

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche Scientifique*  
*Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou*  
*Faculté des Science Biologiques et des Sciences Agronomiques*



## ***MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES***

*En vue de l'obtention d'un diplôme du master en Sciences*  
*Agronomiques*  
*Option : Foresterie*

Contribution à l'étude de la communauté  
mycorhizienne de trois espèces de chêne  
(Liège, Zeen et Afares) à l'état naturel et au  
stade semis

*Spécialité : Sciences Forestières*

Présenté par :

Mlle Kahina AIT ADDA

Mlle Samira KHELOUI

Devant les jurys :

Mme Harchaoui-Bournine Ch.

MCB-U.M.M.T.O

Mme Mezaour N.

MAA- U.M.M.T.O

Mme Kadi-Bennane S.

MCA-U.M.M.T.O

Année universitaire : 2021-2022

# Remerciements

*Au terme de ce modeste travail on tient à exprimer nos profondes gratitudee au bon Dieu de nous avoir donné la force pour le réaliser.*

*On remercie particulièrement notre promotrice Mme KADI-BENNANE, qui nous a encadrés et conseillés toute au long de la période de la réalisation de ce travail, et grâce à qui ce mémoire a vu le jour.*

*Et à HARCHAOUI-BOURNINE, pour son soutien, ses encouragements et son souci de mener à terme ce travail.*

*Et nous sommes très honorées de la présence Mme MEZAOUR qui a présidé le jury.*

*Nous exprimons également nos sincères et cordiaux remerciements à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

*Et toute l'équipe de laboratoire commun, spécialement l'adorable Ingénieur Mme BEDAD K,*

*En fin que toutes les personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce modeste travail, trouvent ici l'expression de gratitude.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

*A mes très chers parents, oncle et grand-mère, en témoignage de ma reconnaissance pour leur amour, soutien et encouragement. Je n'oublierai jamais leur patience et compréhension envers moi, et l'aide qu'ils m'ont portée pour faciliter la tâche.*

*Que Dieu les garde et les protège.*

*A mes chères sœurs Mezhoura, Lydia. A mon frère Yacine.*

*A mes neveux : Céline, Farid.*

*A mes très chères amies, Samira, Fadila, Kenza, Nesrine, Yasmine, Houria, Zina, Sofie, Lydia, Massissilia.*

*Et toute la promotion de science forestière.*

*Kahina*

# *Dédicace*

*A mes chers parents*

*A la mémoire de mon grand père*

*A ma chère sœur*

*A mes chers frères*

*A mon fiancé pour tout l'encouragement, le respect et l'amour qu'il m'a offert.*

*A mes très chères amies, Kahina, Fadila, Kenza, Nesrine, Yasmine, Houria, Zina, Sofie, Lydia, Massissilia.*

*Merci infiniment.*

*Samira*

## Liste des tableaux

**Tableau 1** : Les différents types de mycorhizes (Smith et Read, 2008).

**Tableau 2** : Position systématique du genre *Quercus* (D'après Quezel et Santa, 1962).

**Tableau 3** : Quelques caractéristiques des chênes algériens (DGF, 2007; Medjmadj, 2014)

**Tableau 4** : données de l'humidité et la température des 4 stations

**Tableau 5** : paramètres édaphiques des 4 stations d'étude.

**Tableau 6** : Distribution de la richesse en morphotypes ectomycorhiziens selon les types exploratoires des trois espèces de chêne

**Tableau 7** : Variation des moyennes de la colonisation ectomycorhizienne et la colonisation endomycorhizienne chez les jeunes semis du chêne liège, chêne afares et chêne zeen *in natura*

**Tableau 8** : matrice des corrélations entre les différentes variables.

**Tableau 9** : Comparaison des résultats de la richesse ectomycorhizienne des trois espèces de chêne

## Liste des figures

**Figure 1** : Représentation schématique des différents types des mycorhizes. (*Le Tacon, 1985*).

**Figure 2** : Arbuscule mature formé dans une racine de poireau (*Allium porrum*). L'arbuscule est formé d'un tronc (T) et de nombreuses branches ramifiées (flèches) (*Brundrett et al., 1984*).

**Figure 3** : Observation microscopique des vésicules dans les racines de *Typha sp.* (X200)(*Al-Achkar et Ali, 2007*).

**Figure 4** : Situation du genre *Quercus* dans le monde (*Romuald, 2007*)

**Figure 5** : Répartition spatiale des chênes sclérophylles dans le bassin méditerranéen (*Quézel et Médail, 2003*).

**Figure 6** : Distribution géographique de *Q. afares* (*Quézel et Bonin, 1980*).

**Figure 7** : Localisation géographique des stations d'étude.

**Figure 8** : Prélèvement des échantillons.

**Figure 9**: Etape de mesure de pH.

**Figure 10** : Méthode indirect de comptage des racines ectomycorhizées.

**Figure 11** : Les différentes étapes de l'observation des endomycorhizes.

**Figures 11-33**: EcM1, EcM6, EcM7, EcM10, EcM16, EcM20, EcM22, EcM24.

**Figures 34-37**: EcM5, EcM26, EcM28, EcM29.

**Figures 38-40**: EcM14, EcM19, EcM21.

**Figures 41-43**: EcM33, EcM36, EcM38.

**Figures 44-58**: EcM2, EcM3, EcM4, EcM8, EcM9, EcM11, EcM12, EcM13, EcM15, EcM17, EcM18, EcM23, EcM25, EcM27, EcM30.

**Figures 59-74**: EcM31, EcM32, EcM34, EcM35, EcM37, EcM39, EcM40, EcM41, EcM42, EcM43, EcM44, EcM45, EcM46, EcM47, EcM48, EcM49.

