Quercus ilex* L), le chêne-zéen (*Quercus canariensis* Willd), le pin maritime (*Pinus pinaster* Ait) et quelques oliviers (Puyo, 2004 in Roula, 2010). Le plus souvent, il est accompagné d'un sous étage de végétation dense et difficilement pénétrable, composée essentiellement de taxons pyrophiles comme la bruyère arborescente, le lentisque, le myrte, l'arbousier, la philaire et le ciste.

Le dernier inventaire national forestier établi par le B.N.E.D.E.R (Bureau national d'étude et de développement rural) en 1984, évalue la superficie de la subéraie productive à 229.000 hectares environ dont:

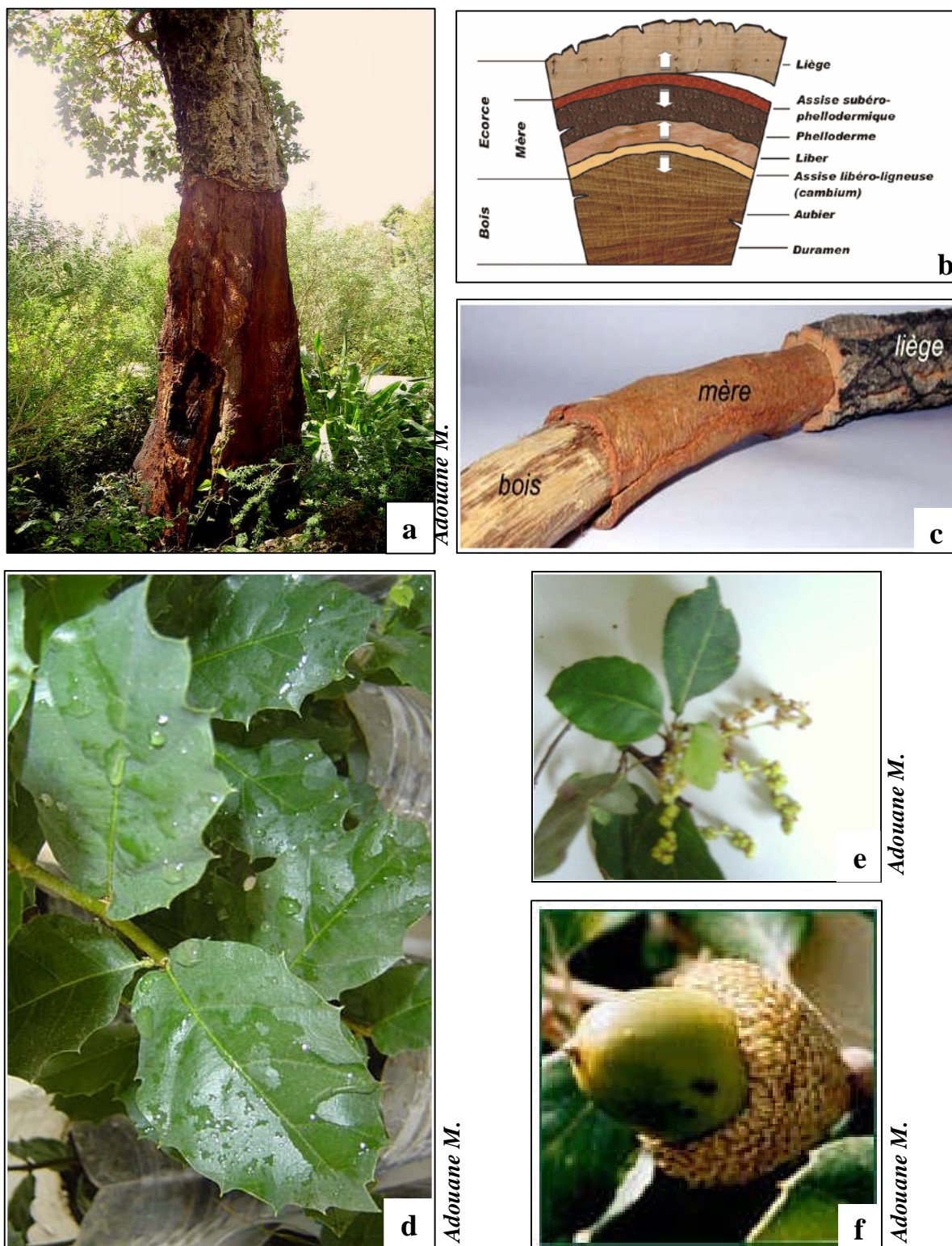
- 138.500 hectares de vieilles futaies (soit 60.5 %),
- 84.702 hectares de jeunes futaies (soit 37%),
- 3.434 hectares de perchis (soit 1.5%)
- 2.284 hectares de taillis (soit 1%).

### III. Caractères botaniques du chêne-liège

Le chêne-liège est une espèce très polymorphe dont on a différencié plusieurs formes botaniques (Natividade, 1956). Peyerimhoff (1941) a distingué ainsi 14 formes ou races nord africaines dont la race marocaine et numidienne.

**Tableau 1** : Tableau synthétique des caractères botaniques du chêne-liège selon diverses sources.

<b>Caractères botaniques du Chêne-liège</b>			
<b>Physionomie</b>			
<b>Taille</b>	<b>Circonférence</b>	<b>Port</b>	<b>Âge</b>
Variable de 10 à 15m en moyenne. Peut atteindre 20 à 25 m en peuplement dense.	70 cm entre 30 et 40 ans (d'un arbre démasclé). 3m en conditions du milieu favorables.	Variable selon la densité du peuplement.  - tronc court et houppier étalé (peuplements clairs). - tronc long et houppier élancé (peuplements denses).	Peut vivre jusqu'à 250 à 300 ans.
<b>Appareil végétatif</b>			
<b>Enracinement</b>	<b>Ecorce</b>	<b>Bois</b>	<b>Feuilles</b>
Pivotant, fixe l'arbre sur des sols légers et rocheux.	1 <sup>ère</sup> couche externe : Le liège 2 <sup>ème</sup> couche interne : Le liber (mère) (Fig. 1a, b, c).	Lourd, compact, peu homogène, difficile à travailler. Très bon combustible Excellent charbon (pouvoir calorifique) (Fig. 1b).	Coriaces, ovales à sommet aigu, dentées ou non, vertes et glabres au dessus, blanchâtres et pubescentes au dessous. De 3 à 6 cm de longueur et de 2 à 4 cm de largeur. Le pétiole peut atteindre 2cm (Fig. 1d).
<b>Appareil reproducteur</b>			
<b>La fleur</b>		<b>Le fruit</b>	
Arbre monoïque : Fleurs mâles en chatons filiformes (40 à 80 mm de long). Fleurs femelles en chatons courts (5 à 40 mm de long). Floraison principale au printemps (Fig. 1e).		Le gland appelé balot. Ovoïde ou arrondie à ellipsoïdal. Surface lisse, luisante de couleur brune. Taille de 2 à 5 cm de long et 1 à 2 cm de largeur (Fig. 1f).	



**Figures 4 :** Photos montrant les caractères botaniques du chêne-liège. **a-** Ecorce du chêne-liège. **b-** Coupe transversale d’une tige de chêne-liège (source : site web 1). **c-** Photo montrant les deux couches entourant le bois du chêne-liège (source : site web 1). **d-** Les feuilles du chêne-liège. **e-** Les chatons mâles du chêne-liège. **f-** Jeune gland du chêne-liège.

## **IV. Régénération**

Le chêne-liège se multiplie de deux façons, l'une naturelle et l'autre artificielle.

### **1. La multiplication ou la régénération naturelle**

Elle se fait soit :

#### **Par semis naturels : (glands tombés)**

La régénération par semis naturels dépend étroitement de plusieurs facteurs : quantité, vigueur et faculté de germination des glands d'une part, condition du milieu physique et action de l'homme, d'autre part (Bouchafra et Fraval, 1991 in Bouhraoua, 2003).

D'après Natividade (1956), la régénération par semis naturels est considérée comme facile au Portugal. Et d'après Boudy (1959) in Richard (1987) elle est plutôt délicate en Afrique du Nord. On note le développement rapide, dès la germination de la racine principale, mais les jeunes pousses ne peuvent supporter la sécheresse des longs étés (Benseghir, 2002).

Bien que le chêne liège soit une essence de lumière, les jeunes plants issus de la germination des glands tombés au sol, ont besoin durant leurs premières années, d'un couvert végétal léger, pour se protéger pendant les mois d'été des insulations et des vents desséchants. L'absence de ce dernier serait la cause principale rendant aléatoire la régénération (Boudy, 1950 in Roula, 2010)

#### **Par rejets de souches**

La régénération par rejet de souche assure souvent le remplacement de l'arbre après un incendie ou une coupe et par conséquent la reconstitution et le rajeunissement des peuplements (Marion, 1956a in Bouhraoua, 2003). Le chêne liège peut se régénérer vigoureusement par rejets de souche jusqu'à un âge avancé. L'essence peut conserver jusqu'à 120 ans environ sa faculté d'émettre des rejets, délai qui serait plus court pour les arbres soumis régulièrement au déliégeage (Seigue, 1985 in Roula, 2010). Les rejets qui se forment ont une croissance assez rapide. Ils forment d'abord une cépée assez touffue, mais leur nombre se restreint dans les premières années par le jeu de la concurrence (Saccardy, 1937 in Roula, 2010)

### **2. La régénération artificielle**

Elle se fait soit :

#### **Par semis artificiels**

Lorsque les conditions favorables de sol et de climat le permettent, on peut semer directement les glands en automne à partir de la chute des glands. Une protection physique contre les prédateurs est nécessaire (Benseghir, 2002). La réussite de cette régénération est conditionnée aussi bien par la mise en défens du périmètre, que par les soins et entretiens apportés, notamment, les arrosages en été, le binage et le désherbage des jeunes plants (Belghazi et *al.*, 2001 in Roula, 2010)

### **Par plantation**

La transplantation à partir de la pépinière de jeunes chênes se fait de plus en plus avec des résultats encourageants bien qu'avec des opérations dispendieuses (Benseghir, 2002).

## **V. Biologie**

### **1. La feuillaison**

Le chêne-liège est une essence sclérophylle. Il reconstitue en général complètement son feuillage tous les ans et ce, jusqu'à un âge très avancé. Le débourrement (formation de nouvelles feuilles) a lieu au printemps (Fraval, 1991 in Bouhraoua, 2003).

En effet, la majorité des anciennes feuilles tombent graduellement au fur et à mesure que les nouvelles se forment, de sorte que l'arbre n'est jamais dépouillé (Natividade, 1956).

Dans certaines conditions climatiques défavorables (grosses chaleurs, sirocco) ou après une exploitation exagérée du liège, l'arbre peut exceptionnellement perdre tout son feuillage en été et rester par conséquent nu (Villemant, 1993 in Bouhraoua, 2003).

### **2. La floraison et la fructification**

Elles sont précoces ; elles commencent dès l'âge de 12 à 15 ans et se poursuivent jusqu'à 150 ans (Natividade, 1956).

La floraison peut avoir lieu au printemps, en même temps que la feuillaison, à partir du mois d'avril et se prolonger jusqu'au mois de juin selon l'exposition et l'altitude (Jacamon, 1987 in Bouhraoua, 2003).

Les fleurs fécondées donnent naissance à des glands qui se forment et mûrissent l'année de la floraison, entre octobre et janvier (Maire, 1961 in Bouhraoua, 2003).

## **VI. Exigences écologiques**

**Tableau 2 :** Tableau synthétique des exigences écologiques du chêne-liège (Bouhraoua, 2003 ; Quezél et Médail, 2003).

<b>Exigences édaphiques et géomorphologiques</b>	
<b>Substrat</b>	Essence calcifuge, substrats siliceux fissurés ou meubles : gneiss, micaschistes, granites, rhyolites, grès et sables fixés.  Peut tolérer les arènes dolomitiques.  S'accommode de sols peu fertiles, superficiels et lourds (riches en argiles).
<b>Texture</b>	Textures légères (sable), bien aérées et riches en matière organique, pas très chargées en cailloux.
<b>pH</b>	Acide ou proche de la neutralité ;
<b>Exigences altitudinales et bioclimatiques</b>	
<b>Etage bioclimatique</b>	Se trouve satisfait dans le méditerranéen sub-humide, humide et même hyperhumide à hiver tempéré ou chaud.  Il est à sa limite inférieure dans le semi-aride.
<b>Frange altitudinale</b>	Entre le niveau de la mer et 1300 m.  Peut remonter exceptionnellement jusqu'à 1550 m à Teniet el Had (Algérie).
<b>Insolation</b>	Essence héliophile ou de pleine lumière.
<b>Température</b>	Mésotherme (entre 13 et 18°C).  Redoute les gelées persistantes à -5°C
<b>Pluviométrie et humidité</b>	Entre 600 et 1200 mm au maximum  Entre 400 et 600 mm au minimum.  60% d'humidité relative en moyenne.

## **VII. Importance socio-économique**

Le chêne-liège est considéré depuis fort longtemps comme une essence particulièrement précieuse. Ses forêts offrent en effet une multitude de produits dont certains constituent de véritables richesses économiques. D'après Ouelmouhoub (2005), les fonctions économiques de la forêt peuvent être réparties en produits et services.

### **1. Les produits**

Les produits de la forêt algérienne sont essentiellement : le bois, le liège et divers sous-produits (Fosa, 2000 in Ouelmouhoub, 2005)

#### **1.1 Le Bois**

Ces forêts fournissent, aux habitants de grandes quantités de bois qui, après avoir été écorcé, constituent un excellent combustible indispensable à la préparation des aliments et au chauffage pendant l'hiver. Ce bois donne également, après carbonisation, un charbon de bonne qualité (Renou, 1842 in Bouhraoua, 2003).

#### **1.2 Le liège**

L'importance économique du chêne-liège réside essentiellement dans son écorce, le liège, qu'il produit régulièrement tout au long de sa vie. Ce matériau particulièrement léger, souple, élastique, imperméable et non conducteur pour la chaleur est utilisé depuis l'antiquité pour des fins diverses (Boudy, 1950 in Roula, 2010). D'abord employé dans la navigation et la pêche sous forme de flotteurs pour filets de pêche ou de bouées d'ancre de navires...etc (Dessain, 1992 in Bouhraoua, 2003), il a ensuite été utilisé en industrie pour la fabrication de divers produits et sous produits tels que l'aggloméré d'isolation et de décoration, les revêtements, les décors auto-adhésifs, la maroquinerie, les granulés et surtout les bouchons (Bouhraoua, 2003)

La filière liège à laquelle nous accordons une attention particulière, sera examinée à part dans les paragraphes suivants. Nous nous contenterons de dire pour l'instant que le liège est le plus favorisé des produits forestiers en Algérie. Il constitue une ressource stratégique du fait de ses multiples usages (bouchonnerie, parquet, isolation thermique).

#### **1.3 Sous-produits**

Outre le liège qu'elle fournit et qui représente l'un des principaux produits forestiers exportables en Algérie, la subéraie présente certaines particularités liées au cortège floristique accompagnant le chêne liège.

En effet, elle recèle des potentialités en divers produits qui, pour peu qu'ils soient rationnellement valorisés, pourraient contribuer sensiblement au développement de l'économie locale et nationale et assurer une augmentation substantielle des revenus des populations concernées.

Les principaux produits sont les suivants : le charbon de bois, la souche de bruyère, la transformation du bois de certaines espèces arbustives comme la filaire, l'arbousier, l'oléastre, les glands de chênes, les plantes médicinales et aromatiques (myrte, lavande, lentisque, ciste, etc...), la gemme et la résine. (Ouelmouhoub, 2005)

En effet, la flore variée rencontrée dans ces forêts offre des usages variés à l'homme, nous pouvons citer essentiellement la bruyère arborescente (*Erica arborea*) dont la souche est exploitée dans la fabrication des pipes dans la région d'El Kala, les plantes aromatiques et médicinales, les fruits et les glands des chênes tombant sur le sol et qui sont appréciés par les sangliers, ces animaux en fouillant le sol contribuent à une régénération naturelle de l'espèce.

En plus de la flore microscopique qui joue un rôle très important, citons l'exemple de la mousse des chênes (*Ivernia prunastria*) utilisée par les grands parfumeurs français, suisses et américains (Benyacoub *et al.*, 1998)

Mais aussi l'écorce dont la richesse en acide tannique permettait le tannage des peaux. (Peyerimhoff, 1941).

## **2. Les services de la subéraie**

### **2.1 Pâturage**

En Algérie, ces forêts tenaient (avant la conquête française) et tiennent toujours une place primordiale dans la vie socio-économique de la majorité de la population riveraine car elles constituent, grâce à leur abondant sous-bois, un riche terrain de parcours pour un cheptel varié (Bouhraoua, 2003).

Les subéraies algériennes fournissent également depuis longtemps des quantités considérables de glands permettant l'alimentation du cheptel pendant les périodes de disette (Peyerimhoff, 1941)

### **2.2 Tourisme et paysage**

Il est clair que la forêt contribue davantage à la beauté des paysages et à l'expansion des activités touristiques. Le développement du tourisme est susceptible d'apporter des recettes non négligeables et d'assurer une part importante du PIB (Produit Intérieur Brut).

Dans les régions ensoleillées et douces, comme les rivages méditerranéens, le touriste venu parfois de très loin recherche à la fois l'air, l'eau et l'ombre des forêts. En Algérie, le tourisme en forêt a connu une perturbation voire une régression énorme, conséquence de la conjoncture sécuritaire vécue au cours de la dernière décennie. (Ouelmouhoub, 2005)

### **VIII. Importance écologique**

La subéraie offre une série d'avantages que ce soit en matière de régulation du régime des eaux ou de lutte contre les érosions ce qui, selon Quézel (1976) in Benseghir (2002) en fait un milieu où se concrétise l'équilibre le plus stable entre la végétation et le milieu édaphique ou climatique.

Il faut souligner cependant que ce genre d'écosystème influe de façon sensible sur les conditions climatiques en induisant, notamment une augmentation considérable de l'humidité atmosphérique.

La forêt atténue l'évapotranspiration, modère la vitesse des vents et favorise les précipitations. (Ouelmouhoub, 2005)

Elle intervient sur la qualité de l'air, en épurant ce dernier par la fixation de polluants (recyclage) et en le purifiant par diffusion d'essences et de composés volatiles. (Ouelmouhoub, 2005)

Sur le plan édaphique, la forêt permet le maintien des sols, elle assure une protection physique et une stabilisation en diminuant le risque d'érosion des crues torrentielles et les chutes de pierres. (Abdelghafour, 1974)

En raison de la constitution du liège et de ses qualités intrinsèques, la subéraie est au centre d'enjeux écologiques importants puisqu'elle développe une résistance remarquable contre les incendies et offre l'avantage de reconstituer rapidement une importante couverture végétale.

Bonin (1992) in Benseghir (2002), souligne également la faculté de régénération remarquable du chêne-liège face à l'action de destruction humaine puisque seul l'arrachage de ses racines peut venir à bout de cet arbre.

Par ailleurs, en raison sans doute de sa longévité et de sa stabilité, la subéraie est le biotope forestier par excellence qui abrite un grand nombre d'espèces animales, mais également végétales.

L'écosystème subéricole algérien présente sous forme de futaie ouverte de chêne-liège à sous-bois constitué de bruyère, arbousier, cytise à trois fleurs, Asphodèle, Ronce sauvage,

lentisque, Myrte, Ciste à feuilles de sauge, Olivier, Lavande stoechade, Menthe, Thym....ou de maquis denses (arborés) provenant d'anciens incendies.

## **IX. Le liège**

### **1. Définition**

Le liège est un produit naturel provenant de l'écorce du chêne liège, c'est une masse homogène de cellules mortes liées par une substance grasse le rendant imperméable à l'eau et aux gaz, d'où son utilisation par les fabricants de boissons.

Cette caractéristique donne au liège des propriétés très utiles pour l'industrie : un faible poids, une grande élasticité et une grande résistance mécanique. Autrement dit, c'est un assemblage de cellules remplies d'air (42 millions par cm<sup>3</sup>) à quintuple parois, dont deux sont parfaitement étanches, ce qui explique qu'en dehors de sa légèreté et son élasticité, il bénéficie d'une caractéristique isolante contre la chaleur (empêche la propagation du feu), le froid, le son et les vibrations. C'est aussi un produit abrasif qui sert à polir le cristal (Yessad, 2000)

Le liège est un tissu mort, spongieux, élastique et compressible qui résiste parfaitement aux incendies et préserve ainsi les couches corticales inférieures (Bouhraoua, 2003). Il est composé de couches de cellules mortes et creuses qui se forment de manière centrifuge à partir de l'assise subéro – phellodermique (la mère).

On distingue dans le liège deux éléments : le suber et les lenticelles (Bouhraoua, 2003). Lorsque le liège n'a jamais été récolté, on parle de liège mâle (site web 2), liège vierge ou liège naturel. Il est dur, d'une élasticité médiocre, profondément crevassé et de couleur grisâtre (Bouhraoua, 2003). Il est impropre à la transformation bouchonnière. L'action de récolter le liège mâle est appelée le démasclage. Le liège se régénère continuellement, la repousse après la récolte (levée) est appelée liège de reproduction ou liège femelle (il est beaucoup plus homogène et donc propice à la fabrication de bouchons) (site web 2).

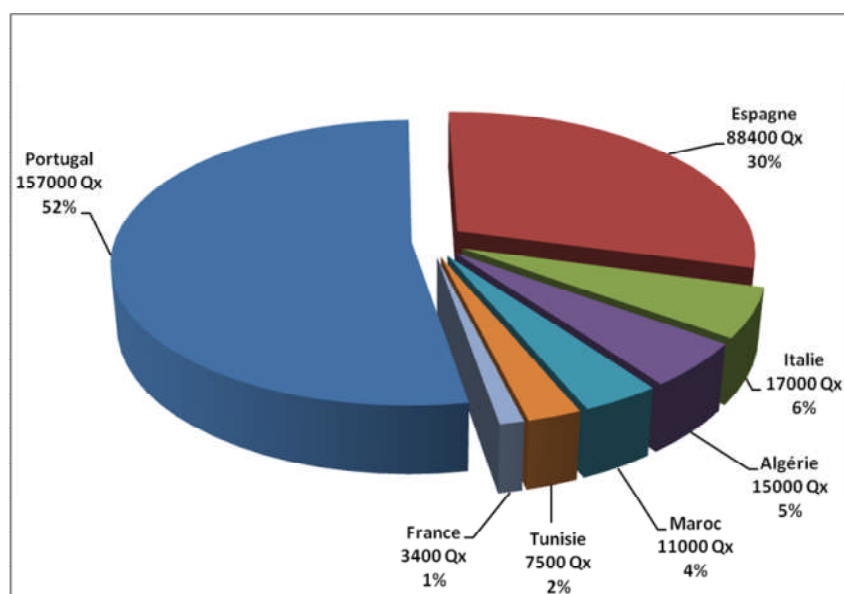
Le principal intérêt du liège est de protéger l'arbre du feu, fréquent en région méditerranéenne.

### **2. Production du liège**

#### **2.1 Production mondiale**

Les données statistiques disponibles sur la production mondiale du liège par pays manquent aussi de rigueur, rendant sérieusement difficile les comparaisons notamment dans le temps. Cependant, selon l'Association Portugaise du Liège (APCOR) in Roula (2010), la production

mondiale de liège se situerait au environ de 300.000 tonnes par an et se répartie par pays producteur comme le montre la figure 5.



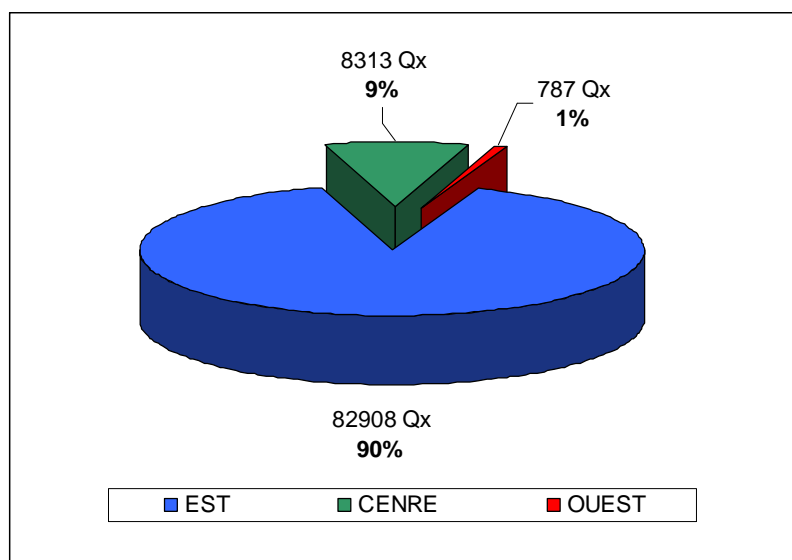
**Figure 5** : Répartition de la production mondiale de liège

\*Source : APCOR, 2007 in Roula, 2010

## 2.2 Production algérienne

La subéraie algérienne assure une production annuelle de 12431 tonnes de liège, moyenne calculée de 1964 à 2008 (DGF, 2006 in Roula, 2010). Elle est en grande partie transformée à travers les unités installées dans la région Est, notamment à Jijel. Cette quantité de liège ne représente qu'à peine 38.43% de la production de la période 1939-1951, soit 32340 tonnes de liège selon Boudy (1950 in Roula, 2010). Toutefois, cette production du liège connaît des fluctuations d'une année à l'autre, avec une tendance à la baisse, surtout de 1994 à 1996.

En Algérie, les peuplements de chêne liège se trouvent majoritairement concentrés dans le tell oriental (82%), le tell central occupe la seconde position avec 15.6%, suivi du tell occidental avec 2.4% (Abbas, 2006 in Roula, 2010). La production de liège suit la même tendance, la région Est produit annuellement 82908 quintaux de liège (soit 90%), la région centre assure 8313 quintaux (9%) et la région ouest ne fournit que 787 quintaux, soit à peine 1% de la production nationale (fig. 6).



**Figure 6** : Production de liège en Algérie par région (période 1999/2008). (Roula, 2010)

## X. Présentation de la forêt algérienne

### 1. Introduction

Sous les effets conjugués de divers facteurs naturels et anthropiques, la forêt algérienne subit une dégradation continue

### 2. Aperçu historique

Ces effets viennent aggraver une situation déjà critique en raison des occupations et invasions successives qu'a connu le pays.

#### a. L'époque précoloniale

Si les grandes forêts de chêne-liège n'étaient exploitées que de façon très limitée par les turcs, en revanche les massifs de cette espèce arboricole servaient d'avis de parcours pour leur cheptel ovin et bovin grâce à leur richesse floristique remarquable. (C.C.I.A, 1973 in Ouelmouhoub, 2005).

#### b. L'époque coloniale

A compter de 1841, notamment, un dispositif approprié a été mis en place par les colons pour tirer de plus grands profits du chêne-liège, essentiellement par le biais des concessions organisées sous forme d'un cahier de charges et régies par des textes visant une surexploitation effrénée de la subéraie par une prolongation de la durée de jouissance (arrêté du 3 mai 1849 et décret du 8 mai 1862).

Le démasclage systématique et la sous estimation de la régénération générés par cette surexploitation d'après Abdelghafour (1974) et Ouarkoub (1974) d'une part, et une série

d'événements historiques d'autre part (Révolte d'Ahmed Bey en 1863 qui a entraîné des incendies dévastateurs avec maintien de la production, et surtout les 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> guerres mondiales qui ont vu une surexploitation sauvage en vue du ravitaillement de la France en charbon de bois) ont affaibli sensiblement le chêne-liège et précipité son vieillissement (Selon Ouarkoub (1974), Ouarkoub (1975) in Ouelmouhoub (2005)).

La lutte de libération nationale, de par ses effets dommageables a donné le coup de grâce au patrimoine subéricole national.

### **c. Après l'indépendance**

Si on excepte le pic enregistré en 1965 (soit 350 000 Qx), la tendance en matière de production de chêne-liège est à la baisse et ce, malgré le rattachement de l'écrasante majorité des subéraies au domaine public de l'état. Ceci s'explique essentiellement par la faiblesse voire le manque d'intervention agricole en vue du rajeunissement du patrimoine (Zéraïa, 1982). Un programme de rénovation de la subéraie a été engagé.

## **XI. Etat actuel du déclin du chêne liège dans la région méditerranéenne**

Depuis le début des années 1980, le déclin généralisé des subéraies a induit une réduction graduelle de l'aire de répartition du chêne-liège, de la densité des peuplements et de la production annuelle du liège dans toute la région méditerranéenne (Sousa et Atay Kadiri, 2005). En Algérie, La DGF (2009) considère (de façon immuable) que 50 % de la superficie potentielle de la subéraie (229 000 ha), est productive. Cependant, sur le terrain, de nombreux signes indiquent que cette subéraie se dégrade et décroît peu à peu (Aouadi et *al.*, 2010). Plusieurs hypothèses ont été formulées pour expliquer ce phénomène dont l'ampleur varie avec les facteurs de l'environnement, les caractéristiques du site, du peuplement et les agents biotiques (Sousa et Atay Kadiri, 2005).

Parmi les symptômes du dépérissement : chute et jaunissement du feuillage, dessèchement et nécroses au niveau des branches, chancres, déformations, écoulements d'un liquide noirâtre et pourritures au niveau des troncs (Bakry & Abourouh, 1996 ; Bakry et *al.*, 1999 ; Franceschini et *al.*, 1999, 2002 ; Ardizzoni et *al.*, 2002 ; Ragazzi et *al.*, 2002 ; Sechi et *al.*, 2002 in Ben Jamâa et *al.*, 2005)

### **1. Les principaux agents abiotiques responsables du déclin**

- d'abord les incendies : Le chêne-liège est très résistant au feu et régénère rapidement après un incendie, mais la production de liège commercialisable et celle des glands est fortement

compromise. Au niveau des pieds incendiés et non coupés, des bourgeons se développent à différents niveaux (base ou cime) et un système physiologique perturbé s'installe, freinant l'activité normale de l'arbre ;

- Les difficultés de régénération ;

- L'absence de programmes d'aménagement et restauration de la subéraie ;

- l'enrésinement et l'introduction d'espèces à croissance rapide, comme les eucalyptus (point que nous allons aborder ultérieurement, essentiellement parce que notre zone d'étude est confrontée à ce problème)

- Les défrichements pour l'extension agricole et les pressions humaines en tous genres ;

Sur ce dernier point, à titre d'exemple en 2008, il a été enregistré 5568 délits, dans la subéraie selon la DGF (2009). (Aouadi et al., 2010)

- La déficience hydrique du sol (Méthy et al., 1996; Oliveira et al., 1992), qui est la conséquence d'une réduction des précipitations printanières (David et al., 1992).

- L'insuffisance ou l'excès de certains éléments chimiques dans le sol (Bernardo et al., 1992; Huber, 1978; Sousa et al., 2000). Au Portugal, le déclin se manifeste sur des sols à pH de tendance acide, ayant une faible concentration en potassium, calcium, manganèse ou présentant des valeurs élevées d'aluminium et de zinc (Cabral & Lopes, 1992 in Sousa et Atay Kadiri, 2005).

- Le surpâturage

- Les mauvaises pratiques de gestion:

- Une gestion sylvicole inappropriée.
- Un écorçage mal conduit (mauvaise technique, période mal choisie, fréquence d'extraction excessive).

## **2. Les agents biotiques associés au déclin du chêne liège**

Les insectes ravageurs (Chadigan 1990, Villemant & Fraval, 1991, Hamdaoui, 1994; Sousa, 1995 in Sousa et Atay Kadiri, 2005) ou des maladies cryptogamiques (Brasier et al., 1992; Franceschini et al., 1993 ; Bakry & Abourouh 1995 in Sousa et Atay Kadiri, 2005). Les données sur les bactéries, les virus et les nématodes restent très rares. *Le Bombyx disparate* (*Lymantria dispar L.*) est le principal défoliateur du chêne-liège (Mnara et al., 2005). (Fig. 7 a, b et c).

Quand aux champignons pathogènes, on signale les attaques de :

*Phytophthora cambivora* (Petri) Buism., *P. cinnamomi* Rands (maladie de l'encre)

*Hypoxylon mediterraneum* (De Not) Mill (maladie du charbon de la mère) (Figure 7d et e).

*Diplodia mutila* Fr. apud. Mont.:

*Armillaria mellea* (champignon parasite) (Fig. 7 f et g).

## **XII. Impacts des reboisements**

De très nombreux reboisements ont été réalisés en région péri – méditerranéenne, souvent sur de vastes superficies et effectués avec des essences autochtones ou allochtones (*Acacia*, *Casuarina*, *Eucalyptus*, *Prosopis*, *Pseudotsuga*, *Pinus* et *Quercus* nord-américains) (Quézel et *al.*, 1990c in Quézel et Médail, 2003). De multiples essences exotiques ont été testées en arboretums, mais leur utilisation à des fins de reboisement à vaste échelle n'a finalement concerné que quelques *Eucalyptus* et *Acacias*, voire des *Casuarina*, c'est-à-dire des essences originaires essentiellement d'Australie. (Quézel et Médail, 2003).

