

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biologie

Projet de fin d'études

Master en Biodiversité et Physiologie Végétale.

Thème

**Etude des mycorhizes du chêne vert (*Quercus ilex* L.)
dans la forêt de montagne de Tala-Guilef en Kabylie,
dans la région de Tizi-Ouzou**

Réalisé par : M^{elle} OUMAIOUF SARAH.

Soutenu, le : 09 /07/2023.

M^{elle} SELLAH WARDA.

Devant le jury compose de :

Présidente : M^{me} LAMRI TAOUS.

MAA (UMMTO).

Promotrice : M^{me} TALEB-TOUDERT KARIMA.

MCA (UMMTO).

Examineur : M^r MEDJEBEUR DJAMEL.

MCB (UMMTO).

Année universitaire : 2022-2023

Remerciement

*On remercie **DIEU** le tout puissant de nous avoir accordé le courage, la force et la patience pour mener à bien ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre chère promotrice, le Docteur **M^{me} Taleb-Toudert Karima**, pour avoir accepté de nous encadrer, dans cette étude et pour sa qualité humaine, sa patience, et son dynamisme, par son caractère de noblesse, et de nous avoir guides, conseilles, pour mener à bien ce travail.*

Nous adressons également nos sincères remerciements et notre appréciation aux membres respectés du jury d'avoir accepté de juger notre travail.

***M^{me} LAMARI TAOUS**, d'avoir accepté de présider le jury.*

***M^r MEDJEBEUR DJAMEL**, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants durant nos années d'étude.

Nous remercions s'adressent également aux ingénieurs de laboratoire, pour votre aide et votre soutien.

*Nos sincères remerciements vont également à **M^{me} Bouguenoun Imane**, cheffe du département de biologie pour l'accueille.*

Enfin, nous remercions nos parents pour leurs sacrifices et encouragements ainsi que toutes nos familles.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère, la lumière de ma vie qui a donné un sens à mon existence, et qui m'offrir une éducation digne de confiance, que dieu prise le tout-puissant la gardé en bonne santé.

A mon très cher père, qui lutte pour mon confort et ma réussite.

Que dieux les protège.

A ma joie et bonheur, source de mes efforts, flamme de mon cœur, mon très cher Fiancé, pour l'encouragement et l'aide qu'il m'a toujours accordé.

A ma très chère sœur.

A mes très chers frères.

Qui ont toujours été là pour moi, que dieu les protège.

A mes amies, et à toute la promotion 2023.

A mon binôme.

A toute ma famille.



Sarah

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*A ma **très chère mère**, la lumière de ma vie qui a donné un sens à mon existence, et qui m'offrir une éducation digne de confiance, que dieu prise le tout-puissant la gardé en bonne santé.*

*A mon **très cher père**, qui lutte pour mon confort et ma réussite.*

Que dieux les protège.

*A mes **chères sœurs**.*

*A mes **chers frères**.*

*J'aurais aimé que tu sois là près de moi, tu demeures toujours présente dans nos esprits, que dieu te bénisse et t'accueillera dans son vaste paradis **ma chère sœur**.*

*A mes **nerveux** : Ghilas, Fatah, Walid, Amira.*

*A mes **très cher amies**, Sarah, Fifi, Kamilia, Hanane, Lydia, Celia, et à toute la promotion 2023.*

*A mon **binôme**.*

A toute ma famille.


Warda

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

°C : Degré Celsius.

µm : Micromètre.

C (%) : Taux de Carbone.

Cm : Centimètre

ECM : Champignon ectomycorhizien.

FAA : Formol-Alcool-Acide acétique.

Fig : Figure.

g : Gramme.

G : Grossissement.

H (%) : Taux d'Humidité.

h : Heures.

ha : Hectares.

m : Mètre.

min : Minutes.

ml : Millilitre.

mm : Millimètre.

pH : Potentiel Hydrique.

S : Secondes.

Liste des figures

Figure 1 : Répartition géographique du chêne vert dans le Bassin Méditerranéen.	3.
Figure 2 : Aire de répartition du chêne vert en Algérie.	4.
Figure 3 : Aperçu d'ensemble du chêne vert de la région de Tala-Guilef.	5.
Figure 4 : Racine d'Epicea stérile (non mycorhizée).	6.
Figure 5 : Racine d'Epicea (Mycorhizée).	6.
Figure 6 : Principaux types mycorhiziens représentés sur une coupe transversale d'une racine.	8.
Figure 7 : Carte de localisation de la région de Tala-Guilef.	10.
Figure 8 : Méthode de nettoyage des racines.	11.
Figure 9 : Résultats de l'analyse granulométrique du sol (Texture de sol étudiée).	14.
Figure 10 : Proportion des fractions granulométrique d'échantillons composites du sol.	15.
Figure 11 : Coupes transversales d'une racine mycorhizée sous microscope optique au G x 10 et G x 40.	28.
Figure 12 : Coupes transversales d'une racine non mycorhizée sous microscope optique au G x 10 et G x 40.	28.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques morphologiques des huit types de la Symbiose mycorhizienne. **7.**

Tableau 2 : Caractéristique physique du sol étudié. **14.**

Sommaire

Introduction	1-2.
 Chapitre 1 : Généralités sur le chêne vert (<i>Quercus ilex</i> L.)	
1. Aire de répartition	
1.1 Dans le monde	3.
1.2 En Algérie	4.
2. Taxonomie du chêne vert	4.
➤ Classification	5.
3. Les facteurs climatiques	6.
4. Les facteurs édaphiques	6.
 Chapitre 2 : Les mycorhizes	
1. La symbiose mycorhizienne	7.
2. Les différents types de mycorhizes	8-9.
3. Rôle des mycorhizes	9.
4. La formation du complexe mycorhiziennes	10.
 Chapitre 3 : Matériel et méthodes	
1. Présentation de la zone d'étude	11.
2. Echantillonnage	11.
3. Analyses physico-chimique du sol étudié.....	12.
4. Etude des racines mycorhizées	12.
4.1. Préparation de l'échantillons de racines	12.
4.2. Etude morphologique	13.
4.3. Etude anatomique	13.
5. Taux d'ectomycorhization	13.
 Chapitre 4 : Résultats et discussion	
I. Résultats	
1. Caractéristique physico-chimique du sol	14-15.
a) Granulométrie	

❖ Texture du sol	
▪ Triangle des textures	
b) pH du sol	16.
c) Carbone organique	16.
d) Humidité	16.
2. Description des ectomycorhizes observés	16 à 28.
3. Comparaison entre une racine mycorhizée et une racine non mycorhizée	29.
4. Taux d'ectomycorhization	30.
II. Discussion	30 à 33.
Conclusion	34.
Références bibliographiques.	
Annexes.	
Résumé.	



Introduction

Introduction

Dans les écosystèmes naturels, les racines des plantes peuvent établir de multiples interactions mycorhiziennes avec plusieurs partenaires fongiques appartenant à des taxons différents. Dans une communauté forestière, les espèces d'arbres dominants peuvent former simultanément des symbioses ectomycorhiziennes avec des centaines de partenaires fongiques (Bergero *et al.*, 2000).

C'est Frank qui, le premier en 1885 baptisa ces associations symbiotiques « mycorhizes » (ce terme dérive du grec « mukes= champignon, rhiza= racine ») (Boullard, 1968).

L'association mycorhizienne accomplit diverses fonctions. Schématiquement, le champignon absorbe les éléments minéraux du sol qu'il restitue à la plante hôte, tout en assurant une certaine protection phytosanitaire. En contrepartie, la plante hôte fournit au partenaire fongique une partie des photosynthétats issus de la photosynthèse ainsi que certains facteurs de croissance impératifs à son développement. (Boukellal & Bouzar, 1989).

En Algérie le chêne (*Quercus*) occupe une superficie très importante d'environ 882000 ha. Malheureusement, une partie de ce patrimoine a été détruite par les feux de forêt qui ont ravagés la Kabylie en 2021. Les feux de forêt entraînent une perturbation chez les communautés naturelles, probablement chez les champignon ectomycorhiziens également.

Ajoutons à cela le stress hydrique résultant des changements climatiques globaux. En effet il est établi que la sécheresse est l'un des facteurs qui empêche l'optimisation de la réussite de l'établissement des jeunes plants.

Certaines espèces végétales tolèrent la déshydratation sans toutefois perdre la viabilité des membranes cellulaires (Turner, 1986) en maintenant la turgescence des cellules par des ajustements osmotiques et en augmentant l'élasticité des parois cellulaires ou alors en augmentant la tolérance cellulaire à la dessiccation.

Les symbioses ectomycorhiziennes ont des effets direct et indirects sur le statut hydrique des arbres, mais il existe des différences dans la capacité des ectomycorhizes à survivre à la sécheresse (Di Pietro *et al.*, 2007). Chez les plantes mycorhizées, la conductivité stomatique et le potentiel hydrique foliaire sont souvent élevés dans des conditions de sécheresse lorsque l'absorption d'eau augmente.

Certains auteurs à l'instar de Pallardy *et al.* (1995) suggèrent que les ectomycorhizes peuvent causer une hausse du stress hydrique en stimulant la transpiration. De ce fait, le

potentiel hydrique des feuilles chute drastiquement. Cependant, ces mécanismes sont très peu étudiés.

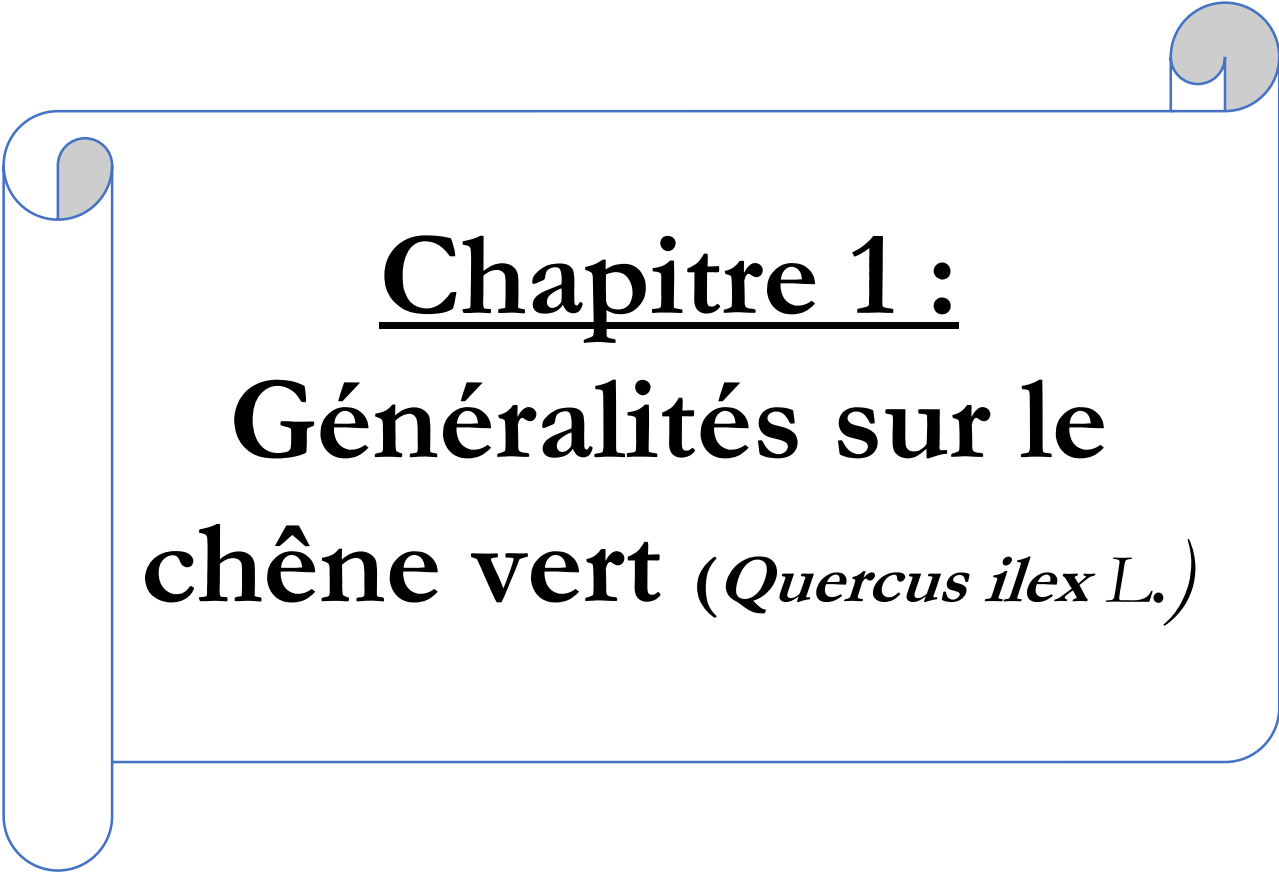
Les conditions des sécheresses auxquelles est exposée la forêt méditerranéenne en général et le massif forestier de la Kabylie du Djurdjura en particulier nous a amené à effectuer une étude d'investigation sur le statut ectomycorhizien du chêne vert à Tala-Guilef dans la région de Tizi-Ouzou. Pour ce faire, notre étude comporte quatre chapitres.

Le premier trait des généralités sur le chêne vert (*Quercus ilex*).

Le deuxième fait références aux mycorhizes.

Le troisième aborde le matériel et méthodes utilisés lors de ce travail.

Le quatrième est consacré à l'exploitation des résultats obtenus et leur discussion.

A decorative border resembling a scroll, with a blue outline and grey shaded areas at the top and bottom corners, framing the text.

Chapitre 1 :
Généralités sur le
chêne vert (*Quercus ilex* L.)

1. Aire de répartition

a. Dans le monde :

L'aire du chêne vert s'étend sur l'ensemble du bassin méditerranéen c'est ce que traduisent les flores en qualifiant l'espèce de circumméditerranéenne. Cependant, ceux qui ont prospecté tous les pays méditerranéens savent qu'en termes d'occupation du tapis végétal, le chêne vert joue un rôle indiscutablement plus important dans la partie occidentale du bassin méditerranéen que dans sa partie orientale. Sur son versant méditerranéen, les chênaies vertes remontent largement sur les reliefs sur son versant adriatique, par contre elles se cantonnent le plus souvent aux altitudes inférieures, en un liseré littoral et sublittoral.

Le chêne vert a également colonisé les îles méditerranéennes Baléares (O.de Bolos et René Moll-nier, 1958). Corse, Sardaigne et Sicile où il joue un rôle important on le retrouve également en Grèce où il est cependant rare (Barbero et Loisel, 1980). (Fig. 1).