**Figures 75-85**: EcM50, EcM51, EcM52, EcM53, EcM54, EcM55, EcM56, EcM57, EcM58, EcM59, EcM60.

**Figures 86-97** : Les structures endomycorhiziennes observées à (GX400).

**Figures 98** : distribution de la richesse des morphotypes chez les trois espèces de chênes.

**Figures 99** : Plan factoriel principal F1 x F2 de l'ACP des variables étudiées (le cercle de corrélation).

**Figures 100** : Plan factoriel principal F1 x F2 de l'ACP des variables et des individus étudiés.

## Liste des abréviations

**AM** : Mycorhizes à Arbuscules.

**ECM** : Ectomycorhize.

**VAMs** : Les endomycorhizes.

**F.P.A** : Formol, Acide propionique et Ethanol.

**M**: Morphotype.

**N**: Azote

**P**: Phosphore.

**Rh** : Réseau de Hartig.

**T** : Tanins.

**TC** : Type exploratoire contact.

**TCD** : Type exploratoire courte distance.

**TLMD** : Type exploratoire longue et moyenne distance.

# SOMMAIRE

<i>Introduction</i> : .....	1
<i>Chapitre I : Synthèse bibliographique</i> .....	
<b>1. La symbiose mycorhizienne</b> : .....	3
<b>2. Les différents types des mycorhizes</b> : .....	4
<b>2.1 Les ectomycorhizes (ECMs)</b> : .....	5
<b>2.2 Les Endomycorhizes</b> : .....	6
<b>2.2.1 Endomycorhizes arbusculaires (VAM)</b> : .....	6
<b>2.2.2 Mycorhizes éricoïdes</b> : .....	7
<b>2.2.3 Mycorhizes orchidoïdes</b> : .....	7
<b>2.3 Les ectendomycorhizes</b> : .....	7
<b>2.3.1 Mycorhizes arbutoïdes</b> : .....	8
<b>2.3.2 Mycorhizes monotropoïdes</b> : .....	8
<b>3. Les rôles de l'association mycorhizienne</b> : .....	8
a) <b>Bénéfices trophiques pour la plante</b> : .....	8
b) <b>La stabilité structurale des sols</b> : .....	9
c) <b>Alimentation en eau</b> : .....	9
<b>4. Le rôle des mycorhizes dans la nutrition phosphatée des arbres forestier</b> : .....	9
a) <b>Activités hormonales</b> : .....	10
b) <b>Protection contre les organismes pathogènes</b> : .....	10
<b>5. Présentation des chênes étudiés : Chênes Liège, Chênes zéen et Chênes afares</b> : .....	10
<b>6. Taxonomie</b> : .....	11
<b>7. Aire de répartition du genre <i>Quercus</i></b> : .....	11
<b>7.1. A l'échelle mondiale</b> : .....	11
<b>7.2. A l'échelle du pourtour méditerranéen</b> .....	12
<b>7.3. En Algérie</b> : .....	13
<b>7.4. <i>Quercus suber</i></b> : .....	13
<b>7.5. <i>Quercus canariensis</i></b> : .....	14
<b>7.6. <i>Quercus afares</i> Pomel</b> : .....	14

# SOMMAIRE

## *Chapitre II : Matériel et Méthodes*

1. Présentation des stations d'étude : .....	16
2. Méthode d'échantillonnage : .....	17
3. Matériel végétal : .....	17
4. Paramètres morphologiques : .....	19
5. Préparation des racines : .....	20
6. Observation anatomique des ectomycorhizes : .....	21
7. Estimation de la colonisation ectomycorhizienne : .....	21
8. Préparation et détection des racines endomycorhizées : .....	22

## *Chapitre 3 : Résultats et Discussion*

1. Caractéristiques physiques du sol. ....	25
2. Le statut ectomycorhizien de chêne liège, chêne zeen et du chêne afares au stade semis en peuplement naturelle.....	25
2.1 Les mycorhizes communes aux jeunes plants des 3 espèces de <i>Quercus</i> .....	26
2.1.2 Les morphotypes ectomycorhiziens communs aux chênes liège et zeen en peuplement naturelle au stade jeune semis.....	30
2.2 Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques au chêne liège en peuplement naturelle au stade semis.....	33
2.3 Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques aux chênes Afares en peuplement naturelle au stade jeune semis.....	36
2.4 Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques au chêne Zeen en peuplement naturelle au stade semis.....	39
3. Le statut endomycorhizien du chêne liège, chêne zeen et chêne afares : .....	42
4. L'analyse en composantes principales(ACP) : .....	47
5. Discussion .....	50
<i>Conclusion</i> .....	52
<i>Références bibliographiques</i> .....	53
<i>Annexes</i> .....	73

Les chênes constituent pratiquement à eux seuls, divers types de paysages hautement caractéristiques du monde méditerranéen. En effet, les chênes caducifoliés se rencontrent en ambiance bioclimatique humide, particulièrement à l'étage supra-méditerranéen. En revanche, les chênes sclérophylles caractérisent préférentiellement l'étage de végétation méditerranéen à ambiance bioclimatique subhumide (Barbero *et al.*, 1991).

En Algérie, les chênes représentent un capital forestier où ils couvrent près de 40% de la forêt Algérienne (Alatou, 1994). *Quercus suber* et *Quercus canariensis* connaissent une dégradation continue et alarmante. Celle-ci se traduit par exemple par une régression de sa surface du chêne liège de 440 000 à 229 000 hectares, (Harfouche *et al.*, 2003). En effet, il n'est considéré actuellement comme productif que de 48000 à 65000 ha (Messaoudene, 1989). Cette régression est le résultat d'une mauvaise gestion combinée aux changements climatiques affectant le maintien et la production de bois et liège et limitant la régénération naturelle (Kanouni, 2012).

Malgré l'effort consenti par l'état et les services concernés par la protection, conservation et réhabilitation des forêts notamment, les chênaies, il ne reste pas moins que leurs efforts restent vains. En effet, un programme grandiose de reboisement est mis en place, néanmoins le taux d'échec est alarmant et les causes sont multiples : i) Qualité des plants produits en pépinière (vigueur, forme et mycorhization), ii) origine des graines, iii) crise et période de transplantation, ix) suivi et opération d'entretien des reboisements.

Dans la nature, la majorité des végétaux terrestres vit en symbiose avec des champignons. Les associations mycorhiziennes jouent un rôle clef dans le fonctionnement et la stabilité des écosystèmes terrestres en intervenant fortement dans les relations plante-plante (Janos, 1980), elles améliorent ainsi la productivité et la biodiversité végétales dans ces écosystèmes. (Duponnois *et al.*, 2010 ;Bouazza, 2016).