### **1. Problèmes écologiques, sanitaires et génétiques induits par les reboisements**

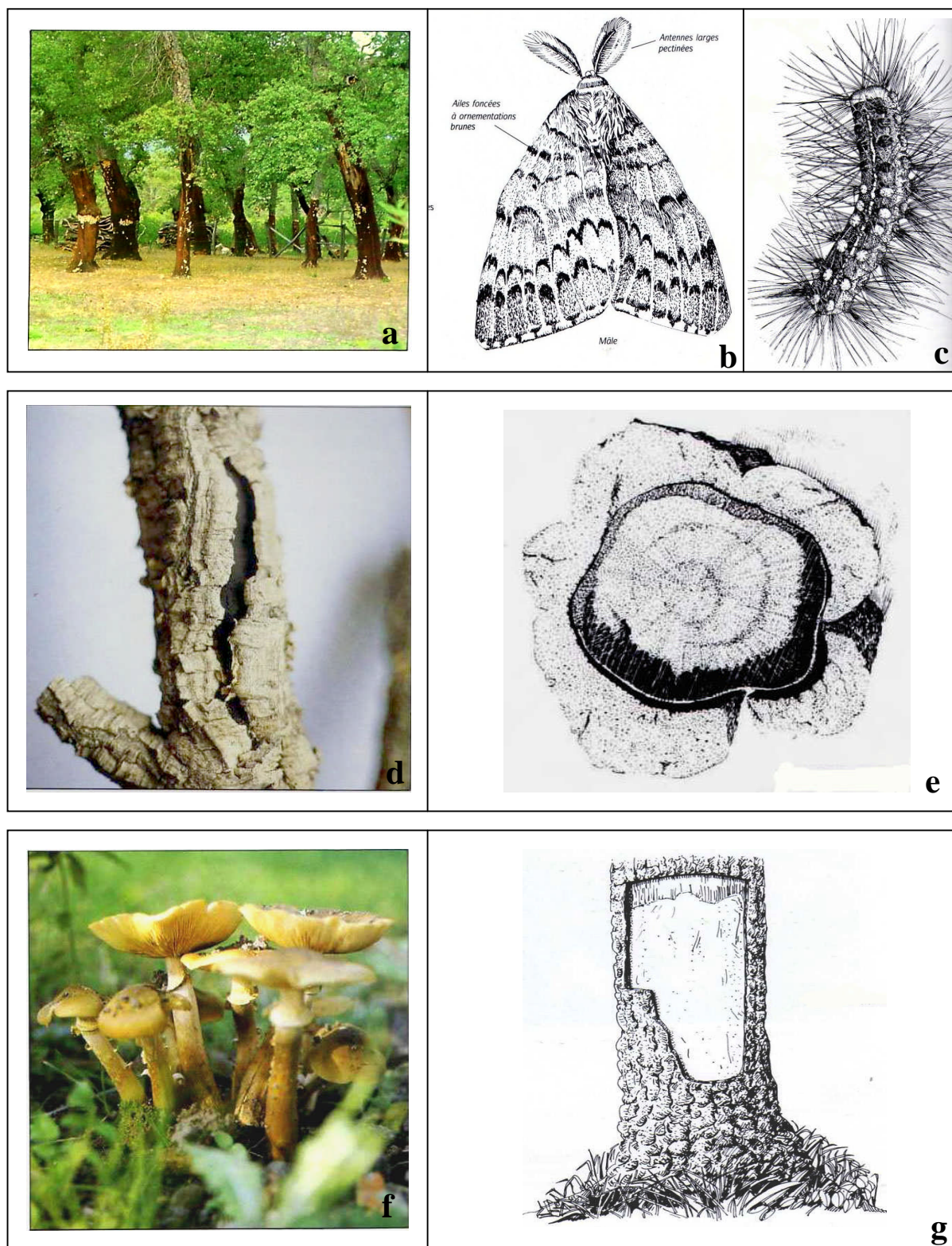
Les reboisements conduisent fréquemment à des échecs écologiques et même économiques, car :

- le recyclage de la nécromasse et de la matière organique est médiocre.
- L'emploi d'essences très inflammables (conifères, eucalyptus, acacias) aggrave les risques d'incendies ;
- Divers problèmes sanitaires peuvent survenir ;
- Les phénomènes de pollution génétique par introgression ou hybridation sont accrus (Quézel et Médail, 2003)

### **2. Invasions biologiques en forêts**

Les invasions biologiques causées par les espèces exotiques (ou xénophytes) à caractère envahissant sont considérées actuellement comme la deuxième menace vis-à-vis du maintien de la biodiversité mondiale, après la destruction et la fragmentation des habitats (Williamson, 1996), mais ce constat peut paraître quelque peu exagéré. En Règle générale, sur l'ensemble des espèces végétales, introduites, seulement 10% s'établissent durablement (naturalisation) dans les milieux naturels et parmi cette fraction, 10% deviennent des espèces envahissantes (Williamson, 1996 in Quézel et Médail, 2003).

Les plantes introduites devenues envahissantes peuvent modifier la composition et le fonctionnement des écosystèmes, changer la structure des communautés et la dynamique des populations, et donc accélérer l'extinction des espèces indigènes (Daehler, 1998; Vila et Pujadas, 2001; Shea et Chesson, 2002 in Quézel et Médail, 2003). Les raisons dans ces cas peuvent être :



**Figure 7** : Les principaux agents pathogènes du chêne-liège. **a-** Concentration de pontes sur chêne-liège en Corse. **b-** Bombyx Disparate (*Lymantria dispar L*) mâle adulte au repos. **c-** Chenille au dernier stade (50mm environ). **d-** Stroma carbonacé apparaissant dans les déchirures de l'écorce. **e-** Coupe au niveau d'une branche atteinte de la maladie du charbon de la mère. **f-** Fructification d'*Armillaria mellea*. **g-** Mycélium blanchâtre « peau de chamois » au niveau du collet. (Abgrall et al., 1990)

- De meilleures capacités compétitrices au niveau de la germination, l'établissement, la reproduction ou la dispersion des propagules;
- De l'optimisation des modalités de reproduction (propagation végétative et autogamie) ;
- De l'absence d'espèces « régulatrices » (herbivores, parasites, prédateurs) ;
- Des changements environnementaux : modifications des régimes des perturbations ou des modes d'usage des terres, réchauffement climatique (Quézel et Médail, 2003)

### 3. Introduction des eucalyptus en Algérie

#### 3.1 Historique

En 1786, le naturaliste anglais Nelson qui accompagnait James Cook dans sa troisième expédition avait rapporté en Angleterre les premières graines d'Eucalyptus ainsi que des échantillons d'arbres surprenants qui dominaient en Tasmanie (île située au sud de l'Australie). (Belouahem, 1982)

D'après Boudy (1950) in Guédir (1993), le premier Eucalyptus qui a été décrit en méditerranée, est l'*eucalyptus Camaldulensis*, planté dans la baie de Naples en Italie.

En Algérie, c'est probablement dans le jardin d'essais du Hamma à Alger qu'ont eu lieu les premiers essais vers 1865. (Guédir, 1993)

Mais c'est l'*Eucalyptus globulus*, qui, introduit dans la plaine marécageuse de la Mitidja pour combattre la « Malaria » grâce à ses odeurs balsamiques, connut assez rapidement une grande extension en Algérie entre 1865 et 1870 (Boudy, 1950 in Guédir, 1993)

L'*Eucalyptus Camaldulensis*, introduit à la même époque l'a été dans un but d'assèchement des marais et zones marécageuses (Abderrahmane, 1980 in Guédir, 1993)

D'après H. Menage (1952) in Belouahem (1982), c'est vers les années 1900- 1920 pour répondre à la demande croissante en bois, que les forestiers ont commencé à s'intéresser aux essences à croissances rapides.

#### 3.2 Le projet de reboisement

Sur la base d'une étude élaborée par la société espagnole « Caltechnica » en 1976, en vue de la mise en place d'une usine de pâte à papier dans la région d'El-Kala, un vaste programme de reboisement dit « industriel » (25 000 ha) a été lancé dans cette zone, visant la production d'un bois de qualité adéquate destiné à la préparation de la pâte à papier.

### 3.3 Le choix de l'Eucalyptus

Cet arbre a été choisi pour différentes raisons que nous allons évoquer ci-après, et c'est pour ces mêmes raisons que cette espèce est devenue une espèce invasive:

Les données climatiques de la région d'El-Kala se rapprochent de celles du pays d'origine (Australie) et répondent bien aux besoins et aux exigences de l'*E. camaldulensis*. En ce qui concerne les caractères édaphiques, l'*E. camaldulensis* est planté sur des sols de même nature que ceux de son pays d'origine. Donc cette espèce trouve les conditions écologiques (T°, pluviométrie, sol) favorable à son développement et ce qui explique bien sa relative plasticité ou son adaptation facile à la région d'étude (Guédir, 1993)

Il a la possibilité de « rejeter » c'est-à-dire que si on le coupe, il repousse de lui-même durant 4 générations (on dit qu'il a une révolution de rotation).

La possibilité de croissances des eucalyptus est favorisées du fait que les insectes infestateurs de feuilles sont absents, les milieux naturels deviennent donc nettement intacts et équilibrés avec autant d'espaces aérés et des chances de croissances végétale certaines (Belouahem, 1982)

Dans des conditions favorables, les eucalyptus peuvent passer de l'état de jeunes semis à celui d'un arbre de 10 m ou plus de hauteur en deux ans. Selon la FAO, chaque année le sommet de la cime pourra croître de 5 m en hauteur et produire quatre ou même cinq ordres de branches, celles-ci élaborent très rapidement les tissus ligneux qui formeront le fût, permettant ainsi de produire de très importants volumes de bois à l'hectare par an (Guédir, 1993) qui peuvent atteindre selon Belouahem (1982), 110 m<sup>3</sup> par ha par an.

L'exploitation effectuée par l'ORDF (Office Régionale de Développement Forestier) en 1986, sur une parcelle d'*eucalyptus camaldulensis* à Boumalek (El-Kala) a permis de donner une idée sur les accroissements en volume obtenus sur une parcelle de 400 ha d'un âge de 25ans, le volume moyen obtenu s'est élevé de 5 à 7 m<sup>3</sup>/ha/an (Guédir, 1993)

La plupart des eucalyptus montre une certaine résistance au feu (espèce ignifuge) et quelques uns reprennent rapidement après un incendie (FAO, 1982). Cette espèce est résistante à la sécheresse prolongée, apte à tolérer un engorgement périodique du sol (Guédir, 1993)

### 3.4 Les problèmes écologiques liés à l'utilisation des Eucalyptus

L'eucalyptus, genre essentiellement australien riche de plus de 700 espèces, pose dans le bassin méditerranéen d'importants problèmes écologiques car il a été très largement utilisé à des fins de reboisement. En Afrique du Nord, les plantations essentiellement marocaines, atteignent 280 000 ha (Seigue, 1985 in Quézel et Médail, 2003)

Pour être économiquement rentables, ces plantations sont très exigeantes du point de vue édaphique et déterminent rapidement un appauvrissement des sols en nutriments, ce qui impose alors une fertilisation par des apports d'engrais.

De plus, le sous-bois de ces plantations reste pratiquement dépourvu de végétation et la décomposition de la litière se réalise très difficilement et lentement, ce qui accélère encore les processus d'appauvrissement édaphique. Les Eucalyptus sont heureusement incapables de s'intégrer efficacement à la végétation autochtone, (Quézel et Médail, 2003).

#### **4. L'invasion des peuplements forestiers par les *Acacias***

Selon Loisel (1976a) in Quézel et Médail (2003), L'espèce (*Acacia decurrens* : l'espèce la plus dynamique) se répand vigoureusement par drageonnement, puisqu'elle peut s'étendre de 2 – 3 m par an dans toutes les directions et même jusqu'à 5 m quand la pente est favorable.

Ces taillis d'*Acacia decurrens* posent beaucoup de problèmes écologiques, puisqu'ils éliminent une grande partie de la végétation indigène.

#### **5. Inhibition et concurrence**

Au même titre que les animaux qui délimitent les territoires de chasse ou de parcours et que l'on peut assimiler à une concurrence due à l'instinct de conservation, les végétaux réagissent entre eux par des phénomènes de dominance en faisant intervenir plusieurs types d'appropriation de territoires. (Boulard, 1967 in Guédir, 1993).

Selon les essences et le milieu, le comportement des végétaux est plus ou moins prononcé et plus ou moins remarquable. On distingue à cet effet des espèces dites « tolérantes » (qui admettent une végétation à leur proximité immédiate), et les espèces dites « concurrentes » qui ne tolèrent aucun développement végétal dans leur entourage et à une distance plus ou moins variable.

Dans les deux cas, il a été opéré une classification selon tout un éventail d'effets intermédiaires, on distingue plusieurs types de concurrences. (Driss. Communication orale in Guédir, 1993)

- 1) Concurrence racinaire.
- 2) Concurrence par ombrage
- 3) Concurrence par étalement au sol
- 4) Concurrence par rejet de souche ou buissonnement

- 5) Concurrence par feuillage tombé au sol
- 6) Concurrence par appauvrissement du sol

## Chapitre II

Etat des connaissances sur les mycorhizes, leurs rôles et leur application

## I. Introduction :

Développer de grandes surfaces de contact avec le milieu environnant permet de pallier la dilution de toutes sources de matière et d'énergie indispensables. Comment cela est-il réalisé par les plantes ?

La ramification des racines et des tiges en est la première manifestation, ainsi que l'extension des surfaces foliaires.

À l'origine de la nutrition hydrominérale, la surface de contact entre les racines et le sol est considérablement augmentée par expansion des cellules superficielles des jeunes racines, les poils absorbants (1mm de longueur, de 10 à 20 millièmes de mm de diamètre), ou par l'association des radicules avec des filaments de Champignons : **Les mycorhizes** (Bournérias et Bock, 2006).

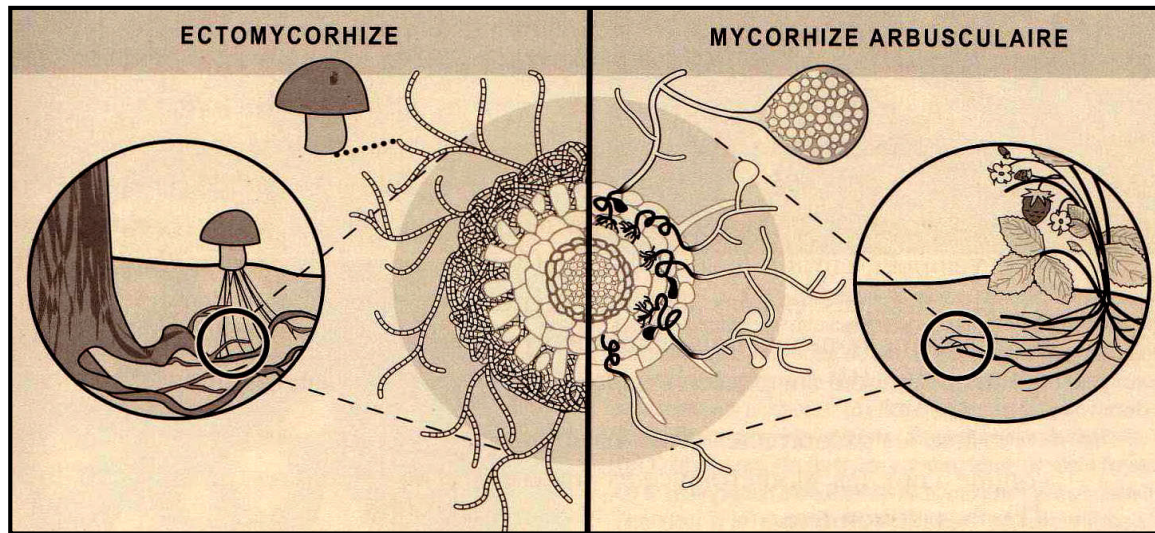
## II. Qu'est-ce qu'une mycorhize?

D'origine gréco-latine, le mot mycorhize signifie champignon-racine (*mukes* = champignon, *rhiza* = racine). Tous comme les lichens, les mycorhizes relèvent de l'association d'un organisme photo-synthétique, soit une plante verte, et d'un champignon filamenteux (Fortin et al., 2008). En d'autres termes, c'est une racine colonisée par un champignon mycorhizien qui en a modifié la morphologie (Egli et Brunner, 2002). Il s'agit d'une symbiose mutualiste, c'est-à-dire d'une association spécifique, intime, durable et à bénéfice réciproque entre deux organismes (Drénou et al., 2006). Cette symbiose est obligatoire dans les conditions naturelles, c'est-à-dire que ni le champignon ni l'arbre ne peuvent vivre indépendamment l'un de l'autre (Strullu, 1991). Tout comme dans le cas des Lichens, la plante verte effectue la photosynthèse et le champignon approvisionne le couple en eau et en éléments minéraux à partir du substrat (Fortin et al., 2008). On calcule que la surface d'absorption racinaire peut ainsi être multiplié par 10. Ces dispositifs, localisés aux régions subterminales des racines, augmentent le volume de sol qu'elles peuvent exploiter. Mais, assez rapidement, dans ce même espace, la solution du sol s'appauvrit en ions, et c'est la croissance racinaire qui permet l'utilisation d'un nouveau volume de sol. Les parties plus âgées, d'ailleurs, se différencient en se spécialisant dans la conduction des sèves et en réduisant leur participation à l'absorption de l'eau et des ions.

Tous les Gymnospermes terrestres, près de 85 % des Angiospermes et une partie des Ptéridophytes (Fougères, Prêles, etc.) sont mycorhizées, ce qui représente près de 95 % des plantes vasculaires (Davet, 1996). Seuls des membres de quelques familles sont quelques fois dépourvus de mycorhizes, par exemple, les Bracécacées et les chénopodiacées (Fortin et al., 2008)

Il existe plusieurs formes d'associations mycorhiziennes (Fig. 8), connues sous les noms de mycorhizes arbusculaires, d'ectomycorhizes, d'ectendomycorhizes, de mycorhizes arbutoïdes, de mycorhizes

éricoïdes et de mycorhizes à orchidées (Fortin et al., 2008). Pour rester dans le domaine des arbres, nous n'en retiendrons ici que deux : les mycorhizes arbusculaires et les ectomycorhizes



**Figure 8 :** Illustration schématique d'une ectomycorhize et d'une mycorhize arbusculaire (d'après Fortin et al., 2008)

### 1. Les mycorhizes arbusculaires

Les mycorhizes arbusculaires se retrouvent chez les fougères, les lycopodes, plusieurs conifères et la majorité des plantes à fleurs, mono et dicotylédones soit plus de 70 % des espèces végétales vasculaires terrestres actuelles, en plus de nombreuses mousses et hépatiques (Fortin et al., 2008). Elles sont très anciennes puisqu'elles existent depuis le début de la colonisation des continents par les végétaux au Dévonien, il y a environ 450 millions d'années (Selosse et le Tacon, 1998). Elles sont formées par des champignons primitifs de l'ordre des Glomales qui ne forment pas de structures visibles à l'œil nu (Drénou et al., 2006). Les zygomycètes constituent des mycorhizes arbusculaires (Strullu, 1991). On compte aujourd'hui 2 ordres : Mucorales et Entomophthorales, ce derniers se divise en 2 principaux genres : *Basidiobolus* et *Conidiobolus* (Ribes J et al., Clin Microbiol Rev, 2000; Prabhu R et al., Clin Microbiol Infect 2004) in (Chalendard, 2005). Les filaments du champignon occupent le parenchyme cortical des racines fines sur de grandes longueurs (plusieurs centimètres) (Drénou et al., 2006). Le mycélium non seulement s'immisce entre les cellules de racine mais pénètre à l'intérieur de celles-ci (Fig. 9). Ces invaginations s'enfoncent profondément en édifiant des pelotons ou en se ramifiant en arbuscules dans la cellule de racine (Fig. 9.b). Malgré cette situation intracellulaire, le champignon n'est pas véritablement intracytoplasmique comme le révèlent les coupes ultrafines. Il reste entouré par le

plasmalemme de la cellule qui l'héberge. (Roland, 2004).

C'est au niveau de ces arbuscules, qui développent une très grande interface, qu'ont lieu les échanges caractéristique de la symbiose (Drénou *et al.*, 2006).

Le mycélium des champignons arbusculaires est de type cénotique, c'est-à-dire sans cloison ou septation formant des cellules. Le long de ce réseau mycélien cénotique, se développant partout dans le sol, le champignon forme des spores destinées à propager et disséminer l'espèce (Fig. 9.d), les spores sont parfois regroupées en sporocarpes. Chez certaines espèces, des structures de reproduction, appelées vésicules intra-racinaires (Fig. 9.c), se différencient dans le cortex racinaire et possèdent des propriétés analogues à celles des spores. C'est pourquoi, on utilise le terme propagule pour désigner à la fois les spores, les vésicules et les fragments de racines contenant des vésicules, puisque toutes ces structures servent à propager l'espèce (Fortin *et al.*, 2008).

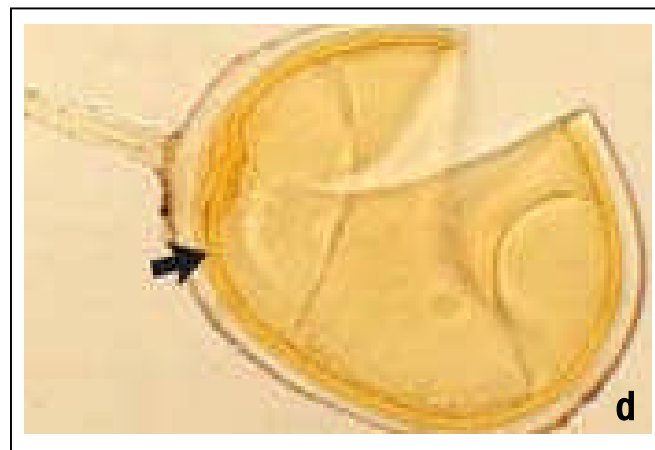
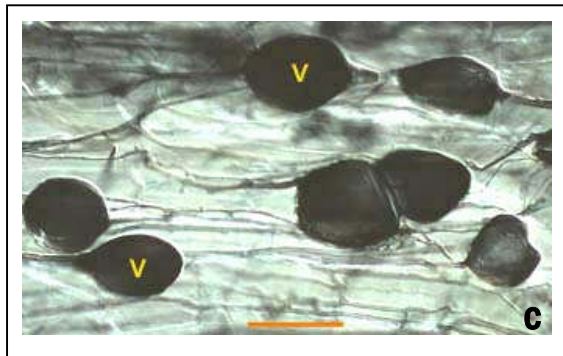
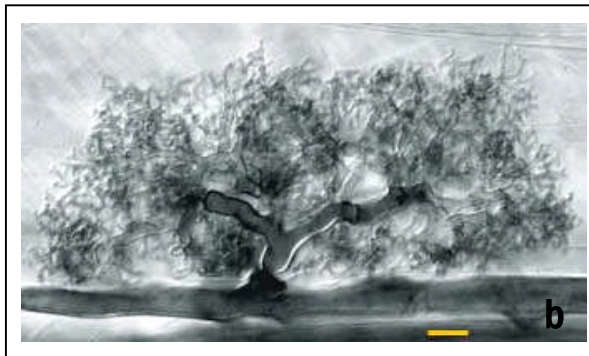
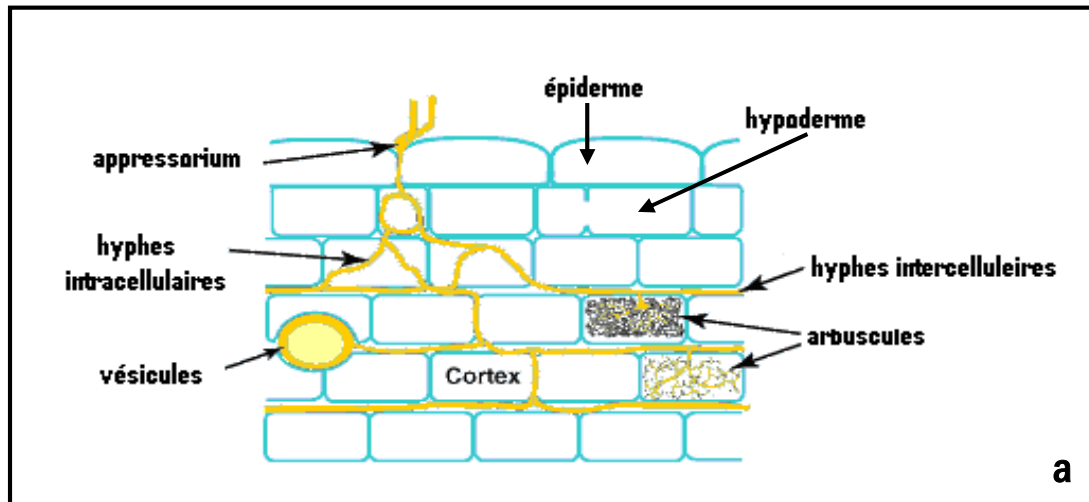
## 2. Les Ectomycorhizes

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. La symbiose ectomycorhizienne est surtout le fait des plantes ligneuses. L'interaction concerne seulement 3 à 5 % des plantes à graines, mais la vaste répartition géographique de ces espèces en fait un atout écologique et parfois économique important pour les essences forestières concernées.

On l'observe chez les Gymnospermes : les pinacées (sapin, mélèze, épicéa, pin etc.) et chez les Angiospermes, principalement les dicotylédones comme les Fagacées (hêtre, chêne, châtaignier), les Myrtacées (eucalyptus) et les familles de plantes tropicales (Diptérocarpaceae et des Caesalpinoideae) (Duhoux et Nicole, 2004). C'est plus de 25 000 espèces de plantes vasculaires actuelles qui portent ce type de mycorhizes (Fortin *et al.*, 2008). Notons qu'une même essence peut posséder une symbiose ecto et/ou endomycorhizienne. (Duhoux et Nicole, 2004).

Les ectomycorhizes sont formées par des champignons supérieurs Ascomycètes et Basidiomycètes qui produisent en général des fructifications macroscopiques (Garbaye, 2006 in Drénou *et al.*, 2006) (et quelques Zygomycètes selon Davet (1996)).

Molina *et al.* (1992) in Gagné (2005) estiment qu'il existerait entre 5000 et 6000 espèces de champignons capables de former des ectomycorhizes.



**Figure 9 :** structures caractéristiques des mycorhizes arbusculaires (D'après Brundrett, 1996 in site web 3). **a-** schéma d'une racine colonisée par un champignon arbusculaire. **b-** Structure détaillée d'un arbuscule. **c-** Vésicules (V) intercellulaires avec quelques hyphes intercellulaires. **d-** Spore de *Glomus clarum*, avec un suspenseur droit.

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 (Drénou et *al.*, 2006).

Chez les ectomycorhizes (Fig. 10.a), le mycélium ne se développe pas dans les cellules de l'hôte, comme c'est le cas avec les mycorhizes arbusculaires, mais plutôt à l'extérieur des cellules. Les hyphes en s'accolant les uns aux autres forment un manchon autour des radicelles et pénètrent aussi dans la racine, mais en se confiant aux espaces intercellulaires. Le réseau ainsi formé porte le nom de Hartig (Fig. 10.c), chercheur qui l'a observé et décrit le premier). A partir de cet ancrage, le mycélium peut alors se développer, envahir le sol adjacent et y former des cordons mycéliens, constitués d'hyphes accolées les unes aux autres, ou des sclérotés (Fig. 10.f) résultant de l'enroulement du mycélium sur lui-même. L'ensemble du mycélium d'un champignon constitue un thalle, qui peut s'étendre sur plusieurs mètres carrés de surface dans le parterre de la forêt.

Chez les ascomycètes et basidiomycètes, la structure n'est plus cénocytique comme chez les glomérormycètes (mycorhize arbusculaires) mais plutôt formée d'hyphes cloisonnées (Fig. 10.d) (Fortin et *al.*, 2008).

Au niveau anatomique, l'ectomycorhize est constituée de :

## 2.1 Le manteau

Les filaments des champignons ectomycorhiziens forment un manteau compact, de couleur et de texture très variable, qui gaine et qui recouvre complètement l'extrémité des racines fines (Fig. 10.b) (Drénou et *al.*, 2006). Le manteau est exclusivement constitué d'hyphes, le cas le plus général est représenté par l'existence d'un plectenchyme à hyphes libres à l'extérieur et d'un plectenchyme à hyphes soudées à l'intérieur. Du point de vue physiologique, le manteau fongique montre des cellules âgées vers l'extérieur et des cellules jeunes riches en cytoplasme vers l'intérieur. Ces deux zones sont séparées par une limite graduelle où les hyphes ont de grandes vacuoles. Ces vacuoles contiennent des granules de polyphosphates. Cette couche joue un rôle important dans l'absorption et l'accumulation de phosphates (Strullu, 1991).

Comme l'a défini Voiry (1981) : Le manteau entoure toute la racine, il est constitué par un ensemble d'hyphes orientées parallèlement ou perpendiculairement au grand axe de la racine.

La structure du manteau en coupe transversale (ou longitudinale) peut être de 03 types ou

résulter de la combinaison de ces types (Voiry, 1981) :

- Type prosenchymateux : structure lâche formée par un ensemble d'hyphes distinguables les uns des autres.
- Type plectenchymateux : structure compacte formée par un ensemble d'hyphes plus au moins entrelacés.
- Type pseudoparenchymateux : structure compacte formée par un ensemble d'hyphes différenciés en élément presque isodiamétrique rappelant les cellules parenchymateuses de plantes supérieure.

## 2.2 Le mycélium (mycélium frangeant attaché à la mycorhize)

Selon Voiry (1981), il se présente sous les formes suivantes :

- Excroissances : Cellules arrondies, soies ou hyphes individualisés.
- Mycélium proprement dit : ensemble d'hyphes non orientés.

S'agissant des ectomycorhizes à Basidiomycètes, Debaud *et al* (1981) in Abda (1998) affirment que les hyphes externes sont caractérisés par une paroi dense présentant des cloisons et des boucles.

## 2.3 Les cordons: agrégations d'hyphes tous du même diamètre (Agerer, 2006).

## 2.4 Les rhizomorphes

Ces formations constituent en quelque sorte un moyen, pour les champignons, d'augmenter la résistance de leurs mycéliums à des conditions difficiles à l'intérieur du substrat (gel, excès ou manque d'humidité par exemple).

Le terme scientifique « **rhizomorphe** » est d'origine grecque ; « **rhizos** » signifie racine et « **morphè** » signifie forme ; « rhizomorphe = en forme de racine ». Le nom est bien choisi car ces formations ne sont pas, sans rappeler, les racines des végétaux supérieurs. Un rhizomorphe est en somme une sorte de câble constitué par l'accolement longitudinal de nombreuses hyphes (Fig. 10.e), qui se partagent deux tâches différentes : les hyphes du centre ont un aspect « normal », elles sont presque transparentes, de couleur claire, et leur rôle est de véhiculer de l'eau et des composants nutritifs ; la couche externe de couleur souvent plus sombre, est composée d'hyphes plus étroites et à parois épaisses ; leur fonction est protectrice, elles constituent une gaine résistante autour des hyphes médianes (Brumelli et Göpfert, 2003). Et comme les a défini Voiry (1981) ; Ce sont des cordons à section circulaire, partant de la base de la mycorhize et présentant des hyphes centraux de plus gros diamètre que les hyphes

périphériques, et d'après Davet (1996), ces hyphes assemblées parallèlement, sont liées les unes aux autres par des anastomoses.

### **2.5 Le réseau de Hartig**

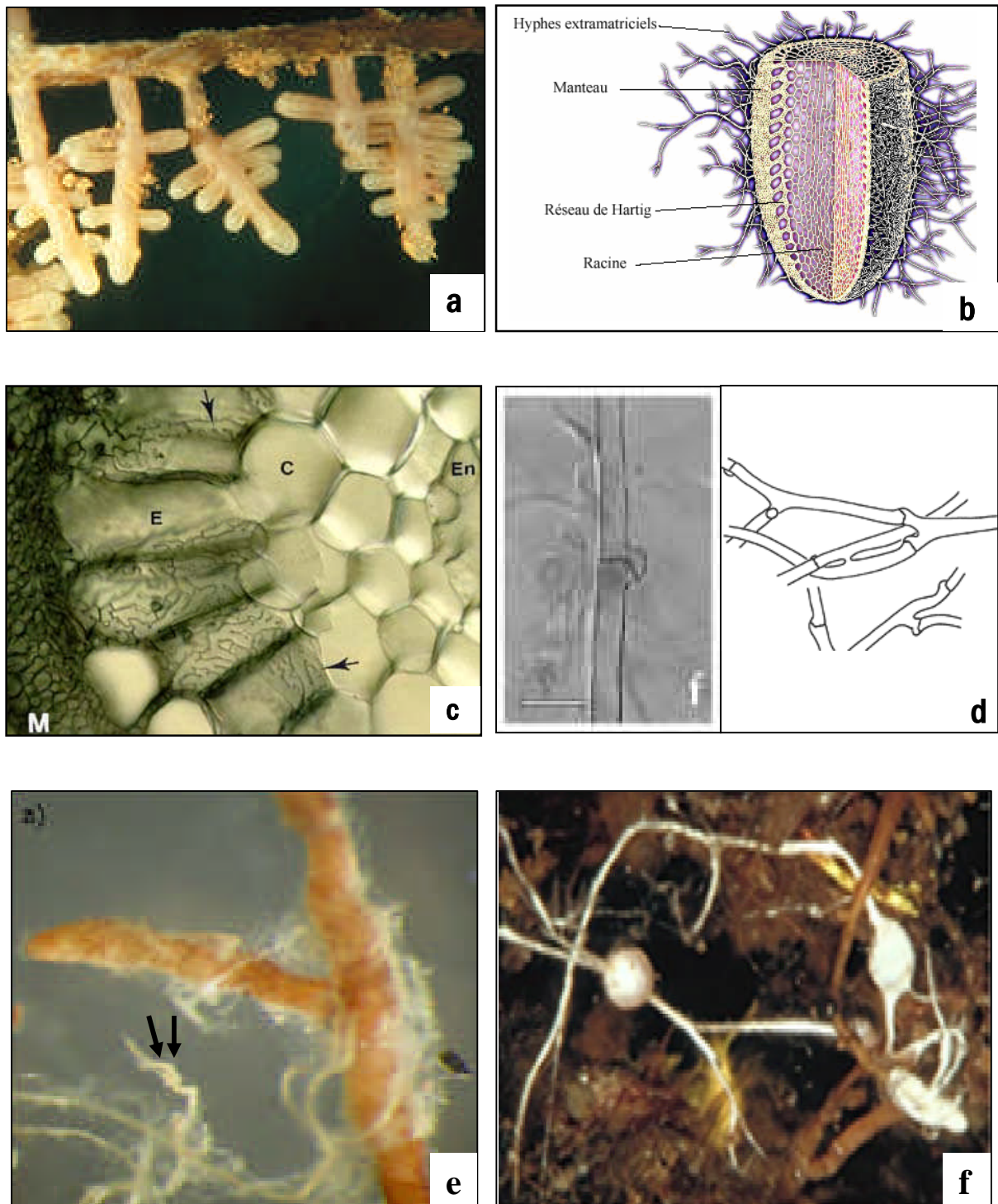
De la face interne du manteau se détachent de nombreux filaments mycéliens qui pénètrent entre les cellules épidermiques et les quelques premières cellules du cortex de la racine, formant ainsi une sorte de réseau : **Le réseau de Hartig** (Lanier *et al.*, 1976). Si l'on observe au microscope la coupe transversale d'une mycorhize, on voit que son tissu fongique ressemble à un filet, d'où le nom de réseau de Hartig (figure 10.c) (d'après T.Hartig, botaniste forestier allemand in Egli et Brunner, 2002).

Le réseau de Hartig représente le site d'échange entre les champignons et les cellules corticales qui restent en relation les unes avec les autres et avec les tissus conducteurs (Strullu, 1991).

### **III. Apparition et Rôle des Mycorhizes dans l'évolution des plantes vasculaires**

Des techniques de biologie moléculaire ont permis de démontrer que les premières mycorhizes arbusculaires sont apparues au Dévonien, il y a environ 450 millions d'années, bien après l'apparition des Lichens, ce qui est confirmé par l'observation des fossiles de *Rhynia*, vieux de plus de 400 millions d'années. On retrouve la présence des structures typiques des mycorhizes arbusculaires chez de très nombreux fossiles terrestres qui jalonnent l'ensemble des formations géologiques, des plus anciennes aux plus récentes. Le rôle de ces mycorhizes étant déterminant pour la survie, la prolifération et l'expansion des espèces de plantes vasculaires. On doit admettre que l'évolution des végétaux terrestres s'avère une longue histoire de coévolution. On doit ajouter à ce constat que la symbiose arbusculaire a également eu un impact déterminant sur la genèse des sols et sur l'évolution des écosystèmes terrestres (Selosse et Tacon, 1998).