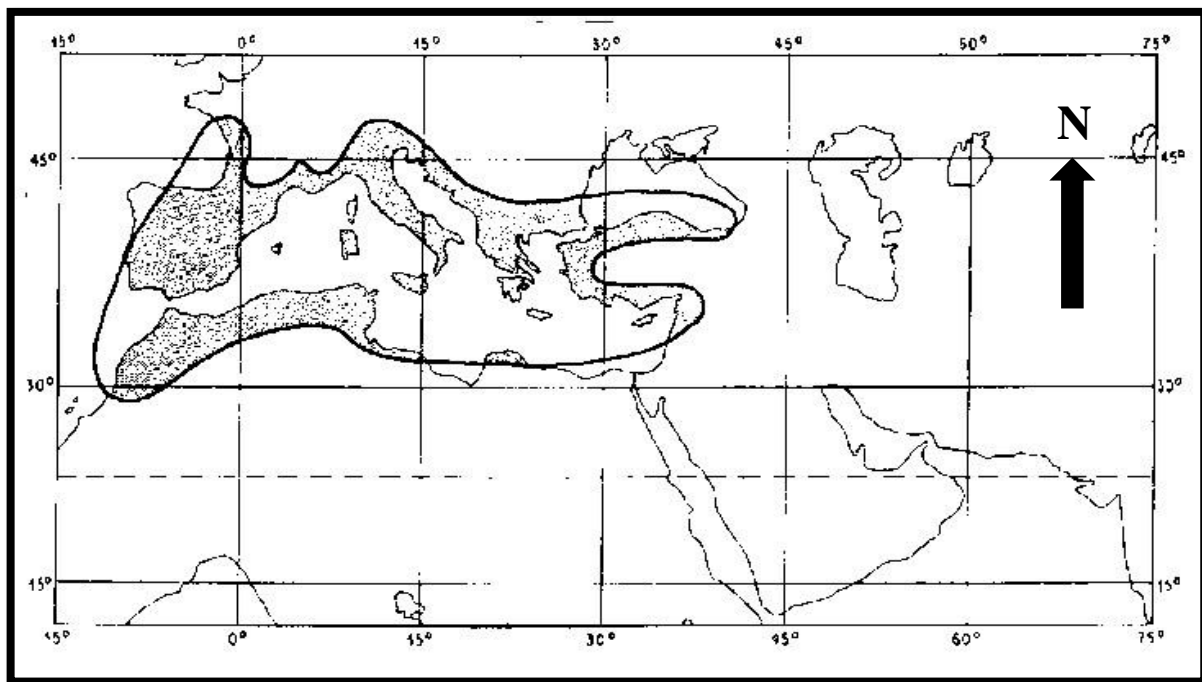


Figure. 1 : Répartition géographique du chêne vert dans le Bassin Méditerranéen

(Barbero *et al.*, 1981 in Mébarki, 2020).

b. En Algérie :

En Algérie, les chênes représentent un capital forestier d'environ 40% de la forêt algérienne. Le chêne vert apparaît à partir de 400 m au-dessus du niveau de la mer et monte jusqu'à 1700 m dans les Aurès. Comme de nombreuses forêts méditerranéennes, la forêt de chêne vert en Algérie souffre de dépérissement depuis quelques années (Zerrouki *et al.*, 2022). (Fig. 2).

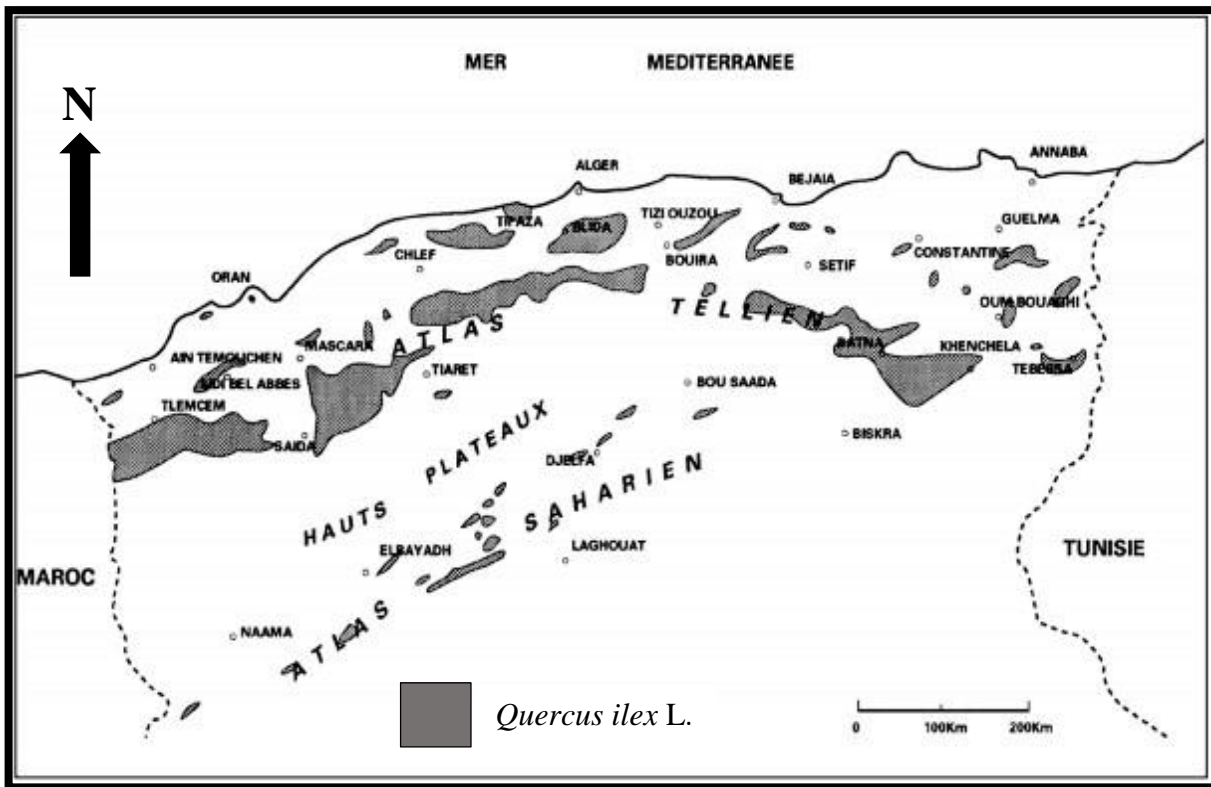


Figure. 2 : Aire de répartition du chêne vert en Algérie
(Dahmani, 2002 in Mébarki, 2020).

2. Taxonomie du chêne vert

De nombreux travaux ont été consacrés à la taxonomie du chêne vert, parmi les plus anciens, nous citons ceux d'Albert (in Albert et Jahandiez, 1908) qui ne distingue pas moins de 31 variétés d'yeuse (Barbero et Loisel, 1980).

➤ Classification

- **Embranchement** : Spermaphytes
- **Sous-Embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Dicotylédones
- **Ordre** : Fagales ou « Apétales »
- **Famille** : Fagaceae ou « Cupulifères »
- **Genre** : *Quercus*
- **Espèce** : *Quercus ilex* L.

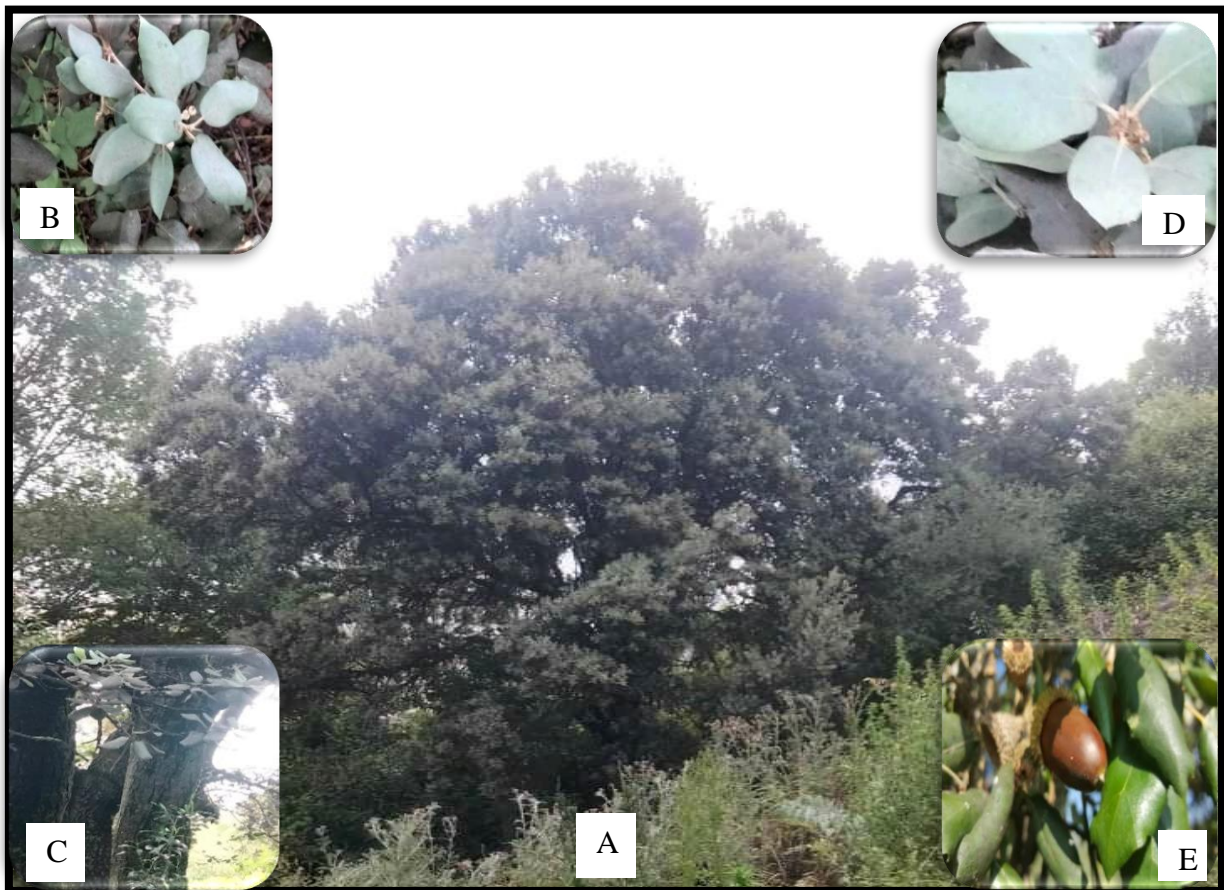


Figure. 3 : Aperçu d'ensemble du chêne vert de la région de Tala-Guilef (A : chêne vert sur pied, B : Feuilles, C : Ecorce(Tronc), D : Fleurs, E : Fruits (Originelle, 2023).

3. Les facteurs climatiques**4.**

Le chêne vert croit de préférence en climat humide ou sub-humide mais peut pénétrer dans le semi-aride, et du point de vue des températures il préfère les hivers frais mais support les hivers froids aussi bien que les hivers tempérés (Pons et Vernet, 1971).

5. Les facteurs édaphiques

Le Chêne vert peut être qualifié d'essence plastique. Il semble être indifférent à la composition chimique du substrat, car il est présent sur tous les types de substrats, sauf sur sols compacts, asphyxiants ou saturés, là où ses racines ne peuvent pénétrer (Pons et Vernet, 1971).

Dans un sol profond, le chêne vert établit un pivot par contre dans un sol superficiel, ces racines tracent et l'arbre devient buissonnant (Regimbeur, 1879)



Chapitre 2 : Les mycorhizes

1. La symbiose mycorhizienne

Au sein de la rhizosphère, certains champignons peuvent établir une relation symbiotique avec les racines des plantes. Ainsi, la mycorhize (du grec « mukês » pour champignon et « rhiza » pour racine) est l'association symbiotique d'un champignon avec les racines d'une plante. En d'autres termes, c'est une racine colonisée par un champignon mycorhizien qui en a modifié la morphologie. En effet, le champignon entoure d'un épais tissu de filaments (appelé le mycélium) l'extrémité des radicelles. C'est ainsi qu'apparaît le manteau fongique. L'aspect des racines mycorhizées varie largement d'un champignon à l'autre (Egli et Brunner, 2002). (Fig. 4 et fig. 5).

La symbiose mycorhizienne, une relation impliquant un échange bi-directionnel des ressources entre les plantes et les champignons, est une des associations biologiques les plus communes et largement étudiées entre des plantes et des microorganismes. Il a d'ailleurs été suggéré que 80 % des espèces de plantes terrestres, 90 % des espèces de plantes vasculaires et plus de 95 % de l'ensemble des familles de plantes soient mycorhizées (Smith et Read, 1997).

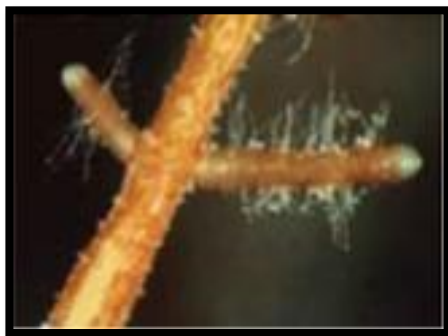


Figure.4 : Racine d'Epicea stérile (Non mycorhizée) (Egli et Brunner, 2002).

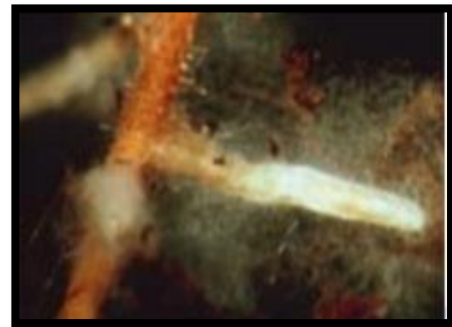


Figure.5 : Racine d'Epicea mycorhizée (Egli et Brunner, 2002).

Cette figure, montre contrairement aux racines non mycorhizées qui n'ont que des poils absorbants, les racines mycorhizées sont entourées d'un manteau fongique à partir duquel les hyphes se répandent dans le sol.

2. Les différents types de mycorhizes

La classification des mycorhizes est basée sur le type de champignon associé, selon que celui-ci est asepté, c'est-à-dire Zygomycètes de l'ordre des Glomales, ou septés, donc Ascomycète ou Basidiomycète (Smith et Read, 1997).

Garbaye (2013) distingue 8 types (tableau 1) dont 5 types sont illustrés par la figure 6.

Tableau 01 : Caractéristiques morphologiques des huit types de la symbiose mycorhizienne (Garbaye, 2013).