Selon Garbaye (1985), les plants produits en pépinière doivent être équipés d'un ou de plusieurs partenaires symbiotiques afin de leurs permettre une installation stable dans les milieux dans lesquels ils sont installés. Néanmoins, ces partenaires doivent être efficient et pouvoir se maintenir lors de l'installation des plants dans le sol. De ce fait, il est nécessaire de bien choisir le ou les champignons à inoculer et pour quelles conditions du milieu.

En Algérie, la production des plants de chêne en pépinière n'est pas règlementée. En effet, les plants utilisés dans les projets de reboisement ne sont pas certifiés et donc pas contrôlés pour leurs qualités de croissance (racine, tige, forme, ratio de robustesse) et encore moins pour leurs statuts mycorhiziens avant leurs installations.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de premières initiatives et documentations pour améliorer la qualité des plants de chêne liège, chêne afares et chêne zeen produits en pépinière dans nos régions. Pour ce faire, la première étape est la connaissance des partenaires mycorhiziens de ces trois plantes hôtes dans leurs milieux naturels.

Notre travail est scindé en trois chapitres :

Chapitre I : Synthèse bibliographique.

Chapitre II : Matériel et Méthodes.

Chapitre 3 : Résultats et Discussion.

Nous terminons ce travail par une discussion générale et une conclusion

*Chapitre I : Synthèse  
bibliographique*

## **1. La symbiose mycorhizienne :**

L'association symbiotique entre plantes et champignons est une relation très ancienne qui se réfère à la période Ordovician, il y a 460 millions d'années induite par les champignons de la familles des Glomales (Heckman *et al.*, 2001).

La mycorhize (du grec myco : champignon et rhiza : racine) est une relation symbiotique entre les champignons et les racines des plantes par laquelle ils s'échangent des matières. D'une part la mycorhize satisfait les besoins du partenaire fongique en composés carbonés synthétisés par la plante hôte photosynthétiques, et d'autre part elle permet à la plante hôte de bénéficier d'une meilleure nutrition minérale grâce au réseau d'hyphe extra-radriculaire qui s'étend bien au-delà de la zone du sol explorée par les racines (Smith et Read, 1997).

Elles constituent des composantes essentielles dans la relation sol-plantes-microorganismes. En effet, environ 90 % d'espèces végétales ne peuvent croître normalement sans s'associer à un partenaire fongique dont elles sont fortement dépendantes (Janos, 1980 ; Hetrick, 1984 ; Brundrett, 1991 ; Gobat et al, 2003).

## **2. Les différents types des mycorhizes :**

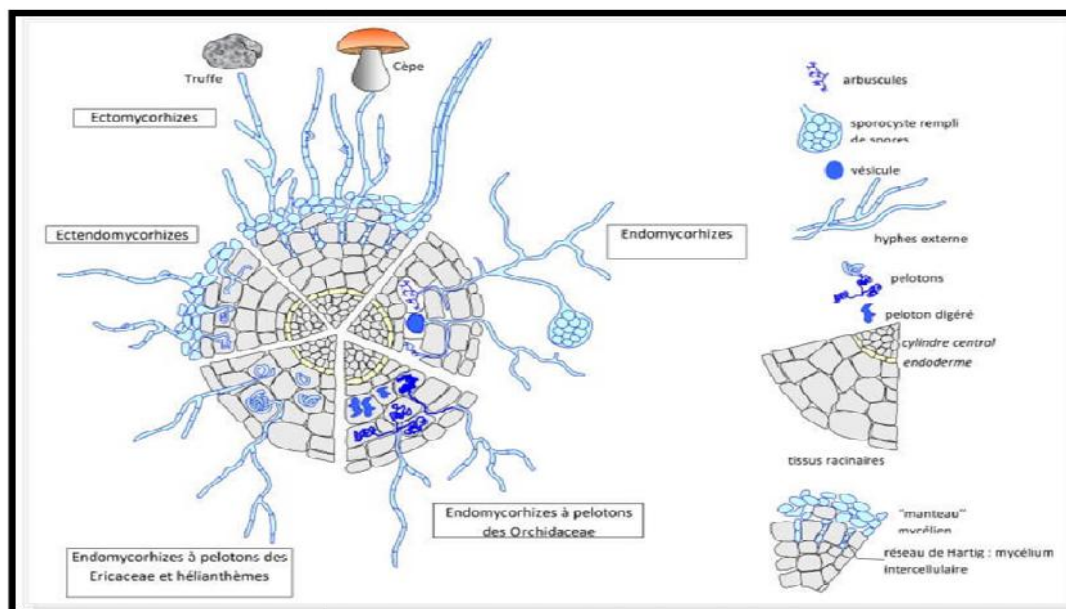
Les mycorhizes sont classés par leurs caractéristiques morphologiques distinctes (Wang et Qiu, 2006). Il existe plusieurs types de mycorhizes à savoir : endomycorhizes à arbuscules, ectomycorhizes, ectendomycorhizes, mycorhizes arbutoïdes, éricoïdes et orchidoïdes. Les mycorhizes à arbuscules sont les plus primitives et les plus répandues dans les écosystèmes naturels. Elles sont, avec les mycorhizes orchidoïdes et les ectomycorhizes, les plus fréquentes et les plus étudiées. (Tedersoo *et al.*, 2010).

**Tableau 1 : Les différents types de mycorhizes (Smith et Read, 2008).**

(1) MA= mycorhizes à arbuscules, (2) ECM = Ectomycorhizes, Gymno=Gymnosperme ; Angio. Angiospermes ; Erica=Ericacées ; Monotropa=Monotropacées ; Orchida. Orchidacées Gloméro. =Gloméromycota ; Basidio=Basidiomycota ; Asco. =Ascomycota ; Bryo. =Bryophytes ; Ptérido. =Ptéridophytes )

	MA <sup>(1)</sup>	ECM <sup>(2)</sup>	Ectendomycorhizes	Mycorhizes arbutoïdes	Mycorhizes monotropoïdes	Mycorhizes éricoïdes	Mycorhizes orchidoïdes
<b>Champignon</b>							
Hyphes							
avec cloison	-	+	+	+	+	+	+
sans cloison	+	-	-	-	-	-	-
Arbuscules	+	-	-	-	-	-	-
Pelotons	-	-	+	+	+	+	+
Manteau	-	+	+ ou -	+ ou -	+	-	-
Réseau de Hartig	-	+	+	+	+	-	-
Taxon	Gloméro.	Basidio./Asco. (Gloméro.)	Basidio./Asco.	Basidio.	Basidio.	Asco.	Basidio.
<b>Plante hôte</b>							
Taxon	Bryo./Ptérido. Gymno./Angio	Gymno./Angio.	Gymno./Angio.	Erica.	Monotropa.	Erica./Bryo.	Orchida.
Chlorophylle	+ (-)*	+	+	+	-	+	-**

La figure 1 représente leurs morphologies sur une même coupe transversale de racine, et le tableau 1 leurs caractéristiques et hôtes préférentiels.