La majeure partie des assises minérales qui ont émergé des continents n'était pas de type alluvionnaire, c'est-à-dire constituées de dépôts meubles. Il s'agissait le plus souvent de masses rocheuses ou de moraines glaciaires constituant de dépôts grossiers, et formant un tout autre écosystème, soit la montagne. Les plantes mycorhiziennes arbusculaires ayant évolué sur les sols alluvionnaires étaient peu aptes à coloniser de telles surfaces. L'implication des champignons supérieurs devait apporter une solution à ce nouveau défi.



**Figure 10:** Photos d'ectomycorhize : **a-** Ectomycorhize observée sous binoculaire (Agerer, 2011 in site web 4). **b-** Ectomycorhize illustrée schématiquement en vue éclatée (d'après Lagrange, 2001 in Gagné, 2005). **c-** Coupe transversale d'une ectomycorhize montrant le manteau fongique (M) et les hyphes du Réseau de Hartig (flèches) entourant les cellules épidermiques (E), (C) cellules corticales, (En) endoderme (d'après Brundrett, 1996 in site web 3). **d-** Hyphe d'ectomycorhize avec des septations et des boucles (d'après Mleczko, 2004), hyphes schématisées (d'après Agerer, 2011 in site web 4). **e-** ectomycorhize avec Rhizomorphe (flèches). (Gagné, 2005). **f-** Sclérotés (d'après Agerer, 2011 in site web 4).

Certaines plantes ont alors évolué hors de la symbiose arbusculaire originale, favorisant une toute nouvelle association formée par des champignons dits supérieurs, ces mêmes champignons que nous voyons partout aujourd'hui dans les sous-bois : des ascomycètes et des basidiomycètes (Fortin et *al.*, 2008).

#### IV. Rôle des Mycorhizes

##### 1. Absorption de l'eau (protection contre la dessiccation)

Les plantes pourvues de mycorhizes arbusculaires résistent beaucoup plus longtemps à la sécheresse que celles qui en sont dépourvues. Certains champignons ectomycorhiziens protègent les racines contre le dessèchement c'est en particulier le cas de *Cenococcum geophilum* (Fig. 11) (Drénou et *al.*, 2006). En effet, le mycélium extra-radiculaire qui émane des racines mycorhizées explore le sol à plusieurs centimètres de distance, ce qui accroît considérablement le volume prospecté. Un signal déclenché par le champignon peut aussi assurer une fermeture plus rapide des stomates, qui prévient une flétrissure irréversible (Fortin et *al.*, 2008)



**Figure 11:** Ectomycorhize simple formée par le *Cenococcum geophilum*  
(Photo de Weiss M. d'après Agerer 2011 in site web 4)

##### 2. Absorption des éléments minéraux

Bien qu'une bonne partie du fonctionnement des mycorhizes dans la nutrition des plantes hôtes soit liée au développement d'une surface de contact accrue avec le sol, les travaux récents démontrent clairement que le mycélium fongique intervient seul, ou en synergie avec

des microorganismes du sol dans la décomposition de la matière organique, donnant ainsi accès à des éléments minéraux emprisonnés dans les résidus végétaux ou animaux. C'est ainsi que les ectomycorhizes interviennent de façon importante dans la nutrition azotée des plantes. On a récemment découvert que ces champignons ectomycorhiziens, à l'instar des lichens, parviennent à dégrader des roches riches en potassium et en phosphore pour les rendre immédiatement disponibles à l'arbre hôte (Fortin et *al.*, 2008).

### 3. Protection contre les substances toxiques

Le sol contient de nombreuses substances toxiques pour les racines, soit naturelles (aluminium dans les sols acides, polyphénols humiques, toxines allélopathiques) ou anthropiques (polluants organiques de synthèse, métaux lourds). Beaucoup de champignons symbiotiques, particulièrement ceux qui forment les ectomycorhizes, détoxifient efficacement l'environnement immédiat des racines fines en décomposant les molécules organiques et en séquestrant les métaux lourds, diminuant ainsi leur concentration dans la solution du sol et empêchant leur transfert dans les arbres (Drénou et *al.*, 2006).

Chez les plantes mycorhizées, les métaux lourds sont retenus dans le manteau fongique et ils ne parviennent à la racine de la plante qu'en quantités réduites. Ici, la mycorhize est comparable à un filtre (Egli et Brunner, 2002).

### 4. Production de substances de croissance

Les extrémités des racines en croissance sont le siège de la production de substances de croissance (aussi appelées **hormones végétales**) qui assurent la régulation du développement et de la croissance des différents organes de l'arbre. Il s'agit plus particulièrement des cytokinines et dans une moindre mesure des gibbérellines qui, en équilibre avec l'auxine, l'éthylène et les polyamines, contrôlent les corrélations entre organes ainsi que le développement de l'arbre. La régénération, la ramification et la croissance des racines sont en grande partie régulée par l'auxine produite au niveau des bourgeons et descendant avec la sève élaborée (Davies, 1986 in Drénou et *al.*, 2006).

### 5. Protection contre les organismes pathogènes

Les racines fines des arbres sont la proie de nombreux champignons pathogènes qui causent des nécroses perturbant l'absorption. Ce sont par exemple les *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora* ou *Rhizoctonia* qui sont des concurrents directs des autres micro-organismes

rhizosphériques qui partagent la même niche écologique. Beaucoup de bactéries et de champignons symbiotiques, surtout ceux qui forment les ectomycorhizes, ont développé des mécanismes variés pour contrer les pathogènes : barrière physique constituée par le manteau des ectomycorhizes, appauvrissement du milieu en fer grâce à des sidérophores spécifiques ou production de substances toxiques (antibiotiques) (Stenström et *al.*, 1997 in Drénou et *al.*, 2006)

## V. La Mycorhization Contrôlée

L'inoculation a lieu généralement en pépinière forestière. Elle a pour but, selon Duhoux et Nicole (2004), d'introduire soit des champignons symbiotiques dans des sols qui en sont dépourvus naturellement, soit d'introduire des souches plus performantes que les souches sauvages, afin de produire des plants biologiquement améliorés qui présentent une meilleure reprise et une meilleure croissance initiale après plantation, sans pour autant recourir à des intrants coûteux en énergie ou en matière premières Drénou et *al.* (2006). Ces techniques sont connues aussi sous les noms de « mycorhization contrôlée », « mycorhization artificielle ». Mais selon Garbaye (1991), le but principal de la mycorhization contrôlée est d'augmenter la production de bois ou d'obtenir la même production à un moindre coût.

Les bénéfices que l'on peut attendre de l'inoculation contrôlée sont largement supérieurs au surcoût généré par la mise en oeuvre de cette technique. Nous avons démontré que cette dernière pouvait être appliquée aussi bien dans des pépinières de production à racines nues que dans des pépinières à technologie plus avancée (Dell et Malajczuk, 1997)

### 1. Utilisation des inoculums naturels

L'approche la plus simple de la mycorhization contrôlée consiste à avoir recours aux inoculums « naturels », c'est-à-dire aux propagules naturellement utilisées par les champignons ectomycorhiziens pour assurer leur conservation, leur dissémination, et l'établissement de la symbiose qui leur permet de croître, de compléter leur cycle, de se multiplier et de se reproduire. Ces propagules sont les spores méiotiques (basidiospores ou ascospores), les sclérotés, les fragments de rhizomorphes ou de cordons mycéliens, les vieilles mycorhizes où le réseau de Hartig est encore vivant, ou de petits amas de mycélium protégés dans des microsites favorables tels que des fragments de bois pourri (Kropp, 1982 in Garbaye, 1991)

### **1.1 Les spores comme inoculants ectomycorhiziens**

L'inoculation avec les spores constitue la méthode la plus simple et la plus efficace, praticable à un moindre coût. Les espèces les plus commodes à utiliser sont celles qui appartiennent aux gastéromycètes, comme les pisolithes et les rhizopogons. Les fructifications de ces espèces, plus ou moins sphériques, produisent leurs spores en très grandes quantités à l'intérieur d'une enveloppe qui ne s'ouvre qu'à pleine maturité.

S'il s'agit d'une culture traditionnelle, sans irrigation et fertilisation, on peut simplement mélanger les sporocarpes fragmentés au substrat de culture, à raison de quelques grammes par mètre carré (Fortin et *al.*, 2008).

### **1.2 Les inoculums mycéliens**

Bien que l'utilisation des inoculums sous forme de spores soit simple et efficace, elle ne convient pas à toutes les situations. On peut avoir besoin d'espèces fongiques qui ne se prêtent pas à l'inoculation sporale, parce que les quantités de sporocarpes à récolter seraient trop grandes, compte tenu de la petite quantité de spores produites par fructification. Ou encore, lorsqu'on doit utiliser des souches génétiquement définies d'une espèce donnée de champignon.

Pour mettre en culture une souche, deux avenues se présentent ; l'utilisation de la chair d'une fructification ou l'utilisation des spores (Fortin et *al.*, 2008).

Chapitre III  
Matériel et Méthodes

## I. Présentation de la zone et des sites d'étude

### 1. Présentation de la zone d'étude

#### 1.1 Situation géographique et administrative

Notre zone d'étude est située dans la région d'El-Kala. Cette région fait partie, du complexe humide de la Numidie Orientale (Samraoui et De Belair, 1998).

Elle est située dans l'extrémité Nord-est de l'Algérie sur une bande côtière comprise entre les plaines de la Mafragh (Annaba) à l'Ouest, le bassin du Tonga à l'Est (près de la frontière Algéro- Tunisienne). Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée et au Sud par les monts de la Medjerda (Djebel Ghorra).

Cette région, incluse administrativement dans la Wilaya de Tarf, abrite le parc National d'El – Kala qui est l'un des plus grands parcs Nationaux d'Algérie et qui figure parmi les zones protégées les plus importantes et les plus riches de la méditerranée occidentale.

Par ailleurs, cette région est caractérisée par une hétérogénéité écosystémique concrétisée dans la grande diversité géomorphologique, édaphique et climatique (De Belair, 1990).

#### 1.2 Climat

La région d'El-Kala est caractérisée par un climat de type méditerranéen (Emberger, 1971).

Selon Settzer (1946) in Beddiar (2003) la moyenne des maxima des températures se situe autour de 18°C avec une moyenne des minima comprise entre 12 et 24°C. Quant à la pluviosité, elle a tendance à augmenter d'Ouest en Est (568 mm à Annaba les salines, 634 mm à Bouteldja et 910 mm à El-Kala) selon les données météorologiques de l'année 2004.

L'humidité de l'air joue un rôle important dans le conditionnement et l'évaporation, elle atténue la sécheresse et par conséquent, elle influence les conditions de développement de la végétation. L'humidité de la région varie de 72 % à 78.9 % (Benyacoub *et al.*, 1998).

Enfin, Les vents dominants sont marins ; leur direction est Nord-Ouest de novembre à avril et Nord-Ouest-Nord- Est de mai à octobre (ANF, 1992).

#### 1.3 Pédologie et sol

Les Grès numidiens constituent le substrat géologique de la région (ANF, 1992).

La décomposition facile de ces Grès sous l'action des agents atmosphériques donne naissance à des complexes Argilo-Siliceux très perméables. La transformation de ce substrat à donné

naissance à une formation pédologique très favorable à la végétation caractérisée par des sols podzoliques (ANF, 1992).

#### 1.4 Végétation

L'essence principale est le chêne-liège, le sous-bois est assez dense composé d'espèces accompagnatrices de cette essence telles que :

*Phylleria angustifolia*, *Erica arborea*, *Calycotome villosa*, *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus*, *Cytisus triflorus*, *Cistus salviaefolius*, *Arbutus unedo*, *Olea Europea*, *Lavandula stoechas*, *Mentha pulegium*, *Thymus vulgaris*...

On note la présence par endroit, du chêne-kermès (*Quercus coccifera*).

## 2. Présentation des sites d'étude

**Site 1 :** la forêt de chêne-liège de « **Brabtia** » (Fig. 12), qui est une subéraie pure avec sous bois, sur sol rocailleux, néanmoins dégradée. Dont les coordonnées géographiques sont : 36°52'09.27'' Nord et 8°20'16.58'' Est (cercle 1 sur la carte de la figure 14)



Adouane M.

**Figure 12 :** la forêt de Brabtia.

**Site 2 :** Il fait partie du canton « **Boumalek** » qui est situé administrativement dans la partie Est de la forêt domaniale d'El-Kala.

Ce site est dénommé communément « **El Djer El Ouassaa** » expression qui serait la déformation populaire de l'expression « **El Hadjar El Ouassaa** » laquelle exprime la distance qui séparait les Eucalyptus lors du reboisement de **1972**.

On y accède par la route départementale N° 109.

Ces coordonnées géographiques sont : 36°53'48.54'' Nord et 8°21'51.57'' Est (cercle 2 sur la carte de la figure 14).

Le relief est caractérisé physiquement par une surélévation côtière parallèle à la mer qui diminue d'altitude selon la progression Nord-Sud, jusqu'à devenir pratiquement plate au niveau de Lac-Oubeira.

Originellement, ce site était une subéraie naturelle plus ou moins dégradée. En 1972, les services des forêts de la wilaya ont réalisé au niveau de cette subéraie des reboisements à base d'*Eucalyptus camaldulensis* en mélange à 20 % avec l'*Acacia decurrens*.

L'évolution de ce reboisement et de la végétation naturelle sous les contraintes environnementales (incendies notamment) a favorisé le développement exorbitant de l'acacia (Fig. 13), si bien qu'on peut noter deux peuplements différents :

Un peuplement de chêne-liège en mélange avec l'Acacia

Un peuplement d'Eucalyptus avec prédominance d'Acacia avec quelques reliques de chêne-liège.



**Figure 13:** Vue générale du site 2.

### Sites explorés pour la recherche des champignons:

1. une subéraie incendiée située au bord de la route nationale 109 juste après le village de Berrihene (à quelques kilomètres d'« El Gantra El Hamra »), dont les coordonnées géographiques sont : 36°5'39.42.21'' Nord et 7°57'39.67'' Est (cercle 3 sur la carte de la figure 14)
2. un peuplement de chêne-liège en mélange avec l'acacia, situé à droite de la route nationale menant à Oum Tboul juste après les locaux administratifs du Parc National

- d'El-Kala. Dont les coordonnées géographiques sont :  $36^{\circ}53'16.06''$  Nord et  $8^{\circ}26'47.60''$  Est (cercle 4 sur la carte de la figure 14)
3. La station du Nord-Ouest du Tonga, un transect allant de la subéraie pure à la subéraie en mélange avec l'acacia. Dont les coordonnées géographiques sont :  $36^{\circ}52'57.93''$  Nord et  $8^{\circ}31'04.13''$  Est (cercle 5 sur la carte de la figure 14)
  4. Station à 1 km d'El Djer El Ouassaâ qui a subi un assainissement (coupe de tous les acacias) en 2009, où ne persistent que l'eucalyptus et les régénérations d'acacia. Dont les coordonnées géographiques sont :  $36^{\circ}52'31.77''$  Nord et  $8^{\circ}22'44.29''$  Est (cercle 6 sur la carte de la figure 14)
  5. La station d'El Haddada : la zone de Haddada est située au Nord-est algérien du chef lieu de la commune de Souarekh à proximité de la frontière tunisienne, dont les coordonnées géographiques sont :  $36^{\circ}53'42.45''$  Nord et  $8^{\circ}37'04.43''$  Est (cercle 7 sur la carte de la figure 14).



**Figure 14 :** Carte géographique représentant la zone et sites d'étude (source : Plan de Gestion du PNEK, 2007).

## II. Les méthodes de prélèvement, d'observation et d'estimation de la colonisation mycorhizienne

### 1. Analyses physico-chimiques du sol :

#### 1.1 pH eau

Pour déterminer le pH du sol nous avons procédé comme suit :

- Tamiser le sol à 2 mm.
- Peser 5g de chaque sol dans des piluliers à agitation, on ajoute à chacun 25ml d'eau distillée.
- Agiter avec agitateur culbuteur pendant 2h de temps.
- Laisser reposer la solution 24h ensuite mesurer le pH eau au moyen d'un pH mètre.

#### 1.2 pH KCl

De la même manière que le pH eau, sauf qu'à la place de l'eau distillée on ajoute le chlorure de potassium KCl à 1N.

#### 1.3 Conductivité électrique :

La conductivité électrique (CE) a été mesurée de la même manière que le pH.

Au moyen d'un conductimètre.

#### 1.4 Matière organique

Pour déterminer la teneur du sol en matière organique (MO), nous avons utilisé la méthode d'Anne :

- Peser de 0.25 à 1g de sol broyé et tamisé à 2mm dans un Erlen-meyer.
- Y ajouter 10ml de bichromate de potassium ( $K_2 Cr_2 O_7$ ) à 8 % et 15ml d'acide sulfurique pure ( $H_2 SO_4$ ).
- Porter à ébullition pendant 5mn à partir de la première goutte condensée, puis laisser refroidir.
- Transvaser dans une éprouvette et ajuster à 100ml avec les eaux de rinçage de l'Erlene
- En prélever 20ml et diluer à 100ml avec de l'eau distillée.
- Ajouter 1g de FNa et 3 à 4 gouttes de diphénylamine.

- Titrer avec la solution de sel de Mohr 0.2N, la solution de couleur brun noirâtre, virera au vert. On en obtient alors X ml.
- Préparer un témoin en suivant les mêmes étapes sans mettre le sol.

Pour calculer le pourcentage du carbone nous avons utilisé la relation suivante :

$$C\% = (Y-X) \times 0.615 \times (100/20) \times (100/P) \times (1/100)$$

Y : correspond à la quantité de sel de Mohr utilisée lors du titrage du témoin (ml)

P : poids du sol (0.25g)

La teneur en matière organique est obtenue par la relation suivante :

$$MO \% = C \% \times 1.72$$

### 1.5 Calcaire total

Pour déterminer la teneur du sol en calcaire total (CaCO<sub>3</sub>), nous avons utilisé la technique de titrimétrie qui consiste à :

- Mettre dans un Erlen-meyer 5g de sol tamisé à 2mm.
- Ajouter 50ml d'Hcl à 0.5 N et couvrir l'Erlen.
- Laisser refroidir après une ébullition de 5mn à partir de la première goutte condensée.
- Filtrer la solution et laver le filtrat avec l'eau distillée pour lessiver l'Hcl.
- Déterminer la quantité d'Hcl qui ne réagit pas avec le CaCO<sub>3</sub> en ajoutant quelques gouttes de phénolftaline.
- Titrer la solution avec le NaOH à 0.2 N.

On utilise la relation suivante pour déterminer la teneur de sol en CaCO<sub>3</sub> :

$$CaCO_3 = 5 \times ((50 \times \text{normalité de Hcl}) - (\text{quantité de NaOH utilisé} \times \text{normalité de NaOH})) / 5g (\text{poids du sol})$$

### 1.6 Texture

Pour déterminer la texture du sol, nous avons utilisé la méthode par saturation qui consiste à mesurer le pourcentage d'humidité du sol (Y) et à le comparer à une échelle qui détermine la texture qui lui correspond.

Nous avons tout d'abord pris une petite quantité de sol (entre 50 et 100g) que nous avons imbibé d'eau au goutte à goutte en mélangeant jusqu'à ce que la pâte devienne luisante et glisse doucement lorsqu'on incline la capsule.

Ensuite nous avons suivi les étapes suivantes :

- Peser une capsule vide ( $P_1$ ).
- Prendre une petite quantité de pâte (sol mouillé), la mettre dans la capsule puis repeser ( $P_2$ ).
- Mettre à l'étuve pendant 24h à 105°C.
- Peser une troisième fois la capsule à la sortie de l'étuve ( $P_3$ ). Le poids correspond donc au poids de la capsule vide + le poids du sol sec.
- Puis calculer :

$$X_1 = P_2 - P_3 \quad (\text{poids de l'humidité})$$

$$X_2 = P_3 - P_1 \quad (\text{poids du sol sec})$$

- Ensuite appliquer la règle de trois pour calculer le pourcentage d'humidité :

$$X_1 \longrightarrow X_2 \text{ g de sol sec}$$

$$Y \longrightarrow 100 \text{ g de sol sec}$$

- Enfin comparer Y au tableau suivant pour déterminer la texture

**Tableau 03 :** Echelle de texture.

<b>Pourcentage d'humidité (%)</b>	<b>Texture</b>
<12	<i>Sableuse</i>
12 – 24	<i>Sablo-limoneuse</i>
24 – 37.5	<i>Limono-sableuse</i>
37.5 – 45	<i>Limono-argileuse</i>
45 – 75	<i>Argilo-limoneuse</i>
>75	<i>Argileuse</i>

## 2. Les méthodes de prélèvement

Nos investigations ont été effectuées du mois de décembre 2009 au mois de janvier 2011.

## **2.1 Inventaire des macromycètes**

### **2.1.1 Récolte des champignons**

Dans les sites d'étude, des relevés des macromycètes poussant autour des arbres sur un rayon de 10 à 15 mètre ont été effectués.

Chaque carpophore a été soit déterminé sur place, soit prélevé en vue d'une identification ultérieure. La détermination étant longue et difficile, il est nécessaire de noter tous les renseignements possibles sur l'espèce avant de la récolter et de la photographier.

La récolte des carpophores est réalisée en tenant compte de certaines précautions indispensables en vue d'assurer la continuité et la performance de l'espèce d'une part, et la conservation des échantillons dans les meilleures conditions pour faciliter leur identification d'autre part.

### **2.1.2 Identification des champignons**

Une fois au laboratoire, une description de chaque champignon appuyée par des photos est effectuée.

Cette description est basée sur les critères suivants :

1. La forme, la taille, la couleur et la texture du chapeau.
2. La forme de la marge.
3. La forme, la surface et les ornements du pied.
4. Le dessous du champignon : la surface fertile ou hyménium (des lames, des plis, des tubes ou des aiguillons)
5. Insertion des lames sur le pied.
6. Pour les champignons à hyménium peu différencié, s'ils sont : En massue, globuleux ou en coupe.

Les critères retenus sont ceux définis par Courtecuisse et Duhem, 2000.

## **2.2 Expérience de piégeage (Préparation au laboratoire des plantes pièges)**

Cette technique de piégeage a été réalisée dans le but de :

- vérifier l'existence des champignons mycorhiziens dans les sites d'étude et définir le statut mycorhizien du chêne-liège
- comparer la croissance du chêne-liège et sa mycorhization en fonction de la provenance des sols.

La préparation des plants pièges passe par les étapes suivantes :

### 2.2.1 Germination aseptique des glands

Avant leur mise en germination, les glands issus du même arbre du parc animalier de Brabtia ont subi une sélection par trempage dans de l'eau tiède. Ceux qui ont flotté ont été écartés, et ceux jugés sains ont été conservés au réfrigérateur à 4°C.

Les glands préalablement lavés avec une goutte de détergent et rincés abondamment à l'eau du robinet, sont désinfectés par trempage durant 15 mn dans une solution d'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) à 30 V. Ils sont ensuite lavés plusieurs fois à l'eau distillée stérile pour éliminer l'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Enfin, ils sont mis à prégermer pendant une dizaine de jours dans de la terre humide, préalablement autoclavée à 121°C pendant 20 mn.

### 2.2.2 Mise en sachets des semis

Le sol prélevé de l'horizon A<sub>1</sub> de S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub> préalablement tamisé à 1cm (pour le débarrasser des débris de litière) est mis dans des sacs de culture de 2 kg en polyéthylène et à forme plate. Un troisième substrat S<sub>3</sub> est préparé à partir d'un mélange de 1/3 de litière d'acacia et 2/3 du sol du site S<sub>1</sub>.

Les glands prégermés semi-axéniquement sont semés (Février 2010) à raison d'un gland par sac. Cette opération est répétée 20 fois pour chaque substrat.

Les plants pièges ainsi préparés, sont cultivés à l'air libre pendant une année et irrigués un jour sur deux à l'eau du robinet.

### 2.2.3 Paramètres mesurés

Après un an de croissance, les plants sont débarrassés de leur substrat d'élevage et rincés à l'eau du robinet.

Les parties souterraines de ces plantules, sont lavées délicatement afin de préserver les racines fines. Une partie de ces racines a servi à l'observation des ectomycorhizes et l'autre a subi une attaque à la potasse et une coloration au bleu Trypan selon la méthode de Phillips et Hayman (1970).

Ce traitement permet de déceler les endomycorhizes arbusculaires dans les fragments racinaires.

Nous avons observé les mycorhizes de ces jeunes semis avec des techniques que nous évoquons dans les parties à venir.

La croissance en hauteur est mesurée pour chaque plant du collet jusqu'au bourgeon terminal. Les parties aériennes sont mises à sécher 72 h à l'étuve à 60°C dans des sacs en papier pesés préalablement dans le but d'évaluer la matière sèche en fonction des sites.

Le poids du système racinaire frais est obtenu pour chaque plant avant d'être utilisé pour l'observation des mycorhizes.

## **2.3 Les méthodes d'observation et d'estimation de la colonisation mycorhizienne**

### **2.3.1 Etude morphologique et anatomique des ectomycorhizes**

Les ectomycorhizes ont une structure permettant de les distinguer facilement des racines non colonisées, par leur aspect, leur couleur et leur structure microscopique (Al Abras, 1985)

La liste de ces différents critères a été détaillée par plusieurs auteurs. Pour ce qui nous concerne, nous nous sommes appuyés sur la classification des ectomycorhizes établie par Agerer (1987 – 2006) et qui est fondée sur plusieurs caractères dont les principaux sont les suivants :

## **Fiche Descriptive Des Ectomycorhizes**

### **Les caractères morphologiques de l'ensemble de la mycorhize**

Ils sont observés à l'œil nu ou sous une loupe binoculaire

#### **Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur
- Longueur
- Type de ramifications présentes (Fig. 15)
- Abondance des ramifications
- Présence des rhizomorphes
- Fréquence des rhizomorphes

#### **Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme (Fig.16)
- La forme de l'extrémité distale (Fig. 17)
- Couleur
- Visibilité des cellules corticales
- Transparence du manteau
- Surface du manteau en général
- Surface du manteau dans le détail (Fig. 18)
- Présence des hyphes émanantes
- Abondance des hyphes émanantes

#### **Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section
- Couleur
- Type de connexion au manteau (Fig. 19)
- Localisation

### **Les caractères anatomiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Anatomie du manteau en section transversale**

- Type de manteau (Fig. 20)

#### **Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence
- Nombre de lignes
- forme

#### **Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

- Type (Fig. 21)
- Profondeur

#### **Anatomie des éléments issus en général**

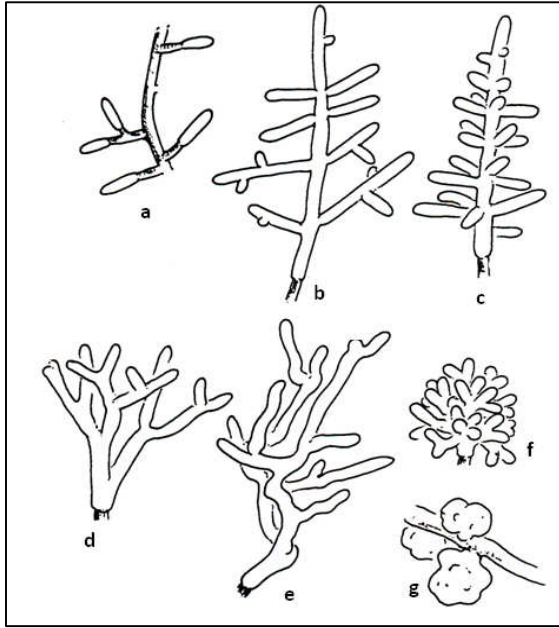
#### **Anatomie de la ramification des hyphes émanant**

- Nature
- Type de ramification

#### **Anatomie du rhizomorphe**

- Type (Fig. 22)

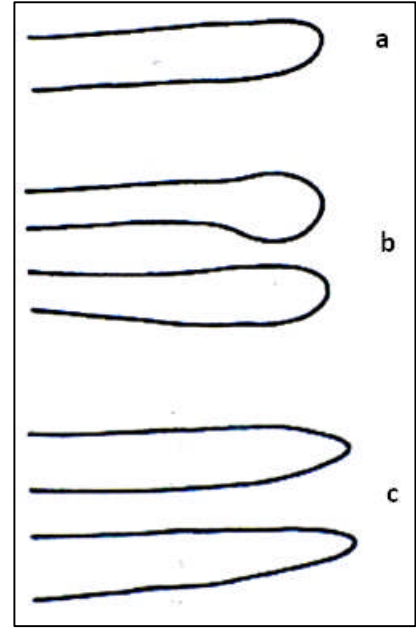
**Remarque :** il est à noter que la définition exacte des couleurs des ectomycorhizes est difficile du fait que les couleurs changent et du fait que la désignation de certaines couleurs soit subjective.



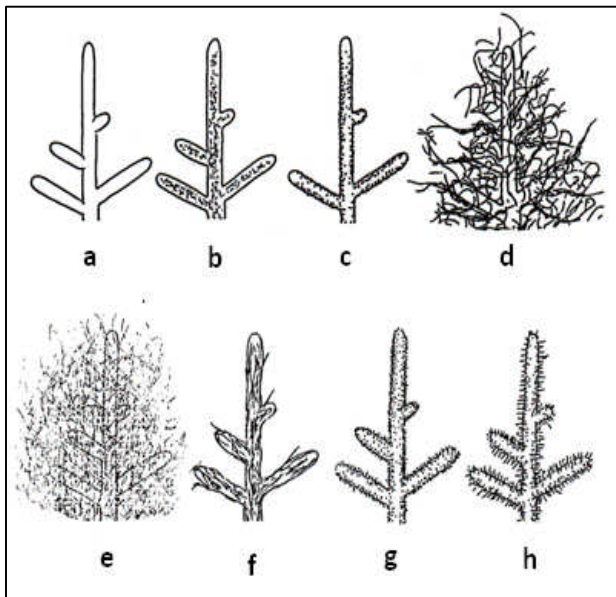
**Figure 15:** Types des ramifications. a- simple = non ramifiée. b- monopodiale pennée. c- monopodiale pyramidale. d- dichotomique. e- irrégulièrement pennée. f- coralloïde. g- tuberculée. D'après Agerer (1987 - 2006).



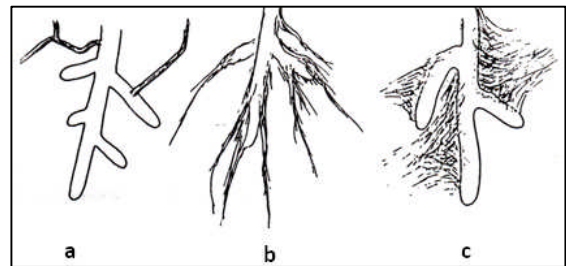
**Figure 16:** Formes des extrémités non ramifiées. a- droite (linéaire). b- sinueuse (courbée). c- tortueuse. d- perlée. D'après Agerer (1987 - 2006).



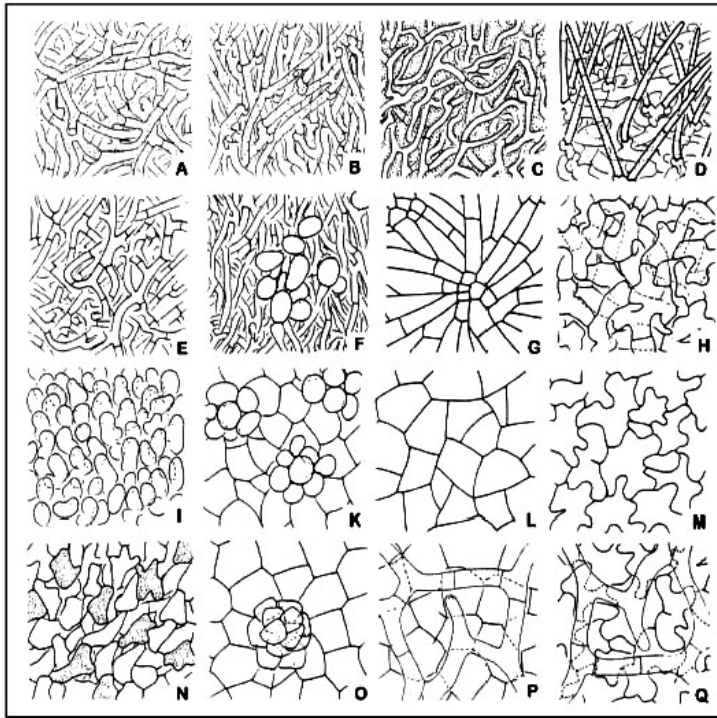
**Figure 17:** Formes des extrémités distales. a- cylindrique (non gonflée). b- gonflée. c- fuselée (pointue, élancée). D'après Agerer (1987-2006).



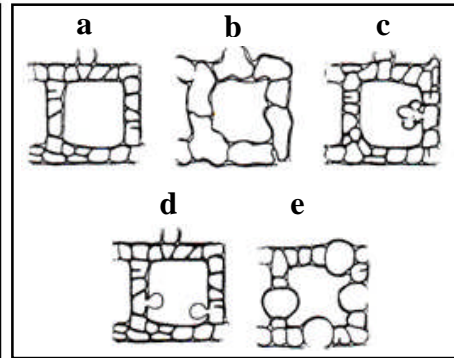
**Figure 18:** Aspects de la surface du manteau. a- lisse. b- réticulée (verruqueuse). c- grenue. d- laineuse. e- cotonneuse. f- filandreuse ou filamenteuse (remplie de fibres ou de cordons). g- courtes épines. h- longues épines. D'après Agerer (1987 - 2006).



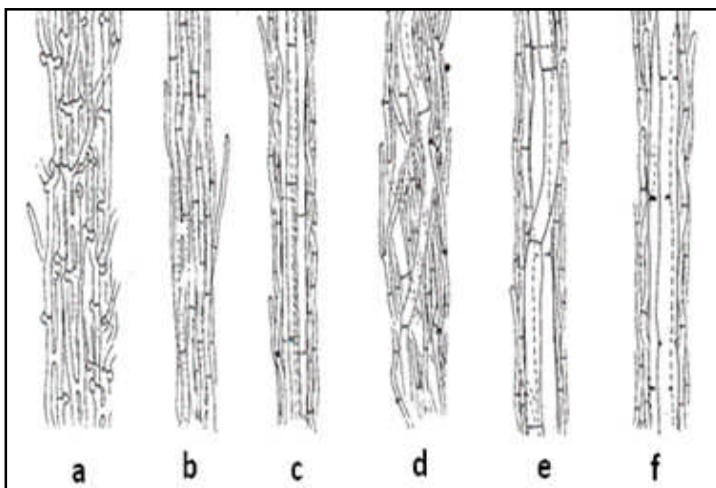
**Figure 19:** Points de connexion des rhizomorphes au manteau. a- point distinct. b- oblique. c- en éventail. D'après Agerer (1987 - 2006).