Types de symbiose mycorhizienne	Groupes de plantes concernés	Groupe de champignons dominants	Présence d'un manteau fongique	Morphologie du mycélium externe	Présence d'un réseau de Hartig	Colonisation intracellulaire
Ectomycorhizes	Certaines Gymnospermes et Angiospermes	Ascomycètes et Basidiomycètes	Oui	Très diverse filaments isolés mèches cordons rhizomorphes	Oui	Non
Ectendomycorhizes	Certaines Pinacées (Gymnospermes)	Ascomycètes	Facultatif	Filaments isolés	Oui	Oui (filaments ramifiées)
Mycorhizes arbutoides	Ericacées (tribus des <i>Arbutioideae</i> et <i>Pyroloideae</i>)	Basidiomycètes	Facultatif	Filaments isolés ou mèches	Oui	Oui (spires)
Mycorhizes monotropoïdes	Ericacées (tribus des <i>Basidiomycètes Monotropoideae</i>)	Basidiomycètes	Oui	Filaments isolés ou mèches	Oui	Oui (doigts)
Mycorhizes orchidoïdes	Toutes les orchidées	Basidiomycètes	Non	Filaments isolés	Non	Oui (peletons)
Mycorhizes éricoides	Autres Ericacées et certaines Bryophytes	Ascomycètes	Non	Filaments isolés	Non	Oui (peletons)
Pseudo mycorhizes à endophytes brun cloisonné	Tous les groupes de plantes terrestre	Ascomycètes	Non	Filaments isolés	Non	Oui
Endomycorhizes arbusculaires	Presque tous les groupes de plantes terrestres	Gloméromycètes	Non	Filaments isolés	Non	Oui (arbuscules, spires, vésicules)

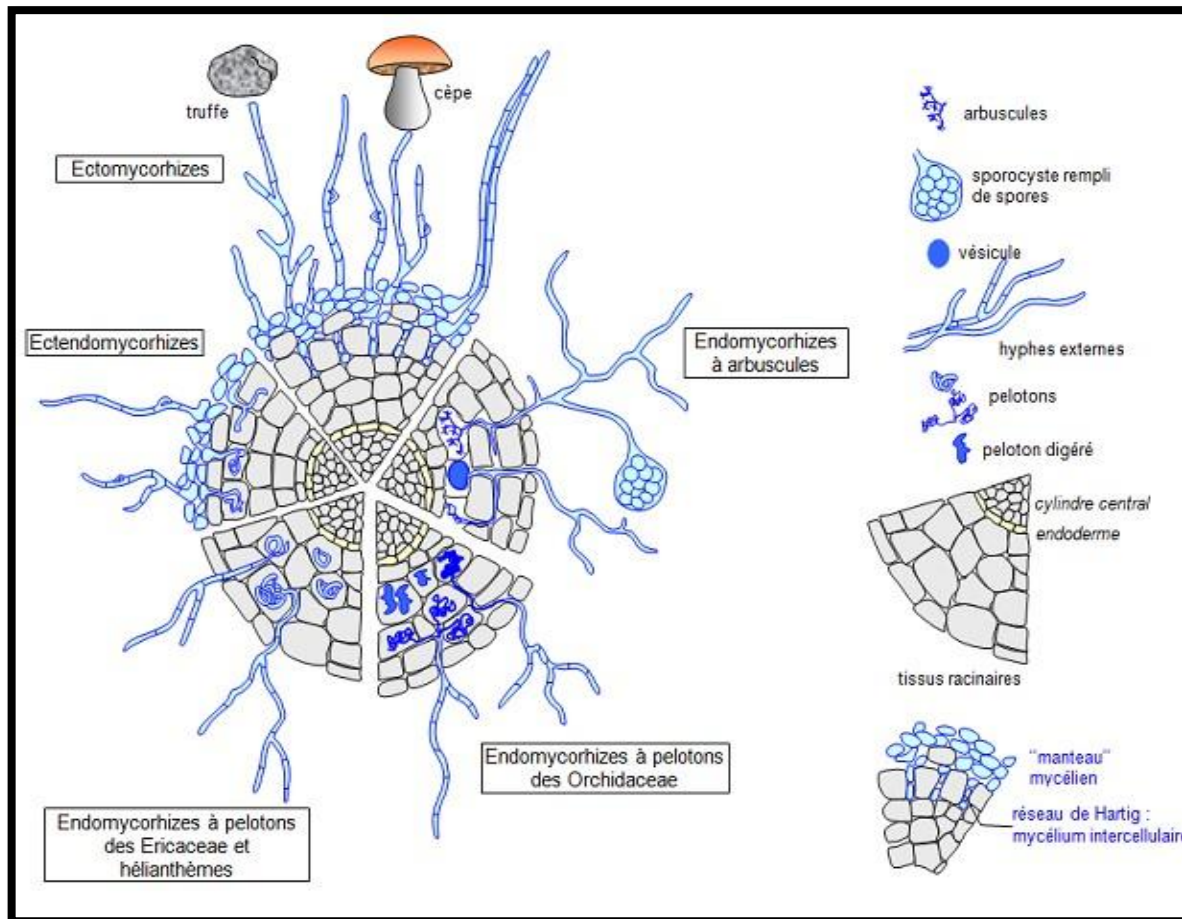


Figure. 6 : Principaux types mycorhiziens représentés sur une coupe transversale d'une racine (Le Tacon, 1985).

3. Rôle des mycorhizes

Leurs rôles sont très variés et souvent complexes. La plupart du temps elles sont indispensables à la vie des plantes. Dans des conditions normales de sol, les arbres à ectomycorhizes, en particulier les pinacées, ne peuvent survivre sans associations mycorhiziennes. Par leurs propres moyens, ils sont incapables de s'alimenter à partir des éléments minéraux du sol. Leur système racinaire ne peut assurer la prospection d'un volume suffisant de sol, et n'a pas la possibilité d'utiliser les éléments minéraux peu solubles notamment le phosphore et le fer qui représentent l'essentiel des réserves du sol. En l'absence de mycorhization, on ne peut obtenir une croissance normale que dans des conditions très particulières de richesse en éléments minéraux solubles (solution nutritive, tourbe fertilisée). Les mycorhizes interviennent donc en tout premier lieu dans l'alimentation minérale de la plante. Mais l'effet le plus général est l'amélioration de la nutrition en phosphore, en raison de la faible mobilité de cet élément dans le sol.

Les champignons ectomycorhiziens interviennent également dans l'alimentation en eau essentiellement en assurant une meilleure exploration du sol. Ils interviennent dans le métabolisme de l'arbre par exemple au niveau du métabolisme azoté (synthèse d'acides aminés) et élaborent de nombreuses substances de croissance. Enfin, ils assurent une protection de la plante contre de nombreux agents pathogènes du sol (Le Tacon, 1978).

4. La formation du complexe mycorhizien

La formation des complexes mycorhiziens combine des processus morphogénétiques et des aspects métaboliques. Selon certains auteurs la formation des ectomycorhizes débute par une prolifération des cellules fongiques entre les cellules corticales (formation d'un réseau de Hartig), le manteau se constituant ensuite. Selon d'autres auteurs, le réseau de Hartig naît à partir des couches profondes d'un manteau préexistant. La mise en évidence d'une progression de la sécheresse des tissus fongique orientée de façon centripète a conforté ce dernier point de vue ; les exsudats racinaires jouent un rôle important dans l'initiation des mycorhizes (Fortin, 1991).

Selon, Amadou *et al.* (2011), la formation de l'ECM se traduit par de profondes modifications d'ordre morphologique, anatomique et physiologique de la racine. La différenciation de cet organe nouveau résulte de plusieurs événements touchant les deux partenaires notamment l'agrégation des hyphes formant le manteau fongique, la disparition des poils absorbants, la multiplication des racines latérales, l'allongement radial des cellules de l'épiderme et la réorganisation du métabolisme des deux partenaires. La structure de base des ECM est identique alors qu'il existe des morphotypes différents. Cela suggère l'existence d'un programme de différenciation commun de l'ECM. L'échange de médiateurs moléculaires serait sous le contrôle génétique des deux partenaires. Lors de l'établissement de la symbiose ectomycorhizienne aucun gène spécifique n'a été mis en évidence ; par ailleurs, des protéines pariétales fongiques intervenant dans la morphogénèse et la pathogénicité des champignons sont synthétisées plus intensément dans les ECM que dans le mycélium végétatif, ces protéines pourraient jouer un rôle important dans l'attachement et l'agrégation des hyphes aux racines. En effet, certains gènes codent pour des protéines de petites tailles dans l'interface symbiotique et semblent intervenir dans le dialogue moléculaire entre les deux partenaires.



Chapitre 3 :
Matériel et
méthodes

1. Présentation de la zone d'étude

Le site d'étude est représenté par la forêt de Tala-Guilef, est un site touristique situé dans la commune de Boghni dans la wilaya de Tizi Ouzou, région de Kabylie en Algérie.

La forêt de Tala-Guilef est une réserve située au sein du parc national du Djurdjura. Cette région écologique est assez homogène du point de vue climatique, mais offre diverses variantes liées aux conditions stationnelles (relief, végétation, roche mère). Le couvert végétal est représenté principalement par la forêt à *cedrus atlantica*, la chênaie à *Quercus ilex* L. et la pelouse à xérophytes épineux (Aouam *et al.*, 2008). (Fig.7).



Figure.7 : Carte de localisation de la région de Tala-Guilef (Google Earth, 2023).

2. Echantillonnage

Nous avons récolté des échantillons de terre et de racines.

L'échantillonnage des racines de *Quercus ilex* L. a été effectué au mois de Mars (2023), sur des arbres jeunes. Nous avons suivi les racines repérées à une distance de 1 mètre du tronc de l'arbre. Nous avons effectué des prélèvements à une profondeur de 15 à 30 cm. Les mottes de terre contenant les racines sont prélevées à l'aide d'une pioche au tour de chaque arbre. Ces échantillons sont ensuite transportés au laboratoire.

3. Analyse physico-chimique du sol

Les analyses au laboratoire permettent la détermination des propriétés physique et chimique du sol.

- La granulométrie est réalisée par la méthode de tamisage, utilisée pour la description et la classification du sol.
- Le pH du sol est mesuré à l'aide d'un pH mètre.
- Taux du carbone est déterminé par la méthode de perte de poids au four.
- L'humidité.

Les détails et techniques des analyses physico-chimique ainsi réalisées sont souscrites en **annexe 2**.

4. Etude des racines mycorhizées

4.1. Préparation de l'échantillons de racines

Au laboratoire les racines sont séparées délicatement de leur support (sol), puis elles ont été mises à tremper dans des bassines d'eau et nettoyées soigneusement à l'aide d'un pinceau pour les débarrasser des particules du sol (plusieurs lavages sont nécessaires pour les débarrasser de tous le sol qui les entoure) sans altérer leur morphologie, les racines sont ensuite récupérées et rincée abondamment à l'eau. Quand les racines sont bien propres nous procéder à leur observation avec une loupe binoculaire. (Fig.8).



Figure.8 : Méthode de nettoyage des racines (Originelle, 2023).

4.2. Etude morphologique

Les racines sont mises dans des boîtes de Pétri, puis immergées dans de l'eau. L'observation est effectuée à la loupe binoculaire. Les ectomycorhizes sont décrites selon les caractères morphologiques établis par Agerer (1991) tels que : La couleur, la forme, la taille, la présence ou l'absence de mycélium extramatriciel, ainsi que son abondance et la présence ou l'absence des cordons mycéliens et des rhizomorphes.

A la fin de chaque observation les types morphologiques ont été conservés dans une solution FAA (Formol-acide acétique-alcool) à température ambiante, pour qu'on observe leur anatomie au microscope optique.

4.3. Etude anatomique

Nous avons sélectionné des mycorhizes pour faire des coupes est pris dans deux petit morceaux de polystyrène dans lequel nous avons préalablement fait une fente.

Ces coupes transversales des racines sont réalisées avec une lame Gillette, en suite elles sont montées entre lame et lamelle après avoir mis quelques gouttes du bleu coton pour réaliser la coloration puis observer au microscope optique. Cette étape permet d'obtenir des informations supplémentaires sur le manteau fongique (plectenchymaeux, pseudoparenchymateux) et le réseau de Hartig (Paraepidermal ou periepidermal).

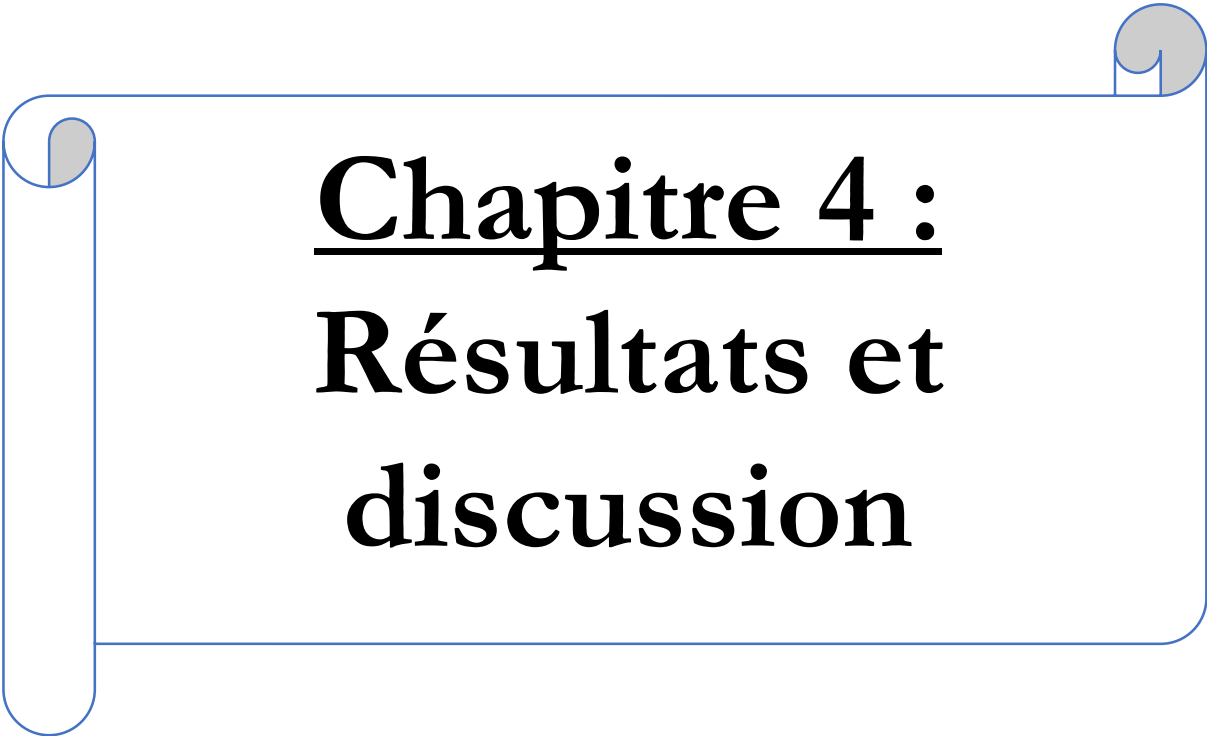
Ainsi, on' a réalisé une coupe transversale pour une racine non mycorhizée, soumise à la double coloration (**Annexe 3**) afin, d'avoir la différence entre une racine mycorhizée et une racine non mycorhizée.

5. Taux d'ectomycorhization

Le taux d'ectomycorhization du chêne vert (*Quercus ilex* L.) est évalué sur au moins 100 fragments de racines choisies au hasard. Le nombre de racines courtes mycorhizées et des fragments de racines non mycorhizées a été déterminé sous loupe binoculaire.

Le pourcentage d'ectomycorhization est par la suite donné par la formule suivante :

$$\text{Taux d'ectomycorhization (\%)} = \frac{\text{Nombre de racines ectomycorhizées}}{\text{Nombre total des racines courtes obeservées}} \times 100$$

A decorative graphic of a scroll with a blue outline and grey shading on the top and bottom edges, containing the chapter title.

Chapitre 4 : **Résultats et** **discussion**

I. Résultats

1. Caractéristique physico-chimiques du sol

a) La granulométrie

❖ Texture du sol

Les analyses effectuées au laboratoire pour la détermination de la composition granulométrique du sol, montrent une forte proportion de limons (45%), les sables grossiers présentent une proportion de (20%), les sables fins (12.5%), les sables très fins à une proportion de (17.5%), et les argiles à une proportion de 5%. (**Tableau. 2**).

Les résultats matérialisés par l'histogramme de la **figure 10** attestent que les pourcentages d'argile, limons et sables, varient en fonction des tailles des particules : 20 μ m représente 5% d'argiles, 45 μ m représente 45% des limons, 180 μ m représente 12.5% des sables fins, 500 μ m représente 20% des sables grossières. Nous pouvons donc conclure à une richesse en limons et sables.

▪ Triangle des textures :

Chaque côté du triangle est divisé en 100 parties égales un côté du triangle est attribué à l'argile, un autre aux limons et le troisième aux sables, la somme de leurs pourcentage respectifs est égale à 100. Nos résultats reprisent 5% d'argile, 45% limons et 30% sables. Selon ce triangle des textures cette distribution correspond à une texture **limonosabloneuse**. (**Fig. 9**).