**Figure 1 : Représentation schématique des différents types des mycorhizes. (Le Tacon, 1985).**

(ECM =ectomycorhizes ; - =absent ; + = présent ; \* = rare;\*\* = les Orchidaceae ne sont pas chlorophylliennes au stade juvénile)

Parmi les mycorhizes suscitées, Il existe deux types d'associations mycorhiziennes les plus fréquentes : Les ectomycorhizes et les endomycorhizes.

### *2.1 Les ectomycorhizes (ECMs):*

Ce sont des symbioses formées par des champignons colonisant principalement les arbres et arbustes des régions boréales, tempérées et montagneuses, qui produisent souvent des carpophores à la surface des sols forestiers. Ce sont majoritairement des ascomycètes (Truffes, Terfez) et des Basidiomycètes (Amanites, Chanterelles, Cortinaires) qui touches moins d'espèces végétales que les champignons endomycorhiziens. Il existe entre 5000 et 6 000 espèces de champignons capables de former des ectomycorhizes dont la structure, malgré cette grande diversité, est généralement conservée (Molina *et al.* 1992).

Le champignon fabrique des filaments (mycélium) qui enveloppent les racines de la plante en formant un manchon autour d'elles. Ce type de mycorhizes concerne surtout les arbres. Les célèbres truffes sont en fait les formes fructifères de champignons visibles de ces mycorhizes associées à des arbres comme les chênes.

Sur le plan morphologique et structural, la racine est enrobée d'un manteau visible à l'œil nu, et présente un réseau d'hyphe, appelée réseau de Hartig qui pénètre entre les cellules corticales (Fortin *et al.*, 2008).

#### ➤ **Manteau fongique**

Selon Plusieurs auteurs (Strullu et Gourret, 1980) ; Garbaye, 2013) le manteau fongique est un véritable tissu fongique formé d'hyphe plus ou moins différenciés et enchevêtrés selon l'espèce de champignon.

#### ➤ **Réseau de Hartig (Rh)**

Le réseau de Hartig résulte de la pénétration plus ou moins profonde d'hyphe mycéliens issus du manteau entre les cellules de la première assise épidermique des racines courtes de la plante hôte ; il a un rôle équivalant à celui des arbuscules dans les échanges entre partenaires Smith et Read (2003 in kadi-Bennane, 2016). Le réseau de Hartig est une structure clé de la symbiose, puisque c'est là qu'ont lieu tous les échanges entre les deux partenaires. La partie externe du champignon,

C'est-à-dire toutes les structures fongiques qui assurent le contact entre le sol et la racine et développent la grande surface requise pour une absorption efficace, est beaucoup plus diverse et souvent plus différenciée chez les ectomycorhizes que chez les autres types de mycorhizes (Garbaye, 2013).

## 2.2 Les Endomycorhizes :

L'apparition de cette symbiose remonterait à une époque située entre 353 et 462 millions d'années (Brundrett, 2002 ; Redecker, 2002 ; Russell et Bulman, 2005). Les endomycorhizes (VAMs) (du grec. Endon, à l'intérieur), sont le type de mycorhize qui est caractérisé d'un développement intracellulaire du champignon associé à une racine.

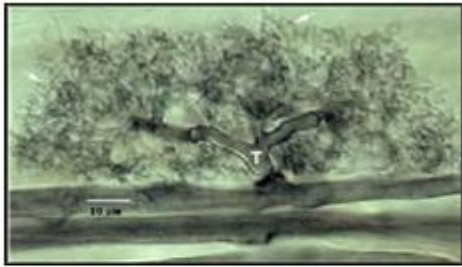
Les VAMs sont les plus répandues et présents chez 90 % de taxons végétaux, sous tous les climats, dans tous les écosystèmes, et ce, indépendamment du type de sol, de la végétation ou des conditions environnementales (Dalpé, 1997).

### 2.2.1 Endomycorhizes arbusculaires (VAM) :

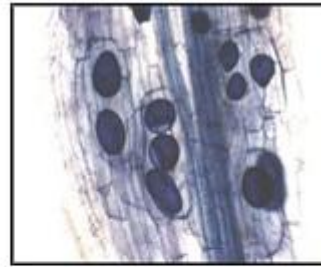
Parmi les associations endomycorhiziennes, ce sont les champignons mycorhiziens à arbuscules (VAM) qui sont de loin les plus répandues à la surface du globe. Ils se sont adaptés à de nombreux environnements et différentes plantes hôtes. Ils peuvent former des associations mutualistes avec les racines fines d'environ 80 % de toutes les plantes terrestre (Smith et Read, 1997) ligneuses, herbacées, les mousses, fougère, Gymnospermes et Angiospermes plusieurs conifères et la majorité des plants à fleurs, mono et dicotylédones.

Le terme `` **arbuscule** `` caractérisant le champignon VAM et décrit la structure qui est formée par toutes les espèces de cet ordre. Les arbuscules, prennent l'apparence d'un arbuste (Figure 2) dont la durée de vie se situe entre 4 à 10 jours et les vésicules (Figure3). Il se retrouve qu'à l'intérieur des cellules corticales de la racine. Cette particularité permet de caractériser les champignons MA comme endomycorhiziens en opposition aux champignons ectomycorhiziens où les hyphes s'intercalent entre les cellules racinaires de leur hôte sans jamais y pénétrer.