**Figure 20:** Types d'organisations du manteau. A- plectenchyme, avec des arrangements des faisceaux d'hyphes en anneaux. B- plectenchyme, hyphes irrégulièrement arrangées. C- plectenchyme, avec une gélatineuse matrice entre les hyphes. D- plectenchyme, les hyphes arrangés en réseau avec des cystides saillants. E- plectenchyme, hyphes arrangées en réseau, ramifiées régulièrement. F- plectenchyme, avec des cellules rondes occasionnelles. G- plectenchyme, hyphes arrangées en étoile et étroitement collées. H- type transitionnel entre le plectenchyme et le pseudoparenchyme, hyphes en formes irrégulières formant un gros réseau. I- plectenchyme, manteaux avec hymeniformes, perpendiculairement saillants, cellules finales des hyphes grosses et souvent légèrement incurvées. K- pseudoparenchyme, composé par des cellules angulaires et avec des cellules rondes comme des mamelons. L- pseudoparenchyme, manteaux avec des cellules angulaires. M- pseudoparenchyme, avec des cellules épidermiques. N- pseudoparenchyme, manteaux avec quelques cellules contenant des gouttelettes, colorées avec la sulfo-vanilline, formes variables. O- pseudoparenchyme, manteaux avec des cellules angulaires et des buttes de cellules. P- pseudoparenchyme, avec des cellules angulaires maintenues par un réseau d'hyphes délicat. Q- pseudoparenchyme, avec des cellules épidermiques maintenues par un réseau d'hyphes délicat. D'après Agerer (1987 – 2006).



**Figure 21:** Types de réseau de Hartig. a- ordinaire et largement distribué, avec une seule rangée d'hyphes. b- réseau de Hartig gros (gras) avec de larges lobes peu fréquents. c- comme type a, mais présente des «haustoria» lobés et ramifiés. d- comme type a, mais présente des structures comme les «haustoria», petites et globulaires. e- réseau de Hartig perlé avec des épaissements. D'après Agerer (1987 – 2006).



**Figure 22:** différents types d'organisation de rhizomorphes. a- indifférenciée, plutôt lâchement arrangées et isodiamétriques, plusieurs hyphes croît vers l'extérieur (la marge). b- indifférenciée, marge plutôt lisse, hyphes densément arrangées et isodiamétriques. c- légèrement différenciée, les hyphes centrales assez élargies. d- différenciées, certaines hyphes sont très épaisses et apparaissent distribuées au hasard. e- différenciée, les hyphes épaisses formant la partie centrale. f- fortement différenciée, hyphes épaisses formant le centre, septations souvent partiellement ou entièrement dissoutes, parfois les résidus (restes) des septations peuvent être détectés.

### 2.3.2 Préparation et observation des ectomycorhizes

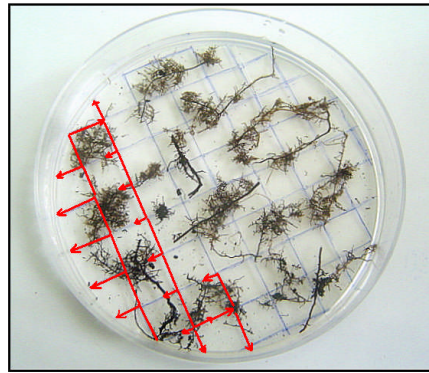
La totalité du système racinaire des plants pièges est lavé délicatement à l'eau du robinet pour le débarrasser des particules de sol. Selon Grand et Harvey (1982) in Abourouh (1998), L'expérience montre que plus les échantillons sont propres plus l'évaluation est rapide et précise.

Une partie des racines fines récupérée (environ 2g) est réservée pour la recherche d'endomycorhizes arbusculaires, le reste est étalé dans des boîtes de Pétri quadrillées (1cm de côté) contenant de l'eau. Elles sont observées au stéréomicroscope en 3 étapes :

- La 1<sup>ère</sup> étape consiste à déterminer le taux de mycorhization.
- La 2<sup>ème</sup> étape consiste à distinguer et regrouper les différents morphotypes ectomycorhiziens.
- La 3<sup>ème</sup> étape consiste à décrire chaque morphotype et à réaliser des coupes.

La colonisation ectomycorhizienne a été estimée par la méthode des intersections des lignes et des colonnes (Giovannetti et Mosse, 1980 in Abourouh (site web 5) adoptée par Brundrett, 1996). Elle consiste à noter, au niveau d'une centaine de points d'intersection des segments racinaires et des lignes d'une grille formée de carreaux de 1cm de côté, la présence ou l'absence de la colonisation. La lecture se fait dans le sens de la flèche représentée sur le schéma de la figure 23.

- Les différents morphotypes observés sont photographiés, décrits et fixés dans un mélange fixateur dénommé FAA composé de Formol – Acide acétique – Alcool 50 ou 70% (90 – 5 – 5) (Johansen, 1940 in Abourouh, 2000) et conservés à la température ambiante.
- Les coupes fines sont réalisées à main levée à l'aide d'une lame de rasoir. Les coupes obtenues sont montées entre une lame porte-objet et une lamelle après avoir été colorées avec une goutte de bleu coton ou de bleu trypan (0,05 % de bleu trypan dans du lactoglycérol (1 : 1 : 1 acide lactique, glycérol, eau distillée) d'après Brundrett et *al.*, 1996).



**Figure 23:** représentation schématique de la méthode des intersections des lignes et des colonnes, flèches rouges (sens de lecture).

### 2.3.3 Coloration et observation des endomycorhizes arbusculaires

Contrairement à la colonisation ectomycorhizienne, la colonisation endomycorhizienne ne peut être observée qu'après coloration des racines. Pour cela, on a eu recours à la technique de Phillips et Hayman (1970).

Afin d'obtenir de bons résultats, il est indispensable de laver méticuleusement les racines fraîchement récoltées afin de les débarrasser des particules de sol.

Un échantillon d'environ 1g de racines excisées (fragments de 2 cm de longueur) est mis dans un tube en matière plastique muni d'une grille en acier inoxydable à sa partie inférieure. Les tubes ainsi préparés sont rangés dans un panier.

La coloration de racines ne se fait que par immersion successive du panier dans différentes solutions comme suit :

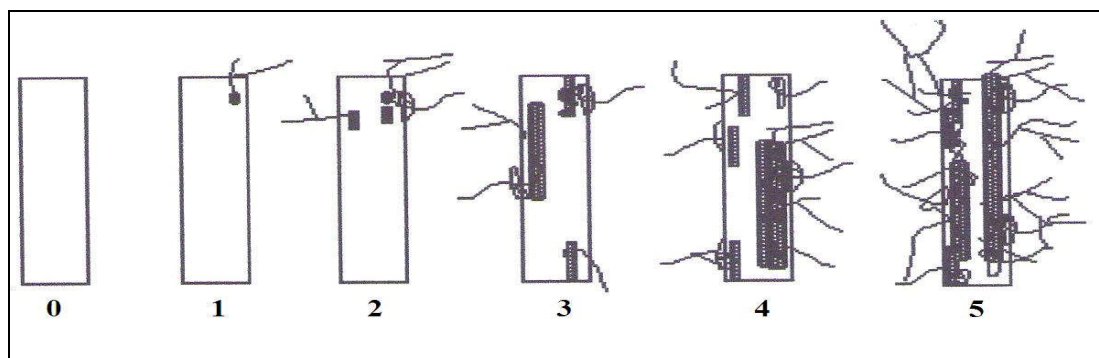
- Plonger le panier dans une solution de potasse (KOH à 10 %) chauffé au Bain-marie à 90°C pendant 30mn pour vider les cellules de leur contenu, ce qui permet une meilleure observation des champignons intracellulaires.
- Rincer les tubes à l'eau du robinet pour éliminer la potasse.
- Plonger le panier successivement pendant 10 à 20 mn dans du peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à 10 vol) puis dans de l'acide chlorhydrique (HCl à 2 %). Les racines devenues blanchâtres sont de nouveau rincées.
- Enfin, les racines sont colorées par immersion du panier dans du noir de chlorazol à 0.2 % (0.1g de chlorazol + 100 ml d'acide lactique + 100 ml de glycérol + 100 ml d'eau distillée) chauffé à 90°C au bain-marie pendant 40 mn
- Les racines ainsi colorées, sont conservées dans des piluliers contenant du glycérol.

### 2.3.4 Estimation de la colonisation par les champignons endomycorhiziens arbusculaires

Le taux de colonisation a été estimé selon la méthode de Trouvelot *et al.*, (1986) en utilisant le programme informatique MYCOCALC ([www.dijon.inra.fr/Mychintec/Mycocalc-prg/download.html](http://www.dijon.inra.fr/Mychintec/Mycocalc-prg/download.html)). Une trentaine de fragments de chaque échantillon racinaire colorés ont été disposés parallèlement entre lame et lamelle (Fig. 24) puis examinés au microscope photonique(x10) et annotés selon un barème de classe. Ce barème permet d'estimer le degré de la colonisation mycorhizienne de chaque fragment au moyen de 6 classes noté de 0 à 5 (Fig. 25) et la richesse arbusculaire par 4 classes notées A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, et A<sub>3</sub> (Fig. 26).



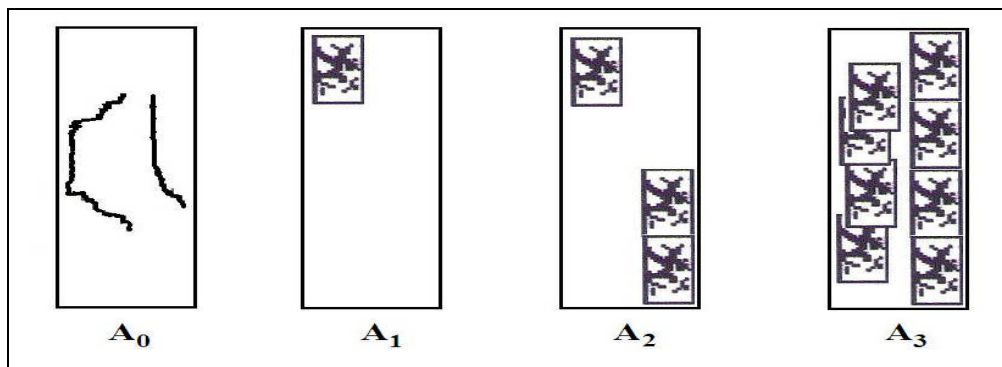
**Figure 24 :** montage des racines entre une lame porte-objet et une lamelle dans du glycérol pour la quantification des endomycorhizes.



**Figure 25 :** Echelle d'intensité de colonisation du cortex racinaire.

#### Légende :

Classes :	Valeurs des classes %
0 :	Absence de colonisation
1 :	Existence de traces de colonisation (moins de 1% de la surface est colonisée)
2 :	Moins de 10 % de la surface est colonisée
3 :	de 11 à 50 % de la surface est colonisée
4 :	de 51 à 90 % de la surface est colonisée
5 :	Plus de 90 % de la surface est colonisée



**Figure 26 :** Echelle permettant l'évaluation de la présence des arbuscules

A<sub>0</sub> : pas d'arbuscules

A<sub>1</sub> : peu d'arbuscules 10 %

A<sub>2</sub> : arbuscules fréquents 50 %

A<sub>3</sub> : arbuscules abondants 100 %

Cette méthode calcule cinq (05) paramètres de la colonisation à savoir:

**F%** : fréquence de la colonisation mycorhizienne (% du nombre de fragments racinaires mycorhizés), elle reflète l'importance de la colonisation du système racinaire.

**M%** : intensité de colonisation du cortex racinaire (proportion du cortex colonisé estimée par rapport au système racinaire entier et estimée en %).

**m%** : Intensité de la colonisation développée dans la partie mycorhizée du système racinaire (proportion du cortex colonisé dans la partie endomycorhizée du système racinaire, exprimée en %).

**A%** : Teneur arbusculaire de la colonisation ramenée au système racinaire entier (proportion du système racinaire renfermant des arbuscules, exprimée en %).

**a%** : Teneur arbusculaire de l'infection dans la partie mycorhizée du système racinaire (proportion de la colonisation renfermant les arbuscules, exprimée en %).

Le calcul de ces paramètres est réalisé en utilisant les formules de calcul décrites en annexe 4, intégrées dans un programme informatique mis au point par Trouvelot *et al.*, (1986).

## Chapitre IV

### Résultats et discussion

## I. Caractéristiques physico-chimiques du sol

Les résultats concernant les analyses physico-chimiques du sol sont résumés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n°4** : caractéristiques physico-chimiques du sol de trois sites.

Paramètres mesurés / Sites d'étude	pH eau	pH Kcl	CE	MO%	CaCO <sub>3</sub> %	Texture
S <sub>1</sub>	5.76	5.33	0.11	6.46	21.93	Argileuse
S <sub>2</sub>	5.61	5.29	0.38	15.10	21.25	Argileuse
S <sub>3</sub>	5.55	5.18	0.44	11.26	22.2	Argileuse

S<sub>1</sub> : forêt de chêne-liège pur.

S<sub>2</sub> : peuplement de chêne-liège en mélange avec l'Acacia.

S<sub>3</sub> : sol du S<sub>1</sub> en mélange avec 1/3 de la litière d'Acacia.

Nous remarquons que :

- Les sols sont légèrement acides et ne présentent pas de différences significatives d'un site à un autre. Il en est de même pour le pH Kcl qui exprime l'acidité d'échange ou l'acidité potentielle. C'est un indice d'expression des degrés de saturation du complexe adsorbant, ainsi que la nature chimique des ions fixés. Dans notre étude, nous avons mesurés l'acidité d'une suspension de chlorure de potassium (Kcl 1N), avec un rapport terre /solution normalisé (Delcour, 1981).
- La conductivité est moyennement similaire, elle est faible, ceci implique une faible salinité.
- Les sols des sites 2 et 3 sont nettement plus riches en matière organique (MO) que le site 1. Ceci s'explique probablement par la quantité des retombées de litière produites par l'acacia.
- Les paramètres texture et taux de calcaire total sont similaires dans les trois sites.

## II. Inventaire des champignons

De l'hiver 2010 à l'hiver 2011, nous avons pu déceler une richesse fongique remarquable se traduisant par quelques 130 espèces, dont nous pensons avoir identifié au moins 105 d'entre elles. Les espèces non identifiées présentent nombreuses difficultés dans la similitude des caractères notamment les champignons à lames et méritent d'être réexaminées.

La complexité de l'identification est liée, par ailleurs à des contraintes d'ordre technique car dans ce type de travail mycologique, il est souhaitable d'utiliser des tests à base de réactifs chimiques, l'examen microscopique des spores et les méthodes de biologie moléculaire.

Ce travail est rendu plus difficile par le fait qu'une bonne observation des macromycètes doit s'effectuer à différents stades de leur vie en raison des modifications de leurs couleur et forme.

Chaque espèce identifiée a fait l'objet d'une fiche descriptive contenant les informations suivantes :

- Vue photographique
- Nom scientifique
- Nom vernaculaire
- Synonyme
- Systématique
- Comestibilité.

Le reste des informations tels le site et la date de cueillette a été mentionné dans le tableau récapitulatif n° 5 de tous les champignons récoltés.

Il est évident que nous avons complété ces fiches descriptives grâce au support iconographique. L'identification a été menée grâce aux guides de champignons suivants :

Lamaison (1998) ; Lemoine (1996) ; Polese (2000) ; Laurent (2003), Eyssartier *et al.* (2004), Courtecuisse & Duhem (2000) réimpression premier semestre 2007, Romagnezii (1970, 1971, 1973), Becker (1983), Moreau & Rouard (1988), Leoni & Ferreri (1992) et Dufour (1891)... ainsi qu'à d'autres sources.

Les résultats de l'inventaire fongique sont présentés de 2 manières :

- Des vues photographiques de chaque espèce avec une position systématique sommaire.
- Un tableau récapitulatif de l'ensemble des espèces rencontrées groupées par ordres et familles et mentionnant sur le site et l'année de la récolte (tableau 5).

Vues photographiques des différentes espèces de macromycètes  
terricoles récoltés durant les années 2010 et 2011  
dans les divers sites d'étude et leur position systématique

Agaromycètes = Agaricales au sens large

Ordre : Tricholomatales

Famille : Hygrophoracées



*Hygrocybe conica* (Scop. : Fr.) Kummer

Hygrophore conique

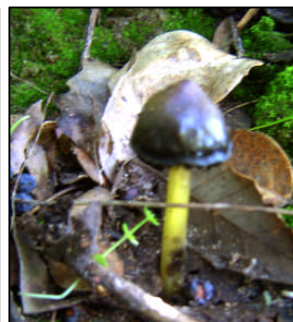
Légèrement toxique



*Hygrocybe cinereifolia* Courtecuisse &

Priou

Hygrophore à lames cendrées



*Hygrocybe tristis* (Pers.) Moeller

Hygrophore triste

Légèrement toxique



*Hygrocybe lepida* Boudier ex Arnolds

(*H. cantharellus*)

Hygrophore chanterelle

Légèrement toxique

Ordre : Tricholomatales (suite)

Famille : Hygrophoracées (suite)



*Cuphophyllus virgineus* (Wulf. : Fr.) Kovalenko

Hygrophore blanc

Synonyme : *Hygrophorus niveus*

Bon comestible



*Hygrocybe ceracea* (Wulf. : Fr.) Kummer

Hygrophore céracé



*Hygrophorus pseudodiscoideus* (Maire) Malençon & Bertault



Ordre : Tricholomatales (suite)

Famille : Tricholomatacées



*Clitocybe diatreta* (Fr. :Fr.)  
Kummer  
Clitocybe saumoné



*Clitocybe gibba* (Pers. :Fr.) Kummer  
Clitocybe en entonnoir  
Synonyme : *C. infundibuliformis*  
Médiocre comestible



*Clitocybe graminicola* Bon  
Clitocybe graminicole



*Pseudoclitocybe cyathiformis*  
(Bull. :Fr.) Sing.  
Clitocybe en coupe  
Sans valeur culinaire

Ordre : Tricholomatales (suite)  
 Famille : Tricholomatacées (suite)



12



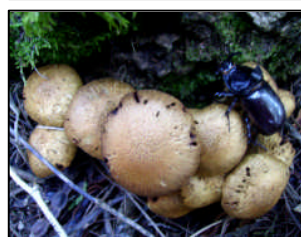
*Armillaria mellea*  
 (Vahl :Fr)Kummer  
 Armillaire couleur de miel  
 Syn. : *Clitocybe mellea*  
 Sans valeur culinaire



13



*Armillaria tabescens*  
 (Scop. Fr.) Emeland  
 Armillaire sans anneau  
 Sans valeur culinaire



14

*Tricholoma columbetta*  
 Tricholome colombette  
 Bon comestible

Ordre : Tricholomatales (suite)  
 Famille : Tricholomatacées (suite)



*Tricholoma pessundatum* (Fr. :Fr.) Quélet  
 Non comestible



Proche de *Tricholoma populinum*  
**Lange**  
 Tricholome des peupliers  
 Bon comestible  
 Ou *Tricholoma striatum* (Schaeff.)  
**Sacc.**  
 = *Tricholoma albobrunneum* (Pers.)  
 Fr.  
 Tricholome brun et blanc  
 Ou *Tricholoma fulvum* (Bull.)  
**Sacc.**  
 Tricholome jaune et brun  
 Toxique



*Tricholoma* sp.

Ordre : Tricholomatales (suite)  
 Famille : Tricholomatacées (suite)



18



***Laccaria laccata* (Scop. Fr.)  
 Cooke**

Laccaire laqué  
 Syn. : *Clitocybe laccata*  
 Bon comestible

Possible confusion avec:

***Laccaria bicolor* (Maire) Orton**  
 Comestible

Ou ***Laccaria bisporigena* Contu  
 & Ballero**

Syn. : *L. fraterna*; *L. lateritia*  
 Sans intérêt

Ou ***Laccaria punila* Fayod**  
 Laccaire modeste

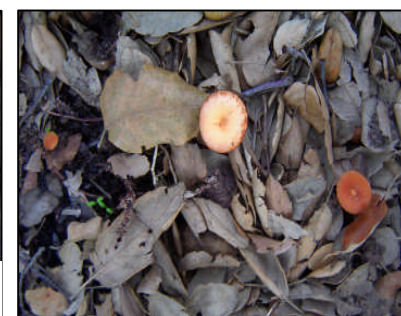
Syn. : *L. altaica*  
 Sans intérêt

Ou ***Laccaria vinaceorosea* Contu**  
 Ou ***Laccaria purpureobadia* Reid**

Laccaire brun pourpre  
 Sans intérêt



19



***Laccaria bicolor* (Maire) Orton**  
 Comestible

Ordre : Tricholomatales (suite)  
Famille : Tricholomatacées (suite)



*Lepista nuda* (Bull.:  
Fr.) Cook  
= *Rhodopaxillus*  
*nudus*  
Pied bleu  
Bon comestible

Ordre : Tricholomatales (suite)

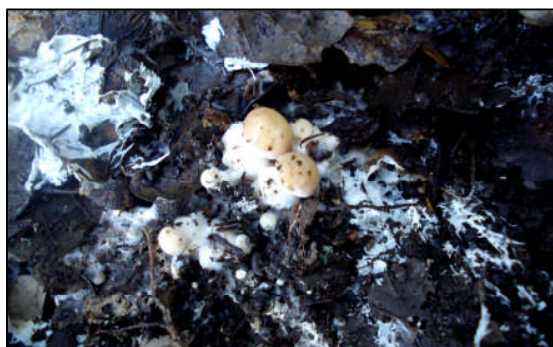
Famille : Marasmiacées



*Marasmius sp.*



*Collybia sp.*



Ordre : Tricholomatales (suite)

Famille : Marasmiacées (suite)



23



*Collybia butyracea*  
(Bull.) Quél.  
Collybie butyracée  
(à confirmer)  
Sans valeur culinaire



24



*Collybia aquosa*  
(Bull. Fr.) Kummer  
Collybie aqueuse  
Sans valeur Culinaire

← Rond de sorcières



25

*Mycena pura* (Pers. : Fr.) Kummer  
Mycène pure  
Toxique

Ordre : Tricholomatales (suite)

Famille : Marasmiacées (suite)



*Mycena metata* (Fr. : Fr.)

**Kummer**

Mycène conique

Sans valeur culinaire



Possible confusion entre :

*Mycena aetites* (Fr.) Quélet

Ou *Mycena galericulata*

(Scop. :Fr.) S.F. Gray

(= Mycène en casque)



Ce serait :

*Mycena rosea* (Schumach.)

**Gramberg**

Mycène rose

Toxique

Ou *Mycena pura* (Pers. : Fr.)

**Kummer**

Mycène pure

Toxique

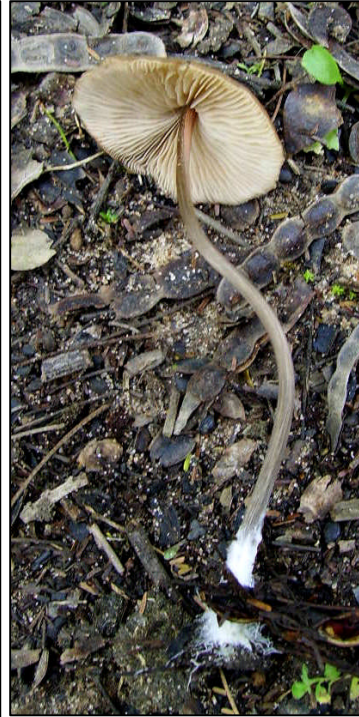
Ou *Mycena pelianthina* (Fr. :

Fr.) Quélet

Toxique

Ordre : Tricholomatales (suite)

Famille : Marasmiacées (suite)



Possible confusion entre :

*Mycena silvae-nigrae*

Maas Geesteranus &  
Schwöbel

Mycène de la forêt noire

Ou *Mycenella bryophila*  
(Voglino) Singer

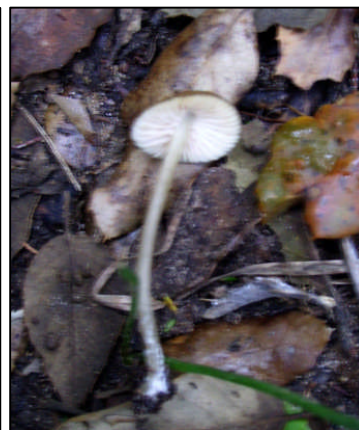
Mycène des mousses

Ou *Entoloma hirtipes*

(Schum. : Fr.) Moser

Ou *Conocybe pilosella*  
(Pers. : Fr.) Kühner

Conocybe à pied vilieux



*Mycena sp.*

Ordre : Cortinariales

Famille : Cortinariacées



31

*Hebeloma hiemale* Bresadola

Hébélome d'hiver

Sans valeur culinaire

Ou *Hebeloma leucosarx* Orton

Hébélome à chair blanche

Sans valeur culinaire



32

*Hebeloma mesophaeum* (Pers.) Quélet

Hébélome à centre sombre

Ou *Hebeloma pusillum* Lange

Sans valeur culinaire



33

*Hebeloma leucosarx* Orton

Hébélome à chair blanche

Ou *Hebeloma bruchetii* Bon

Hébélome de Bruchet

Ou *Hebeloma mesophaeum*

(Pers.) Quélet

Hébélome à centre sombre



34

*Inocybe fibrosa* (Sow.) Gillet

Inocybe fibreux

Ordre : Cortinariales (suite)

Famille : Cortinariacées (suite)



*Cortinarius salignus* Moser et Keller

Sans valeur culinaire

Ou *Cortinarius cinnamomeoluteus*

Orton

Cortinaire jaune canelle

Sans valeur culinaire



*Cortinarius aleuriosmus* Maire

Sans valeur culinaire



*Cortinarius cinnamomeoluteus* Orton

Cortinaire jaune canelle

Sans valeur culinaire



*Cortinarius cinnamomeofulvus* Hy.

Sans valeur culinaire

Ou *Cortinarius contractus* Hy.

Sans valeur culinaire

Ordre : Cortinariales (suite)  
 Famille : Cortinariacées (suite)



39



*Cortinarius cohabitans*  
**P. Karsten**  
 Synonyme : *C. saturninus* Fr.  
 Sans valeur culinaire  
 Ou *Cortinarius privignus* (Fr.)  
**Fr.**  
 Sans valeur culinaire



40



*Cortinarius cliduchus* Fr.  
 = *Cortinarius vitellinopes*  
 Cortinaire à pied vitellin  
 Sans valeur culinaire  
 Ou *Cortinarius trivialis* Lange  
 Cortinaire trivial  
 = Cortinaire à chinures  
 Sans valeur culinaire



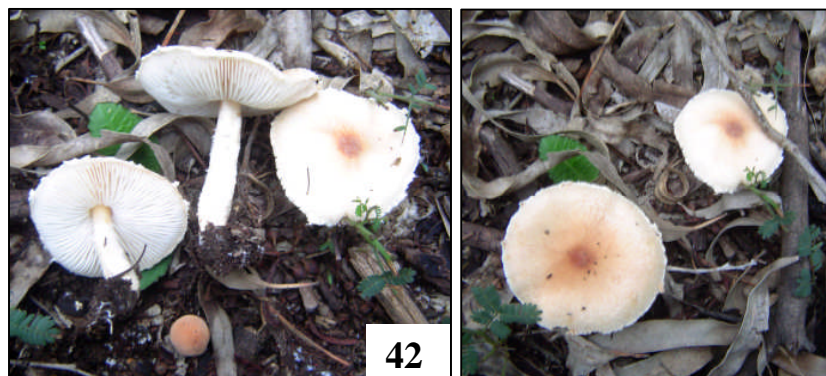
41



*Cortinarius* sp.

Ordre : Cortinariales (suite)

Famille : Strophariacées



Probablement :  
*Stropharia sp.*

Ordre : Cortinariales (suite)

Famille : Bolbitiacées



*Conocybe aurea* (J.Schaeffer) Hongo

Conocybe doré



*Panaeolus campanulatus*

(L. :Fr.) Quélet

Panéole campanulé

Ou *Panaeolus sphinctrinus* (Fr.)

Quélet

Panéole à marge dentée



*Panaeolus rickenii* Hora

Panéole de Ricken

Ordre : Agaricales

Famille : Agaricacées = Lépiotacées



46



*Agaricus subfloccosus*  
(J.E.Lange) J. Hlavacek  
Agaric à flocons



47



*Agaricus spissicaulis*  
Moeller (= *Ps. Spissa*)  
Agaric épais  
Comestible



48

*Agaricus fissuratus*  
(Moeller) Moeller  
Agaric fissuré  
Ou *Agaricus bresadolanus* Bohus  
Agaric de Bresadola, radifiant  
Syn.: *A. romagnesii*  
Wasser  
Toxique



49



50



*Agaricus sp.1*

*Agaricus sp.2*

Ordre : Agaricales

Famille : Agaricacées = Lépiotacées (suite)



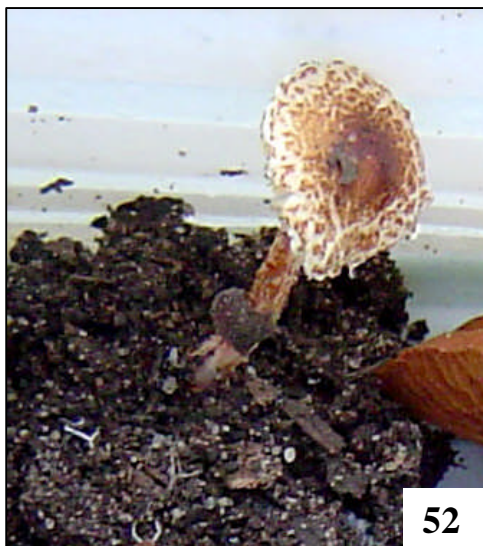
***Macrolepiota procera* (Scop. : Fr.) Singer**

Coulemelle ou Lépiote élevée

Bon comestible

Ou ***Macrolepiota fuliginosa* (Barla)**

Bon comestible



***Lepiota cristata* (Bolt. : Fr.) Kummer**

= ***Lepiotula cristata***

Lépiote crêtée

Ou ***Lepiota brunneoincarnata* Chodat & Martin**

Lépiote brun rose

Mortel

Ou ***Lepiota josserandii* Bon & Boiffard**

Lépiote de Josserand

Mortel

Ordre : Agaricales (suite)

Famille : Coprinacées



*Coprinus comatus* (Müll. : Fr) Pers.

Coprin chevelu

Bon comestible (très jeune)

Ordre : Agaricales (suite)

Famille : Amanitacées



***Amanita dryophila* Consiglio & Contu**

Amanite des chênes

Comestible dans certaines conditions



55



***Amanita umbrinolutea* (Secr. ex Gillet) Bertill.**

Amanite à cerne sombre

Comestible dans certaines conditions

Ou ***Amanita beckeri* Huijsman**

Amanite noisette

Ordre : Agaricales (suite)  
Famille : Amanitacées (suite)



*Amanita rubescens* (Pers. : Fr)  
S.F.Gray  
Amanite rougissante = Golmotte  
=amanite vineuse, royale  
Très bon comestible (bien cuit)



*Amanita sp.*



Ordre : Plutéales  
 Famille : Entolomatacées



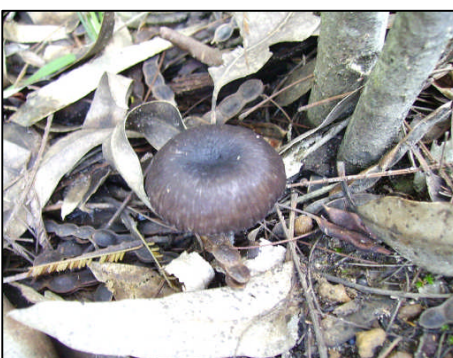
*Entoloma nitidum*  
**Qué.**  
 Entolome brillant  
 Non comestible



*Entoloma corvinum*  
**(Kühner) Noordel.**  
 Entolome couleur de corbeau  
 Non comestible



Ce serait :  
*Entoloma xanthochroum*  
**(P.D. Orton) Noordel.**  
 Non comestible  
 Ou *Entoloma poliopus* (Romagn.)  
**Noordel.**  
 Entolome à pied poli  
 Non comestible



*Entoloma chalybaeum* (Fr.)  
**Zerov**  
 Non comestible

Ordre : Plutéales (suite)  
Famille : Entolomatacées (suite)



*Entoloma sericeum* (Bull. : Fr) Qué.

Entolome soyeux

Synonyme : Nolanée soyeuse



63



*Entoloma sp.1*



64

*Entoloma sp.2*

Ordre : Russulales = Astérosporales

Famille : Russulacées



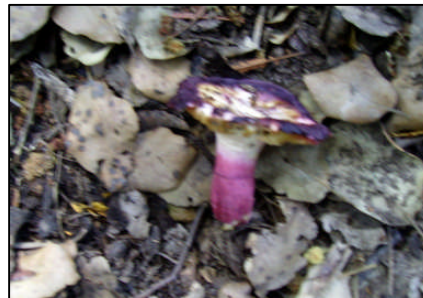
***Russula aurora* Krombholz  
(*R. rosea*)**

Russule rose

Ou ***Russula silvestris***

(**Singer**) **Reumaux**

Russule des forêts



***Russula drimeia* Cooke**

(= *R. sardonica*)

Russule sardoine

Ou ***Russula amoena* Quélet**

Russule agréable

Ou ***Russula violeipes* Quélet**

Russule à pied violet



***Russula cyanoxantha* (Schaeff.)**

**Fr.**

Russule charbonnière

Très bon comestible

Ou ***Russula cutefracta* Cooke**

Russule craquelée



***Russula laeta* J.Schaeffer**

Russule de couleur gaie

Ou ***Russula curtipes* Moeller  
& J.Schaeffer**

Russule à pied court

Ordre : Russulales (suite)  
Famille : Russulacées (suite)



***Russula delica* Fr.**

Russule sans lait

Comestible très moyen, goût peu agréable



***Russula virescens* (Schaeff.) Fr.**

Russule verdoyante

Bon comestible



Ordre : Russulales (suite)  
 Famille : Russulacées (suite)



71

*Russula lepida* (Fr. :Fr.)Fr.

Russule jolie

Sans valeur culinaire ou à goût désagréable



72



Proche de :

*Russula frageticola*

(Melzer) Lundell

(= *R. mairei* Var.f.)

Russule du Hêtre

Ou *Russula emetica*

(Schaeff. : Fr.) Pers.

Russule émétique des

Bois



73



*Russula sp.1*



74



*Russula sp.2*

Ordre : Russulales (suite)  
 Famille : Russulacées (suite)



75



*Lactarius roseozonatus* (v.Post)

Fr.