Tableau. 2 : Caractéristique physique du sol étudié.

Granulométrie (%)						
Classe	Argile	Limons	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers	Texture
Tamis	20 µm	45 µm	≤ 180 µm	180 µm	500 µm	
Fraction de l'échantillon sur un tamis (%)	5 %	45 %	17.5 %	12.5 %	20 %	Limonosabloneuse

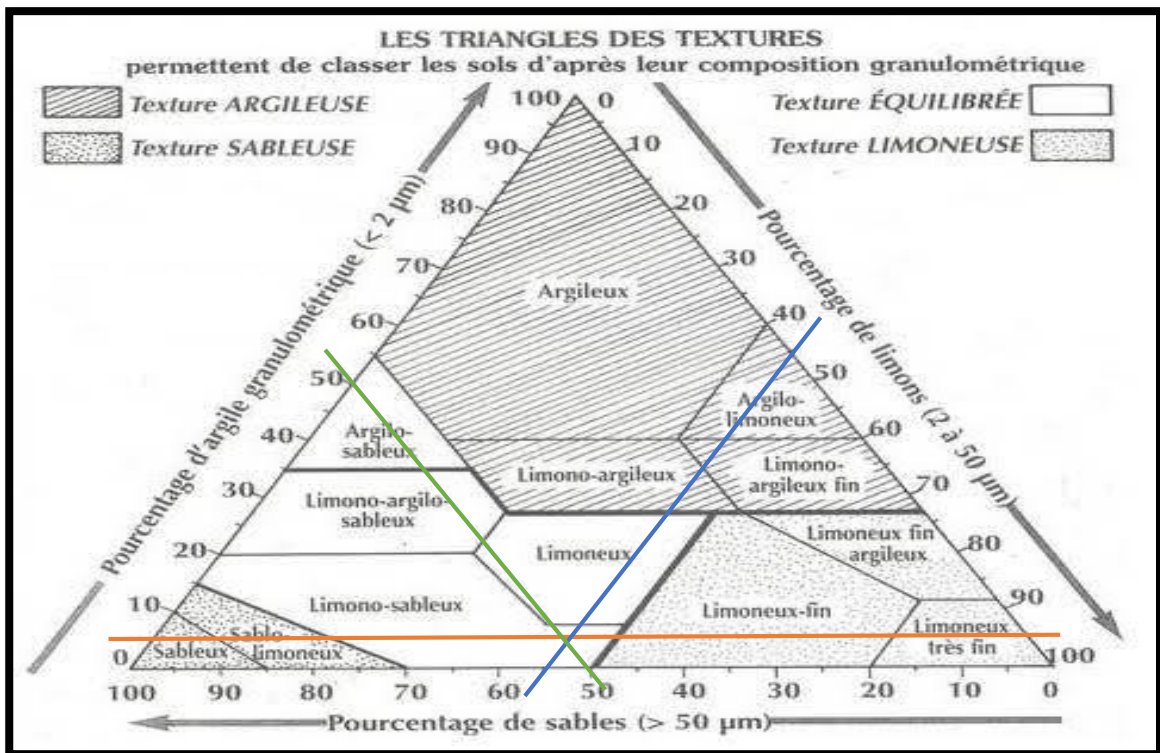


Figure.9 : Résultats des analyses granulométrique du sol (Texture de sol étudié) (USDA, 1960).

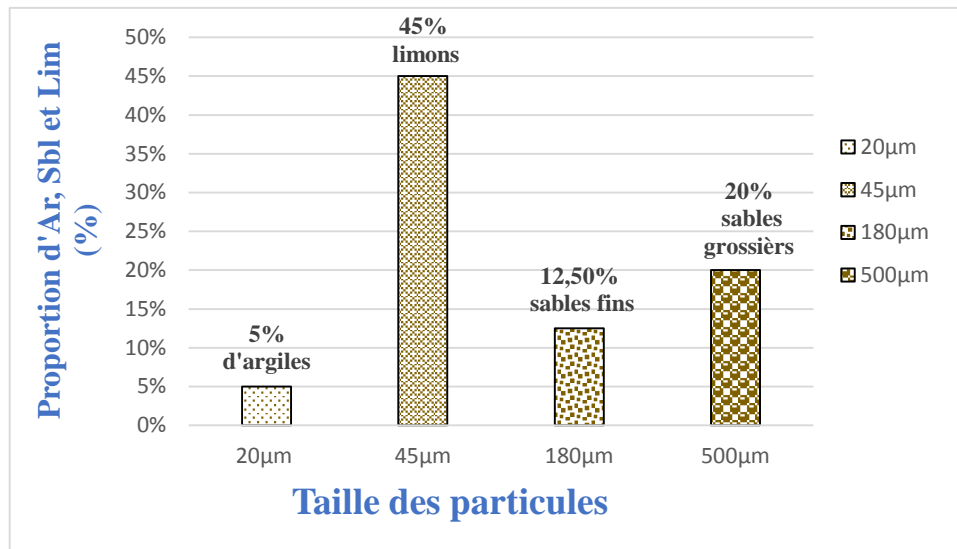


Figure.10 : Proportion des fractions granulométriques des échantillons composites du sol.

b) pH du sol

Le sol de la station étudiée présente un **pH neutre à basique (7.36)**.

c) Carbone organique

La teneur en carbone organique, montre un pourcentage de **2.39 %**.

d) Humidité

Le taux d'humidité dans le sol étudié est de **1% ($\leq 10\%$)**. Il s'agit donc d'un sol sec.

2. Description des ectomycorhizes observés

Les quarante morphotypes ectomycorhiziens rencontrés dans nos prélèvements présentent des aspects morphologiques et anatomiques différents. Ils sont illustrés par les figures des planches I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII

- **Type 1** : correspond à une ectomycorhize simple non ramifié de couleur marron foncée. L'extrémité est cylindrique. Le manteau (M) est opaque (non transparent), lâchement

laineux. Les hyphes émanant du manteau sont abondants d'après **Agerer (1996)** ce type pourrait être imputé à *Quercirhiza squamosa*. La couche externe du manteau est pseudoparenchymateuse avec des cellules angulaires. Les septa mycéliens sont épais. Le réseau de Hartig en coupe longitudinale est de type palmetti. Les hyphes mycéliennes bleuâtres au bleu coton. (Fig. 1).

- **Type 2** : correspond à une ectomycorhize simple courte non ramifiée de couleur noir à texture granuleuse. (Fig. 2).
- **Type 3** : correspond à une ectomycorhize à une distribution simple, de couleur jaune, elle présente un mycélium extramatriciel (My-Ex) très abondant avec des reflets jaunâtres, elle présente aussi un manteau fongique de couleur blanche. (Fig. 3).
- **Type 4** : une ectomycorhize simple de taille moyenne, de couleur jaune à la base et pointe marron claire présente une texture lisse. (Fig. 4).
- **Type 5** : il s'agit d'une ectomycorhize simple long de couleur noire présente un rhizomorphe (Rh) long sans cordons mycéliens. (Fig. 5).
- **Type 6** : il s'agit d'une ectomycorhize simple de couleur brun jaunâtre, elle est couverte d'un mycélium extramatriciel très abondant. (Fig. 6).
- **Type 7** : correspond à une ectomycorhize, de taille moyenne. Ce système mycorhizien est monopodial avec absence de rhizomorphes de couleur noire avec un manteau fongique visible avec présence de sclérotés abondants. Le manteau a une structure plectenchymateuse. La forme des cellules cortical du manteau sont ovales. Une seule assise cellulaire est parcourue par le réseau de Hartig. (Fig. 7).
- **Type 8** : il s'agit d'une ectomycorhize à une distribution simple de couleur miel, elle présente une extrémité en pointe droite avec une texture du manteau granuleuse aussi présente un rhizomorphe long (Rh) de la même couleur. (Fig. 8).
- **Type 9** : une ectomycorhize brun jaunâtre avec présence de ramification de type monopodial et de rhizomorphes en petit nombre. La terminais ou des hyphes mycéliens est cylindrique. Les hyphes émanant du manteau (M) sont courts et denses. La coupe anatomique montre un manteau (M-f) complet plectenchymateux, les cellules du manteau sont cylindriques. Les parois internes du manteau sont plectenchymateuses. Les hyphes mycéliennes sont septées. Les rhizomorphes sont hautement différenciés. Ces caractéristiques renvoient aux mycorhizes formées par les Russulacées particulièrement *Russula nigricanis*. Le réseau de Hartig se situe sur les six premières couches du cortex, l'observation nous a révélé la présence de tanins. (Fig. 9 et Fig. A).

- **Type 10** : correspond à une ectomycorhize simple non ramifiée de type monopodial avec absence de rhizomorphes de forme droite de couleur marron. La surface du manteau est lisse avec présence d'hyphes émanant du manteau. Le manteau est pseudoparenchymateux formant des cellules triangulaires obtenues aux extrémités. Les parois internes du manteau sont plectenchymateuses. Les parois cellulaires se colorent en bleu avec le bleu coton. Cette mycorhize serait dire à *Russula Odorata*. (Fig. 10 et Fig. B).
- **Type 11** : correspond à une ectomycorhize court à une distribution simple, de couleur marron foncée. A forme sénescent présente une texture granuleuse. (Fig. 11).
- **Type 12** : Système mycorhizienne monopodial avec présence de courtes excroissance ressemblant à des mycorhizes abondants. Ce sont des rhizomorphes, le réseau extramatriciel est de couleur blanche, le manteau est lâchement filandreux. Le réseau de Hartig s'étend sur trois couches de cellules. La couche externe du manteau est plectenchymateuse. Le réseau de Hartig est périépidermique, cette mycorhize serait formée par un champignon appartenant à la famille des Ramariaciés *Ramaria sp.* (Fig. 12).
- **Type 13** : correspond à une ectomycorhize de couleur jaune, présente un mycélium extramatriciel abondant avec des cordons de la même couleur. (Fig. 13).
- **Type 14** : correspond à une ectomycorhize moyenne à distribution simple de couleur orange. Elle présente une extrémité en pointe droite et avec une texture de manteau lisse. (Fig. 14).
- **Type 15** : il s'agit des ectomycorhizes de couleur noire de petite taille très nombreux, présente aussi de nombreux rhizomorphes (Rh) de couleur marron avec un mycélium abondant et des cordons. (Fig. 15).
- **Type 16** : correspond à une ectomycorhize de couleur jaune, présente un mycélium extramatriciel très abondant de la même couleur avec texture lisse ce qui signifie l'absence du cordon mycéliens et de rhizomorphe. (Fig. 16).

- **Type 17** : correspond à une ectomycorhize simple de couleur blanche, elle présente un mycélium extramatriciel peu abondant avec l'apparition de cordons. (Fig. 17).
- **Type 18** : une ectomycorhize de couleur beige avec un mycélium extramatriciel cotonneux, elle présente un rhizomorphe (Rh) long de couleur noire. (Fig. 18).
- **Type 19** : il s'agit de nombreuses ectomycorhizes très petite à une distribution simple, de couleur noire. (Fig. 19).
- **Type 20** : correspond à une ectomycorhize de couleur marron, elle présente un mycélium extramatriciel compacte de couleur blanche avec l'apparition de cordons mycéliens. (Fig. 20).
- **Type 21** : il s'agit d'une ectomycorhize de couleur blanchâtre de forme dichotomique, elle présente une extrémité en pointe lisse et une texture granuleuse. (Fig. 21).
- **Type 22** : correspond à une ectomycorhize courte à une distribution simple, de couleur noire, elle présente quelques cordons (C) mycéliens. (Fig. 22).
- **Type 23** : il s'agit d'une ectomycorhize à une distribution simple, de couleur marron, elle présente un manteau fongique avec des cordons (C) mycéliens et un rhizomorphe (Rh). Sa coupe anatomique a révélé un manteau fongique (M-f) épais de type parenchymateux. Le réseau de Hartig (R-h) s'étend jusqu'à la troisième couche de cellules corticale. (Fig. 23 et Fig. C).
- **Type 24** : correspond à une ectomycorhize de type monopodial avec présence de rares rhizomorphes, dont les extrémités sont courbées de couleur jaune. La surface du manteau est lisse et plectenchymateuse. La couche interne du manteau est pseudoparenchymateuse. Le réseau de Hartig est paraépidermique de type Palmetti. Ce type mycorhizien serait édifié par *Xerocomus subtomentiosus* (L.) appartenant à la famille des Boletaciés. (Fig. 24).
- **Type 25** : une ectomycorhize simple non ramifiée de couleur beige. Elle présente une extrémité en pointe droite avec une texture granuleuse. (Fig. 25).
- **Type 26** : correspond à une ectomycorhize à une distribution simple de couleur noire. Elle présente une extrémité en pointe droite et avec une texture du manteau lisse. (Fig. 26).
- **Type 27** : une ectomycorhize courte à une distribution simple de couleur noire, présente une texture du manteau lisse. (Fig. 27).
- **Type 28** : Il s'agit d'une ectomycorhize de couleur blanchâtre d'une forme dichotomique. Elle présente une extrémité lisse. (Fig. 28).
- **Type 29** : Il s'agit d'une ectomycorhize de couleur noire présente un manteau fongique et des cordons mycéliens de couleur noire. (Fig. 29).

- **Type 30** : Correspondre à une ectomycorhizes de couleurs marron. Elle présente un manteau fongique très épais. En coupe anatomique, le manteau fongique (M-f) très épais de type parenchymateux. Le réseau de Hartig (R-h) attend la cinquième couche de cellules corticales. (Fig. 30 et Fig. D).
- **Type 31** : correspondre à une ectomycorhize simple court de couleur miel avec présence d'un manteau fongique épais et du cordon blanc. (Fig. 31).
- **Type 32** : Correspondre à une ectomycorhize simple court de couleur noire, présente un texture granuleux. (Fig. 32).
- **Type 33** : Il s'agit d'une ectomycorhize simple de couleur marron avec présence du manteau fongique et forme des cordons. L'observation de la coupe anatomique a révélé un manteau fongique (M-f) épais de type parenchymateux. Le réseau de Hartig (R-h) se situe sur les trois premières couches du cortex. (Fig. 33 et Fig. E).
- **Type 34** : Correspondre à une ectomycorhize a une distribution simple court de couleur marron foncée présente une texture granuleuse. (Fig. 34).
- **Type 35** : Correspondre à une ectomycorhize court de couleur marron foncée présente une texture granuleuse. (Fig. 35).
- **Type 36** : Il s'agit d'une ectomycorhize long de couleur marron foncée présente un manteau fongique. La coupe transversale a révélé un manteau fongique (R-h) épais de type parenchymateux. Le réseau de Hartig atteint jusqu'à la troisième couche de cellules corticales. (Fig. 36 et Fig. F).
- **Type 37** : Il s'agit d'une ectomycorhize simple de couleur rouge à la base et pointe noire, présente une texture lisse et un manteau fongique (M-f) avec des cordons. Sa coupe anatomique a révélé un manteau fongique épais de type parenchymateux. Le réseau de Hartig (R-h) s'étend jusqu'à la troisième couche de cellules corticales. (Fig. 37 et Fig. G).
- **Type 38** : il s'agit d'une ectomycorhize simple courte de couleur miel à marron à une texture lisse. *Lactarius chrysorrheus* de la famille des Russulacées système mycorhizien monopodial avec absence de rhizomorphes. Le manteau est pseudoparenchymateuse. Les cellules du manteau sont triangulaires. Le réseau de Hartig parcourt cinq couches cellulaires. (Fig. 38).
- **Type 39** : Correspondre à une ectomycorhize court de couleur marron claire présente une texture lisse et un cordon (C) long de couleur beige. (Fig. 39).
- **Type 40** : correspondre à une ectomycorhize longue distribution simple de couleurs noire présente des cordons longs de couleurs beige nombreux. (Fig. 40).