Deux types de mycorhizes ecto- et des endomycorhizes se rencontrent chez des espèces ligneuses appartenant aux Salicacées, Bétulacées, Juglandacées, Myrtacées, Césalpinioïdées.



**Figure 2:** Arbuscule mature formé dans une racine de poireau (*Allium porrum*). L'arbuscule est formé d'un tronc (T) et de nombreuses branches ramifiées (flèches) (Brundrett *et al.*, 1984).



**Figure 3 :** Observation microscopique des vésicules dans les racines de *Typha sp.* (X200)(Al-Achkar et Ali, 2007).

### 2.2.2. Mycorhizes éricoïdes :

Elles se rencontrent chez les familles des Ericacée et des Epacridacées. Ce type est extrêmement important dans les écosystèmes où l'azote du sol est lié dans divers composés organiques. Les cellules épidermiques des racines sont colonisées par les hyphes fongiques qui forment des hyphes intracellulaires complexes. Les quelques espèces fongiques identifiées appartiennent aux Ascomycètes (Harchaoui, 2017).

### 2.2.3 Mycorhizes orchidoïdes :

Les mycorhizes Orchidoïdes sont caractérisés par la formation des pelotons d'hyphes dans les cellules corticales du tissu de la racine. De passage, le champignon pénètre dans les cellules exo-dermiques et les hyphes se ramifient à travers le tissu cortical par pénétration intracellulaire. Les pelotons s'effondrent au fil du temps. Les cellules peuvent être colonisées par plus d'un hyphe plusieurs fois. Tous les membres de la famille des Orchidacées sont censés former ce type de mycorhizes. (Smith et Read, 2008).

### 2.3 Les ectendomycorhizes :

Les ectendomycorhizes forment un groupe particulier présentant à la fois des caractéristiques des ectomycorhizes et des endomycorhizes. Les hyphes mycéliens forment autour de la racine un manteau fongique généralement très réduit et les hyphes franchissent les parois des cellules végétales. Il y a pénétration des hyphes dans les cellules racinaires. Le réseau de Hartig reste très limité (Louche, 2009)

### 2.3.1 Mycorhizes arbutoïdes :

Les mycorhizes arbutoïdes sont, comme celles des mycorhizes *éricoïdes* et *monotropoïdes*, que l'on trouve dans l'ordre des Ericales. Comme les mycorhizes *éricoïdes*, la famille des *Ericaceae* est représentée, les mycorhizes arbutoïdes se formant dans les genres *Arctostaphylos* et *Arbutus*. Les associations arbutoïdes se retrouvent également dans la famille des Pyrolacées de l'Ordre des Ericales.

Les champignons des mycorhizes arbutoïdes sont des basidiomycètes, souvent les mêmes espèces fongiques qui forment des associations ectomycorhiziennes. En effet, les structures de ces deux types mycorhiziens sont très similaires, et l'hypothèse est qu'elles fonctionnent également de la même manière. (<https://www.aquaportail.com/definition-9221-mycorhize.html>).

### 2.3.2 Mycorhizes monotropoïdes :

Elles sont formées entre les Monotropacées (plantes non chlorophylliennes) et des Basidiomycètes : présence d'un manteau compact composé de plusieurs couches et un réseau de Hartig qui est présent uniquement au niveau des cellules épidermiques (Smith et Read, 1997).

## 3. Les rôles de l'association mycorhizienne :

L'association mycorhizienne est bénéfique pour les plantes puisqu'elle améliore plusieurs processus physiologiques chez les végétaux.

### a) *Bénéfices trophiques pour la plante :*

Les hyphes ramifiés des champignons mycorhiziens colonisent simultanément les racines et la portion du sol adjacente aux racines et ils se propagent sur plusieurs centimètres ce qui permet à la plante d'accéder à une plus grande quantité d'eau et de minéraux (phosphore, azote, zinc, cuivre...) nécessaires à sa nutrition (Harley et Smith, 1983). Le rapport surface/masse élevée des hyphes leur permet de pénétrer des micro-sites qui sont inaccessibles aux racines des plantes (Smith et Gianinazzi-Pearson, 1988 ; Landeweert *et al.*, 2001; Djigal, 2003).

***b) La stabilité structurale des sols :***

Lors de son développement et plus particulièrement celui du mycélium extramatriciel, elle influence significativement la stabilité structurale des sols (Caravaca *et al.*, 2002 ). Plusieurs études ont largement mis en évidence le grand rôle des ectomycorhizes dans la respiration des sols notamment dans la zone rhizosphérique qui varie de 17% (Fahey *et al.*, 2005 ).

***c) Alimentation en eau :***

Même si la plupart des travaux effectués avec les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMAs) se sont concentrée sur leurs effets sur la nutrition minérale dans les plantes, il y a aussi un intérêt croissant pour la résistance à la sécheresse des plantes mycorhizées (Allen et Boosalis, 1983). Les CMAs sont importants dans l'agriculture durable, car ils améliorent les relations avec l'eau des plantes hôtes et augmentent ainsi leur résistance à la sécheresse (Mekahlia, 2014).

**4. Le rôle des mycorhizes dans la nutrition phosphatée des arbres forestier :**

Après l'exposé de généralités sur les associations mycorhiziennes des arbres forestiers, les principaux mécanismes de l'effet positif de mycorhizes sur la nutrition phosphatée de ces arbres sont illustrés. L'accroissement de la taille du pool d'orthophosphate de la rhizosphère, qui résulte de l'utilisation des formes organiques ou minérales du phosphore du sol par les symbiotes, est fréquemment invoqué. Cette capacité est due à l'excrétion d'enzymes (phosphatases) qui dégradent les phosphates organiques ou à une modification des conditions physico-chimiques de la rhizosphère par les symbiotes et à la présence d'une microflore synergique, solubilisatrice de phosphates minéraux. L'augmentation de l'orthophosphate absorbé par les racines mycorhizées est le mécanisme le mieux établi. Elle résulte essentiellement de l'accroissement du volume de sol exploré et du rôle du réseau mycélien extra-matriciel dans la translocation du phosphore du sol jusqu'à la racine, ainsi que de la présence de transporteurs d'orthophosphate plus efficaces dans les racines mycorhizées que dans les racines non infectées. La capacité des mycosymbiotes à constituer une réserve de phosphore mobilisable (polyphosphates solubles) et à transférer à la plante-hôte suivant divers

processus est également très importante pour la stimulation de la nutrition phosphatée (Mousain et al., 1997 ; Ghadbane et al., 2021).