Lactaire zoné de rose



76



*Lactarius pyrogalus* (Bull. : Fr.)

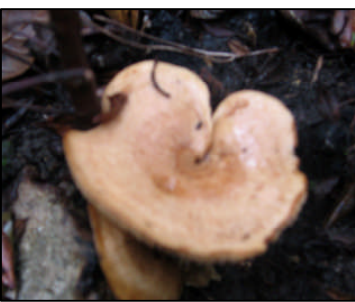
Fr.

= *Lactarius hortensis*

Lactaire à lait brûlant



77



*Lactarius deliciosus* (L.: Fr.)

S.F. Gray

Lactaire délicieux

Excellent comestible



78



*Lactarius flexuosus* (Pers. :Fr.)

S.F.Gray

Lactaire flexueux

Ou *Lactarius circellatus* Fr.

Lactaire cerclé

Ce serait :



79



*Lactarius rufus* (Scop. : Fr.)Fr.

Lactaire roux

Ou *Lactarius lacunarum*

(Romagnesi) ex Hora

Lactaire des ornières

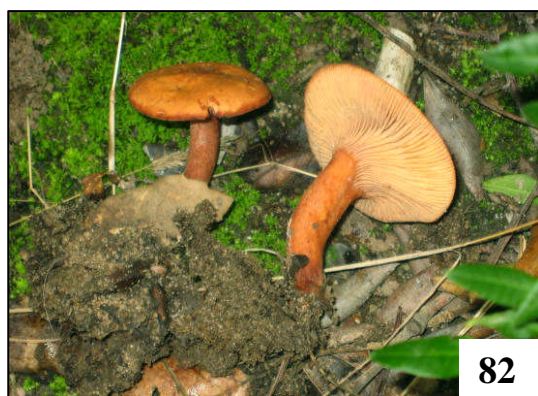
Ordre : Russulales (suite)  
 Famille : Russulacées (suite)



*Lactarius fulvissimus* Romagnesi  
 Lactaire très fauve  
 Ou *Lactarius subsericatus* Kühner  
 & Romagnesi ex Bon  
 Lactaire presque soyeux  
 Ou *Lactarius chrysorrheus* Fr.  
 Lactaire à lait jaune d'or  
 Ou *Lactarius ichoratus* (Batsch) Fr.  
 Lactaire sang des dieux



*Lactarius* sp.1



*Lactarius* sp.2



*Lactarius* sp.3

Ordre : Bolétales  
Famille : Bolétacées



*Boletus appendiculatus* Schaeff.  
Bolet appendiculé  
Comestible



*Boletus sp.1*



*Boletus sp.2*

## Aphylophorales

Ordre : Cantharellales

Famille : Cantharellacées

***Cantharellus cibarius* Fr.**

Girolle

= Chanterelle jaune

= Chanterelle comestible

Excellent comestible

***Craterellus cornucopioides* (L. : Fr) Pers.**

Trompette-des-morts

= Corne d'abondance, craterell

Excellent comestible

Ordre : Cantharellales (suite)

Famille : Clavariacées



*Ramaria stricta* (Pers. :Fr.)

Quél.

Clavaire étroite

Légèrement toxique

89



*Clavulina rugosa* (Bull. : Fr.)

Schroet

Clavaire rugueuse

Comestible médiocre

Ou *Clavaria vermicularis*

Sw. :Fr.

Clavaire vermiculée

Sans intérêt

*Clavaria acuta* Sowerby

Sans intérêt

90

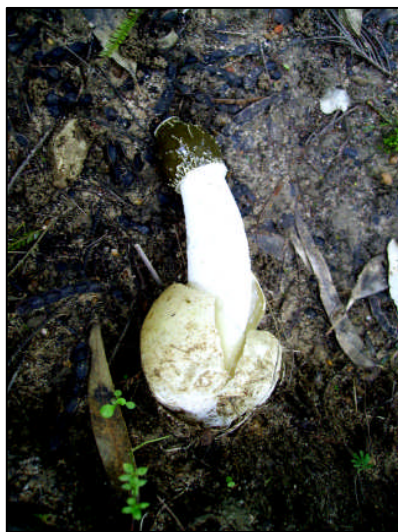
## Gastéromycètes=Gastérales

Ordre : Phallales

Famille : Phallacées



91

*Phallus impudicus* (L.) Pers.

Satyre puant

= Œuf-du-diable ; phalle

impudique ; fausse morille

Sans valeur culinaire ou à goût désagréable

Famille : Clathracées



92

*Clathrus ruber*= *clathrus cancellatus*

Clathre rouge

= Coeur de sorcière

Immangeable tant son odeur est nauséabonde

Ordre : Lycoperdales

Famille : Lycoperdaceés



*Calvatia utriformis* (Bull. : Pers) Jaap

= *Lycoperdon caelatum*

= *calvatia bovista*

Vesse-de-loup ciselée

= Vesse-de-loup en forme d'outre

Sans valeur culinaire ou à goût désagréable



*Calvatia cyathiformis* (Bosc) Morgan

Calvatie en cyathe

Sans valeur culinaire ou à goût désagréable



*Vascellum pratense* (Pers.)

Krei.

= *Lycoperdon hiemale*

Vesse-de-loup des prés

Sans valeur culinaire ou à goût désagréable

Ordre : Sclérodemales (suite)

Famille : Sclérodermacées



96

*Scleroderma verrucosum* (Bull.) Pers.

Scléroderme verruqueux

Sans valeur culinaire ou à goût désagréable



97

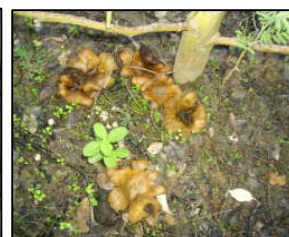
*Scleroderma geaster*

*Sclerangium polyrhizum* (Gmel) Pers.

= *Scleroderma polyrhizon*

Sclérodeme geaster

Sans valeur culinaire



98



*Pisolithus tinctorius*

= *Pisolithus arrhizus*

Scop. : Pers.) Rausch.

Pisolithe des teinturiers

= Pisolithe des sables

Sans valeur culinaire

Ordre : Sclérodemales (suite)

Famille : Géastracées



99



*Geastrum triplex*

Géastre à trois enveloppes

Sans valeur culinaire



100



*Geastrum sessile* (Sow.) Pouz.

= *G. fimbriatum*

Géastre sessile

Sans valeur culinaire

## Ascomycètes

Discomycètes = Pezizomycètes

Ordre : Pezizales

Famille : Pezizacées

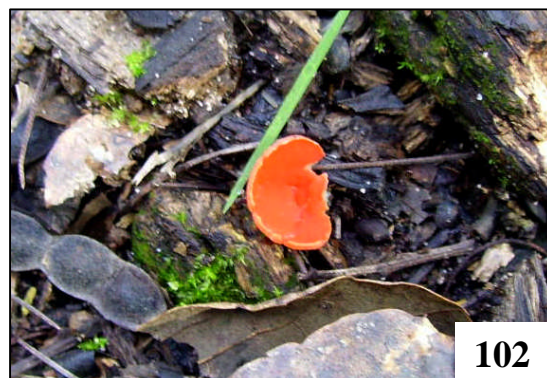


101

*Aleuria aurantia* (Pers. : Fr.) Fuck.= *Peziza aurantia*

Pezize orangée

Médiocre comestible



102

*Sarcoscypha coccinea*

(Scop. : Fr.) Lamb

Pezize écarlate

Médiocre comestible



103

*Peziza vesiculosa* Bolton

Pézize vésiculeuse

Comestible (toxique crue) ou sans valeur gustative

Ou *Peziza succosa* Berk

Pézize à lait jaune

Ou *Peziza repanda* Persoon

Pézize commune

Ou *Peziza arvernensis* Boud.= *Aleuria silvestris* Boud.

Pézize sylvestre



104

*Peziza griseorosea* W.R. Gerard

Pézize gris rosâtre

Ou *Peziza saccardiana* Cooke

Pézize de saccardo

Immangeable

Hyménoascomycètes = Pyrénomycètes

Ordre : Sphaeriales

Famille : Xylariacées



Xylaire polymorphe

*Xylaria polymorpha* (Pers. : Fr.) Greville

Sans valeur culinaire



Espèces non identifiées



Espèces non identifiées (suite)



Espèces non identifiées (suite)



Figure 27 : Diversité des macromycètes dans la zone d'étude

**Inventaire des macromycètes terricoles rencontrés dans les divers sites  
d'étude durant les années 2010 et 2011**

**Tableau n° 5:** Inventaire des macromycètes terricoles rencontrés dans les divers sites d'étude durant les années 2010 (10) et 2011(11).

(Sites 1 : subéraie de Brabtia, 2 : peuplement mixte d'El Djer El Ouassaa, 3 : subéraie incendiée, 4 : Peuplement de chêne-liège mélangé avec Acacia à proximité des locaux administratifs du PNEK, 5 : Arboretum du Tonga, 6 : Peuplement mélangé Acacia-Eucalyptus assaini en 2008, 7 : Station d'El Haddada).

(x) Les espèces dont l'identification n'est pas sûre

(\*) Les espèces mycorrhizogènes connus de la littérature.

Divis.	Basidiomycètes			
Classe	Homobasidiomycètes			
S/Clas	Agaromycètes = Agaricales au sens large			
Fam. Ord.	Hygrophoracées			
	N°	Genre et Espèce	Sites	Dates de cueillette
	1	<i>Hygrocybe conica</i>	(2), (3)	Décembre 2010, janvier 2011
	2	<i>Hygrocybe cinereifolia</i>	(3)	Décembre 2010
	3	<i>Hygrocybe tristis</i>	(2), (3)	Décembre 2009, janvier 2010, janvier 2011
	4	<i>Hygrocybe lepida</i>	(2), (3)	Décembre 2009, (janvier, février, décembre) 2010, janvier 2011
	5	<i>Hygrophorus niveus</i>	(2)	Mars 2010, janvier 2011
	6	<i>Hygrocybe ceracea</i>	(4)	21 novembre 2010
	7	<i>Hygrophorus pseudodiscoideus</i>	(5)	21 novembre 2010
	Tricholomatacées			
			Sites	Dates de cueillette
	8	<i>Clitocybe diatreta</i>	(3)	Décembre 2010
	9	<i>Clitocybe gibba</i>	(2)	Décembre 2009, janvier 2010
	10	<i>Clitocybe graminicola</i>	(2)	Décembre 2009, janvier 2010
	11	<i>Pseudoclitocybe cyathiformis</i>	(2)	Septembre 2010
	12	<i>Armillaria mellea</i>	(5)	21 novembre 2010
	13	<i>Armillaria tabescens</i>	(2)	Octobre 2010
	14	<i>Tricholoma columbetta</i>	(4), (6)	21 novembre 2010
	15	* <i>Tricholoma pessundatum</i>	(7)	9 novembre 2010
	16	<i>Tricholoma populinum</i> (x)	(7)	9 novembre 2010

	17	<i>Tricholoma sp.</i>	(5)	21 novembre 2010	
	18	* <i>Laccaria laccata (x)</i>	(1), (2), (3), (6)	Décembre 2009, (janvier, février, Mars, avril, mai, Septembre, Octobre, 9 novembre, 21 novembre, Décembre) 2010, janvier 2011	
	19	<i>Laccaria bicolor</i>	(3), (5)	21 novembre, Décembre 2010	
	20	* <i>Lepista nuda</i>	(1), (2)	Décembre 2009, janvier 2010	
	<b>Marasmiacées</b>				
			Sites	Dates de cueillette	
	21	<i>Marasmius sp.</i>	(2)	Septembre 2010	
	22	<i>Collybia sp.</i>	(7)	9 novembre 2010	
	23	<i>Collybia butyracea (x)</i>	(3)	Décembre 2010	
	24	<i>Collybia aquosa</i>	(2)	Janvier 2011	
	25	<i>Mycena pura</i>	(7)	9 novembre 2010	
	26	<i>Mycena metata</i>	(4)	21 novembre 2010	
	27	<i>Mycena silvae-nigrae (x)</i>	(2)	janvier 2011	
	28	<i>Mycena aetites (x)</i>	(2)	janvier 2011	
29	<i>Mycena rosea (x)</i>	(2)	janvier 2011		
30	<i>Mycena sp.</i>	(3), (4), (6)	21 novembre, Décembre 2010		
Cortinariales	<b>Cortinariacées</b>				
			Sites	Dates de cueillette	
	31	<i>Hebeloma hiemale (x)</i>	(3)	Décembre 2010	
	32	<i>Hebeloma mesophaeum (x)</i>	(3)	Décembre 2010	
	33	<i>Hebeloma leucosarx (x)</i>	(3)	Décembre 2010	
	34	<i>Inocybe fibrosa</i>	(3)	Décembre 2010	
	35	<i>Cortinarius salignus (x)</i>	(5)	21 novembre 2010	
	36	<i>Cortinarius aleuriosmus</i>	(3), (5)	21 novembre, Décembre 2010	
	37	<i>Cortinarius cinnamomeoluteus</i>	(3), (5)	21 novembre, Décembre 2010	
	38	<i>Cortinarius cinnamomeofulvus (x)</i>	(5)	21 novembre 2010	
	39	<i>Cortinarius cohabitans (x)</i>	(3)	Décembre 2010	
	40	<i>Cortinarius cliduchus (x)</i>	(7)	9 novembre 2010	
41	<i>Cortinarius sp.</i>	(7)	9 novembre 2010		

	<b>Strophariacées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
	<b>42</b>	<i>Stropharia sp. (x)</i>	(6)	21 novembre 2010
	<b>Bolbitiacées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
	<b>43</b>	<i>Conocybe aurea</i>	(2)	Octobre 2010
<b>44</b>	<i>Panaeolus campanulatus (x)</i>	(4)	21 novembre 2010	
<b>45</b>	<i>Panaeolus rickenii</i>	(2)	Octobre 2010	
Agaricales (au sens strict)	<b>Agaricacées = Lépiotacées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
	<b>46</b>	<i>Agaricus subfloccosus</i>	(2)	janvier 2011
	<b>47</b>	<i>Agaricus spissicaulis</i>	(2)	Mars 2010
	<b>48</b>	<i>Agaricus fissuratus (x)</i>	(5)	21 novembre 2010
	<b>49</b>	<i>Agaricus sp.1</i>	(7)	9 novembre 2010
	<b>50</b>	<i>Agaricus sp.2</i>	(2)	Septembre 2010
	<b>51</b>	* <i>Macrolepiota procera (x)</i>	(5)	21 novembre 2010
	<b>52</b>	<i>Lepiota cristata (x)</i>	(5)	21 novembre 2010
	<b>Coprinacées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
	<b>53</b>	<i>Coprinus comatus</i>	(2)	Mars 2010
	<b>Amanitacées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
<b>54</b>	<i>Amanita dryophila</i>	(7)	9 novembre 2010	
<b>55</b>	<i>Amanita umbrinolutea (x)</i>	(3)	Décembre 2010	
<b>56</b>	* <i>Amanita rubescens</i>	(4)	21 novembre 2010	
<b>57</b>	<i>Amanita sp.</i>	(7)	9 novembre 2010	
Plutéales	<b>Entolomatacées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
	<b>58</b>	<i>Entoloma nitidum</i>	(2)	janvier 2011
	<b>59</b>	<i>Entoloma chalybaeum</i>	(2)	Mars 2010
	<b>60</b>	<i>Entoloma corvinum</i>	(2)	février, Mars 2010, janvier 2011
<b>61</b>	<i>Entoloma sericeum</i>	(2)	Mars 2010	

	<b>62</b>	<i>Entoloma xanthochroum (x)</i>	(2)	janvier 2011
	<b>63</b>	<i>Entoloma sp.1</i>	(2)	Mars 2010
	<b>64</b>	<i>Entoloma sp.2</i>	(3)	Décembre 2010
Russulales = Astérosporales	<b>Russulacées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
	<b>65</b>	<i>Russula aurora (x)</i>	(7)	9 novembre 2010
	<b>66</b>	* <i>Russula drimeia (x)</i>	(2)	mai 2010
	<b>67</b>	<i>Russula cyanoxantha (x)</i>	(7)	9 novembre 2010
	<b>68</b>	<i>Russula laeta (x)</i>	(7)	9 novembre 2010
	<b>69</b>	<i>Russula delica</i>	(7)	9 novembre 2010
	<b>70</b>	<i>Russula virescens</i>	(7)	9 novembre 2010
	<b>71</b>	<i>Russula lepida</i>	(5)	21 novembre 2010
	<b>72</b>	<i>Russula frageticola (x)</i>	(7)	9 novembre 2010
	<b>73</b>	<i>Russula sp.1</i>	(3)	Décembre 2010
	<b>74</b>	<i>Russula sp.2</i>	(3)	Décembre 2010
	<b>75</b>	<i>Lactarius roseozonatus</i>	(4)	21 novembre 2010
	<b>76</b>	<i>Lactarius pyrogalus</i>	(3)	Décembre 2010
	<b>77</b>	* <i>Lactarius deliciosus</i>	(1), (2), (3), (4), (5), (6)	février, 21 novembre, Décembre 2010
	<b>78</b>	<i>Lactarius flexuosus (x)</i>	(2)	janvier 2011
	<b>79</b>	<i>Lactarius rufus (x)</i>	(3)	Décembre 2010
	<b>80</b>	<i>Lactarius fulvissimus (x)</i>	(7)	9 novembre 2010
	<b>81</b>	<i>Lactarius sp.1</i>	(4)	21 novembre 2010
<b>82</b>	<i>Lactarius sp.2</i>	(5)	21 novembre 2010	
<b>83</b>	<i>Lactarius sp.3</i>	(4)	21 novembre 2010	
Bolétales	<b>Bolétacées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
	<b>84</b>	<i>Boletus appendiculatus (x)</i>	(3)	Décembre 2010
	<b>85</b>	<i>Boletus sp.1</i>	(3)	Décembre 2010
	<b>86</b>	<i>Boletus sp.2</i>	(3)	Décembre 2010
<b>Aphylophoromycètes = Aphylophorales</b>				

Cantharellales	<b>Cantharellacées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
	<b>87</b>	<i>Cantharellus cibarius</i>	(3), (7)	9 novembre, Décembre 2010
	<b>88</b>	<i>Craterellus cornucopioides</i>	(4)	21 novembre 2010
	<b>Clavariacées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
	<b>89</b>	<i>Ramaria stricta</i>	(2)	janvier 2011
<b>90</b>	* <i>Clavulina rugosa</i> (x)	(3)	Décembre 2010	
<b>Gasteromycètes = Gastérales</b>				
Phallales	<b>Phallacées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
	<b>91</b>	<i>Phallus impudicus</i>	(2), (3)	Octobre, 9 novembre, Décembre 2010, janvier 2011
	<b>Clathracées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
<b>92</b>	<i>Clathrus ruber</i>	(2), (3)	Décembre 2010	
Lycoperdales	<b>Lycoperdacées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
	<b>93</b>	<i>Calvatia utriformis</i>	(2)	avril 2010
	<b>94</b>	<i>Calvatia cyathiformis</i>	(2)	février 2010
<b>95</b>	<i>Vascellum pratense</i>	(2)	Septembre, Octobre 2010	
Sclérodermales	<b>Sclérodermacées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
	<b>96</b>	* <i>Scleroderma verrucosum</i>	(3), (5)	21 novembre, Décembre 2010
	<b>97</b>	<i>Scleroderma geaster</i>	(2), (3), (5)	Décembre 2009, (janvier, 21 novembre, Décembre) 2010
	<b>98</b>	* <i>Pisolithus tinctorius</i>	(2), (6)	Décembre 2009, (janvier, 21 novembre) 2010, janvier 2011
	<b>Géastracées</b>			
			Sites	Dates de cueillette
	<b>99</b>	<i>Geastrum triplex</i>	(2)	janvier 2011
<b>100</b>	<i>Geastrum sessile</i>	(2), (3)	Décembre, janvier 2011	

Ascomycètes				
Discomycètes = Pezizomycètes				
Pezizales	Pezizacées			
			Sites	Dates de cueillette
	101	* <i>Aleuria aurantia</i>	(2)	janvier 2011
	102	<i>Sarcoscypha coccinea</i>	(2)	janvier 2011
	103	<i>Peziza vesiculosa (x)</i>	(2)	Mars 2010
104	<i>Peziza griseorosea (x)</i>	(5)	21 novembre 2010	
Pyrénomycètes				
Sphaeriales	Xylariacées			
			Sites	Dates de cueillette
105	<i>Xylaria polymorpha</i>	(2)	janvier 2011	

L'examen du tableau n° 5 nous indique que, la fructification des champignons est plus importante durant la période des premières pluies (octobre, novembre, décembre, janvier).

Pendant notre récolte nous avons remarqué l'abondance des espèces suivantes :

- Le laccaire laqué (*Laccaria laccata*)
- La Girolle (*Cantharellus cibarius*)
- L'armillaire couleur de miel (*Armillaria mellea*)
- Les lycoperdons
- Le satyre puant (*Phallus impudicus*)
- Le pisolithe (*Pisolithus tinctorius*)
- Les russules
- Les lactaires
- Les cortinaires
- Les entolomes

Il est à signaler que *Laccaria laccata*, est l'espèce la plus fréquente sur toute l'année et présente la caractéristique d'être résistante aux aléas climatiques, pousse en touffe ou en groupe et change de couleur en climat sec.

Les champignons précédés d'un astérisque dans le tableau, ont été déjà décrits comme champignons mycorhizogènes par plusieurs auteurs tels Voiry (1981), Al-Abras (1985), Abourouh (1996), Guinberteau et Courtecuisse (1997)... etc. L'espèce de *Pisolithus tinctorius* qui est considérée selon Machado et Santos (2002), comme une espèce

mycorhizienne précoce du chêne-liège, elle serait selon Marx (1979c) comme l'espèce la plus efficace des champignons symbiotiques.

Selon Grand (1976) et Marx (1980), *Pisolithus tinctorius* inoculé à des plants de chêne-liège élevés en pépinière a un effet bénéfique sur la survie et la croissance de ces derniers après transfert surtout dans des sites biologiquement hostiles caractérisés par une température élevée du sol et par des teneurs élevées en métaux lourds.

Comme le suggèrent Guinberteau et Courtecuisse (1997), l'inventaire mycologique est conditionné par diverses contraintes objectives, soit :

- La manifestation périodique, voire fugace des sporophores en raison des cycles biologique ou de phénomènes d'ordre climatique ou autres générant des « sauts » de cycles, qui hypothèquent le travail d'observation des espèces.
- Le caractère invisible des espèces hypogées (toutes connues pour être mycorhiziennes) dont les sporophores souterrains sont invisibles.

L'examen du tableau n° 5 faisant apparaître la répartition des espèces fongiques répertoriées au niveau des sites de cueillette, indique que la récolte au niveau du site 1 est la moins importante étant donné les difficultés d'accès à la subéraie qui présente un sous bois de grande densité (lianes, fourrés).

Effectivement, au niveau du site 2 (peuplement chêne-liège – acacia), la récolte a été la plus importante (44 espèces), pour la simple raison que la présence des acacias élimine le sous bois et rend plus accessible la forêt.

Une étude similaire a été réalisée durant l'année 2007-2008 (dans le cadre du mémoire d'ingénieur), et un grand nombre d'espèces a également été rencontré (64 espèces) dont 24 retrouvées aussi dans l'inventaire de l'année 2010-2011. Plus de 80 autres espèces ont été recensées ; elles n'étaient pas présentes dans l'inventaire de 2007-2008.

Ceci appuie la suggestion de Guinberteau et Courtecuisse (1997) et donc nous confirmons que pour réaliser un inventaire crédible, il faut répéter l'opération durant plusieurs années. Notre objectif est de réaliser un atlas des champignons de l'est algérien et la répétition des inventaires demeure parmi nos objectifs.

L'interprétation du tableau n° 5 montre également que la biodiversité spécifique des macromycètes récoltés dans le site 6 (site à acacia et eucalyptus le plus représentatif) est faible (6 espèces) par rapport aux autres sites qui correspondent en fait à des forêts de chêne-liège (site 7) plus ou moins dégradées ou inaccessibles (site1) ou incendiées (site3) (environ 70 espèces).

Dans les sites 2 et 4 qui correspondent à un mélange d'Acacia – chêne-liège, la biodiversité reste importante (55 espèces). Une étude complémentaire s'avère indispensable pour évaluer de façon correcte et rigoureuse la biodiversité dans les divers sites en tenant compte du nombre et de la date des prélèvements, ainsi le spectre mycologique de chaque station sera défini et permettra d'envisager la répartition des espèces en rapport avec les caractéristiques du biotope.

### III. Résultats de l'expérience de piégeage :

#### 1 La croissance :

Malgré le fait que les plants pièges de chacun des trois sites aient été soumis aux mêmes conditions de culture (irrigation, ambiance), la croissance exprimée par la hauteur, le poids de matière sèche de la tige ainsi que par le poids de la matière fraîche du système racinaire, est sensiblement différente en fonction des trois substrats de culture (Fig. 29, 30, 31). Il a été constaté aussi que le chêne-liège se développe beaucoup plus rapidement dans le sol prélevé de la subéraie pure (site 1) alors qu'au niveau des deux autres sols, sa croissance est plus lente (cela peut aller jusqu'à 2 mois d'écart) et moins importante et ce malgré le fait que nous ayons affaire à un même type de sol (sol caractérisant le canton Boumalek). Dans les sols des sites  $S_2$  et  $S_3$ , le système racinaire du chêne-liège est moins vigoureux et les racines fines absorbantes sont moins nombreuses (Fig. 32 et 33).

Nous pensons que la présence des acacias a sans aucun doute une incidence sur ces variations de croissance, d'autant plus que, nos prospections sur le terrain, nous ont révélé l'absence totale d'un sous-bois et même que la diversité fongique est affectée.

D'après Boudy (1952), en Australie, les acacias sont relégués au rang de sous-bois dans les forêts d'eucalyptus, alors qu'ils se comportent en essences principales dans les autres pays.

De ce fait, on pense que l'acacia qui est classé parmi les espèces concurrentes, au même titre que l'Eucalyptus, n'admet aucune concurrence dans l'étage dominant et arrive toujours à constituer des peuplements purs et cela en agissant soit :

- Par son feuillage tombé au sol : le feuillage tombé au sol, outre qu'il constitue un tapis agissant sur la conservation d'une certaine humidité du sol, est également à dégradation lente en raison d'essences essentielles contenues dans les feuilles.

Ces retombées agissent sur les racines, les graines et les tiges, etc...des autres végétaux qui dépérissent.

Par contre, la graine issue de l'arbre mère est souvent résistante à ces effets et se développe sans problème. Donc c'est un moyen de défense du végétal pour assurer la multiplication et le renouvellement de l'espèce.

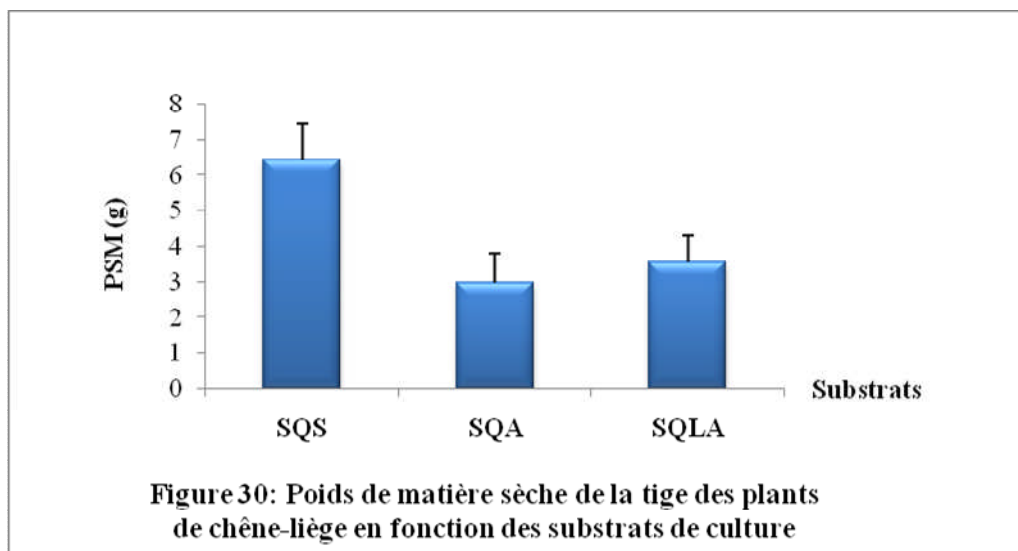
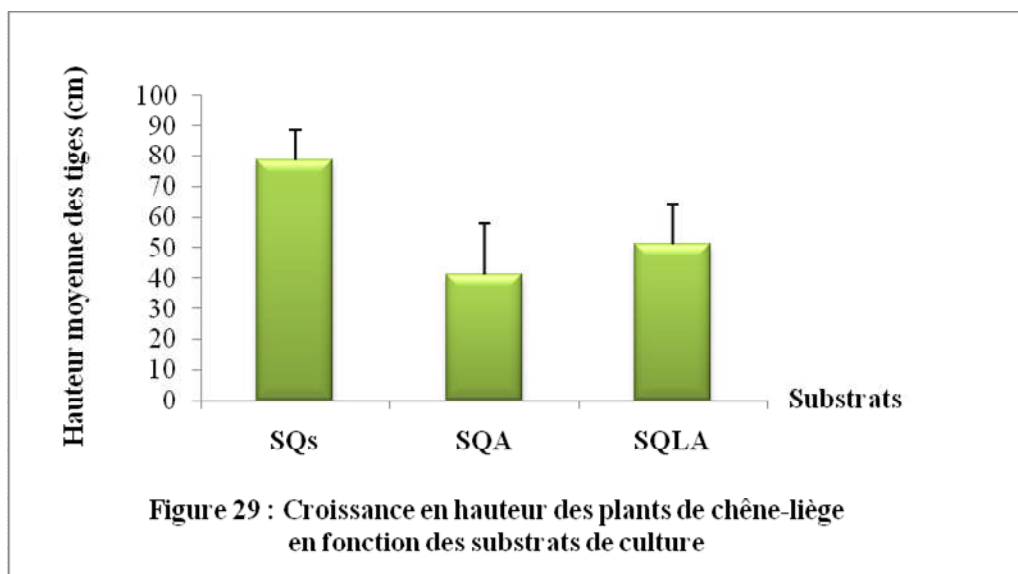
- En sécrétant des substances toxiques qui inhibent la germination des graines et le développement des racines
- Par appauvrissement du sol dû soit à un épuisement des éléments minéraux du sol, soit une libération de phytocides dissous par les pluviocivats ralentissant ou inhibant ainsi la croissance de ces jeunes plantes. (Guédir, 1993).

Il est connu qu'effectivement certaines plantes se disputent l'espace vital, en vue de le conserver ou de l'agrandir, pour éviter la concurrence dans des sols pauvres ou peu irrigués ou encore peu ensoleillés. On parle dans ce cas de télétoxie Quézel et Médail (2003).

Selon Loisel (1976a) in Quézel et Médail (2003), les taillis d'*Acacia decurrens* comme nous l'avons signalé dans la partie bibliographique, posent beaucoup de problèmes écologiques, puisqu'ils éliminent une grande partie de la végétation indigène : sur 100 m<sup>2</sup>, la richesse floristique chute significativement et passe de  $24 \pm 2.05$  espèces en moyenne dans les subéraies à  $10.6 \pm 1.05$  espèces dans les mimosaies. Il est doté d'un potentiel de régénération très élevé comme le témoigne la figure 28 obtenue lors de notre expérience de piégeage.



**Figure 28:** Les possibilités importantes de régénération par semis de *Acacia decurrens* lors de l'expérience de piégeage.