Planche I

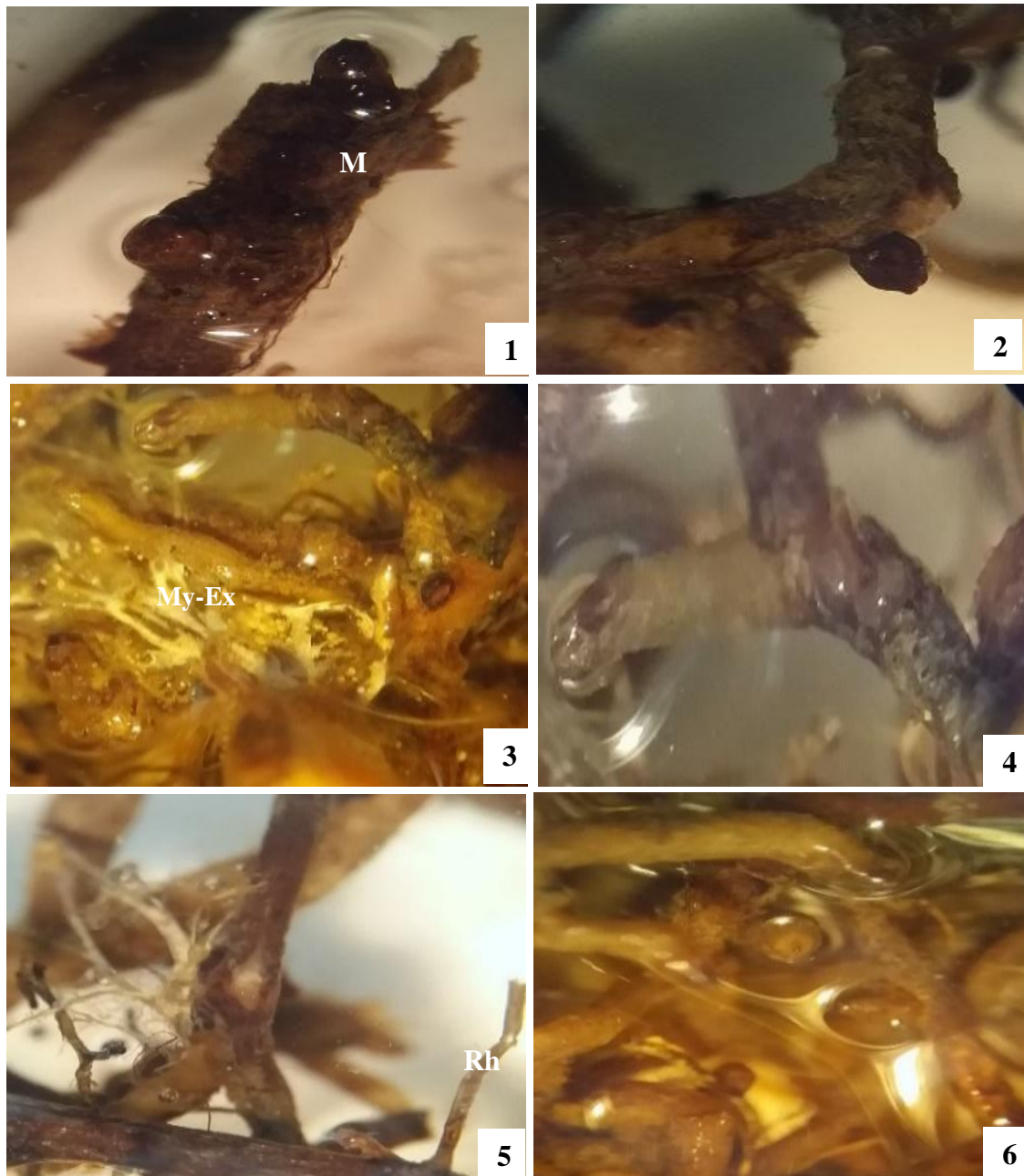


Fig.1 : ECM marron foncée à distribution simple lisse.

Fig.2 : ECM noire à distribution simple.

Fig. 3 : ECM jaune simple, présente un mycélium extramatriciel abondant.

Fig.4 : ECM jaune simple, présente un texture lisse.

Fig.5 : ECM noire, présente un rhizomorpe long.

Fig.6 : ECM brin jaunâtre, présente un mycélium extramatriciel très abondant.

Planche II



Fig.7 : ECM de type monopodiale, le manteau a une structure plectenchymateuse.

Fig.8 : ECM miel à distribution simple présent un rhizomorphe.

Fig.9 : ECM brun jaunâtre avec présence de ramification de type monopodial et de rhizomorphes. **A :** coupe anatomique présente un manteau fongique de type pseudoparenchymateux.

Fig.10 : ECM à distribution simple de type monopodial . **B :** coupe anatomique présente un manteau fongique de type pseudoparenchymateux.

Planche III

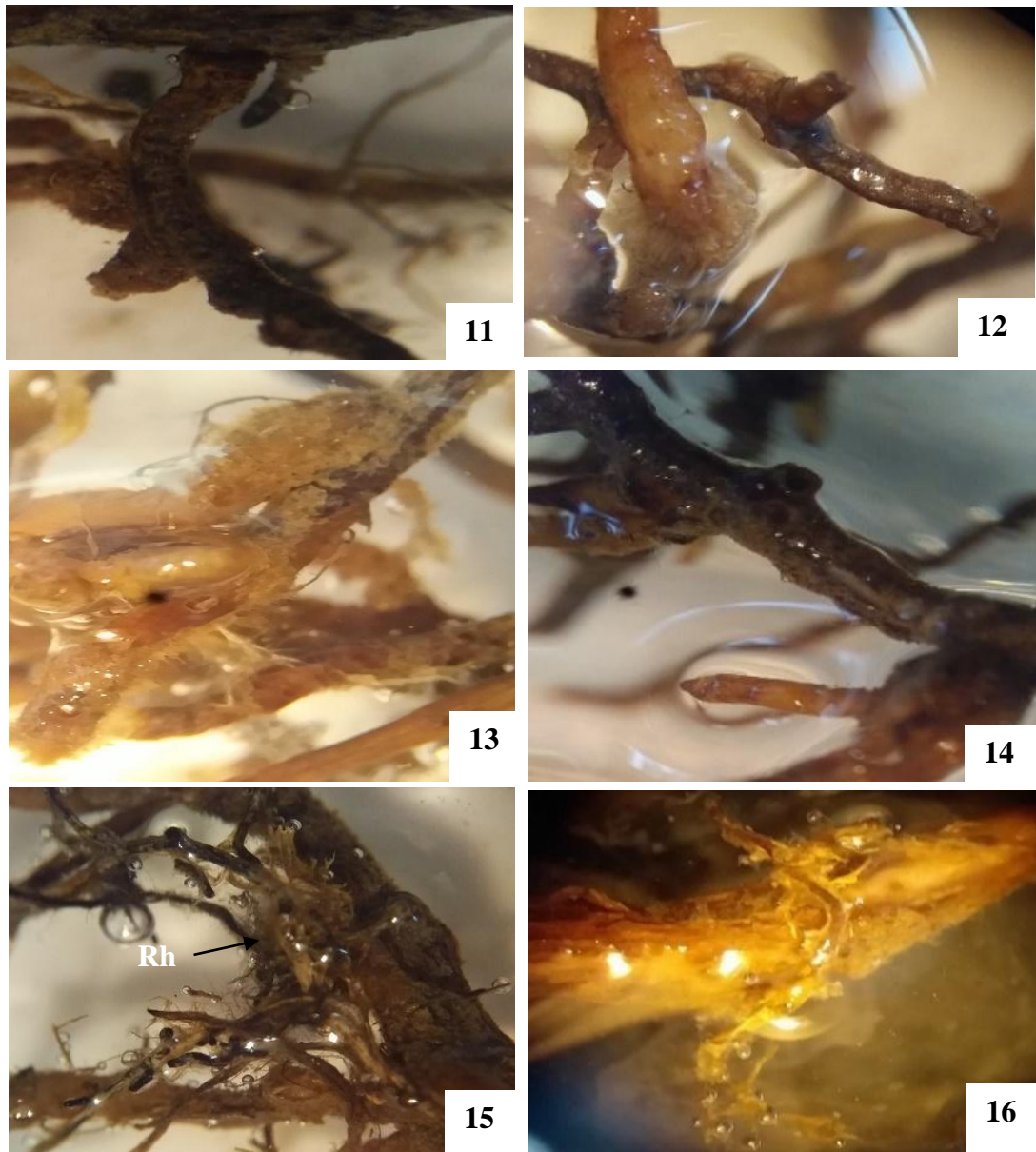


Fig.11 : ECM marron à distribution simple présent une texture granuleuse.

Fig.12 : ECM à distribution monopodial, le réseau extramatriciel est de couleur blanche.

Fig.13 : ECM jaune, présent un mycélium extramatriciel avec des cordons.

Fig.14 : ECM orange, à une distribution simple, présent une texture à manteau lisse.

Fig.15 : ECM noire présent de nombreux rhizomorphes de couleur marron.

Fig.16 : ECM jaune, présent un mycélium extramatriciel avec un texture lisse.

Planche IV

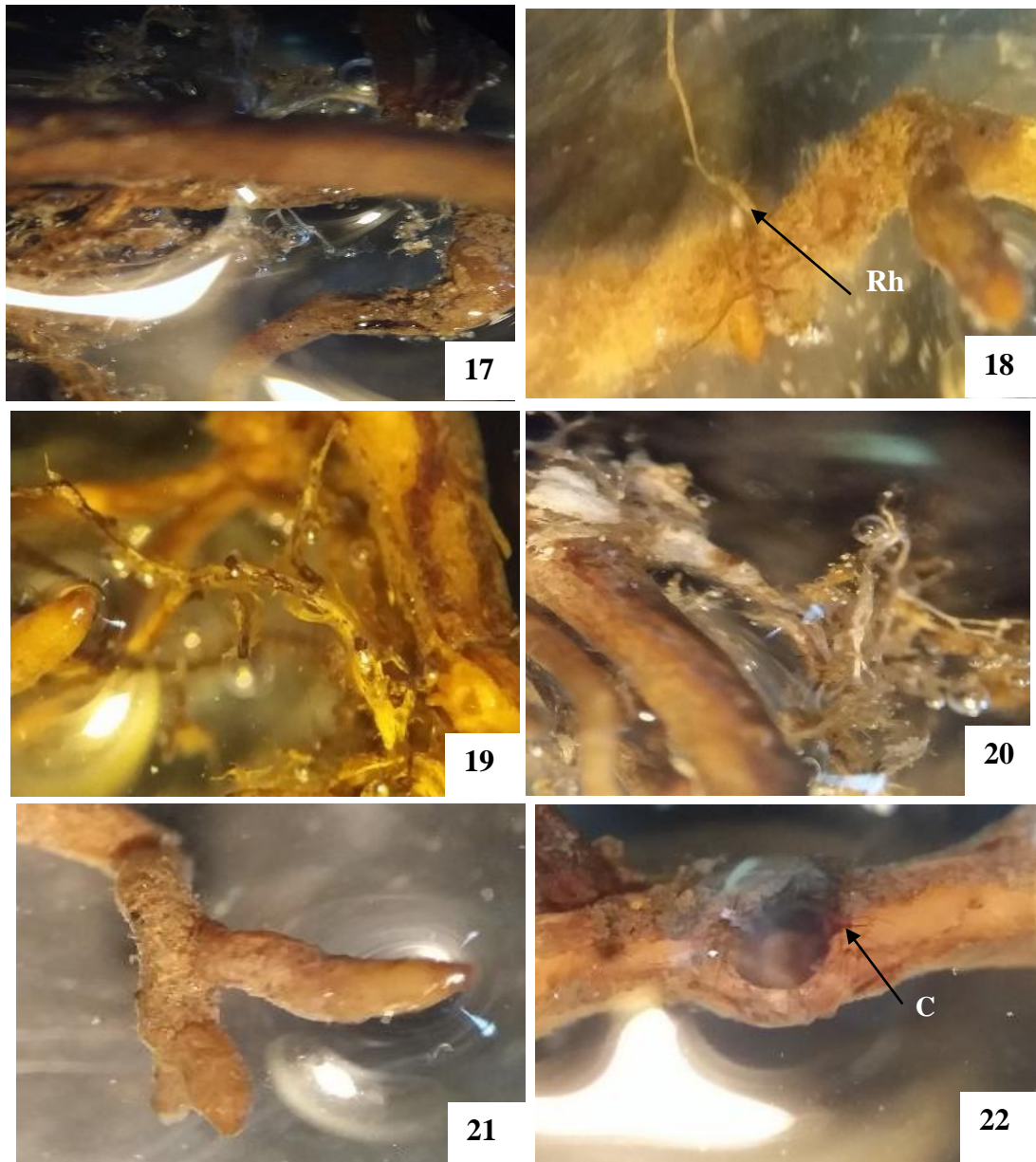


Fig.17 : ECM blanche d'une distribution simple.

Fig.18 : ECM beige, elle présente un rhizomorphes long noire.

Fig.19 : ECM noire d'une distribution simple.

Fig.20 : ECM marron, présente un mycélium extramatriciel blanche avec cordon mycéliens.

Fig.21 : ECM blanchâtre, d'une distribution dichotomique et une texture granuleuse.

Fig.22 : ECM noire d'une distribution simple, présente quelques cordons.