**a) Activités hormonales :**

L'action globale des hormones produites par le champignon affecte le port général de la plante, dont la croissance des parties aériennes est souvent favorisée par rapport à celles des racines. Le champignon pour ainsi dire remplace partiellement les racines, et cela à un moindre coût énergétique (Hamza, 2014).

**b) Protection contre les organismes pathogènes :**

En nature, les plantes sont continuellement soumises à des agressions de la part des bactéries, de champignons, de nématodes, d'insectes et de maladies fongiques. Il a été prouvé expérimentalement que les plantes inoculées avec des champignons mycorhiziens à arbuscules sont plus résistantes aux attaques de champignons pathogènes et l'exposition à des toxines du sol (Fitter, 1991 ; Moser et Haselwandter, 1983 ; Schtiepp *et al.*, 1987). Ces champignons mycorhiziens peuvent intervenir de deux façons et à deux endroits pour protéger les racines contre les champignons pathogènes : dans la rhizosphère et dans les tissus racinaires. A l'échelle de la rhizosphère et surtout de la mycorhizosphère, l'espace entourant immédiatement la mycorhize, les micro-organismes sont confrontés à la compétition et à l'antagonisme, ce qui a pour effet d'établir une flore microbienne diversifiée et équilibrée. Dans cet environnement, les propagules des champignons pathogènes ne parviennent pas à proliférer et leur nombre reste toujours relativement faible. Le second mécanisme permettant aux plantes mycorhizées de mieux résister aux maladies est lié à des modifications des activités physiologiques dans la racine. Les plantes agressées par un agent pathogène réagissent en produisant des substances antibiotiques contre ces organismes. (Fortin et al., 2008).

**5. Présentation des chênes étudiés : Chênes Liège, Chênes zéen et Chênes afares :**

Ñ **Le genre *Quercus* :**

**Généralités :**

Le mot Chêne vient du Gaulois « Cassinu », puis du latin « Casnus », puis du vieux français « Chasne » (Dujardin, 2010 in Sarir, 2016).

Le Chêne est le nom vernaculaire de nombreuses espèces d'arbres et d'arbustes appartenant au genre *Quercus*, et à certains genres apparentés de la famille des Fagacées,

notamment *Cyclobalanopsis* et *Lithocarpus*. D'après (Hubert, 2013), cette famille des Fagacées est proche génétiquement des Cucurbitales, des Rosales, puis des Fabales. Selon plusieurs auteurs, elle comprend plus de 1000 espèces sur le globe et regroupe 8 genres actuellement : *Fagus*, *Castanea*, *Castanopsis*, *Chrysolepis*, *Trigonobalanus*, *Lithocarpus*, *Notholithocarpus* et *Quercus* (Zheng, 1985 ; Jones, 1986 ; Xu, 2004 ; Manos *et al.*, 2008). Le genre *Quercus* comprend plusieurs centaines d'espèces caduques, persistantes ou semi-persistantes (entre 200 et 600). Ils sont généralement des arbres monoïques qui portent sur le même pied des fleurs mâles et femelles en des endroits séparés, dont les fleurs mâles sont des fleurs à étamines, les fleurs femelles produisent des fruits appelés glands fixés dans une structure appelée cupule (Maire, 1952 ; Boudy, 1950) (figure 4).

## 6. Taxonomie :

Les chênes appartiennent à la famille des Fagacées et au genre *Quercus*. (Tableau 2).

**Tableau 2:** Position systématique du genre *Quercus* (D'après Quezel et Santa, 1962).

Embranchement	Spermaphytes
Sous-Embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Fagales
Famille	Fagacées
Genre	<i>Quercus</i>

## 7. Aire de répartition du genre *Quercus* :

### 7.1. A l'échelle mondiale :

Le genre *Quercus* est divisé en deux sous-genres (*Euquercus* et *Cyclobalanopsis*) et se retrouve en Asie, en Amérique du Nord, en Europe et en Afrique (Axelrod, 1983) (Figure 4).

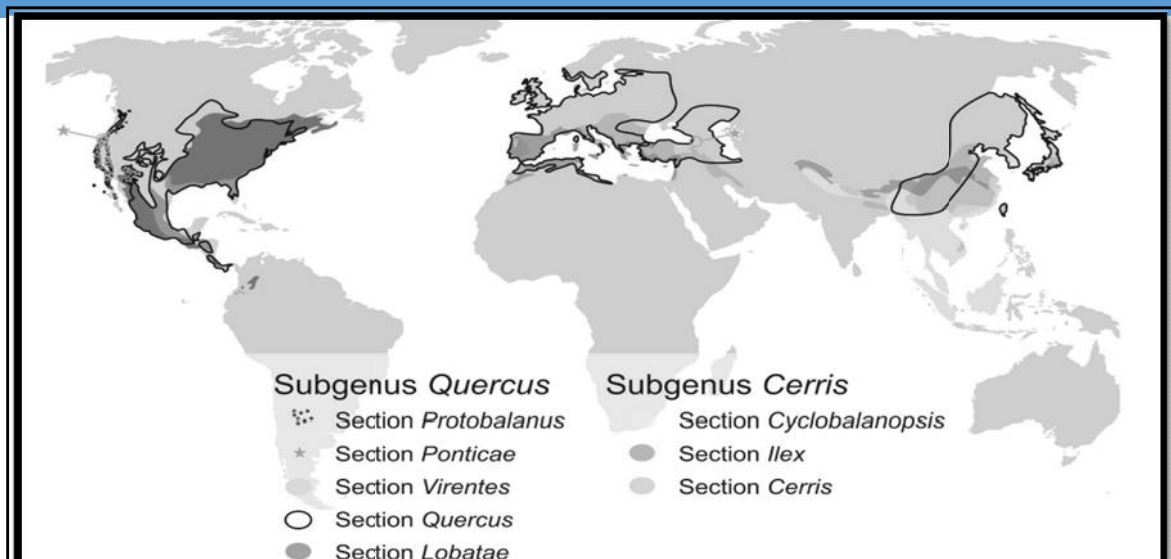


Figure 4 : Situation du genre *Quercus* et *Cerris* dans le monde (Romuald, 2007).