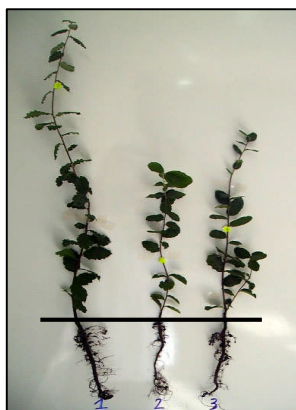


**PSM:** Poids sec moyen.

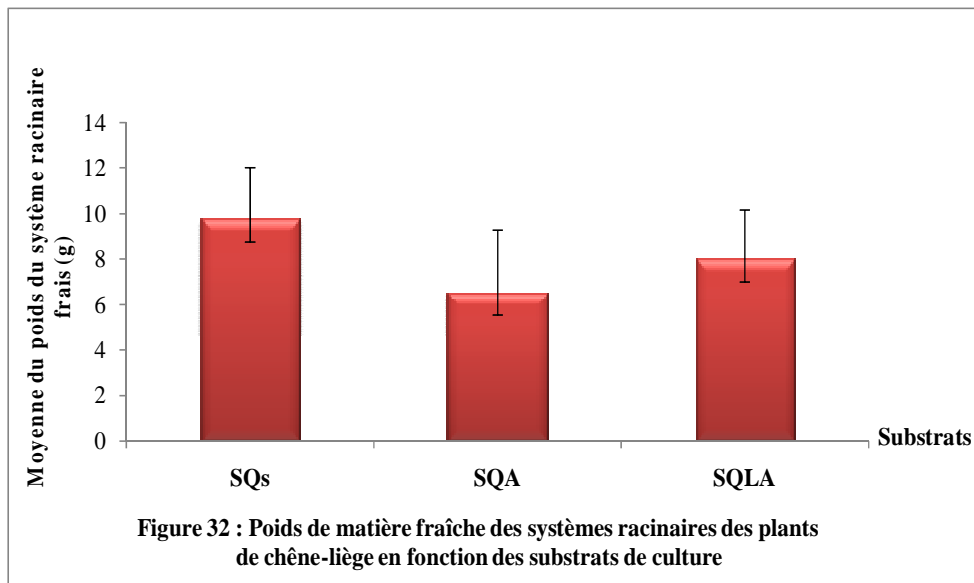
**SQs:** Sol prélevé de la forêt de *Quercus suber*

**SQA:** Sol prélevé du peuplement de *Quercus suber* en mélange avec *Acacia decurrens*

**SQLA:** Sol de la forêt de *Quercus suber* en mélange avec 1/3 de la Litière d'*Acacia decurrens*



**Figure 31 :** vue de la croissance des plants pièges de chêne-liège en fonction des substrats de culture.



**PFM** : Poids frais moyen.

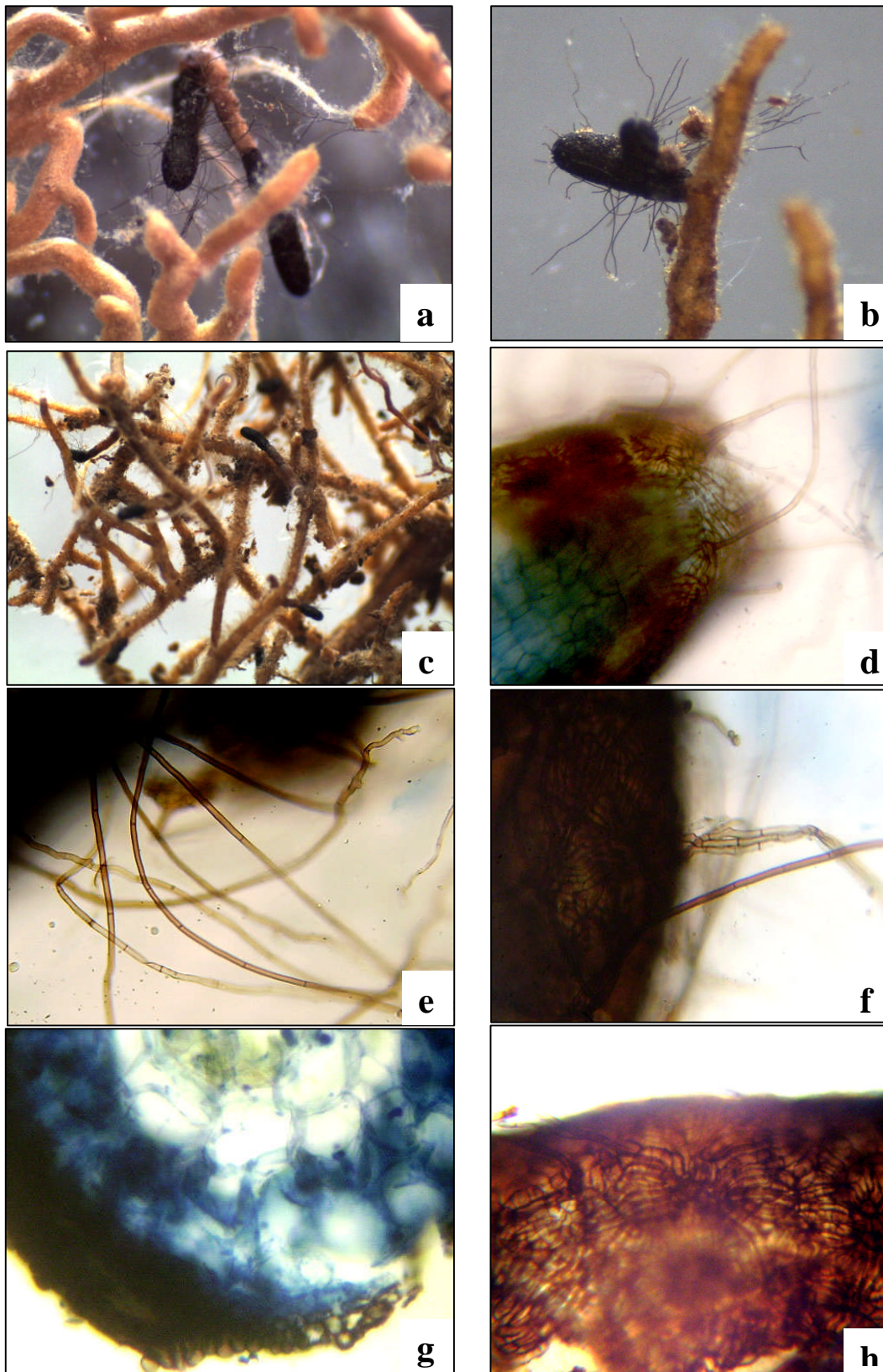


**Figure 33:** Vue du développement du système racinaire des plants pièges en fonction des substrats de culture.

## **2 Observation et description des ectomycorhizes :**

Les observations ont été réalisées sur des plants âgés de 4 mois et sur des plants d'1 an. A l'âge de 4 mois, seuls les sols des sites 1 et 3 ont permis une colonisation effective par les ectomycorhizes. En effet nous avons détecté 6 morphotypes (voir fiches de morphotypes 1, 2, 3, 4, 12 et 13). Il est à préciser que 03 d'entre eux (morphotypes 1, 12 et 13) ont été aussi observés sur les racines des plants âgés de 1 an. Cette colonisation est très faible dans le site 2, nous avons en revanche remarqué une présence importante de mycélium extramatriciel qui signifie probablement un retard dans la formation des ectomycorhizes.

Sur les racines des plants pièges du chêne-liège âgés de 1an cultivés dans les trois substrats, nous avons réussi à décrire 17 morpho-types d'ectomycorhizes, bien que risque d'erreur existe soit minime, il peut cependant exister. (voir fiches d'ectomycorhizes).



**Planche 1 :** a et b- ECM 1 formée par *Cenococcum geophilum* (G 300). c- abondance de l'ECM 1 dans un système racinaire (G 120) (flèches rouges). d- émanation de l'hyphe du manteau. e- hyphes qui émanent de la surface du manteau, droites et cloisonnées. f- différence entre hyphes extramatricielles et celles constituant le manteau. g- manteau pseudoparenchymateux. h- manteau externe plectenchymateux, hyphes arrangées en étoile. (d,e,f,g,h au G 400).

**Fiche descriptive du morphotype 1 formé par *Cenococcum geophilum* Fr.****Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize****Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : noire
- Longueur : jusqu'à 11mm de long.
- Type de ramification : simple ou ramifiée une seule fois
- Abondance des ramifications : maximum deux
- Présence des rhizomorphes : absents
- Fréquence des rhizomorphes: /

**Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : droites
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique et parfois gonflée
- Couleur : noire
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse et luisante (brillante)
- Surface du manteau dans le détail : granuleuse munies d'hyphes radiantes de la même couleur (hirsute comme l'a décrit Abourouh (2000)).
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : abondantes

**Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : /
- Couleur : /
- Type de connexion au manteau : /
- Localisation : /

**Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize****Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

**Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Nombre de lignes : couche tannifère mince
- forme: /

**Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

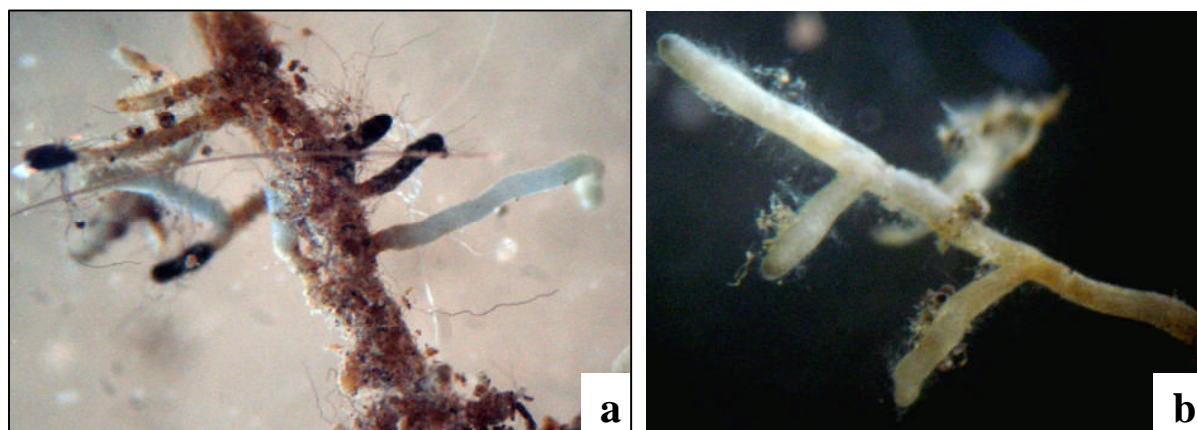
- Type : Type A ou B
- Profondeur : profond atteignant l'endoderme

**Anatomie des éléments issus en général****Anatomie des hyphes émanant**

- Nature : hyphes cloisonnées
- Type de ramification : pas ramifiée

**Anatomie du rhizomorphe**

- Type : /



**Planche 2:** a- ectomycorhize 2 avec *Cenococcum geophilum* (G 250). b- ectomycorhize 2 ramifiée (G 300).

**Fiche descriptive du morphotype 2****Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize****Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : blanche bleuâtre
- Longueur : jusqu'à 3mm.
- Type de ramification : simple
- Abondance des ramifications : /
- Présence des rhizomorphes : absents
- Fréquence des rhizomorphes: /

**Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : droite ou légèrement courbée
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique
- Couleur : plus foncée, grisâtre à noirâtre
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse
- Surface du manteau dans le détail : mycélium extramatriciel lâche, légèrement cotonneux
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : en petit nombre

**Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : /
- Couleur : /
- Type de connexion au manteau : /
- Localisation : /

**Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize****Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : /

**Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence : /
- Nombre de lignes : /
- forme : /

**Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

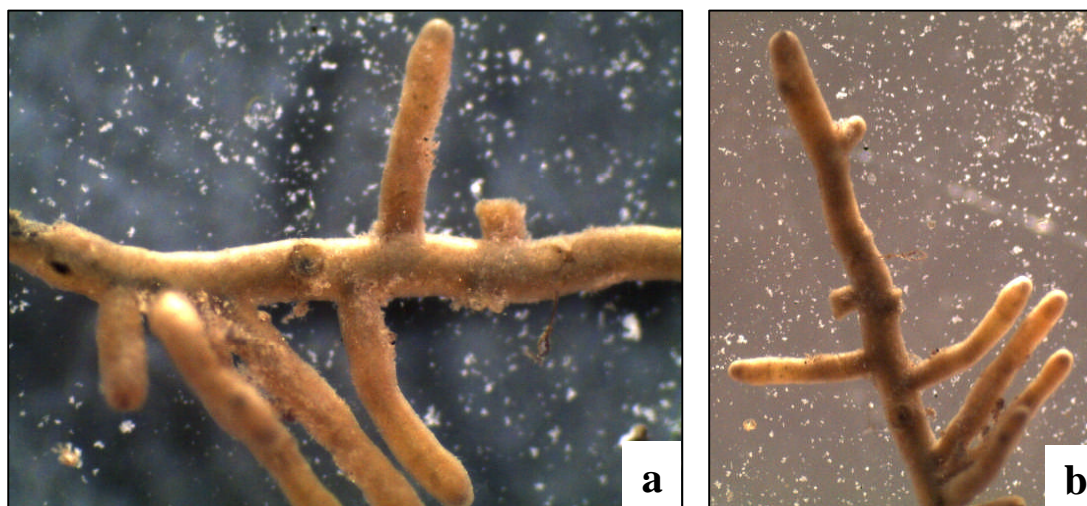
- Type :
- Profondeur : /

**Anatomie des éléments issus en général****Anatomie des hyphes émanant**

- Nature : /
- Type de ramification : /

**Anatomie du rhizomorphe**

- Type : /



**Planche 3:** a et b ectomycorhize 3 (G 350), (G 300).

### **Fiche descriptive du morphotype 3**

#### **Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize**

##### **Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : jaune ocré à orangée (0/10/80/0 à 0/20/100/0) sur la charte des couleurs
- Longueur : jusqu'à 1 cm.
- Type de ramification : monopodiale pennée
- Abondance des ramifications : abondantes
- Présence des rhizomorphes : absents
- Fréquence des rhizomorphes : /

##### **Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : droite
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique
- Couleur : plus foncé
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : un peu transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse
- Surface du manteau dans le détail : veloutée
- Présence des hyphes émanantes : absentes
- Abondance des hyphes émanantes : /

##### **Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : /
- Couleur : /
- Type de connexion au manteau : /
- Localisation : /

#### **Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize**

##### **Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

##### **Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence
- Nombre de lignes
- forme

##### **Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

- Type : Type A ou B
- Profondeur :

##### **Anatomie des éléments issus en général**

##### **Anatomie des hyphes émanant**

- Nature :
- Type de ramification :

##### **Anatomie du rhizomorphe**

- Type



**Planche 4:** ectomycorhize 4 (G 300).

**Fiche descriptive du morphotype 4****Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize****Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : marron nêgre
- Longueur : jusqu'à 1.5 mm.
- Type de ramification : simple (pas ramifiée)
- Abondance des ramifications : absentes
- Présence des rhizomorphes : absents
- Fréquence des rhizomorphes: /

**Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : droite
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique
- Couleur : plus foncé, noirâtre
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse
- Surface du manteau dans le détail : mycélium laineux très lâche
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : en petit nombre

**Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : /
- Couleur : /
- Type de connexion au manteau : /
- Localisation : /

**Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize****Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : /

**Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence : /
- Nombre de lignes : /
- forme : /

**Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

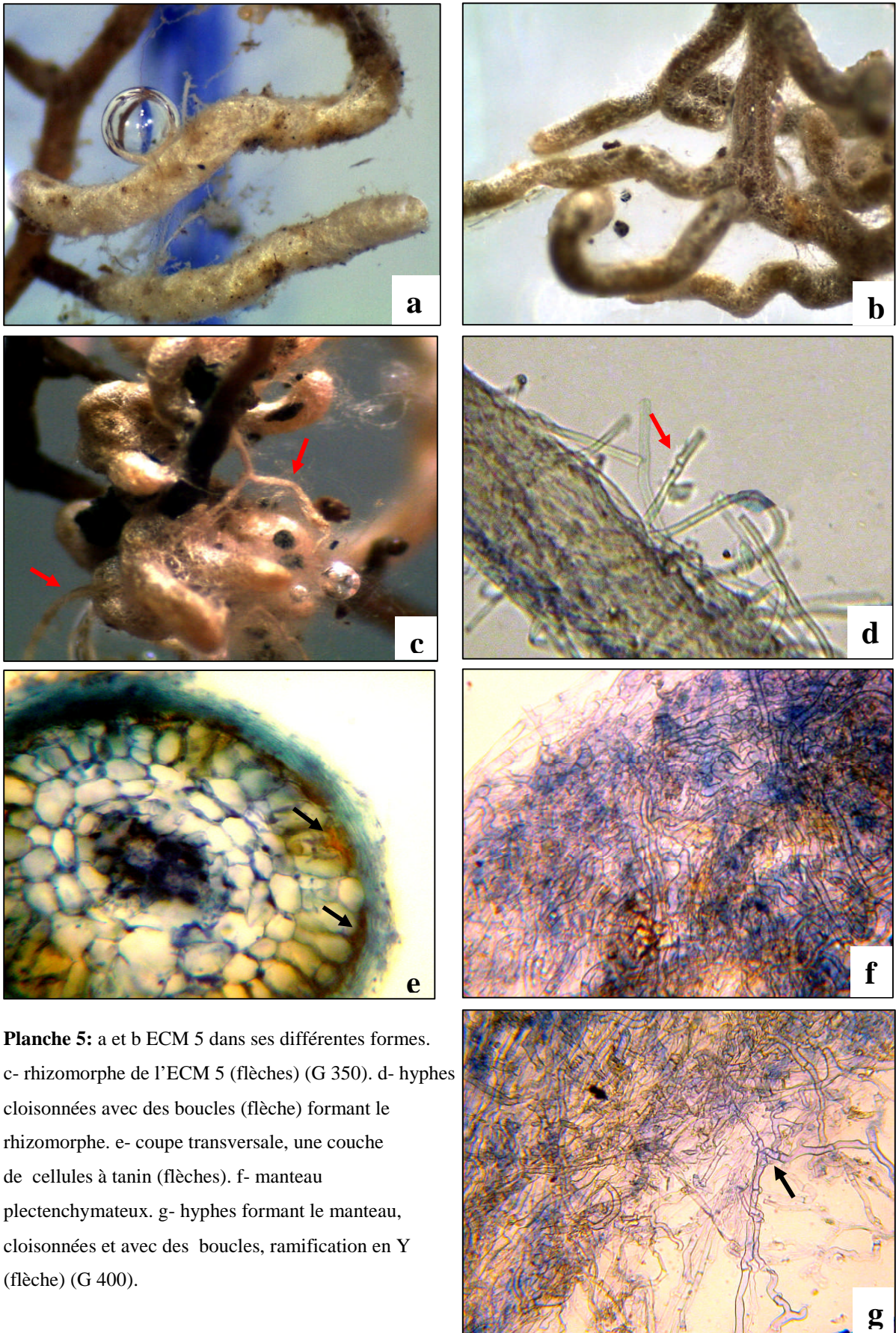
- Type : /
- Profondeur : /

**Anatomie des éléments issus en général****Anatomie des hyphes émanant**

- Nature : /
- Type de ramification : /

**Anatomie du rhizomorphe**

- Type : /



**Planche 5:** a et b ECM 5 dans ses différentes formes. c- rhizomorphe de l'ECM 5 (flèches) (G 350). d- hyphes cloisonnées avec des boucles (flèche) formant le rhizomorphe. e- coupe transversale, une couche de cellules à tanin (flèches). f- manteau plectenchymateux. g- hyphes formant le manteau, cloisonnées et avec des boucles, ramification en Y (flèche) (G 400).

**Fiche descriptive du morphotype 5. Ce serait *Quercirhiza pedicae* définie par Agerer (2000)**

**Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize**

**Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : jaune clair à brun ocracé avec feutrage blanc argenté (0/0/60/0 à 0/10/60/0 à 20/40/100/0 selon la charte des couleurs)
- Longueur : jusqu'à 13 mm.
- Type de ramification : irrégulièrement pennée et parfois non ramifiée
- Abondance des ramifications : très abondantes
- Présence des rhizomorphes : présents
- Fréquence des rhizomorphes: fréquents

**Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : sinueuses et tortueuses
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique
- Couleur : plus foncée avec l'âge
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse et argentée
- Surface du manteau dans le détail : lâchement cotonneuse
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : faible (pas abondantes)

**Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : circulaire avec des bords chevelus
- Couleur : même couleur que le manteau
- Type de connexion au manteau : distincte
- Localisation : à la base de la mycorhize

**Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize**

**Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

**Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Nombre de lignes : une seule ligne
- forme : allongées et irrégulière

**Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

- Type : Type A ou B
- Profondeur : profond peut atteindre l'endoderme

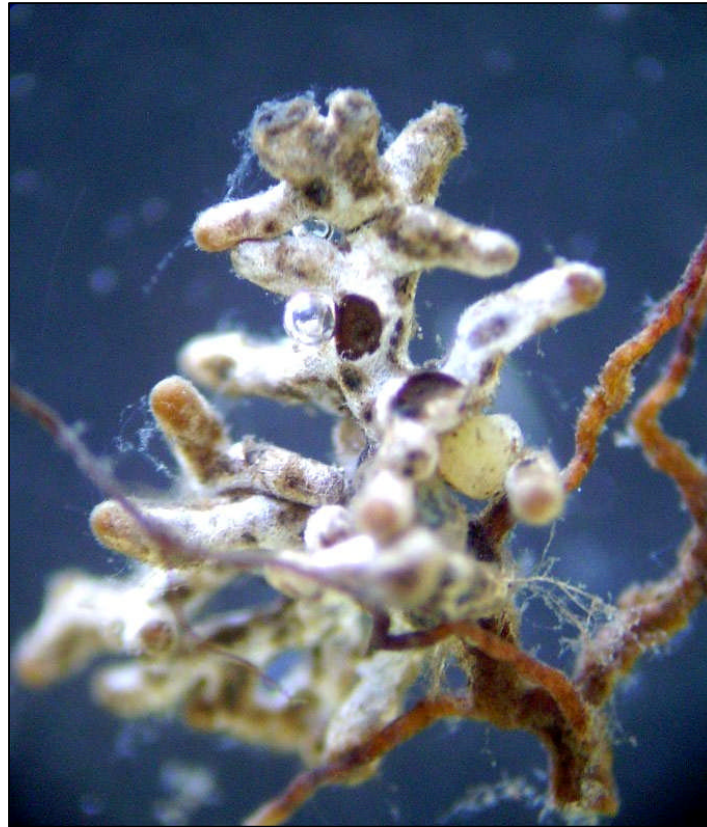
**Anatomie des éléments issus en général**

**Anatomie des hyphes émanant**

- Nature : cloisonnées avec des boucles
- Type de ramification : en Y

**Anatomie du rhizomorphe**

- Type : C ou B



**Planche 6:** ectomycorhize 6 (G 350).

**Fiche descriptive du morphotype 6****Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize****Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : blanc argenté
- Longueur : jusqu'à 15 mm.
- Type de ramification : irrégulièrement pennée ou coralloïde.
- Abondance des ramifications : très abondantes
- Présence des rhizomorphes : présents
- Fréquence des rhizomorphes : pas abondants

**Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : droite
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique
- Couleur : plus foncé avec l'âge
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse, avec un feutrage argenté
- Surface du manteau dans le détail : filamenteuse
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : en petit nombre

**Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : circulaire
- Couleur : même couleur que le manteau
- Type de connexion au manteau : distincte
- Localisation : à la base

**Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize****Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : /

**Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence : /
- Nombre de lignes : /
- forme : /

**Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

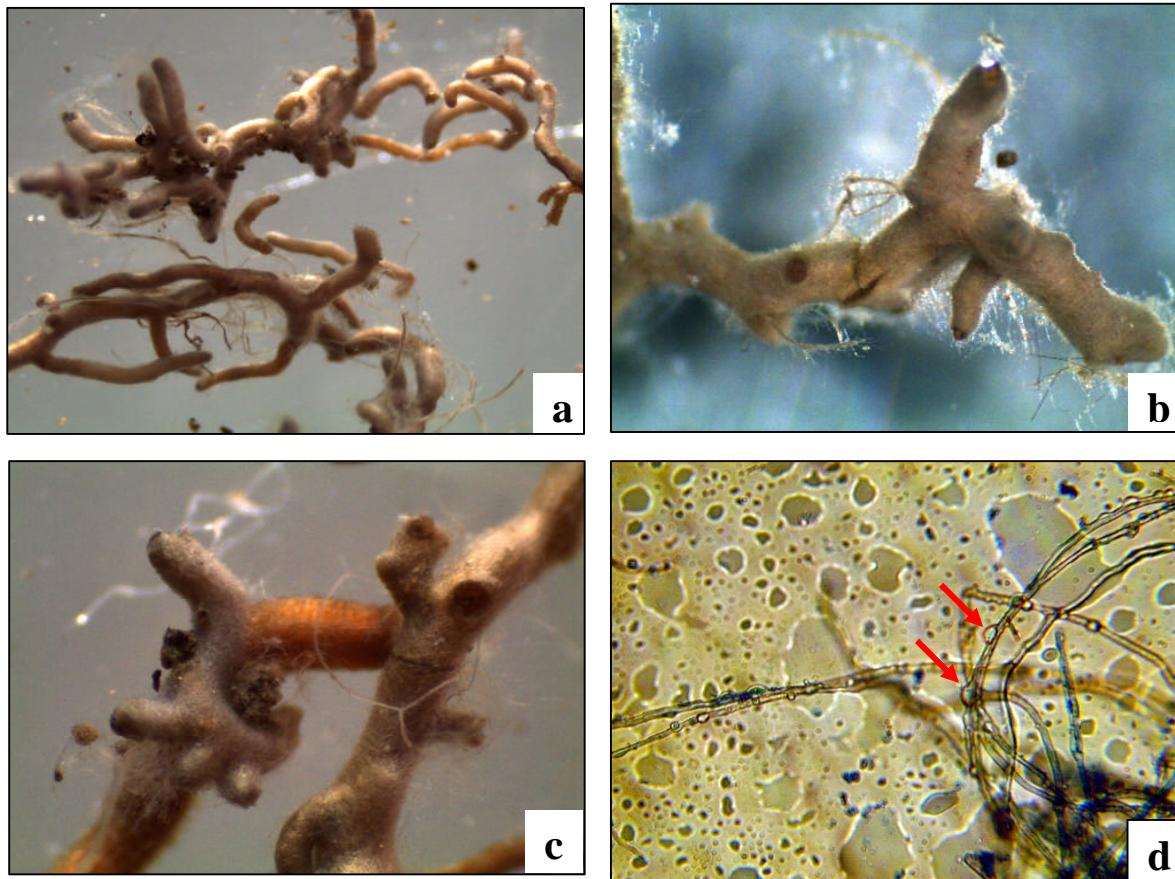
- Type : /
- Profondeur : /

**Anatomie des éléments issus en général****Anatomie des hyphes émanant**

- Nature : /
- Type de ramification : /

**Anatomie du rhizomorphe**

- Type : /



**Planche 7:** **a-** aspect générale de l'ectomycorhize 7 (G 160). **b-** surface du manteau de l'ECM 7 avant sa conservation dans la FAA (Formol – Acide acétique – Alcool). **c-** surface du manteau de l'ECM récupérée de la FAA. **d-** hyphes constituant le rhizomorphe de l'ECM 7, présentant des bourgeonnements (flèches) en forme de lentilles globulaires (G 400) telles que décrites par Agerer (2000).

## **Fiche descriptive du morphotype 7**

### **Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : brun verdâtre à grisâtre avec feutrage blanc argenté (0/10/40/0 à 0/10/30/10)
- Longueur : jusqu'à 16 mm.
- Type de ramification : irrégulièrement ou pyramidale pennée
- Abondance des ramifications : abondantes
- Présence des rhizomorphes : présents
- Fréquence des rhizomorphes: abondants

#### **Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : courbée, sinueuse ou tortueuse
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique ou fuselée
- Couleur : plus foncée, grisâtre à noirâtre avec l'âge
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse et avec feutrage blanc argenté
- Surface du manteau dans le détail : légèrement laineuse
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : assez abondantes

#### **Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : circulaire
- Couleur : même couleur du manteau (blanc argenté)
- Type de connexion au manteau : distincte
- Localisation : non spécifique, distale, dans les parties du milieu, à la base

### **Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

#### **Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence
- Nombre de lignes
- forme

#### **Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

- Type : Type A ou B
- Profondeur :

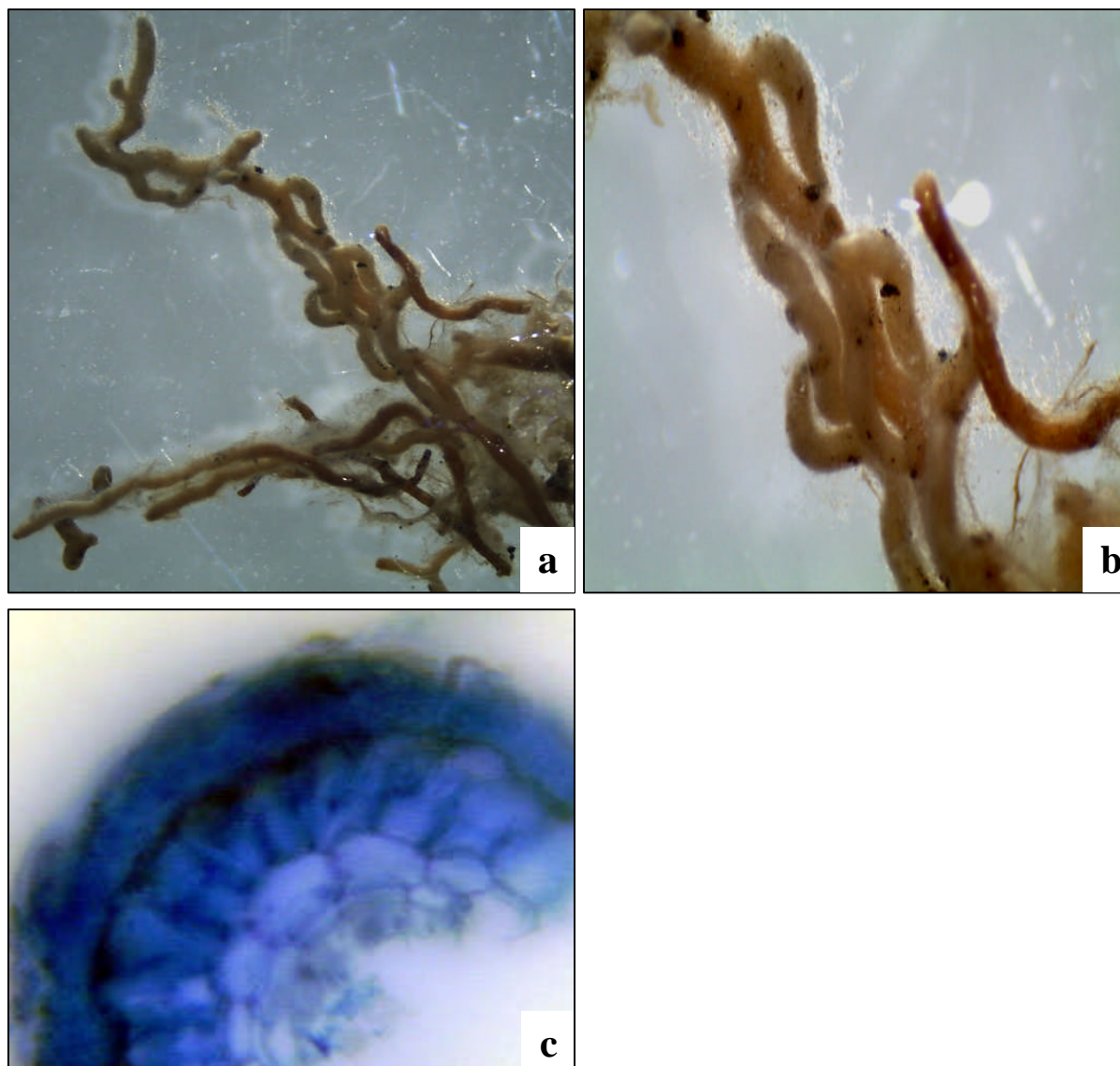
#### **Anatomie des éléments issus en général**

##### **Anatomie des hyphes émanant**

- Nature :
- Type de ramification :

##### **Anatomie du rhizomorphe**

- Type :



**Planche 8:** a (G 160) et b (G 300) ectomycorhize 8. c- coupe transversale, manteau plectenchymateux (G 400).

## **Fiche descriptive du morphotype 8**

### **Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : jaune clair blanchâtre à ocre (0/0/30/10 à 0/10/60/0)
- Longueur : jusqu'à 8mm.
- Type de ramification : irrégulièrement pennée
- Abondance des ramifications : abondantes
- Présence des rhizomorphes : présents
- Fréquence des rhizomorphes : abondants

#### **Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : sinueuse
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique ou fuselée
- Couleur : plus foncée (point noirâtre)
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse
- Surface du manteau dans le détail : légèrement ou densément cotonneuse
- Présence des hyphes émanantes : présentes, fin et pas lisse (chevelu)
- Abondance des hyphes émanantes : abondantes

#### **Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : circulaire
- Couleur : même couleur que le manteau
- Type de connexion au manteau : distincte
- Localisation : à la base

### **Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

#### **Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence
- Nombre de lignes
- forme

#### **Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

- Type : Type A ou B
- Profondeur :

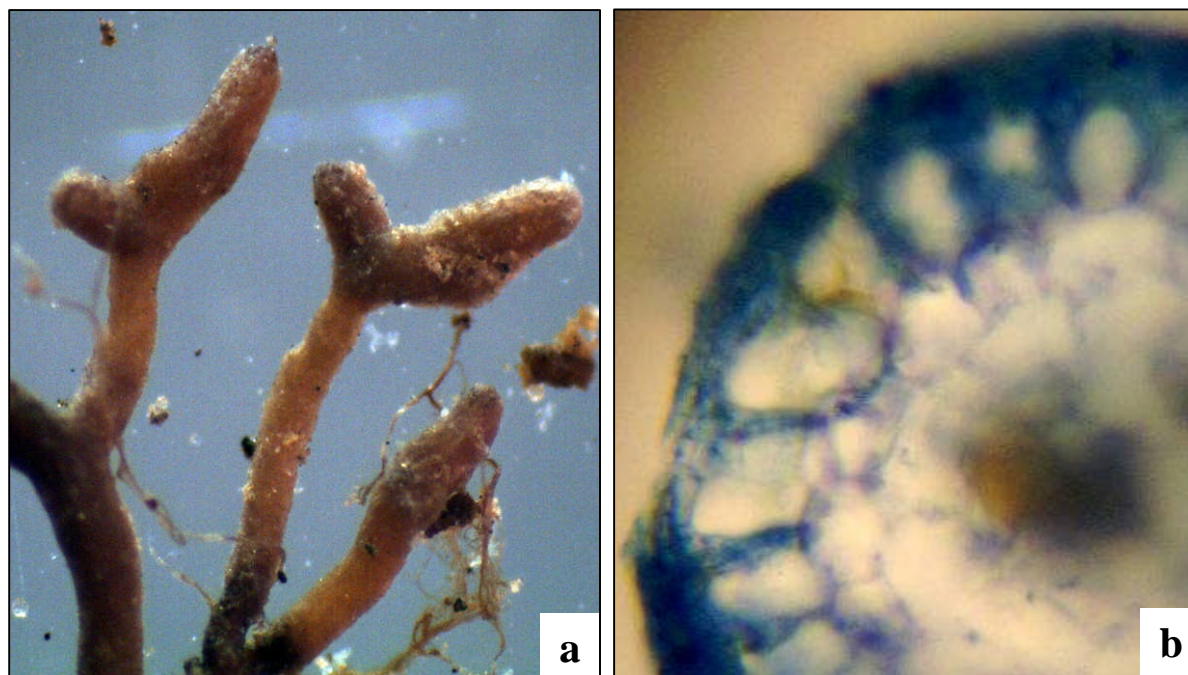
#### **Anatomie des éléments issus en général**

##### **Anatomie des hyphes émanant**

- Nature :
- Type de ramification :

##### **Anatomie du rhizomorphe**

- Type :



**Planche 9:** a- ectomycorhize 9 (G 350). b- coupe transversale (G 400).

## **Fiche descriptive du morphotype 9**

### **Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : brun jaunâtre à brun foncé avec feutrage jaune citrin à la sortie du sol ayant disparu après (0/20/70/10 à 60/80/100/0)
- Longueur : jusqu'à 3mm.
- Type de ramification : ramifiée une seule fois
- Abondance des ramifications : 2maximum
- Présence des rhizomorphes : présents
- Fréquence des rhizomorphes: fréquent

#### **Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : droite ou courbée
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique et parfois un peu amincie
- Couleur : plus foncée
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : extrémité transparente à l'état jeune
- Surface du manteau en général : pas lisse, mycélium frangeant en feutrage très dense de couleur jaune citrin doré
- Surface du manteau dans le détail : grenue
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : en petit nombre

#### **Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : circulaire ou aplatie
- Couleur : blanc argenté
- Type de connexion au manteau : distincte
- Localisation : à la base et distale

### **Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

#### **Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence
- Nombre de lignes
- forme

#### **Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

- Type : Type A ou B
- Profondeur :

#### **Anatomie des éléments issus en général**

##### **Anatomie des hyphes émanant**

- Nature :
- Type de ramification :

##### **Anatomie du rhizomorphe**

- Type :



**Planche 10:** ectomycorhize 10 (G 350).

**Fiche descriptive du morphotype 10****Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize****Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : marron
- Longueur : de 0.5 à 3 mm.
- Type de ramification : simple, monopodiale pennée ou monopodiale pyramidale
- Abondance des ramifications : pas abondantes
- Présence des rhizomorphes : présents
- Fréquence des rhizomorphes: faible

**Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : droite ou courbée
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique
- Couleur : marron
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse
- Surface du manteau dans le détail : légèrement laineuse
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : assez fréquentes

**Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : circulaire
- Couleur : marron foncé rougeâtre
- Type de connexion au manteau : distincte
- Localisation : à la base

**Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize****Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

**Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence
- Nombre de lignes
- forme

**Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

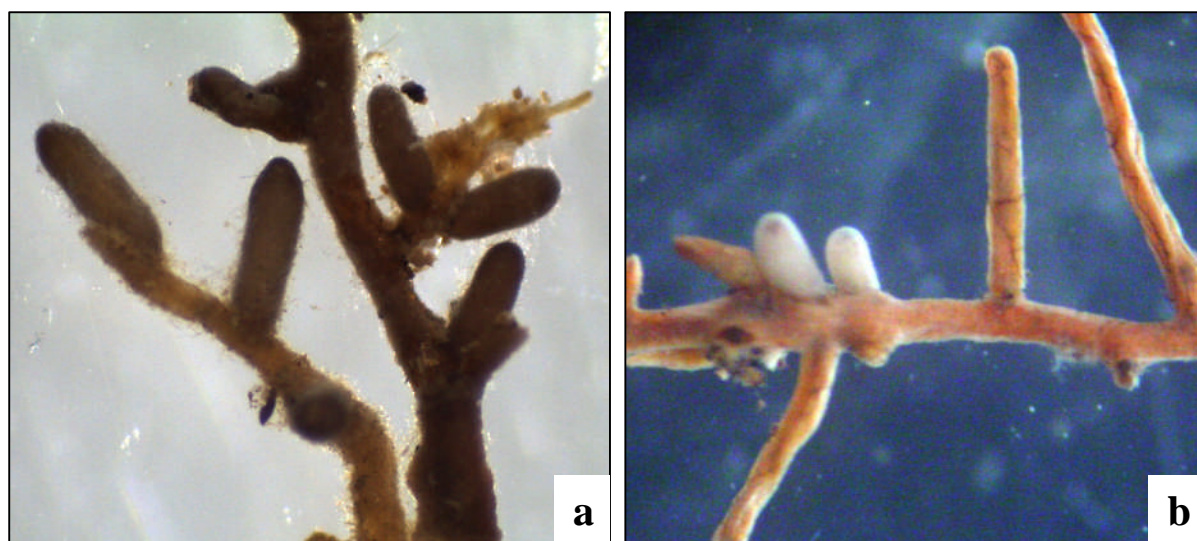
- Type : Type A ou B
- Profondeur :

**Anatomie des éléments issus en général****Anatomie des hyphes émanant**

- Nature :
- Type de ramification :

**Anatomie du rhizomorphe**

- Type :



**Planche 11:** a- ectomycorhize 11 (G 350). b- EMC 11 très jeune.

## **Fiche descriptive du morphotype 11**

### **Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : beige verdâtre 20/20/100/0
- Longueur : 0.1 à 1.1 mm.
- Type de ramification : simple (non ramifiée)
- Abondance des ramifications : /
- Présence des rhizomorphes : présents
- Fréquence des rhizomorphes: faible

#### **Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : droite
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique et parfois fuselée (mince)
- Couleur : grisâtre à noirâtre
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : légèrement transparent (visibilité du cylindre central)
- Surface du manteau en général : pas lisse
- Surface du manteau dans le détail : légèrement cotonneuse
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : assez abondantes

#### **Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : circulaire
- Couleur : jaune ou beige clair presque transparent
- Type de connexion au manteau : distincte
- Localisation : à la base

### **Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

#### **Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence
- Nombre de lignes
- forme

#### **Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

- Type : Type A ou B
- Profondeur :

#### **Anatomie des éléments issus en général**

##### **Anatomie des hyphes émanant**

- Nature :
- Type de ramification :

##### **Anatomie du rhizomorphe**

- Type :



**Planche 12:** a (G 350) et b (G 200) ectomycorhize 12, cellules corticales visibles (flèches).

## Fiche descriptive du morphotype 12

### Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize

#### Morphologie du système mycorhizien

- Couleur : beige jaunâtre à ocre (0/30/100/10)
- Longueur : jusqu'à 4 mm.
- Type de ramification : souvent simple, et parfois monopodiale pennée
- Abondance des ramifications : en petit nombre
- Présence des rhizomorphes : absents
- Fréquence des rhizomorphes : /

#### Morphologie des extrémités non ramifiées

- Forme : droite et parfois courbée
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique ou fuselée (élancée)
- Couleur : plus foncée (brunâtre à noirâtre)
- Visibilité des cellules corticales : visibles
- Transparence du manteau : transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse
- Surface du manteau dans le détail : mycélium frangeant presque inexistant
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : quelques hyphes

#### Morphologie du rhizomorphe

- Forme de la section : /
- Couleur : /
- Type de connexion au manteau : /
- Localisation : /

### Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize

#### Anatomie du manteau en section transversale

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

#### Anatomie des cellules à tanin en section transversale

- Présence
- Nombre de lignes
- forme

#### Anatomie du réseau de Hartig en section transversale

- Type : Type A ou B
- Profondeur :

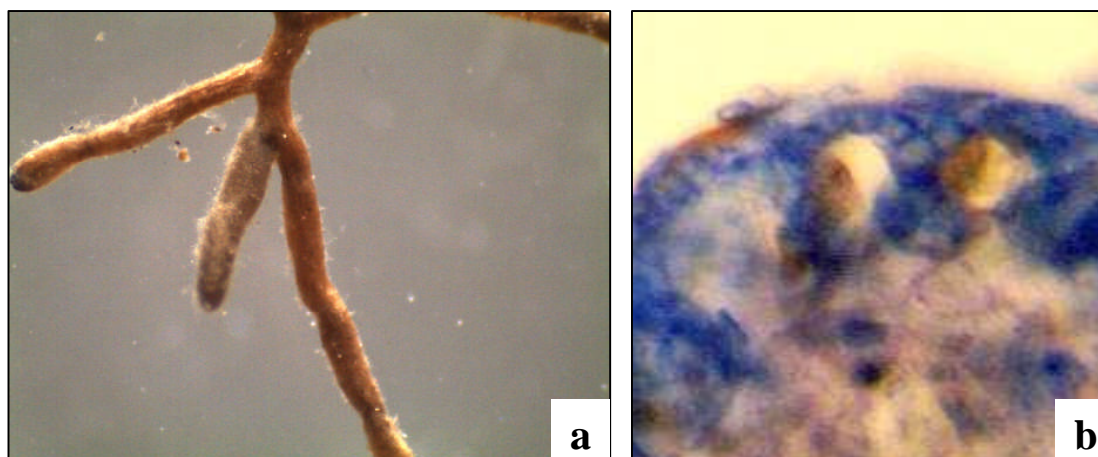
#### Anatomie des éléments issus en général

##### Anatomie des hyphes émanant

- Nature :
- Type de ramification :

#### Anatomie du rhizomorphe

- Type :



**Planche 13:** a- ectomycorhize 13 (G 250). b- coupe transversale, manteau pseudoparenchymateux (G 400).

## **Fiche descriptive du morphotype 13**

### **Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : beige à brun-ocre (0/20/60/0 à 0/20/50/10)
- Longueur : 4mm de long.
- Type de ramification : simple ou monopodiale pennée
- Abondance des ramifications : en petit nombre
- Présence des rhizomorphes : présents (très fin)
- Fréquence des rhizomorphes: pas fréquents

#### **Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : droite ou sinueuse
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique ou un peu élancée (fuselée)
- Couleur : plus foncé avec l'âge, brunâtre à noirâtre
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse, couverte de quelques particules de sable
- Surface du manteau dans le détail : cotonneuse mais lâche avec des particules de sable
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : abondantes

#### **Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : circulaire ou aplatie parfois très fin et chevelu (pas lisse)
- Couleur : plus clair que le manteau
- Type de connexion au manteau : distincte
- Localisation : à la base

### **Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

#### **Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Nombre de lignes : une ligne
- forme : ronde

#### **Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

- Type : Type A ou B
- Profondeur : première ligne des cellules corticales

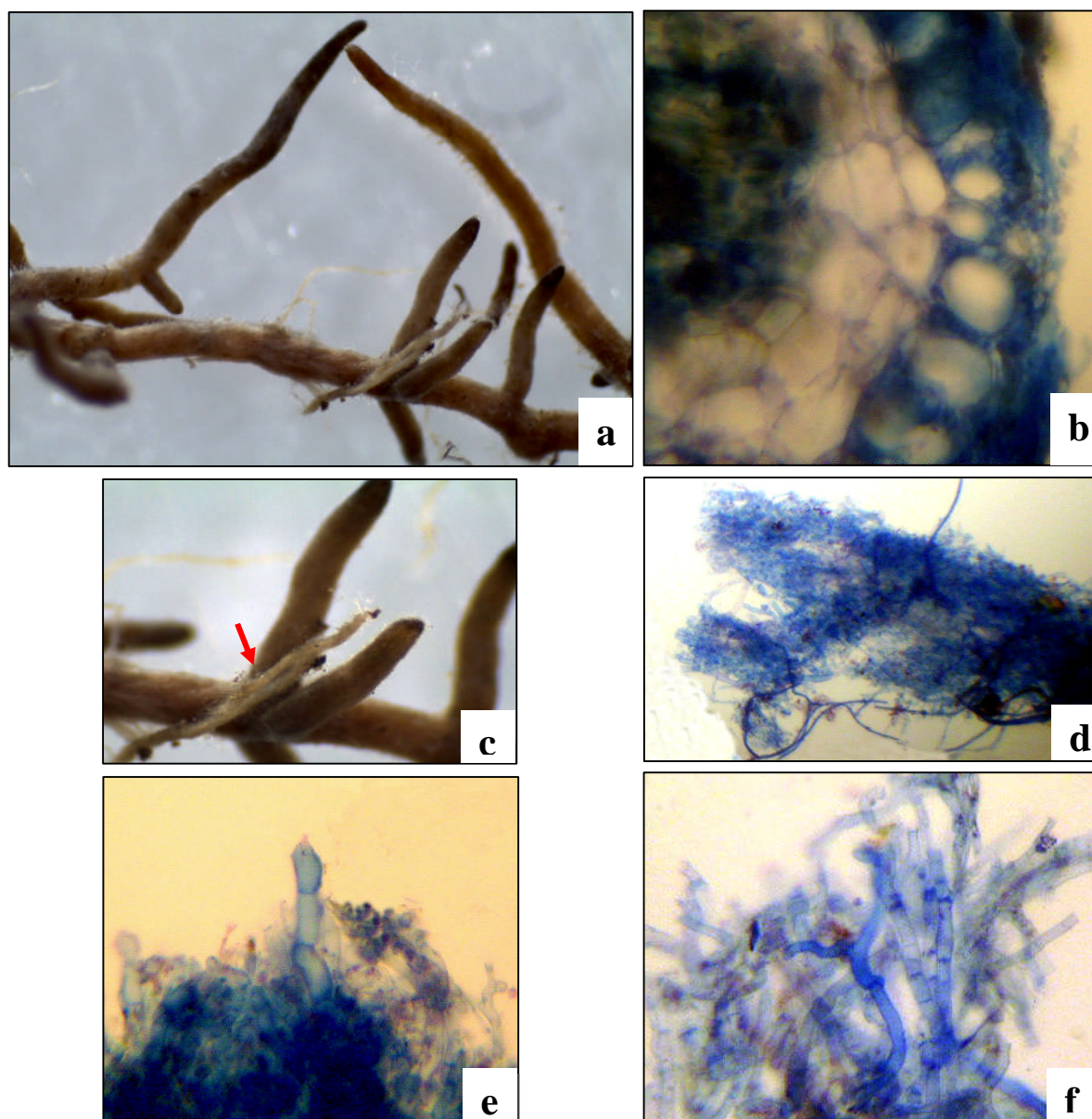
#### **Anatomie des éléments issus en général**

##### **Anatomie des hyphes émanantes**

- Nature : hyphes cloisonnées avec des boucles
- Type de ramification : en Y

##### **Anatomie du rhizomorphe**

- Type : /



**Planche 14:** **a-** ectomycorhize 14 (G 250). **b-** coupe transversale (G 400). **c-** rhizomorphe (flèche) sous la loupe (G 350). **d-** rhizomorphe sous le microscope (G100). **e** et **f-** rhizomorphe présentant des hyphes de tailles différentes type e ou f (G 400) d'après Agere (1987-2006).

## **Fiche descriptive du morphotype 14**

### **Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : beige ocracé extrémités gris cendré
- Longueur : jusqu'à 13mm.
- Type de ramification : simple ou monopodiale pennée
- Abondance des ramifications : légèrement ramifiée
- Présence des rhizomorphes : présents
- Fréquence des rhizomorphes: assez fréquents

#### **Morphologie des extrémités non ramifiées**

- **Forme** : droite ou courbée
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique ou fuselée (mince)
- Couleur : gris cendré à noirâtre
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse
- Surface du manteau dans le détail : légèrement cotonneuse ou veloutée
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : en petit nombre

#### **Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : circulaire
- Couleur : beige jaunâtre (plus clair que le manteau)
- Type de connexion au manteau : distincte
- Localisation : à la base ou au milieu de la mycorhize

### **Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

#### **Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Nombre de lignes:/
- forme:/

#### **Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

- Type : Type A
- Profondeur : première ligne des cellules corticale

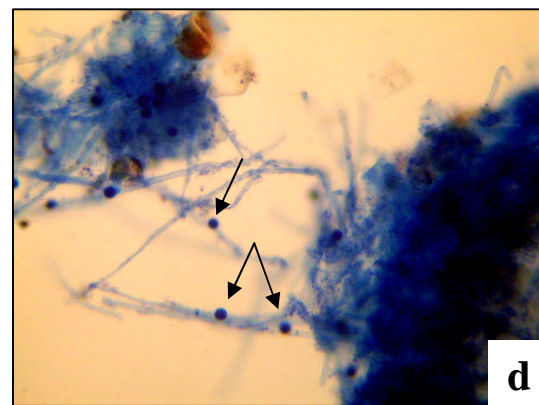
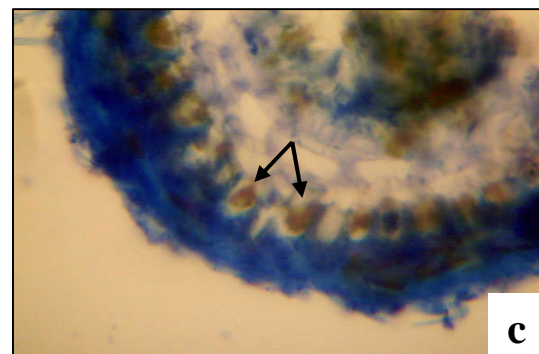
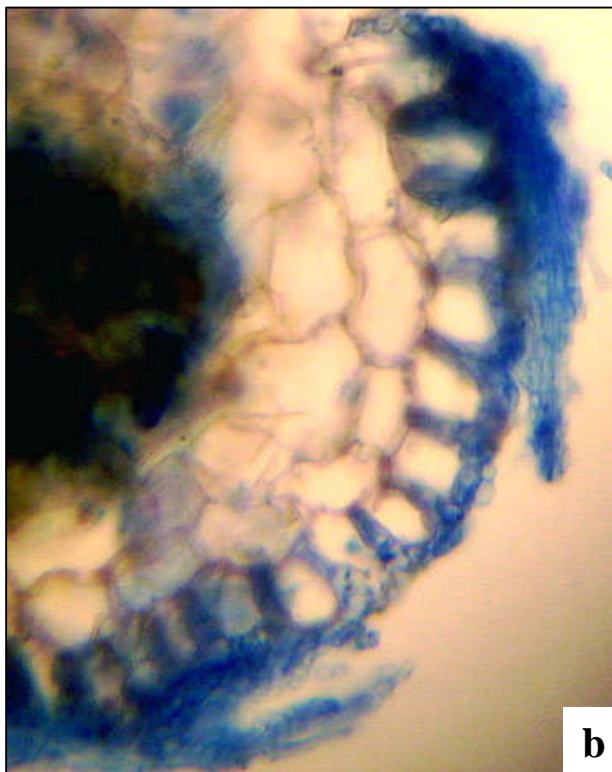
#### **Anatomie des éléments issus en général**

##### **Anatomie des hyphes émanantes**

- Nature : cloisonnées avec des boucles
- Type de ramification : en Y

#### **Anatomie du rhizomorphe**

- Type : C ou D



**Planche 15:** **a-** ectomycorhize 15 (G 350). **b-** coupe transversale, manteau plectenchymateux, réseau de Hartig type A, ne dépassant pas la première ligne corticale (G 400). **c-** couche tannifère mince (flèches) (G 100). **d-** spores (flèches) du champignon ectomycorhizien (G 100).

## **Fiche descriptive du morphotype 15**

### **Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : jaune ocracé à orangé 0/0/50/10 à 0/30/100/10
- Longueur : peut atteindre jusqu'à 2 cm.
- Type de ramification : monopodiale pennée ou pyramidale
- Abondance des ramifications : légèrement ramifiée
- Présence des rhizomorphes : présents
- Fréquence des rhizomorphes : faible

#### **Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : courbée ou tortueuse
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique ou mince
- Couleur : brun à noirâtre
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : semi-transparent (cylindre central légèrement apparent)
- Surface du manteau en général : pas lisse
- Surface du manteau dans le détail : légèrement cotonneuse et veloutée
- Présence des hyphes émanantes : présent
- Abondance des hyphes émanantes : en petit nombre

#### **Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : circulaire
- Couleur : jaune ou beige clair presque transparent et lisse
- Type de connexion au manteau : distincte
- Localisation : à la base

### **Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize**

#### **Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

#### **Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Nombre de lignes : une seule couche tannifère
- forme : rondes ou irrégulière

#### **Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

- Type : Type A ou B
- Profondeur : première ligne des cellules corticales

#### **Anatomie des éléments issus en général**

##### **Anatomie des hyphes émanant**

- Nature : hyphes séptées avec des boucles
- Type de ramification :

#### **Anatomie du rhizomorphe**

- Type : /



**Planche 16:** ectomycorhize 16 (G 250).

**Fiche descriptive du morphotype 16****Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize****Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : beige à rhizomorphe très ramifié
- Longueur : jusqu'à 3 mm.
- Type de ramification : absentes
- Abondance des ramifications : /
- Présence des rhizomorphes : présents
- Fréquence des rhizomorphes: abondants

**Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : courbée ou sinueuse
- Forme de l'extrémité distale : /
- Couleur : même couleur que le manteau
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse
- Surface du manteau dans le détail : grenue ou couverte de verrues
- Présence des hyphes émanantes : absentes
- Abondance des hyphes émanantes : /

**Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : aplatie (pas circulaire)
- Couleur : jaune à ocre presque transparent
- Type de connexion au manteau : distincte
- Localisation : par les deux extrémités de la mycorhize

**Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize****Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

**Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence
- Nombre de lignes
- forme

**Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

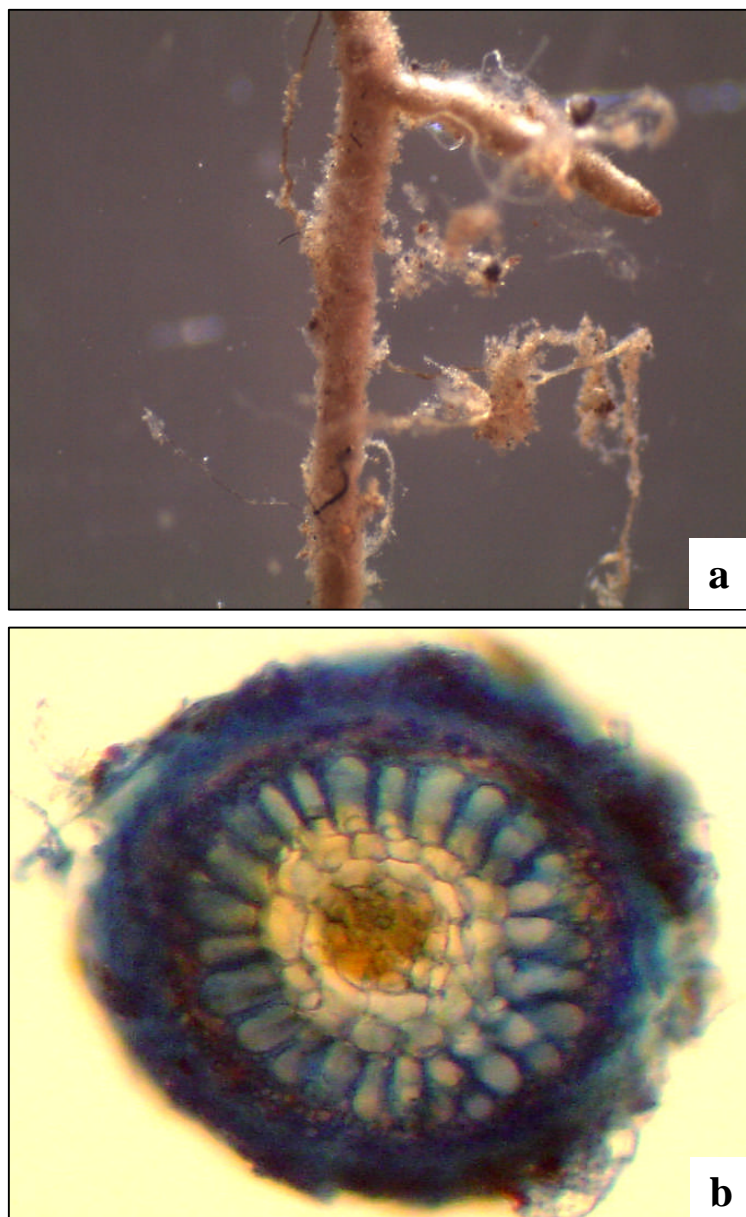
- Type : Type A ou B
- Profondeur :

**Anatomie des éléments issus en général****Anatomie des hyphes émanant**

- Nature :
- Type de ramification :

**Anatomie du rhizomorphe**

- Type :



**Planche 17:** a- ectomycorhize 17 (G 250). b- coupe transversale (G 100).

**Fiche descriptive du morphotype 17****Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize****Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : beige ou jaune blanchâtre (0/0/30/10)
- Longueur : jusqu'à 4 mm.
- Type de ramification : simple ou monopodiale pennée
- Abondance des ramifications : en petit nombre
- Présence des rhizomorphes : présents
- Fréquence des rhizomorphes: pas fréquents

**Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : droite ou courbée
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique
- Couleur : plus foncée, brun à noirâtre
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse, couverte de particules de sol
- Surface du manteau dans le détail : légèrement et parfois densément cotonneuse
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : parfois abondantes

**Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : circulaire ou aplatie, très fin et ramifié
- Couleur : plus claire que le manteau
- Type de connexion au manteau : distincte
- Localisation : à la base

**Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize****Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

**Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence
- Nombre de lignes
- forme

**Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

- Type : Type A ou B
- Profondeur :

**Anatomie des éléments issus en général****Anatomie des hyphes émanant**

- Nature :
- Type de ramification :

**Anatomie du rhizomorphe**

- Type :



**Planche 18:** ectomycorhize 18 (G 350).

**Fiche descriptive du morphotype 18****Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize****Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : beige à brun ocracé (0/20/100/10 à 0/40/100/10)
- Longueur : jusqu'à 5mm.
- Type de ramification : simple ou monopodiale pennée
- Abondance des ramifications : en petit nombre
- Présence des rhizomorphes : absents
- Fréquence des rhizomorphes : /

**Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : droite ou légèrement courbée
- Forme de l'extrémité distale : gonflée
- Couleur : même couleur
- Visibilité des cellules corticales : visibles à la base
- Transparence du manteau : parfois (à l'état jeune)
- Surface du manteau en général : pas lisse
- Surface du manteau dans le détail : mycélium frangeant cotonneux à l'extrémité  
uniquement
- Présence des hyphes émanantes : présentes
- Abondance des hyphes émanantes : pas très abondantes

**Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : /
- Couleur : /
- Type de connexion au manteau : /
- Localisation : /

**Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize****Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

**Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence
- Nombre de lignes
- forme

**Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

- Type : Type A ou B
- Profondeur :

**Anatomie des éléments issus en général****Anatomie des hyphes émanant**

- Nature :
- Type de ramification :

**Anatomie du rhizomorphe**

- Type :



**Planche 19:** ectomycorhize 19 (G 350).

**Fiche descriptive du morphotype 19****Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize****Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : brun grisâtre
- Longueur : jusqu'à 2mm.
- Type de ramification : simple ou monopodiale pennée
- Abondance des ramifications : en petit nombre
- Présence des rhizomorphes : absents
- Fréquence des rhizomorphes: /

**Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : droite ou un peu courbée
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique
- Couleur : plus foncée
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse, couverte de particules de sable
- Surface du manteau dans le détail : grenue
- Présence des hyphes émanantes : absentes
- Abondance des hyphes émanantes : /

**Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : /
- Couleur : /
- Type de connexion au manteau : /
- Localisation : /

**Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize****Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

**Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence
- Nombre de lignes
- forme

**Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

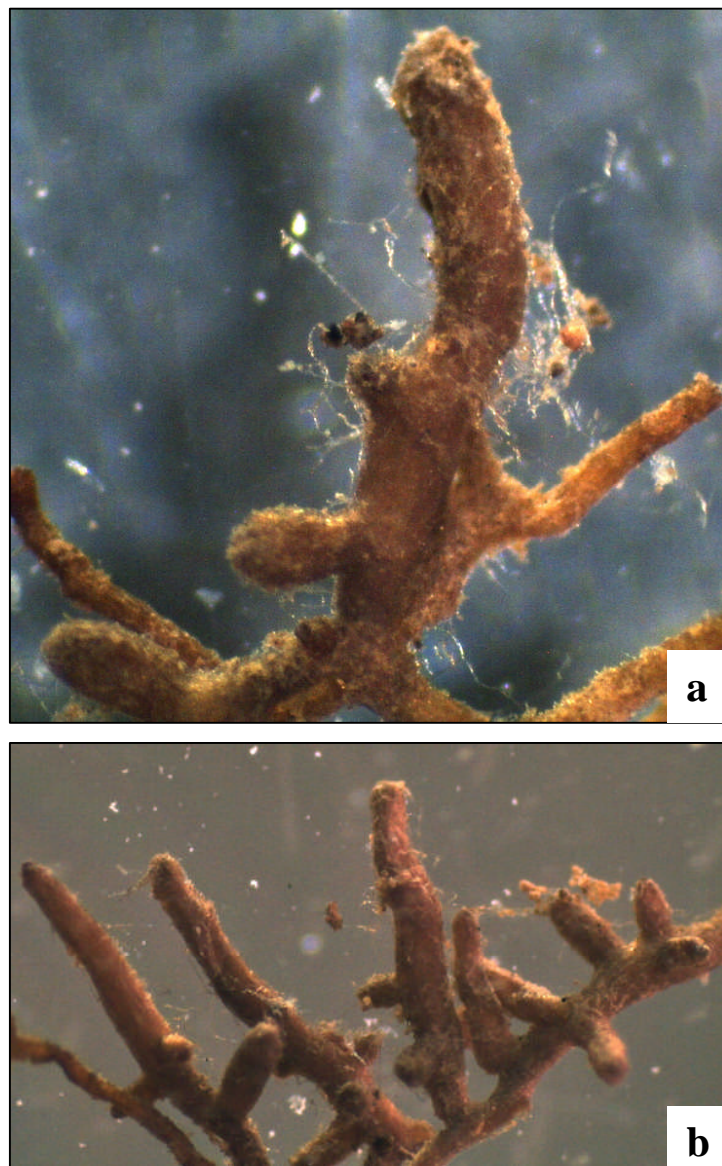
- Type : Type A ou B
- Profondeur :

**Anatomie des éléments issus en général****Anatomie des hyphes émanant**

- Nature :
- Type de ramification :

**Anatomie du rhizomorphe**

- Type :



**Planche 20:** ectomycorhize 20, **a** (G 350) et **b** (G 250).

**Fiche descriptive du morphotype 20****Caractéristiques morphologiques de l'ensemble de la mycorhize****Morphologie du système mycorhizien**

- Couleur : marron (20/40/80/0)
- Longueur : jusqu'à 3mm.
- Type de ramification : monopodiale ou pyramidale pennée
- Abondance des ramifications : en petit nombre
- Présence des rhizomorphes : absents
- Fréquence des rhizomorphes : /

**Morphologie des extrémités non ramifiées**

- Forme : droites ou un peu courbée
- Forme de l'extrémité distale : cylindrique
- Couleur : plus foncée
- Visibilité des cellules corticales : pas visibles
- Transparence du manteau : pas transparent
- Surface du manteau en général : pas lisse, et luisante
- Surface du manteau dans le détail : mycélium frangeant très lâche et laineux
- Présence des hyphes émanantes : présentes de couleur crème
- Abondance des hyphes émanantes : pas fréquentes

**Morphologie du rhizomorphe**

- Forme de la section : /
- Couleur : /
- Type de connexion au manteau : /
- Localisation : /

**Caractéristiques anatomiques de l'ensemble de la mycorhize****Anatomie du manteau en section transversale**

- Type du manteau : pseudoparenchymateux

**Anatomie des cellules à tanin en section transversale**

- Présence
- Nombre de lignes
- forme

**Anatomie du réseau de Hartig en section transversale**

- Type : Type A ou B
- Profondeur :

**Anatomie des éléments issus en général****Anatomie des hyphes émanant**

- Nature :
- Type de ramification :

**Anatomie du rhizomorphe**

- Type :

**Tableau n° 6 :** Les différents morphotypes d'ectomycorhizes piégés sur les racines des jeunes plants (4 mois et 1 an) de chêne-liège, en fonction de l'origine du substrat.

Les différents substrats	Substrat du Site 1		Substrat du Site 2		Substrat 3	
	4 mois	1 an	4 mois	1 an	4 mois	1 an
Ectomycorhize 1	×	×		×	×	×
Ectomycorhize 2	×				×	
Ectomycorhize 3	×					
Ectomycorhize 4					×	
Ectomycorhize 5		×		×		×
Ectomycorhize 6		×				
Ectomycorhize 7		×				
Ectomycorhize 8		×				
Ectomycorhize 9				×		
Ectomycorhize 10						×
Ectomycorhize 11		×		×		×
Ectomycorhize 12		×	×	×		
Ectomycorhize 13		×		×	×	×
Ectomycorhize 14						×
Ectomycorhize 15		×				×
Ectomycorhize 16		×				
Ectomycorhize 17				×		
Ectomycorhize 18						×
Ectomycorhize 19				×		
Ectomycorhize 20		×		×		

En analysant le tableau n° 6, nous remarquons que :

■ Dès l'âge de 4 mois, le chêne-liège présente des ectomycorhizes dans son système racinaire.

■ Le chêne-liège forme vingt ectomycorhizes dont 3 qui ne sont apparues que chez les jeunes plants âgés de 4 mois et 16 ectomycorhizes chez les plants de 1 an. Il est à noter que

seuls 4 morphotypes ont été rencontrés chez les plants élevés dans les sols des 3 sites. Les autres morphotypes sont distribués soit dans un seul site soit dans l'ensemble des sites.

■ Ainsi les ectomycorhizes 3, 6, 7, 8, 16 se rencontrent uniquement au niveau du site 1, les ectomycorhizes 9, 17, 19 uniquement au niveau du site 2 et les ectomycorhizes 4, 10, 14, 18 au niveau du substrat 3.

■ Les morphotypes 1, 5, 6, 12, 13 sont les plus fréquents.

■ Les ectomycorhizes 1, 5, 11, et 13 sont communes aux 3 sites.

■ Le morphotype 1 correspond à l'ectomycorhize formée par *Cenococcum geophilum* qui est facilement reconnaissable. Cette ectomycorhize est très abondante dans les 3 substrats. Selon Trappe (1962) in Abourouh (1996), les ectomycorhizes de ce champignon sont abondantes lorsque l'espèce hôte est à la limite de son aire de répartition, sous stress ou se développant sur sols secs. Cependant, dans le cas de notre expérience, malgré un arrosage régulier, sa présence est permanente.

Selon Tomas (1999) in Machado et Santos (2002), la comparaison entre arbres sains et dépérissants, montre que la quantité totale de mycorhize est maximale chez ces derniers du fait de l'abondance des mycorhizes noires de *Cenococcum geophilum*.

De ce fait, nous pensons que la présence permanente de *Cenococcum geophilum* indique un état de stress chez le chêne-liège. Certains auteurs le qualifient comme un champignon généraliste.

D'après Al-Abras (1985), la grande capacité de ce champignon à mycorhizer des plants d'âges variables même au stade juvénile, et dans des conditions écologiques variées.

Nous remarquons que les jeunes plants de piégeage âgés de quatre mois présentent un complexe mycorhizien très simplifié, selon Al-Abras (1985), la diversification n'intervient que beaucoup plus tard, entre un et quatre ans.

Chez les plants du site 2 (peuplement Acacia – chêne-liège), nous observons une faible présence des ectomycorhizes sur les racines des plants du piégeage, mais on note une abondance du mycélium frangeant entourant parfois entièrement la racine, ce qui nous laisse dire que les ectomycorhizes sont probablement en cours de formation.

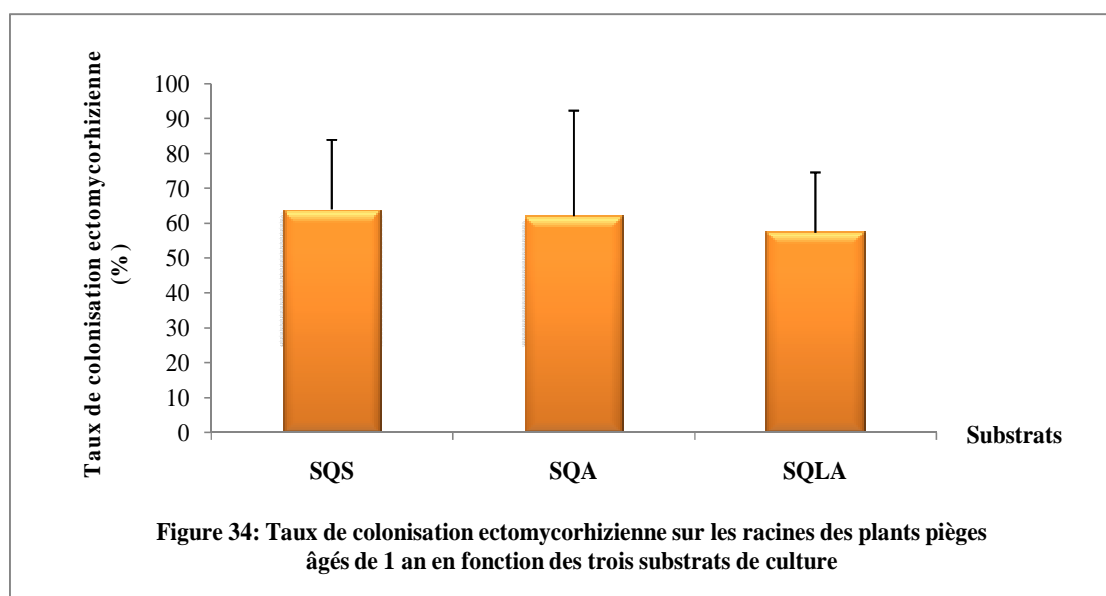
Un travail similaire réalisé en 2007-2008 sur des individus de chêne-liège adultes a permis de décrire 13 morphotypes parmi lesquels 5 ont été relevés chez les plants d'élevage. Certains morphotypes (14 environ) semblent être spécifiques à l'état jeune car ne se rencontrent pas chez les adultes. En définitif, nous pouvons retenir que le chêne-liège peut s'associer à au moins 27 espèces de champignons différents.