Planche V

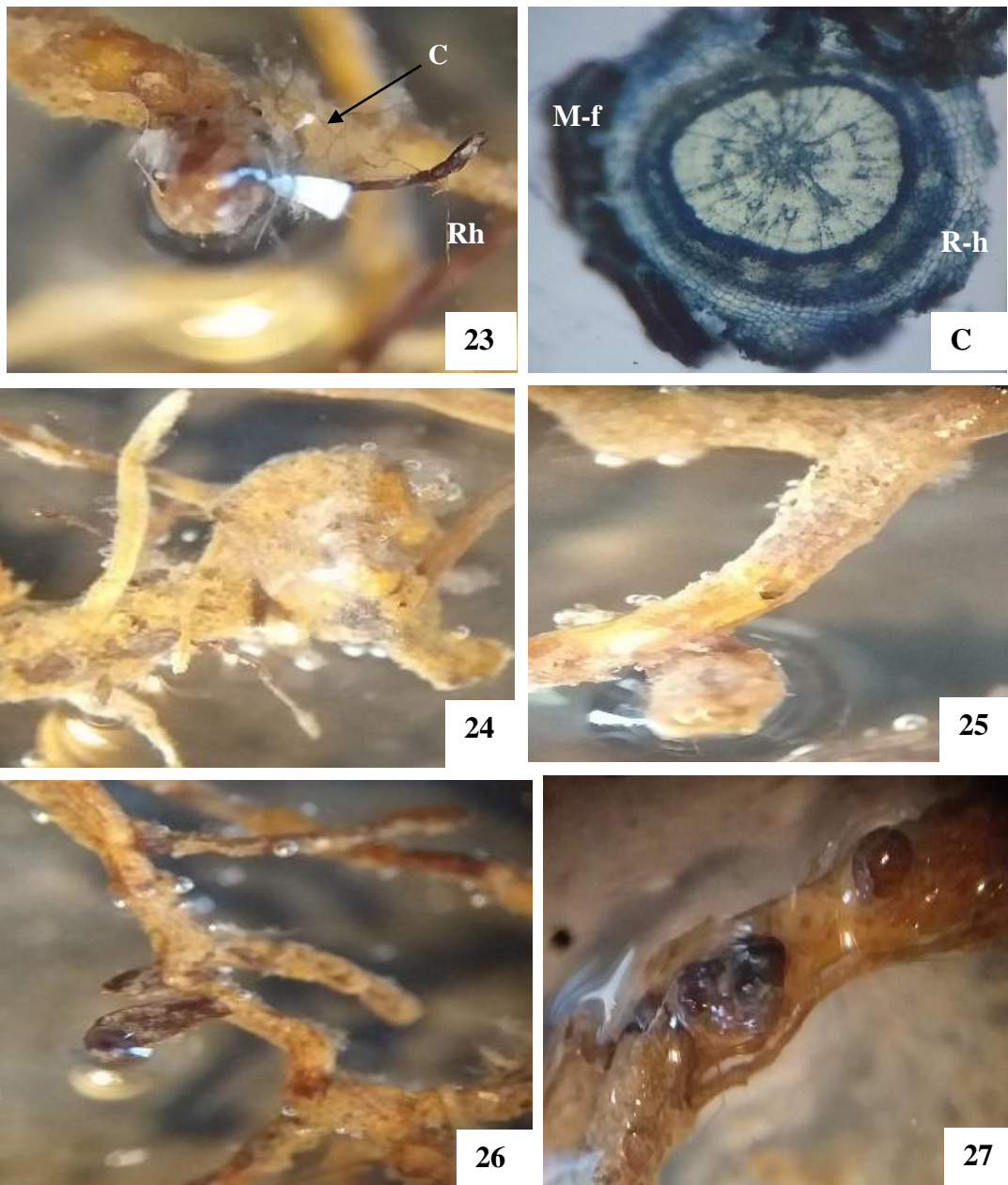


Fig.23 : ECM marron d'une distribution simple, présent un manteau fongique avec cordon et un rhizomorphe. **C** : coupe anatomique présente manteau fongique épais de type parenchymateux.

Fig.24 : ECM de type monopodiale, le manteau est lisse et plectenchymateuse.

Fig.25 : ECM beige d'une distribution simple, présente une texture granuleuse.

Fig.26 : ECM noire d'une distribution simple, présent une texture du manteau lisse.

Fig.27 : ECM d'une distribution simple, présent une texture du manteau lisse.

Planche VI

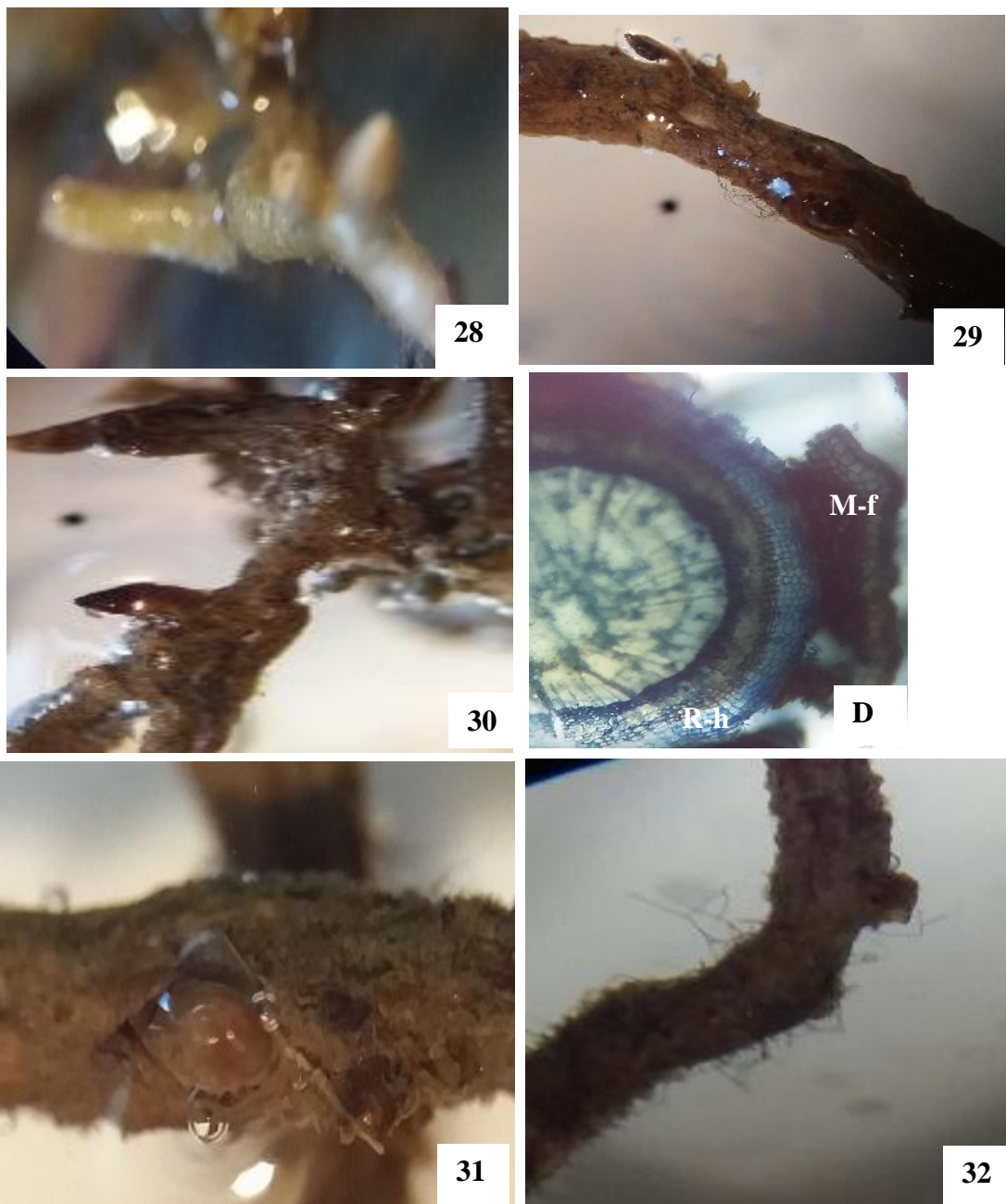


Fig.28 : ECM blanchâtre d'une forme dichotomique, présent d'une extrémité lisse.

Fig.29 : ECM noire, présent d'un manteau fongique et des cordons.

Fig.30 : ECM marron, présent un manteau fongique épais. **D** : coupe anatomique présent un manteau fongique de type parenchymateux.

Fig.31 : ECM miel d'une distribution simple présent un manteau fongique épais avec des cordons mycéliennes.

Fig.32 : ECM noire d'une distribution simple, présent une texture granuleuse.

Planche VII

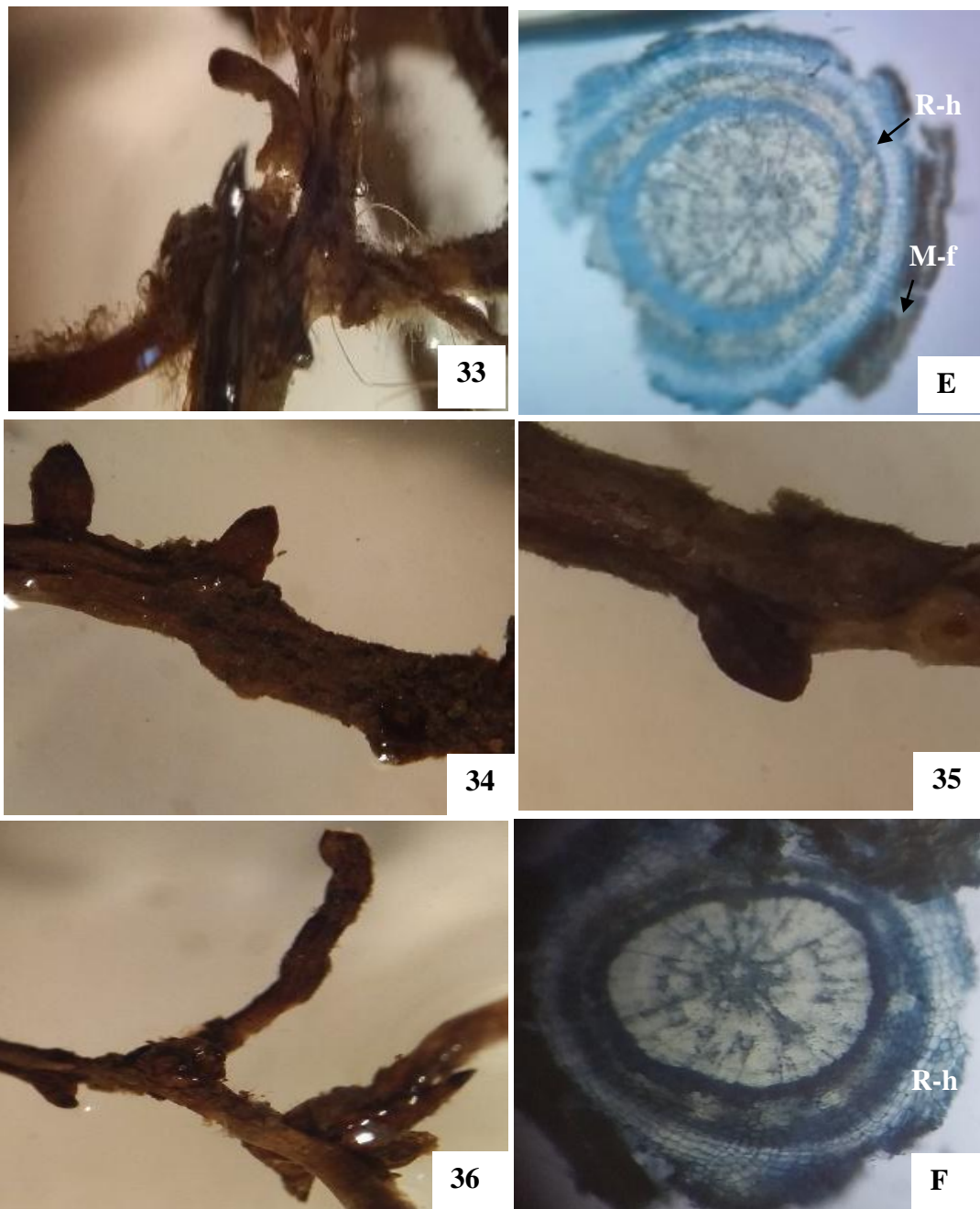


Fig.33 : ECM marron, d'une distribution simple présent d'un manteau fongique et des cordons. **E :** coupe anatomique présent un manteau fongique de type parenchymateux.

Fig. 34 : ECM marron à une distribution simple présent une texture granuleuse.

Fig.35 : ECM marron, d'une distribution simple présent une texture granuleuse

Fig.36 : ECM marron, présent un manteau fongique épais. **F :** coupe anatomique présent un manteau fongique de type parenchymateux.

Planche VIII

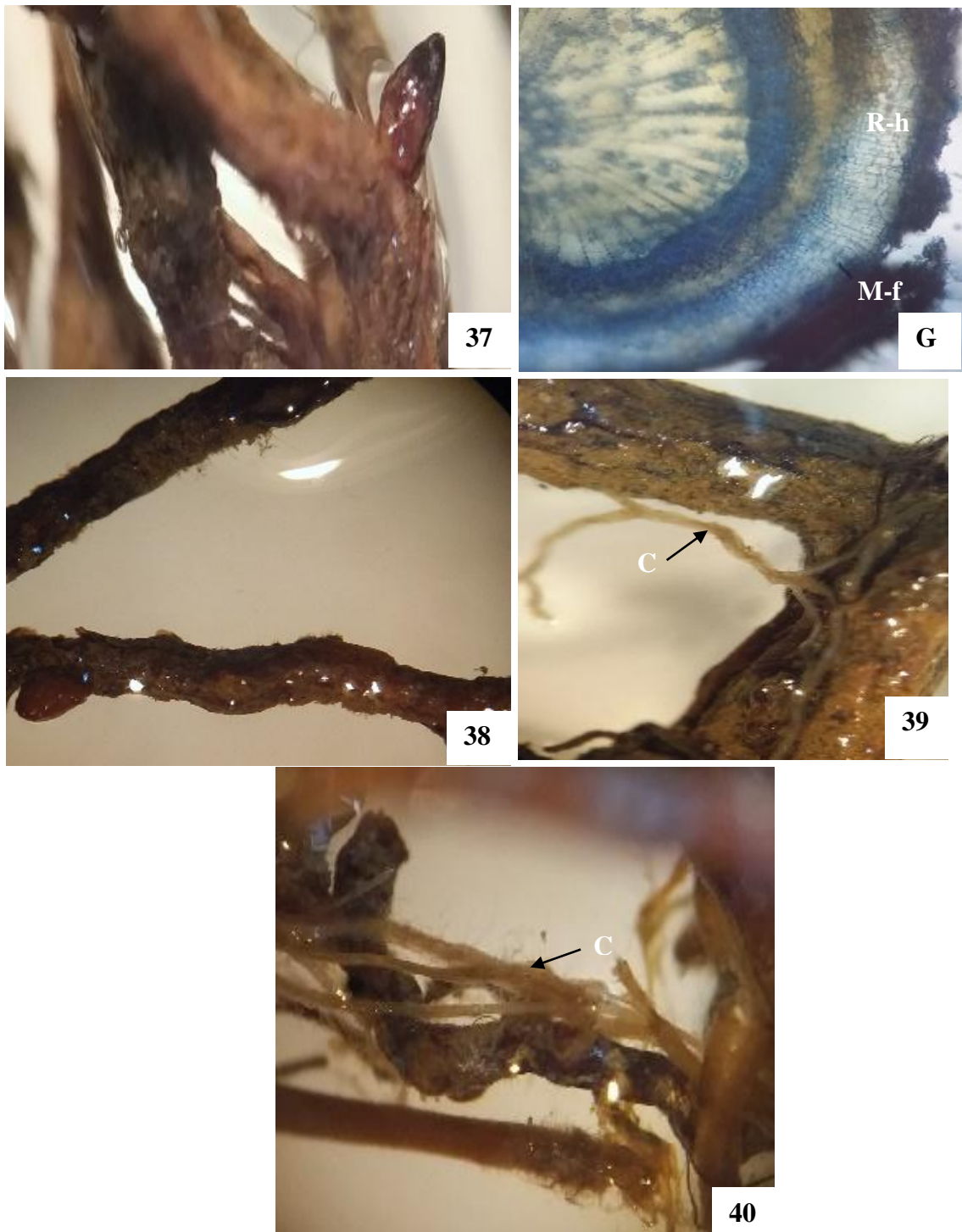


Fig.37 : ECM rouge à distribution simple, à une texture lisse présent un manteau fongique parenchymateux. **G** : coupe anatomique présent un manteau fongique épais.

Fig.38 : ECM miel à marron, d'une distribution simple texture lisse.

Fig.39 : ECM marron, présent une texture lisse avec des cordons.