### 7.2. A l'échelle du pourtour méditerranéen.

Le genre *Quercus* avec sa diversité sempervirente est essentiellement concentré au niveau de la péninsule ibérique et l'Afrique du Nord. Dans la figure 5, nous avons la répartition des chênes sclérophylles.

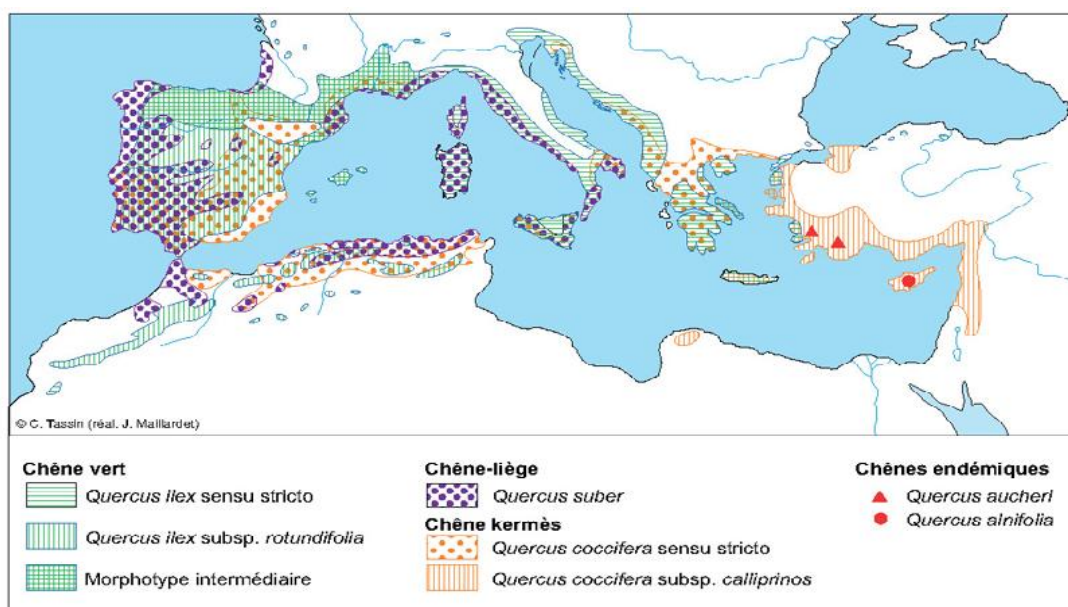


Figure 5 : Répartition spatiale des chênes sclérophylles dans le bassin méditerranéen (Quézel et Médail, 2003).

**7.3. En Algérie:**

En Algérie, les chênes (vert, liège, zéen, kermès et afarès) représentent un capital forestier qui couvre des superficies étendues notamment dans le Nord et le Nord-est, soit environ 40 % de la forêt algérienne (Alatou, 1994) documentés dans le tableau(3).

**Tableau 3 :** *Quelques caractéristiques des chênes algériens (DGF, 2007 ; Medjmadj, 2014)*

<i>Nom d'espèce</i>	<i>Origine</i>	<i>Feuillage</i>	<i>Dendrométrie</i>	<i>Superficie occupée</i>	<i>Intérêt économique</i>
<i>Q. suber</i>	<i>Sud-ouest de l'Europe et du nord-ouest de l'Afrique</i>	<i>Persistant</i>	<i>Arbre de taille moyenne de 10 à 15 m, tronc liégeux</i>	<i>440.000 ha dont 229.000 productifs</i>	<i>-Liège</i>
<i>Q. ilex</i>	<i>Bassin méditerranéen</i>	<i>Persistant</i>	<i>-5 à 20m de haut -Tronc court et tortueux</i>	<i>700.000 ha (Letreuch-B, 1995)</i>	<i>-Bois de chauffage</i>
<i>Q.coccifera</i>	<i>Bassin méditerranéen</i>	<i>Persistant</i>	<i>Arbuste ou arbrisseau touffu à port buissonnant de 3 m de haut</i>	<i>51.000 ha (Boudy, 1955)</i>	<i>-Tannage du cuir</i>
<i>Q. canariensis</i>	<i>Espagne et Afrique du Nord, sa limite est la rive sudoccidentale de la méditerranée</i>	<i>Semi-caducue</i>	<i>Arbre de plus de 30 m de haut avec un tronc supérieur à 1,5 m de diamètre.</i>	<i>48 000 ha</i>	<i>-Papeterie -Trituration -Traverses de chemin de fer -Charpentes</i>
<i>Q. afares</i>	<i>Algérie et Tunisie</i>	<i>Caducue</i>	<i>Arbre de 25 à 30 m de haut,</i>	<i>10.000 ha environ (Laifaoui, 1995).</i>	<i>-Bois de chauffage -Tranchage -Papeterie -Menuiserie</i>

**7.4. Quercus suber :**

Le chêne liège est un arbre de taille moyenne 10 à 15 mètre, peut atteindre 20 à 25 m, il présente un tronc robuste atteignant 4 à 5 m de circonférence, la cime est irrégulière, s'étalant en longueur l'arbre présente un couvert léger laissant passer la lumière (Fraval, 1994).

Les chênes sont des arbres d'une grande longévité : 200 à 500 ans. En Oranie par exemple, se trouvent de nombreux sujets de chêne liège qui ont plus de 300 ans (Boudy, 1950 et Natividade, 1956), particulièrement dans la vieille futaie de Hafir (Tlemcen). Gil et Varela (2008) signalent que le chêne liège peut atteindre jusqu'à 500 ans dans certains endroits.

Le chêne-liège est une espèce typique de la région méditerranéenne occidentale, s'étant développé de façon spontanée au Portugal et en Espagne, mais aussi au Maroc, dans le Nord de l'Algérie et en Tunisie. Il occupe également des zones plus restreintes dans le sud de la France et sur la côte occidentale de l'Italie, y compris la Sicile, la Corse et la Sardaigne (Periera et al, 2007). Selon la DGF (2014), 21% des forêts algériennes sont des forêts constituées de chêne liège.