Il est à souligner la présence permanente dans tous les sites, des morphotypes 1 et 5 aussi bien chez les jeunes plants que chez les arbres adultes.

### 3. Estimation de la colonisation par les champignons ectomycorhiziens :

Par la méthode des intersections des lignes et des colonnes, nous avons obtenu les résultats exprimés par la figure 34. Le taux d'ectomycorhization chez les plants pièges et dans les trois sites d'étude est à peu près similaire puisque les différences ne sont pas significatives.

L'effet du substrat d'Acacia ne semble pas s'opérer sur la colonisation des plants de chêne-liège âgés de 1 an, par contre il apparaît clairement sur les jeunes plants de 4 mois.



### 4. Estimation de la colonisation par les endomycorhizes arbusculaires:

Après avoir traité et coloré les racines des plants pièges âgés de 4 mois cultivés dans les trois substrats selon la technique de Phillips et Hayman (1970) pour la coloration des racines, leur observation a révélé une colonisation endomycorhizienne. Cette dernière ne s'est manifestée que par la présence d'un mycélium fin et de vésicules (Fig. 35), les arbuscules n'ont pas été observés.

La réalisation de la méthode de Trouvelot et *al.*, 1986, nous a permis d'estimer, selon une échelle de classes et le calcul de certains paramètres, le taux de colonisation endomycorhizienne chez les mêmes et pour chaque substrat d'élevage. En effet les résultats obtenus et représentés dans le tableau n°9 révèlent que : le degré de mycorhization est faible

quel que soit le site. Le chêne-liège est donc, d'une manière générale, fortement ectomycorhizé mais les endomycorhizes arbusculaires bien que présentes colonisent très faiblement les racines.

**Tableau n° 7 :** classes de colonisation endomycorhizienne selon chaque site d'étude.

	Site 1	Site 2	Substrat 3
<b>Classe d'intensité de colonisation du cortex racinaire</b>	2	0	2
<b>Taux de colonisation endomycorhizienne (%)</b>	< 10 %	0 %	< 10 %

**Tableau n° 8 :** Calcul des paramètres de colonisation endomycorhizienne arbusculaire.

Paramètre de colonisation	Site 1	Site 2	Substrat 3
<b>F %</b>	15	0	14
<b>M %</b>	0.17	0	0.12
<b>A %</b>	0	0	0
<b>m %</b>	0.75	0	0.5
<b>a %</b>	0	0	0

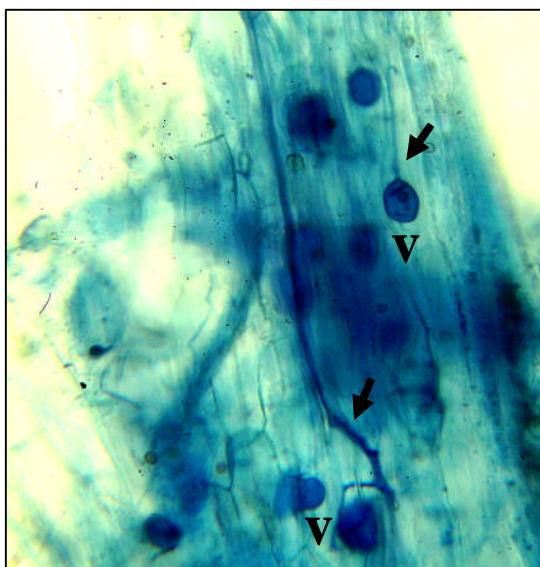
**F%** : la fréquence de mycorhization.

**M%** : l'intensité de mycorhization du cortex racinaire entier.

**m%** : l'intensité de mycorhization de la partie endomycorhizée du système racinaire.

**A%** : la teneur arbusculaire dans le cortex racinaire entier.

**a%** : la teneur arbusculaire dans la partie endomycorhizée du système racinaire.



**Figure 35:** Colonisation des racines de chêne-liège par les champignons arbusculaires, présence de vésicules (V) et du mycélium (flèches).

## Conclusion et perspectives

Au terme de ce travail, nous estimons, en toute humilité, avoir approfondi et enrichi les résultats auxquels nous sommes parvenus précédemment (dans le cadre du mémoire d'ingénieur, 2007-2008). Les objectifs fixés sont les suivants:

- 1- Dresser un inventaire des macromycètes terricoles se développant dans les 3 sites d'étude.
- 2- Réaliser une expérience de piégeage des champignons ectomycorhiziens par des plantules de chêne-liège élevées sur des sols provenant des mêmes sites et contrôler la croissance du chêne-liège en fonction de ces substrats.
- 3- Estimer le statut mycorhizien du chêne-liège élevé en pot durant l'année 2010-2011.

Nos conclusions sont les suivantes:

Notre zone d'étude recèle une biodiversité fongique très importante. Effectivement, nous pensons avoir identifié 105 espèces durant l'année 2010-2011, soit 81 espèces en plus de celles déjà recensées en 2008 et qui s'élevaient à 64 espèces. Cependant, 26 d'entre elles demeurent non identifiées et feront par conséquent l'objet d'une recherche ultérieure.

Parmi les macromycètes récoltés, nombreuses espèces sont qualifiées comme étant mycorhizogènes ; peuvent être citées : *Pisolithus tinctorius*, *Laccaria laccata*, *Scleroderma verrucosum*... Dans nos sites d'étude, nous avons été frappés par l'abondance et la fréquence de *Laccaria laccata*, ce champignon est connu pour ses performances mycorhizogènes élevées et les résultats très satisfaisants qu'il a donné en mycorhization contrôlée. *Pisolithus tinctorius* offre également les mêmes qualités et performances mycorhizogènes.

Il est possible d'envisager l'isolement et la culture de ces champignons en laboratoire en conditions stériles en les multipliant à partir des spores ou de fragments de carpophores et de les inoculer à de jeunes plants de pépinière destinés au reboisement ; c'est ce qui constitue la prochaine étape de notre recherche.

Nous avons observé aussi que le chêne-liège cultivé dans le sol du site 2 (site à acacia) montre une croissance nettement inférieure et plus lente que celle des plants cultivés dans les deux autres sols. L'acacia aurait un effet négatif sur le chêne-liège. Il agirait de toute évidence, en exsudant des substances toxiques qui sont à l'origine du retard de germination des glands et de la faible croissance de la plante.

En ce qui concerne son statut mycorhizien, le chêne-liège, âgé de 1 an, s'associe à au moins 17 champignons différents.

Dès l'âge de 4 mois, déjà 6 morphotypes d'ectomycorhizes ont été détectés au niveau des racines des plants cultivés dans les sols 1 et 3. Parmi ces morphotypes, 3 ont été également observés chez les plants âgés de 1 an.

Quant à la colonisation mycorhizienne, nous retenons que le chêne-liège, dans nos divers sites, présente un système racinaire fortement ectomycorhizé. Cependant le nombre de morphotype par site est différent. C'est dans la subéraie pure que la majorité des morphotypes ont été rencontrés.

Parmi les morphotypes ectomycorhiziens rencontrés, l'ectomycorhize de *Cenococcum geophilum* est présente chez tous les plants observés. Elle indiquerait un état de stress.

En perspectives, concernant l'inventaire fongique, il est recommandé de poursuivre cette étude pendant plusieurs années par des relevés réguliers afin de cerner au mieux la biodiversité spécifique de notre région et édifier un atlas mycologique très utile pour de nombreux usages

Des isolements et des multiplications en cultures pures d'espèces de champignons devaient permettre de réaliser des tests d'inoculation contrôlée de sélectionner des souches performantes pour la croissance du chêne-liège.

Enfin, l'identification morphologique des ectomycorhizes reste une tâche difficile et fastidieuse, il est recommandé de recourir à l'identification moléculaire plus crédible et plus rapide.

Pour terminer, disons que le chêne-liège est une espèce emblématique tant elle présente un enjeu écologique et socioéconomique pour l'Algérie, il est important de la protéger de l'invasion par les acacia et de la développer par des reboisement réussis. Dans ce cadre, la mycorhization contrôlée au stade pépinière est une alternative prometteuse pour la production de plants de bonne qualité capables de résister aux différents stress du milieu.

## Bibliographie

### A

- Abda S., 1998.** Statut mycorhizien du chêne-liège, du chêne zeen et du pin maritime dans différentes stations du Nord-Est algérien. Mémoire Ing. Université Badji Mokhtar, Annaba.
- Abdelghafour H., 1974.** Le développement de la forêt algérienne par le reboisement et son insertion dans l'économie nationale. Mémoire. Université Montpellier. 84 p.
- Abourouh M., 1996.** Les ectomycorhizes du chêne-liège / Caractérisation et rôle possible dans la régénération. Centre nationale de la recherche forestière b. p.763.
- Abourouh, M.** 1998. Les ectomycorhizes du chêne liège: caractérisation et rôle possible dans la régénération. Actes du séminaire méditerranéen sur la régénération des forêts de chêne-liège, Tabarka (Tunisie). Annales de l'INRGREF N° Sp., du 22-24 oct. 1996, pp: 164-175.
- Abourouh M., 2000.** Mycorhizes et Mycorhization Des Principales Essences Forestieres Du Maroc. Thèse de Doctorat D'Etat es-Sciences. Université Mohamed V, Faculte des sciences, Rabat.
- Abgrall J.F., Soutrenon A., Barthod C., 1990.** Protection Phytosanitaire. Guide technique du forestier méditerranéen français. Centre National Du Machinisme Agricole Du Genre Rural Et Des Eaux Et Des Forêts. Ed. CEMAGREF. 50p.
- Agence Nationale Des Forêts, 1992.** Révision d'aménagement forestier de l'Eucalyptus dans la wilaya de Tarf. Phase IV. Plan de gestion. Fiches descriptives et travaux. Série I (Boumalek).
- Agerer R. (1987 – 2006).** Colour atlas of ectomycorrhizae. Ed. Einhorn – Verlag + Druck GmbH. Munich.
- Al-Abras K., 1985.** L'évolution des types de mycorhizes de l'Epicéa commun en fonction de l'âge, mémoire de D.E.A. Université de Nancy I.
- Anonyme, 2000.** Etude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA) Algérie. FAO. Rapport de 60 p.
- Aouadi A., Khaznadar M., Aouadi H., 2010.** La relation du chêne-liège dans le Plan national de reboisement en Algérie- Leçon tirée des résultats du terrain. Forêt méditerranéenne t. XXXI, n°1: (45-54).

### B

- Becker G., 1983.** Champignons. 256 illustrations en couleur. Ed. Gründ. 200p.
- Beddiar A., 2003.** Les symbioses racinaires chez les principales essences forestières spontanées ou introduites dans le Nord-Est algérien (étude particulière de la symbiose quadriparti chez l'aulne glutineux). Thèse de doctorat d'état. Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.
- Belouahem F., 1982.** Etude des incendies pédoclimatiques sur les plantations d'eucalyptus dans la région d'El – Kala. Mémoire. Université d'Annaba, Algérie.
- Ben Jamaâ, M. L., Sghaier T., M'nara S., Nouri M., Sellemi H. 2005.** Le dépérissement du chêne-liège dans la subéraie de Béllif (Tunisie) : caractérisation et évaluation de son impact sur l'accroissement du liège. IOBC/wprs Bull. 28 (8): 17-24
- Benseghir L.A., 2002.** Amélioration des techniques de production hors-sol du chêne-liège : conteneurs-substrats-nutrition minérale. Mémoire de magistère. Université Badji Mokhtar. Annaba. 91p.
- Benyacoub S., Louanchi M., Baba Ahmed R., Benhouhou S., Chalabi B., Haou F., Ziane N. et Roueg R., 1998.** Plan directeur de gestion du parc National d'El-Kala et du complexe des zones humides. Projet G.E.F. (Global Environment Facility)-Banque Mondiale. 220p. + 28 cartes. Disponible au Parc National d'El Kala.

**Bernardo A., Gomes A.A., Evaristo I., Tinoco I. & Saraiva A., 1992.** Um exemplo de mortalidade de montado de sobro na região do Cercal-Herdade da Cordeira. In: 2<sup>e</sup> Encontro sobre os montados de sobro e azinho, Évora : 238-247.

**B.N.E.D.R. (Bureau national d'étude et de développement rural), 1984.** Etude d'inventaire des terres et forêts de l'Algérie du nord. M.A.R.A., 209p.

**Boudy P., 1952.** Guide du forestier en Afrique du Nord. La maison rustique, Paris, 505 p.

**Bouhraoua R.T., 2003.** Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'ouest algérien : étude particulière des problèmes posés par les insectes- Thèse d'état, département de foresterie, faculté des sciences, université de Tlemcen. 290p.

**Bournerias M. & Bock C., 2006.** Le génie des végétaux. Des conquérants fragiles. Ed. Belin-pour la science. 287p.

**Brumelli & Göpfert, 2003.** La page du debutant). Ed. Vapko

<http://www.vapko.ch/fr/questions/lettre13.php>

**Brundrett M., Bougher N., Dell B., Grove T. et Malajcky N., 1996.** Working with Mycorrhizas in Forestry and agriculture. Aust. Cent. Intern. Agricl. Kessea. P. 140-180.

## C

**Chalendard J. D., 2005.** *Mucormycoses* « zygomyces ». Université Paris 5. Communication orale.

**Courtecuisse R. & Duhem B., 2000.** Guide des champignons de France et d'Europe. Ed. Delachaux et Niestlé. 479p.

## D

**Davet P., 1996.** Vie microbienne du sol et production végétale. Ed. INRA, Paris. 383p.

**David T.S., Cabral M. T., Sardinha R.M.A., 1992.** A mortalidade dos sobreiros e a seca. Finisterra 27 : 17-24.

**De Belair, 1990.** Structure et fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El-Kala, Est algérien), thèse Doct. Univ.U.S.T.L. Montpellier, France.

**Delecour F, 1981.** Initiation à la pédologie, Fac, Sc, Agron. Gembloux 78p.

**Dell B., Malajczuk N., 1997.** L'Inoculation Des Eucalyptus Introduits En Asie Avec Des Champignons Ectomycorrhiziens Australiens En Vue D'Augmenter La Productivité Des Plantations. Rev. For. Fr. XLIX - n° sp.

**Drenou C., Bonneau M., Charnet F., Cruziat P., Frochot H., Garbaye J., Girard S., Larrieu L., Levy G., Marcais B., Moore W., Rossignol J.P., 2006.** Les Racines. Face cachée des arbres. Institut pour le développement forestier CNPPF. 335p.

**Dufour L., 1891.** Atlas des champignons comestibles et vénéneux. Ed. Librairie des sciences naturelles. 239p.

**Duhoux E. et Nicole M., 2004.** Atlas de Biologie végétale. Associations et interactions chez les plantes. Ed : DUNOD. 166p.

## E

**Egli S. & Brunner I., 2002.** Les mycorhizes .Une fascinante biocénose en forêt .Institut fédéral de recherches wsl.<http://www.wsl.ch/Im/publications.8p>.

**Emberger L., 1971.** Travaux de Botanique et d'Ecologie. Masson et Compagnie, Paris.

**Eyssartier G., Masson-Deblaise I., Joly P., 2004.** Larousse des champignons. Ed. Larousse. 408p.

## F

**Fortin J.A., Plenchette C., Piché Y., 2008.** Les Mycorhizes : La Nouvelle Révolution Verte. Ed. Multimondes. Ed. Quae. 131p.

## G

**Gagné A., 2005.** Etude moléculaire du cortège ectomycorhizien de plantations de conifères sur des sites forestiers après coupe à blanc. Mémoire (M.Sc). Département des sciences du bois et de la forêt. Foresterie et géomatique. Université Laval, Québec, 100p.

**Garbaye J., 1991.** Utilisation des mycorhizes en sylviculture. In : Les Mycorhizes des arbres et plantes cultivées /D.G. Strullu Ed. Paris : Lavoisier. pp. 197-248.

**Grand L.F. (1976).** Distribution, plant associates and variation in basidiocarps of *Pisolithus tinctorius* in the United States. *Mycologia*, vol. 98(3): 672-678.

**Guedir L., 1993.** Les eucalyptus dans la région d'El Tarf (El-Kala – Asfour) : Espèces en relation avec le milieu naturel (croissance et inhibition). Mémoire. Université de Constantine, Algérie.

**Guinberteau J., Courtecuisse R., 1997.** Diversité des champignons (surtout mycorhiziens) dans les écosystèmes forestiers actuels. *Rev. For. Fr.* XLIX - n° sp.

## H

**Huber, D.M. 1978.** Disturbed mineral nutrition. In: Plant pathology, an advanced treatise Vol. III, eds. Warstfall & Cowling, Academic Press, New York: 163-178.

## J

**Joly P., 1986.** Guide des champignons. Ed. Hartier. Paris. 254p.

## L

**Lamaison J.L., 1998.** Le livre des champignons. Ed. Solar. 350p.

**Langlois C.G., 1990.** Les ectomycorhizes : biologie et utilisation. Cours n°7. Division de R-D sur les semences, boutures et plants. Services de l'amélioration des arbres. Direction de la recherche et du développement. Ministère de l'énergie et des ressources. 12 p.

**Lanier L., Joly P., Bondoux P., Belle Mère A., 1976.** Mycologie et pathologies forestières Tome II. Ed : MASSON 478 p.

**Laurent P., 2003.** Regard sur les champignons. Connaissance, identification, cueillette. Ed. SAEP. 117p.

**Lemoine C., 1996.** Nouveau guide des champignons. Ed. Ouest-France. 447p.

**Léoni G. & Ferreri B., 1992.** Les meilleurs champignons comestibles. Ed. Vecchi S. A. 198p.

## M

**Machado H. & Santos M.N., 2002.** La symbiose ectomycorhizienne du chêne-liège dans les plantations portugaises : synthèse des connaissances et perspectives. – *IOBC/Wprs Bull.* 25(5): 61-66.

**Marx D.H. (1979c).** Synthesis of *Pisolithus ectomycorrhizae* on pecan seedlings in fumigated soil. USDA, Forest Service Research Note SE. 283: 4 pages.

**Marx D.H. (1980).** Ectomycorrhizal fungus inoculations : a tool for improving forestation practices. In ' Tropical mycorrhiza research '. (Mikola P. Ed.). Clarendon Press, Oxford : 13-71.

**Méthy M., Damesin C. & Rambal S., 1996.** Drought and photosystem. II activity in two mediterranean oaks. – *Ann. Sci. For.* 53: 255-262.

**Mleczko P., 2004.** Mycorrhizal and Saprobic Macrofungi of Two Zinc Wastes in Southern Poland. Institute of Botany, Jagiellonian University. *ACTA Biologica Cracoviensia Series Botanica* 46: 25–38  
\*e-mail: [ubmleczk@cyf-kr.edu.pl](mailto:ubmleczk@cyf-kr.edu.pl)

**Mnara S., Ben Jamaâ M.L., Nouira S., 2005.** Bilan des observations sur *Lymantria dispar* (L.) en phase de latence en Tunisie. *IOBC/Wprs Bull.* 28(8) : 147-154.

**Moreau C. & rouard B., 1988.** Guide des champignons comestibles et vénéneux. Ed. Larousse. 240p.

**Mousain D, Plassard C, Argillier C, Sardin T, Leprince F, El Karkauri K, Arvieu JC, Cleyet-Marel Je. 1994.** Strategy for the improvement of the quality of forest seedlings and mediterranean reforestation using controlled mycorrhizal infection in nurseries. *Açta Botanica Gallica* 141: 571-580.

## N

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

## O

**Oliveira G., Correia O.A., Martins-Loução M.A. & Catarino F.M., 1992.** Water relations of cork oak (*Quercus suber* L.) under natural conditions. *Vegetatio* 99-100 : 199-208.

**Ouarkoub D., 1974.** La politique des aménagements des forêts à vocation de production de bois et de liège en Algérie (évolution et perspectives). Mémoire Université Montpellier. 93 p.

**Ouelmouhoub S., 2005.** Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie). Thèse de Master of Science du CIHEAM-IAMM n°78 France, 129 p + annexes.

## P

**Peyerrimhoff (P. de), 1941.** Carte forestière de l'Algérie et la Tunisie au 1/1 500 000. Services cartographique et des forêts. Ed. Baconnier, Alger, 71p., 1 carte.

**Phillips, S. M. et Hayman, D. S. 1970.** Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55 : 158-162.

**Polèse J.M., 2000.** Le mini-guide des champignons. Ed. Kônemann, 381p.

## Q

**Quézel P. & Santa S., 1962.** Nouvelle Flore De L'Algérie Et Des Régions Désertiques Méridionales. Tome I. Editions Du' Centre National De La Recherche Scientifique .Paris 7. 636p.

**Quézel P. & Medail F., 2003.** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Institut méditerranéen d'écologie et de paléotologie (mcp. Umr CNRS 6116). Université d'Aix-Marseille III. Ed. Elsevier. 592p.

## R

**Roland J.C. et Vial B., 2004.** Atlas de biologie végétale. Tome I. Organisation de plantes sans fleurs. Ed. Masson. Paris.

**Romagnesi H., 1970.** Petit atlas des champignons. Tome I. Ed. Bordas. 148p.

**Romagnesi H., 1971.** Petit atlas des champignons. Tome II. Ed. Bordas. 348p.

**Romagnesi H., 1973.** Petit atlas des champignons. Tome III. Ed. Bordas. 251p.

**Roula B., 2010.** Etude de la qualité du liège de reproduction des subéraies de la région de Jijel. Magistère. Ecole Nationale Supérieure Agronomique (E.N.S.A). El-Harrach, ALGER.

## S

**Samraoui B. et Belair de G., 1998.** Les zones humides de la Numidie orientale. Bilan des connaissances et perspectives de gestion. Synthèse n°4 (numéro spécial) 90 p. Université de Annaba, Algérie.

**Sauvage C., 1961.** Recherches phytogéographiques sur les subéraies marocaines. Trav. Inst. Sc. Cherifien, série botanique, 21 : 1-462.

**Selosse, M. et Le Tacon, F. (1998).** The land flora: a phototroph-fungus partnership. Trends in Ecology & Evolution 13: 15–28. [doi:10.1016/S0169-5347\(97\)01230-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(97)01230-5). [edit](#)

**Sousa E., Atay Kadiri Z., 2005.** Le déclenchement des perturbations physiologiques des peuplements de chêne-liège: une synthèse des relations agent/hôte. – IOBC/wprs Bull. 28 (8): 9-16 [edmundosousa@efn.com.pt](mailto:edmundosousa@efn.com.pt)

**Sousa E.M.R., Pinto J.C., Santos M.N.S., Gomes A.A. & Bonifácio L., 2000.** Association of soil, macro and micronutrients and cork oak decline in Portugal. In: "Recent advances on oak health in Europe", eds Oszako and Delatour : 215-218, Forest Research Institute, Warsaw.

**Strullu D.G., Garbaye J., Perrin R., Plenchett C., 1991.** Les mycorhizes des arbres et des plantes cultivés. Technique et documentation, Lavoisier, Paris, 250p.

## T

**Trouvelot A., Kough J.L., Gianinazzi-Pearson V., 1986.** Mesure du taux de Mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In : Physiology and genetics aspects of mycorrhizae. Gianinazzi-Pearson V. et Gianinazzi S. (Eds), 1st ESM, INRA Press, Paris, 217-221.

## V

**Voiry H., 1981.** Classification morphologique des ectomycorhizes du chêne et du hêtre dans le Nord-est de la France. Ed. Verlag Paul Parey, Hambourg unal Berlin. 298p.

## Y

**Yessad S. A., 2000.** Le chêne liège et le liège dans les pays de la Méditerranée occidentale. Louvain La Neuve : Forêt Wallone ASBL., 190 p.

## Z

**Zeraïa L., 1982.** Le chêne liège : phytosociologie, édaphologie, régénération et productivité. Alger : Institut National de la Recherche Forestière, 159 p.

## Webographie :

- 1) <http://www.institutduliège.com>
- 2) <http://afraval@paris.inra.fr>
- 3) <http://mycorrhizas.info/vam.html>
- 4) <http://www.deemy.de>
- 5) <http://ressources.ciheam.org>
- 6) <http://mycorance.free.fr>
- 7) <http://mycodb.fr>
- 8) <http://www.champisart.fr>
- 9) <http://www.futura-sciences.com>
- 10) <http://www.guide-champignon.com>
- 11) <http://www.pharmanatur.com/tpmyco.htm>
- 12) <http://www.pharmanatur.com/mycolist AL.htm>
- 13) <http://www.biopix.en/Family.asp>
- 14) <http://www.naturalistes-st-lupicin.com/page%20accueil/.htm>
- 15) <http://www.cegep-sept-iles.qc.ca/raymondboyer/champignons>
- 16) <http://www.telabotanica.org>

## Annexe 1

### Mesures et calculs concernant la croissance du chêne-liège de l'expérience de piégeage

P : Plant de chêne-liège cultivé en pot

Paramètres mesurés	Site 1						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Hauteur des tiges (cm)	88.2	84.2	77.7	85.7	84.7	63	67
Moyenne	78,64						
Poids sec des tiges (g)	5.41	6.79	8.00	6.79	6.89	5.09	6.13
Moyenne	6,43						
Poids frais du système racinaire (g)	7.43	9.81	8.92	9.53	8.14	10.06	14.42
Moyenne	9,75						

Paramètres mesurés	Site 2						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Hauteur des tiges (cm)	39.2	14	38.8	58.1	66.5	41.9	36.2
Moyenne	42,1						
Poids sec des tiges (g)	1.99	2.77	3.14	3.52	4.22	3.32	1.91
Moyenne	2,98						
Poids frais du système racinaire (g)	3.94	5.12	7.26	6.15	8.22	11.4	3.66
Moyenne	6,54						

Paramètres mesurés	Site 3						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Hauteur des tiges (cm)	69.1	70.3	49	38.8	45	44.2	42
Moyenne	51,1						
Poids sec des tiges (g)	4.25	4.03	3.44	2.52	3.74	4.40	2.63
Moyenne	0,75						
Poids frais du système racinaire (g)	8.50	7.04	7.54	4.20	11.37	8.94	8.45
Moyenne	8,00						

## Annexe 2

### Mesure du taux de colonisation ectomycorhizienne par plant de chêne-liège par la méthode des intersections des lignes et de colonnes

P : plant de chêne-liège cultivé en pot.

	Site 1					Site 2					Site 3				
Nombres de répétitions	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Taux de colonisation par les ECM (%)	61.56	45.61	43.76	83.29	85.22	54.04	67.07	100	71.96	16.92	39.25	57.63	77.42	71.14	41.04
Moyenne	63,88					61,998					57,296				

### Annexe 3

Echantillon N°: 1

Grille d'évaluation de l'infection AM

	0	1				2				3				4				5				
		A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	
1	X																					
2	X																					
3	X																					
4	X																					
5	X																					
6	X																					
7	X																					
8	X																					
9	X																					
10	X																					
11	X																					
12	X																					
13	X																					
14	X																					
15	X																					
16	X																					
17	X																					
18	X																					
19	X																					
20	X																					
21	X																					
22	X																					
23	X																					
24	X																					
25	X																					
26	X																					
27	X																					
28	X																					
29	X																					
30	X																					
<b>TOT</b>	<b>30</b>																					

F% = 0,00  
M% =0,00  
A% =0,00  
m% =0,00  
a% =0,00

## Annexe 4

### Formules de calculs des paramètres de la colonisation endomycorhizienne arbusculaire définies par Trouvelot et *al.*, 1986

1. La fréquence de mycorhization (F) :

$$F\% = 100 (N - n_0) / N$$

N : nombre de fragments observés

$n_0$  : nombre de fragments sans traces de mycorhization

2. L'intensité de mycorhization du cortex racinaire (M et m)

$$M\% = (95n_5 + 70n_4 + 30n_3 + 5n_2 + n_1) / N$$

$$m\% = (95n_5 + 70n_4 + 30n_3 + 5n_2 + n_1) / (N - n_0)$$

M : L'intensité de mycorhization du cortex racinaire entier

m : L'intensité de mycorhization de la partie endomycorhizée du système racinaire

$n_5, n_4, n_3, n_2, n_1$  : sont respectivement les nombres de fragments notés dans les cinq classes de l'échelle s'intensité de colonisation du cortex racinaire.

3. La teneur arbusculaire (A et a)

$$a\% = (100 m A_3 + 50 m A_2 + 10 m A_1) / 100$$

$$A\% = a \times M / 100$$

a : La teneur arbusculaire dans la partie endomycorhizée du système racinaire

A : La teneur arbusculaire dans le cortex racinaire

$m A_3, m A_2, m A_1$  : sont les pourcentages de mycorhization de qualité arbusculaire donnée, calculée selon le modèle :

$$m A_1 = (95n_5 A_1 + 70n_4 A_1 + 30n_3 A_1 + 5n_2 A_1) F / M (N - n_0)$$

$n_5 A, n_4 A, n_3 A, n_2 A$  : sont respectivement les nombres de fragments notés dans les classes de l'échelle d'évaluation de la présence des vésicules et des arbuscules comme suit :

5  $A_1, 4 A_1, 3 A_1, 2 A_1, 1 A_1$

## Résumé

Depuis plusieurs décennies, chercheurs et hommes de terrain ont accordé un immense intérêt au chêne-liège pour une raison dont l'évidence est maintenant largement démontrée : cet arbre occupe une place importante dans les domaines écologiques et socio-économique particulièrement dans la région méditerranéenne. Dans le Nord-est algérien, ce patrimoine ne cesse de se dégrader à cause d'une série de facteurs négatifs, particulièrement l'envahissement de son aire par des espèces introduites, soit *Acacia decurrens* Willd.

Cette situation rend nécessaire la production de plants en pépinière de bonne qualité par l'utilisation entre autres de la mycorhization contrôlée. Cette pratique requiert l'isolement et la multiplication des espèces mycorhiziennes efficaces et compétitives. Cependant l'étape préliminaire de recherche de champignons susceptibles de mycorhizer le chêne-liège et la recherche d'ectomycorhizes sur les racines de celui-ci s'est avérée indispensable. Pour ce faire, nous avons réalisé un inventaire des macromycètes et évalué l'état mycorhizien du chêne-liège dans une subéraie naturelle et une subéraie envahie par *Acacia decurrens* Willd, dans la région d'El-Kala.

Les résultats obtenus indiquent une biodiversité fongique remarquable dans la forêt de chêne-liège qui s'élève à plus d'une centaine d'espèces de champignons se développant autour de ce dernier.

Le chêne-liège s'associe faiblement aux champignons endomycorhiziens arbusculaires, par contre, il s'associe à plus d'une vingtaine d'espèces de champignons ectomycorhiziens.

La réalisation d'une expérience de piégeage révèle que dans les sols provenant du site à *Acacia*, la croissance du chêne-liège est fortement affectée ainsi que son statut ectomycorhizien.

## Summary:

For decades, researchers and practitioners have paid a great interest in cork oak for a reason that the evidence is now widely demonstrated: this tree has an important place in the areas ecological and socio-economic development especially in the Mediterranean region. In the north-eastern Algeria, this heritage continues to deteriorate due to a series of negative factors, particularly the invasion of its range by introduced species, ie *Acacia decurrens* Willd.

This necessitates the production of nursery plants of good quality including the use of controlled mycorrhization. This practice requires the isolation and growth of mycorrhizal species efficient and competitive. However the preliminary stage of research likely to mycorrhizal fungi cork oak and the pursuit of ectomycorrhizae on the roots of it was clearly essential. To do this, we conducted an inventory of macrofungi and assessed the mycorrhizal status of the cork oak forest in a natural and a cork oak forest invaded by *Acacia decurrens* Willd in the region of El-Kala.

The results indicate a remarkable fungal biodiversity in the forest of cork oak, which is over a hundred species of fungi that develop around it.

The cork oak is associated with low-arbuscular endomycorrhizal fungi, for cons, he joined more than twenty species of ectomycorrhizal fungi.

Conducting an experiment trapping reveals that in soils from the site at *Acacia*, the growth of the cork oak is strongly affected and its ectomycorrhizal status.

## ملخص

منذ عشرات السنين باحثين ورجال الميدان أعطوا أهمية كبيرة للبلوط الفليني لسبب بديهي و ظاهر ألا وهو المكانة المهمة التي يحتلها هذا الصنف من الأشجار في الميدان البيئي والاجتماعي-الاقتصادي تحديدا في منطقة البحر المتوسط.

لكن حالة هذا التراث تندهر بصورة سريعة في الشمال الشرقي الجزائري بسبب مجموعة من العوامل السلبية نخص بالذكر عامل احتلال الأصناف الدخيلة على رقعتة الطبيعية مثل "اكاسيا ديكورنس" الذي تم إحضاره من استراليا.

هذا الوضع ينتج عنه ضرورة إنتاج شجيرات في المشاتل ذات جودة عالية باستعمال تقنية "الميكوريزا المراقبة".

هذه التقنية تتطلب عزل ومضاعفة الأصناف " الميكوريزية" المنافسة. يتبين إذا أن المرحلة الأولية المتمثلة في البحث عن الفطريات التي من شأنها أن ترتبط "ميكوريزيا" ب البلوط الفليني و المتمثلة في البحث عن الميكوريزا الخارجية " اکتوميكوريز " التي تتكون مع جذوره هي مرحلة ضرورية لا يمكن الاستغناء عنها.

لتحقيق هذه الدراسة قمنا بتصنيف الفطريات وتقييم الحالة " الميكوريزية" لشجر البلوط الفليني في غابة طبيعية وفي غابة استولت عليها أشجار "اكاسيا ديكورنس" في منطقة القالة.

النتائج المتحصل عليها تشير إلى أن منطقة دراستنا غنية بثروة هائلة من الفطريات التي تنمو حول البلوط الفليني التي يرتفع عددها إلى أكثر من 100 صنف فطري .

البلوط الفليني يكون بصفة ضعيفة الميكوريزا الداخلية (اندو ميكوريزا). في المقابل يمكن أن يتعايش مع أكثر من 20 فطري "اكتوميكوريزي".

من خلال زراعة بذور البلوط في تربة مأخوذة من محطات مختلفة تبين لنا أن أشجار الاكاسيا تؤثر سلبيا وبشكل كبير على نمو البلوط الفني وعلى حالته " الميكوريزية".