Fig.40 : ECM noire d'une distribution simple, présent des cordons longs.

3. Comparaison entre une racine mycorhizée et une racine non mycorhizée

L'observation des coupes transversales des racines non mycorhizées de *Quercus ilex* L. montre qu'elles sont caractérisées par la présence de cellules rhizodermiques qui forment les poils absorbants, qui ont une fonction principale d'absorption d'eau et de sels minéraux. Elle comprend également un péricycle, qui correspond à l'assise la plus externe du cylindre central. Plus au centre viennent les deux tissus conducteur le xylème et le phloème.

L'observation des coupes transversales des racines courtes mycorhizée du *Quercus ilex* L. montrent qu'elles sont entourées d'un manteau fongique à partir duquel les hyphes se répandent dans le sol, avec la présence de réseau de Hartig, qui est un réseau d'hyphes s'insérant entre les cellules de l'écorce racinaire. (Fig. 22 et fig. 23).

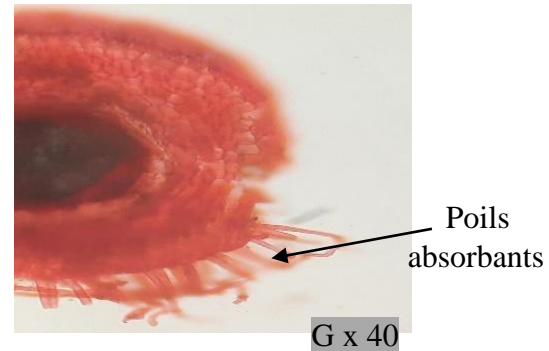
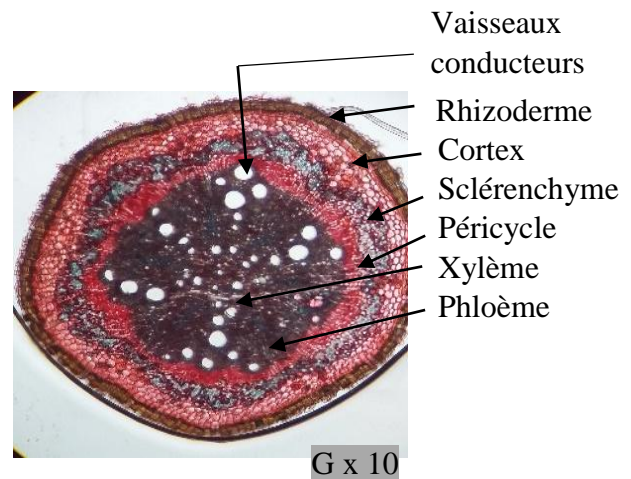
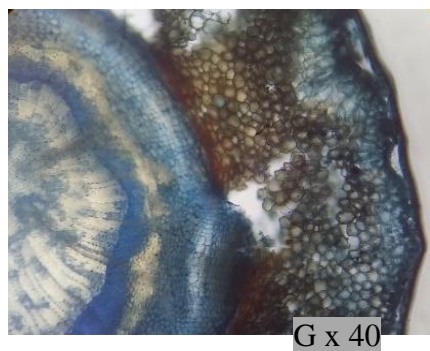
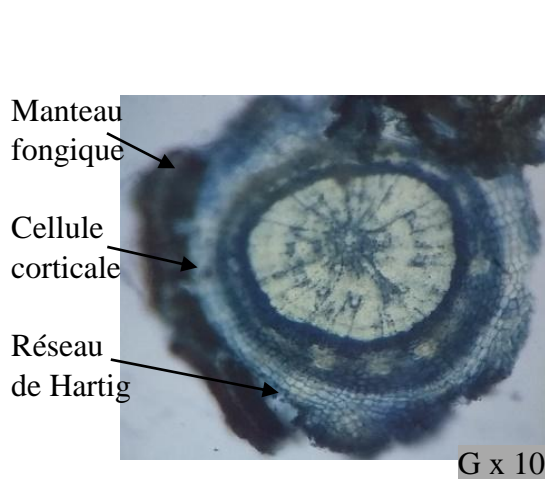


Figure. 11 : Coupes transversales d'une racine mycorhizée sous microscope optique au G x10 et G x40.

Figure. 12 : Coupes transversales d'une racine non mycorhizée sous microscope optique au G x10 et G x40.

4. Taux d'ectomycorhization :

Le calcul du taux d'ectomycorhization des racines du chêne vert (*Quercus ilex* L.) a révélé un taux important de **80%**.

II. Discussion

Nous allons décrire, dans ce chapitre les ectomycorhizes associées aux racines de *Quercus ilex* d'un peuplement naturel (Tala-Guilef).

I. Description des ectomycorhizes de *Quercus ilex*

Nous présenterons en premier lieu les différents mycorhizes récoltés que nous décrirons par la suite en les classant selon la classification établie par Voiry (1980) et Agerer (1990).

Les descriptions morphologiques concernent le mycélium extramatriciel, les cordons mycéliens et le type d'ornementations

Pour ce qui est des structures anatomiques quelques coupes seulement ont été réalisées sur sept morphotypes identifiés. Cette difficulté est due au fait que les mycorhizes récoltés ont été mal conservés donc se sont déstructurés.

Les caractéristiques anatomiques définies, ne nous ont pas permis de distinguer des différences notables.

Les prélèvements s'étant effectués sur un ensemble d'individus (10) dont l'âge déterminé est de 5ans, le taux de mycorhization de 80% corrobore les résultats de Domingue Nuñez *et al.* (2006) qui en travaillant sur l'influence de la mycorhization de *Quercus ilex* et *Quercus fraginea* par *Tuber melanosporum* ont constaté que la mycorhization est établie sur de jeunes plants dès l'âge de 2ans. Une autre étude menée par Richard *et al.* (2004) a révélé une grande variété de champignons ectomycorhiziens (près de 140 taxa ont été répertoriés sur un échantillon de 558 ectomycorhizes. Après analyse par ITS-RFLP sur des sujets âgés d'un an, 3 et 10 ans ainsi que sur de vieux chênes).

Ils ont également rapporté la dominance de la mycorhization par *Cenococcum geophilum* (35%) les Russulaceae, les cortinariaceae et les Telephoraceae avec un taux n'excédant pas les 20% d'ectomycorhizes. Ils ont conclu alors que l'âge des plants n'impacte pas la diversité ectomycorhizienne du chêne.

Une expérience menée par Garcia de Jalon (2020) sur les effets du microhabitat et des ectomycorhizes sur la croissance et le maintien de plants de *Quercus ilex* sous conditions de sécheresse a montré que les ectomycorhizes à hyphes extramatricielles sont plus abondantes et

longues en milieu sec et permettent la survie des plants de *Quercus ilex*. Ceci corrobore notre résultat avec un sol sec du 1% d'humidité.

Lors de notre étude concernant le statut symbiotique de *Quercus ilex* L. de la forêt de Tala-Guilef, nous avons relevé la présence d'ectomycorhizes au niveau de la plupart des racines et l'absence de formation des endomycorhizes et des ectendomycorhizes.

Les échantillons des racines du chêne vert (*Quercus ilex* L.) prélevés présentent plusieurs types d'ectomycorhizes, 40 types morphologiques ont été répertoriés. Les ectomycorhizes de formes simple et de couleur noire et marron sont les plus fréquents. Selon Garbay (2013), le champignon ascomycète *Cenococcum géophilum* forme des ectomycorhizes noire très caractéristiques avec de nombreuses essences forestières, dans toutes les zones boréales, tempérées et méditerranéennes du globe. Il est particulièrement fréquent dans les sols sujets à des périodes de dessèchement et son abondance augmente lors de ces périodes.

Quelques ectomycorhizes possèdent des cordons mycéliens ou des rhizomorphes associés au manteau, le rôle de ces structures est important dans le transfert de l'eau et des nutriments du sol vers les racines Thoen et Ducouso, (1989). Le mycélien qui émane de l'intérieur du manteau s'insinue entre les cellules à tanins qui se remplissent de substances polyphénoliques brune sont typique de réactions de défense d'une plante face à l'agression par un champignon pathogène et colonise une seule ou plusieurs assises de cellule saines du parenchyme corticale (Garbaye, 2013).

Selon les travaux d'Agerer (2006), les ECM adoptent une stratégie avec une phase extramatricielle qui peut se présenter sous différents types d'exploration contact (lisse) (planche I, Fig.1 et Fig.4), type d'exploration courte distance (hyphes abondants et courts) (planche I, Fig.1), de type d'exploration moyenne ou longue distance (rhizomorphes fréquents ou peu abondants et bien structurées). (Planche III, Fig.15).

L'étude anatomique et l'observation des différentes coupes révèlent un manteau fongique épais ou peu épais. Ce manteau a une épaisseur variant d'une mycorhize à une autre allant d'une texture plectenchymateuse à pseudo-parenchymateuse. Les coupes observées ont montré en majorité une texture pseudo-parenchymateuse. Le manteau par son étroite adhérence à la racine constitue une réserve de nutriments, jouant un rôle dans les échanges réciproques entre les racine des végétaux et certains champignons du sol (Abdoulaye, 1992). Le réseau de Hartig est le siège de tous les échanges entre la plante hôte et son partenaire fongique.

Chez la plupart des ectomycorhizes que nous avons observées, le réseau de Hartig s'étale sur trois à six couches de cellules corticales. Ainsi, il a été démontré que les racines courtes mycorhizées survivaient au stress hydrique suffisamment sévère et sa fonction principale au sein du cortège ectomycorhiziens d'un arbre est de maintenir vivante une proportion significative de racine fines pendant les périodes de sécheresse, permettant ainsi à l'arbre de profiter immédiatement du retour de l'humidité lors des premières pluies (Garbaye, 2013). Les mycorhizes jouent un rôle moteur dans la richesse, la stabilité et la complexité des écosystèmes par ses effets régulateurs sur les populations et les communautés d'organismes qui lui sont directement ou indirectement associées (Gardes, 2003).

D'après Dommergues et Mangenot, (1970), la mycorhization est sous la dépendance de nombreux facteurs se produisant dans le sol. Elle est influencée comme les autres processus biologiques par ses caractéristiques physiques et chimiques de celui-ci.

Les caractéristiques physiques et chimiques des sols prélevés à des profondeurs comprises entre 15 et 30 cm sous l'essence étudiée montrent que la zone d'étude est caractérisée par un pH neutre à basique. Les résultats obtenus par le présent travail montrent que cette essence adopte une stratégie qui consiste à développer un certain type de champignons ectomycorhiziens pour s'adapter à ce type de pH qui joue un rôle considérable dans le développement et la répartition des plantes spontanées ou de culture (Ferrière, 1933). Cependant, le triangle des textures montre que la texture du sol étudié est limonosabloneuse pauvre en éléments nutritifs, avec 2.39% de carbone et 1% d'humidité.

L'étude de la communauté et la richesse ectomycorhizienne de *Quercus ilex* L. a révélé une large diversité des partenaires ectomycorhiziens et un taux élevé de mycorhization. Ce dernier dépend des interactions entre les analyses physico-chimique du sol. Parmi les paramètres mesurés la fréquence de l'infection est celle qui enregistre le taux le plus élevée, et les caractéristiques édaphiques comme la texture du sol, le pH et l'humidité peuvent influencer la dynamique et la structure de la communauté fongique ectomycorhizienne (Bouabdelli *et al.*, 2018), ce qui exprimerait une adaptation à l'environnement pour optimiser l'approvisionnement du couple mycorhize- plante en éléments nutritifs à la base des échanges réciproques entre les deux partenaires.

Certains auteurs ont suggéré que les ectomycorhizes pouvaient provoquer une augmentation du stress hydrique en stimulant la transpiration, entraînant ainsi, un potentiel hydrique foliaire plus faible (Pallardy *et al.*, 1990), mais l'effet de la symbiose mycorhizienne

ectotrophique est mal compris dans tous ses mécanismes. Toutes les études concernant les facteurs liés à l'eau chez les plantes mycorhizées doivent tenir compte des facteurs liés à la plante, tels que l'état nutritif (Smith et Read, 1997).



Conclusion

Conclusion

Au terme de cette étude, il nous semble important d'évoquer les principaux résultats auxquels nous sommes parvenus.

Notre étude a permis de mettre en évidence la présence des champignons ectomycorhiziens chez *Quercus ilex* L., dans la région de Tala-Guilef. Nos résultats montrent la présence d'une grande richesse en partenaires fongiques ectomycorhiziens avec 40 types morphologiques, et un taux d'ectomycorhization élevé de 80.

Les ectomycorhizes sont de couleur variées blanche, marron, noire, beige, jaune, rouge et orange. Elles présentent des distribution simple, monopodial et dichotomique à mycélium extramatriciel abondant ou peu abondant. La morphologie et la couleur des ectomycorhizes en fonction du champignon symbiotique. Les coupes transversales des ectomycorhizes montrent un manteau fongique épais ou peu épais de types pseudoparenchymateux ou pléctenchymateux, et un réseau de Hartig qui s'étend sur trois à six couches de cellules corticales.

Les analyses physico-chimiques du sol de la zone d'étude présentent un sol de type limonosabloneux à pH neutre à basique, pauvre en carbone avec 1% d'humidité.

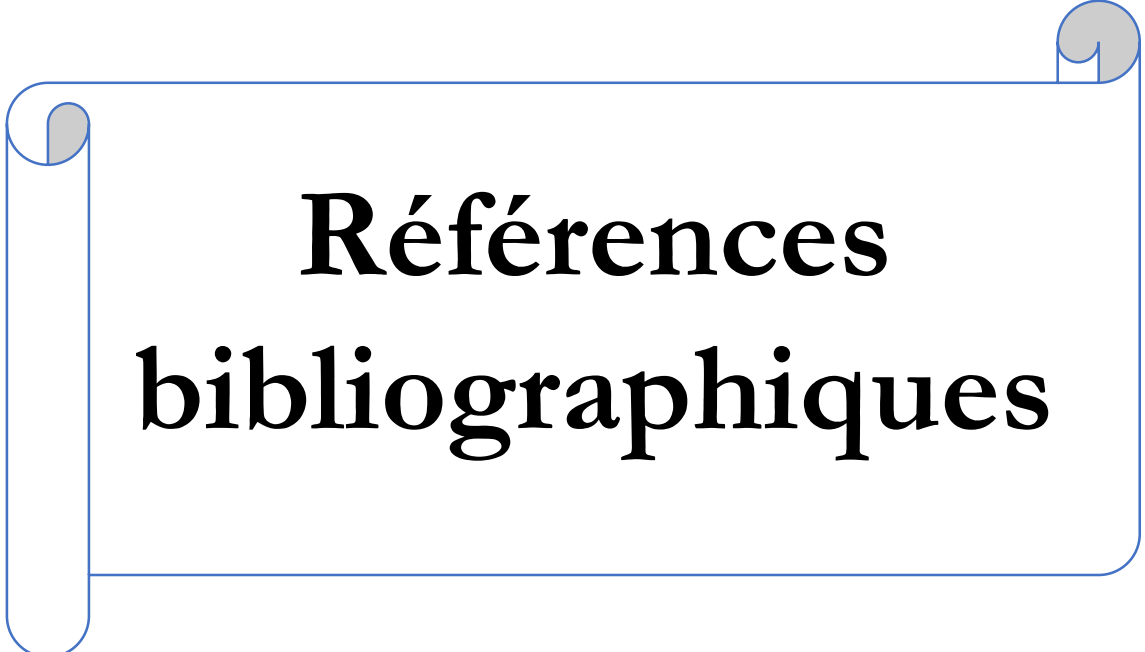
La symbiose mycorhizienne, joue un rôle déterminant dans la structuration et la dynamique des écosystèmes végétaux, donc le rôle prépondérant de ces champignons est l'amélioration de la nutrition de la plante de *Quercus ilex* L.

Les mycorhizes sont essentiels non seulement pour l'absorption des nutriments et la défense contre les agents pathogènes du sol, mais aussi pour aider les plantes à faire face aux effets néfastes du déficit hydrique du sol.

Perspectives d'étude

Il serait souhaitable de prospecter la zone d'étude et ramasser les carpophores et les identifier pour faire un rapprochement avec les symbioses contractées.

- Déterminer les profils génétiques des mycorhizes.
- Isoler les champignons ectomycorhiziens au laboratoire.
- Produire des plants de chêne ectomycorhizés en vue de les transplanter, dans la nature et faire face au stress hydrique.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Agerer R. (2006).** Fungal relationships and structural identity of their ectomycorrhizae. Mycol. Progress.S : 67-107.
2. **Amadou Bâ, Robin Duponnois, Moussa Diabaté, Bernard Dreyfus. (2011).** Les champignons ectomycorhiziens des arbres forestiers en Afrique de l'Ouest. Editions IRD : P 252.
3. **Barbéro, M. et Loisel, R. (1980).** Le chêne vert en région méditerranéenne. Revue forestière française. 6 : 531-543.
4. **Barbero, M. P., Quezel et S. Rivas-Martinez. (1981).** Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc. Phytocoenologia : 311-412.
5. **Bolos, O. et Molinier, R. (1958).** Recherches phytosociologies dans l'Île de Majorque collectane Botanica. N°5 : 699-865.
6. **Dahmani, M. (2002).** Typologie et dynamique des chênaies vertes en Algérie. Forêt Méditerranéenne. XXIII (2) : 117-132.
7. **Dommergues, Y. et Mangenot, F. (1970).** Ecologie microbienne du sol. Masson, Paris.
8. **F. Richard, S. Millot, M. Gardes, M. A. Selosse. (2004).** Diversity and specificity of ectomycorrhizal fungi retrieved from an old-growth Mediterranean forest dominated by *Quercus ilex*. New phytologist. 166 : 1011-1023.
9. **François Le Tacon. (1978).** La mycorhization contrôlée et ses possibilités d'application. Les progrès réalisés aux Etats-Unis. Revue Forestière Française. 30 (5) : 353-362.
10. **H. Aouam, A. Kebir, A. Benmouffok. (2008).** Contribution à l'étude de sol de la région de Tala-Guilef. Rôle des facteurs de station dans la distribution spatiale des sols. Recherche agronomique n°22 : 7-17.
11. **J. André Fortin. (1991).** Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées. 3^{ème} édition. Québec, Canada. PP 250.
12. **Jacques Vieillefon. (1979).** Contribution à l'amélioration de l'étude analytique des sols gypseux. Cah. ORSTOM, sér. Pédol. XVII (3) : 195-223.
13. **Jean Garbaye. (2013).** La Symbiose Mycorhizienne : Une association entre les plantes et les champignons. Edition Quae. PP 251.
14. **José Alfonso Dominguez Nunez, Jesus Selva Serrano, José Antonio Rodriguez Barreal, José Antonio Saiz de Omenaca Gonzalez. (2006).** The influence of mycorrhization With *Tuber melanosporum* in the afforestation of a Mediterranean site

- with *Quercus ilex* and *Quercus faginea*. Forest Ecology and Management. 231 : 226-233.
- 15.Le Tacon, F. (1985).** La mycorhization contrôlée et ses possibilités d'application. Les progrès réalisés aux Etats-Unis. Revue Forestière Française XXX. 5 : 353-362.
- 16.M. Barbero et R. Loisel. (1980).** Le chêne vert en région méditerranéenne. Biologie et Foret. R.F.F. XXII. 6 : 531-543.
- 17.Marcel Barbero et Roger Loisel. (1980).** Le chêne vert en région méditerranéenne. Revue forestière française. 32 (6) : 531-543.
- 18. Pallardy Strphen.G et Bing-Ruini. (1990).** Repons of gas exchange to water stress in seedlings of woody angiosperms. Tree Physiology (8) : 1-9.
- 19.R. Bergero, S. Perotto, M. Girlanda, G. Vidano et A. M. Luppi. (2000).** Les champignons mycorhiziens éricoides sont des racines communes associées à une plante méditerranéenne ectomycorhizienne (*Quercus ilex*). Ecologie moléculaire. 9 : 1939-1649.
- 20.Raoul Calvet. (2013).** Le Sol. 2 éme éddition. P 678.
- 21.Regimbeaur, M. M. (1879).** Chêne yeuse ou chêne vert. Rue Dorée. 24 : PP 195.
- 22.Simon Egli et Ivano Brunner. (2002).** Les Mycorhizes une fascinante biocénose en forêt. Not part 35 : 1-8.
- 23.Smith, S. E, et Read, D.J. (1997).** Mycorhizal Symbiosis Academic Press, Inc., San Diego California.
- 24.Soumia Hebabaze, Christoph Brand, Zahra Moutaib, Carsten Riechelmann, Sylvain Raffy, Matthias Kraume, and Mohamed Chlaida. (2014).** Etude des prformances d'un réacteur biologique séquentiel « SBR » pour le traitement des effluents d'une entreprise agroalimentaire marocaine. 9 (2) : 744- 756.
- 25.Zerrouki, A. Rached-Kanouni, M. Redjaimia, L. Kara, K. Touafchia. (2022).** Evaluation de l'état sanitaire de la chêne vert (*Quercus ilex L.*, 1753) du foret de chettaba (Constantine). Revue des Bio Ressources. 12 (1) : 23-35.



Annexes

Annexes

Annexe I : Préparation des colorants

1. Préparation du Bleu coton

- Peser 0.2g de bleu coton.
- Mélanger dans 100ml d'eau distillée.
- Agiter pendant 30 minutes sur un agitateur.

2. Composition du Formol-Acide acétique-Alcool (FAA)

- 50ml d'eau distillé.
- 50ml d'Ethanol à 5%.
- Prendre 90ml de cette préparation, lui rajouter :
- 5ml d'Acide Acétique.
- 5ml de Formol.

3. Préparation de Verte de méthyl

- Peser 2g de verre de méthylène.
- Ajouter 4ml d'ammoniaque NH_4 .
- Mélanger dans 110ml d'eau distillé + 90ml d'Acide Acétique.
- Faire agiter le tout avec un agitateur pendant 30 minutes.
- Enfin, on le met dans un bain marine à 30° - 40° pendant 5 à 10 minutes.

4. Préparation de rouge Congo

- Peser 6g de rouge Congo (Read).
- Mélanger dans 196ml d'eau distillé + 120ml de l'acide acétique glacial.
- Agiter pendant 30 minutes sur un agitateur.

Annexe II : Etude du sol échantillonné

I. Evaluation de la granulométrie d'un sol (Raoul Calvet, 2013).

L'analyse granulométrique des matériaux fait l'objet de nombreux travaux en science du sol en sédimentologie. Elle met en œuvre des méthodes basées sur la séparation des particules solides selon leur taille. Ces méthodes reposent cependant sur des principes différents. La procédure la plus fréquente utilise la séparation des particules par sédimentation en milieu aqueux. Elle est détaillée dans la norme AFNOR X 31-107, avant la procéder à la détermination de la distribution pondérale des particules, les matériaux à analyser doivent faire l'objet d'un ou plusieurs prétraitements.

Le protocole d'évaluation de la granulométrie d'un sol implique plusieurs étapes :

Granulométrie minérale est la proportion pondérale des particules minérales élémentaires.

1- Prélèvement de l'échantillon de sol :

Un échantillon représentatif est prélevé dans la zone d'étude Tala-Guilef est conditionné dans un sachet Zip. Ce dernier est conservé à l'obscurité à 4°C.

2- Appareillage :

- Balance analytique
- Tamis en cuire : 20 µm (Argile) ; 45 µm (Limon) ; 180 µm (Sable fin) ; 500 µm (Sable grossier) ; 2000 µm (2mm)
- Agitateur mécanique avec marteau
- Etuve 105°C +/-5°C
- Dessiccateur

3- Préparation de l'échantillon :

- Faire sécher à 105°C pendant une nuit environ 100 g de sol.
- Laisser refroidir au dessiccateur pendant 4 heures.

Dosage : Méthode par tamis

- Peser toute la série de tamis ainsi que la base.
- Monter la série de tamis en commençant par le bas.
- Peser 600 à 800g d'échantillon sec, noter le poids et transférer l'échantillon de sol dans le tamis (2000 µm) et fermer le couvercle.
- Placer le montage sur l'agitateur et fixer solidement.
- Agiter pendant 15 min.
- Retirer le montage.

- Peser chacun des tamis et la base contenant une fraction de l'échantillon.
- Calcul est expression des résultats.

Les résultats sont exprimés en % pour chaque fraction obtenue, selon l'équation suivante :

$$C = \frac{A - B}{D} \times 100$$

Où : **C** : Fraction de l'échantillon sur un tamis (%).

A : Poids du tamis avec fraction (g).

B : Poids du tamis vide (g).

D : Poids d'échantillons total utilisé (g).

II. Détermination du pH d'un sol

Le potentiel Hydrogène (pH) mesure l'acidité de l'eau et joue un rôle important dans la définition de son caractère agressif ou incrustant. Le pH joue également un rôle important dans le développement bactérien au niveau des systèmes de traitement biologique puisque la nitrification optimale ne se fait qu'à un pH compris entre 7,5 et 9 (S. Hebabaze *et al.*, 2014).

Pour ce paramètre nous avons effectués les étapes suivantes :

- Tamiser des échantillons avec un tamis de 2 mm de diamètre.
- Peser 10 g de sol (terre fine ≤ 2 mm) dans un flacon.
- Ajouter 25 ml d'eau distillé.
- Agiter pendant 10 min.
- Puis, laisser reposer la solution pendant 2 heures.
- Mesurer le pH au moyen d'un pH mètre.



Figure.1 : Mesure du pH de l'extrait aqueux de la solution du sol (Originelle, 2023).

➤ **Les normes d'interprétation du pH du sol** (Clech, 2000)

Classe de réaction du sol	pH eau
Extrêmement acide	< 4,5
Très fortement acide	4,5 – 5,0
Fortement acide	5,1 – 5,5
Moyennement acide	5,6 – 6,0
Faiblement acide	6,1 – 6,5
Neutre	6,6 – 7,3
Faiblement alcalin	7,4 – 7,8
Moyennement alcalin	7,9 – 8,4
Fortement alcalin	8,5 – 9,0
Très fortement alcalin	> 9,0

III. Estimation de l'humidité et dosage du carbone organique du sol

Le carbone organique a été mesurée par incinération. Les échantillons de sol ont été placés pendant 16 heures dans un four à moufle à 550 °C. La perte de poids, après calcination, nous donne le taux de carbone.

Dosage de la quantité de carbone dans le sol : Méthode de combustion sèche

- Préparation de l'échantillon : Sélectionnez un échantillon représentatif du sol à analyser et retirez les débris et les pierres.
- Pesée de l'échantillon : Peser précisément 10g d'échantillon sec dans un creuset en céramique préalablement pesé.
- Séchez dans une étuve à 122°C pendant 3h à 4h pour éliminer l'humidité.
- Combustion sèche : Chauffez le creuset contenant l'échantillon dans un four à haute température 550°C pendant 16h pour brûler tout le carbone organique contenu dans le sol.
- Pesée de la cendre : Après la combustion, retirez le creuset du four et laissez-le refroidir à température ambiante pendant 30 min. Ensuite, pesez le creuset et la cendre résultante.
- Calcul de la quantité de carbone : Calculez la quantité de carbone dans l'échantillon en soustrayant la masse du creuset vide de la masse du creuset avec la cendre. Ensuite, multipliez la quantité de carbone obtenue par un facteur de conversion approprié pour obtenir la quantité de carbone organique dans le sol. Il est important de suivre strictement le protocole pour obtenir des résultats précis et reproductibles. Il est également recommandé d'utiliser un appareil de combustion sèche de haute qualité pour obtenir des résultats précis et fiables.

Le facteur de conversion pour calculer la quantité de carbone organique dans un échantillon du sol après une combustion séchée dépend du type de sol et de la méthode d'analyse utilisée. La plupart des laboratoires utilisent une valeur de conversion standard pour les sols de texture similaire. Le facteur de conversion les plus couramment utilisés sont les suivants :

- 1,72 pour les sols limoneux
- 1,50 pour les sols sableux
- 1,58 pour les sols argileux
- 1,70 pour les sols organiques

Ces valeurs peuvent varier en fonction des normes du pays ou de l'institution qui effectue l'analyse. Le facteur de conversion à utiliser doit être fourni par le laboratoire qui effectue l'analyse de la combustion séchée. Le laboratoire peut également recommander une méthode de calcul de la quantité de carbone organique en fonction de la méthode d'analyse spécifique utilisée. Il est important de noter que les facteurs de conversion sont pu varier en fonction de

nombreux facteurs, tels que le pH du sol, le taux d'humidité et les pratiques agricoles. Par conséquent, les résultats de la méthode de combustion séchée doivent être interprétés avec précaution et considérés en conjonction avec d'autres indicateurs de la santé du sol.

Annexe III : La double coloration

Protocole

Les coupes ainsi réalisées sont transférées dans une boîte de Pétri contenant de l'eau mélangée à de l'hypochlorite de sodium (eau de Javel) pendant 20 minutes afin de vider les cellules de leur contenu.

- Elles sont ensuite rincées avec l'eau de robinet.
- Elles sont ensuite soumises à l'action de l'acide acétique glacial afin de neutraliser l'excès d'eau de Javel pendant 30s à 60s.
- Rinçage à l'eau du robinet
- Les coupes sont ensuite transférées dans du vert de méthyl pendant 10 à 15 minutes.
- Rinçage à l'eau distillée.
- Coloration au rouge Congo 15 à 20 minutes.
- Rinçage à l'eau distillée.
- Les coupes sont ensuite montées entre lame et lamelle dans une goutte d'eau pour une observation au microscope optique.



Résumé

L'évaluation du statut mycorhizien du chêne vert de la forêt de Tala-Guilef, a montré, un taux de mycorhization de 80%.

Les échantillons de racines prélevés, présentent plusieurs types d'ectomycorhizes, 40 types morphologiques ont été répertoriés. Les résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques tels que la texture, le pH, le taux de Carbone et le taux d'humidité, ont montré un sol de type limonosabloneux à pH neutre à basique. Ce paramètre est considéré comme l'un des principaux indicateurs de sol. Le sol analysé est pauvre en Carbone et en humidité (1%).

Mots clés : ectomycorhizes, chêne vert, mycorhize, sol, Tala-Guilef.

Abstract

Mycorrhizal status of the holm oak of the Tala- Guilef forest showed a mycorrhization rate of 80%.

The root samples taken show several types of ectomycorrhizae, 40 morphological types have been listed. The results of analysis of physico-chemical parameters such as grain size, pH, carbon content and moisture content, showed a loamy sandy soil with a neutral to basic pH. This parameter is considered one of the main soil indicators. The analyzed soil is poor in carbon and humidity (1%).

Key words : ectomycorrhizae, holm oak, mycorrhizae, soil, Tala- Guilef.