Selon Quezel et Medail (2003), le chêne-liège se situe entre 0 et 800 m sur les rives nord de la méditerranée, et s'étend jusqu'à 2400 m selon la latitude au Maghreb. En Algérie, il ne dépasse pas les 1550 m dans la forêt domaniale de Theniet-El-Had (Zeraia, 1982).

### **7.5. *Quercus canariensis* :**

Le Chêne zéen fait partie d'un groupe d'espèces caducifoliées endémique du Maghreb. Il y occupe 102 000 ha. Il est une espèce monoïque pouvant atteindre plus de 30m de hauteur et un diamètre de 2m à 1,30m du sol, avec un fût très élancé et un houppier étalé en peuplements clairs et fastigié dans les formations très denses. Son écorce est profondément fissurée de couleur brun foncé (Quezel et Médail, 2003).

Le chêne zéen a une longévité remarquable. Il dépasse 550 ans et sa circonférence peut atteindre huit mètres, ont été observés dans les zénaies de Kabylie (Messaoudene et al., 2008).

Cette dernière essence occupe en Afrique du Nord 102 000 ha, dont 65 000 ha en Algérie (Messaoudène et Tessier, 1991), 20 000 ha en Tunisie et 17 000 ha au Maroc (Tafer, 2000). Selon DGF, (2014), 3% des forêts algériennes sont constituées de chêne Zeen.

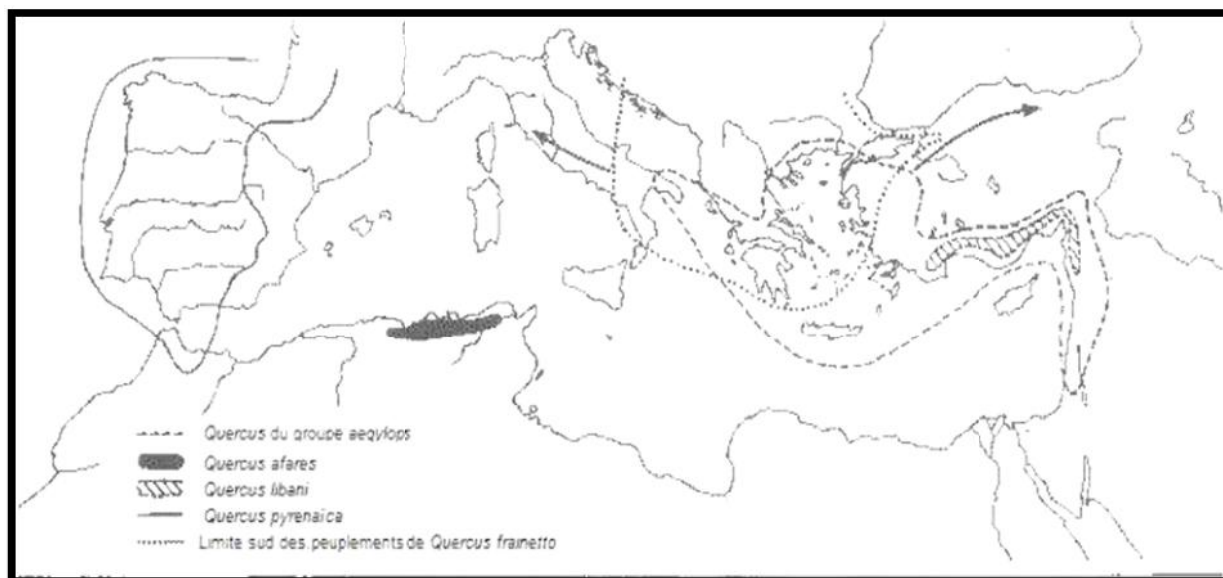
Le chêne zéen se rencontre dans les bioclimats subhumide et humide à variante tempérée et trouve son optimum de développement dans le supraméditerranéen. La tranche altitudinale élective de cette espèce se situe entre 800 et 1500m d'altitude. Quant à la nature du substrat il préfère les sols profonds, meubles et évite les sols argileux (Boudy, 1950).

### **7.6. *Quercus afares Pomel* :**

Le Chêne afares est une espèce monoïque, qui se distingue nettement du Chêne zeen, avec lequel il est souvent, en mélange, par son port plus élancé, son écorce et ses feuilles plus étroites. Il peut atteindre les dimensions maximales du chêne zéen, soit 30 m de hauteur et 3 m de circonférence à 1.30m.

Il est composé d'un port généralement rectiligne, à écorce profonde. La cime est fastigiée, parfois pyramidale, atteignant les dimensions du zéen. (Boudy, 1950 ; Maire, 1961).

*Quercus afares* est une espèce endémique Algéro-tunisienne. Son aire de distribution est très limitée et s'étend de la frontière tunisienne jusqu'au méridien de Cherchell en Algérie (Figure 6).



**Figure 6** : Distribution géographique de *Q. afares* (Quézel et Bonin, 1980).

En Algérie, la chênaie est très inégalement répartie, les plus belles futaies denses occupent les montagnes de Kabylie et à l'Est jusqu'à la frontière tunisienne (Messaoudene, 1996).

Les forêts les plus denses de chênes liège avec 229 000 ha se localisent principalement dans le nord-est du pays et les chênes caducifoliés (zeen et afares) avec 65 000 ha soit 6,9% de la surface totale boisée (Messaoudene, 1996). Ces peuplements occupent les milieux les plus frais et les altitudes élevées dans la subéraie. Avec sa croissance rapide, le zeen a tendance à recoloniser les subéraies.

Selon Laribi (2000), le chêne afares est une essence très sociable. Elle vit en mélange avec certaines espèces arborescentes dont on peut citer *Quercus canariensis*, *Quercus suber*, *Quercus ilex*, *Acer obtusatum*, *Sorbus torminalis* et *Prunus avium*.

Il se développe dans l'Akfadou sur sol peu profond où affleurent les argiles sous-numidiennes surtout entre 1000 m et 1300 en bioclimat humide frais, au mésoméditerranéen supérieur, sur les versants les plus secs.

# *Chapitre II : Matériel et Méthodes*

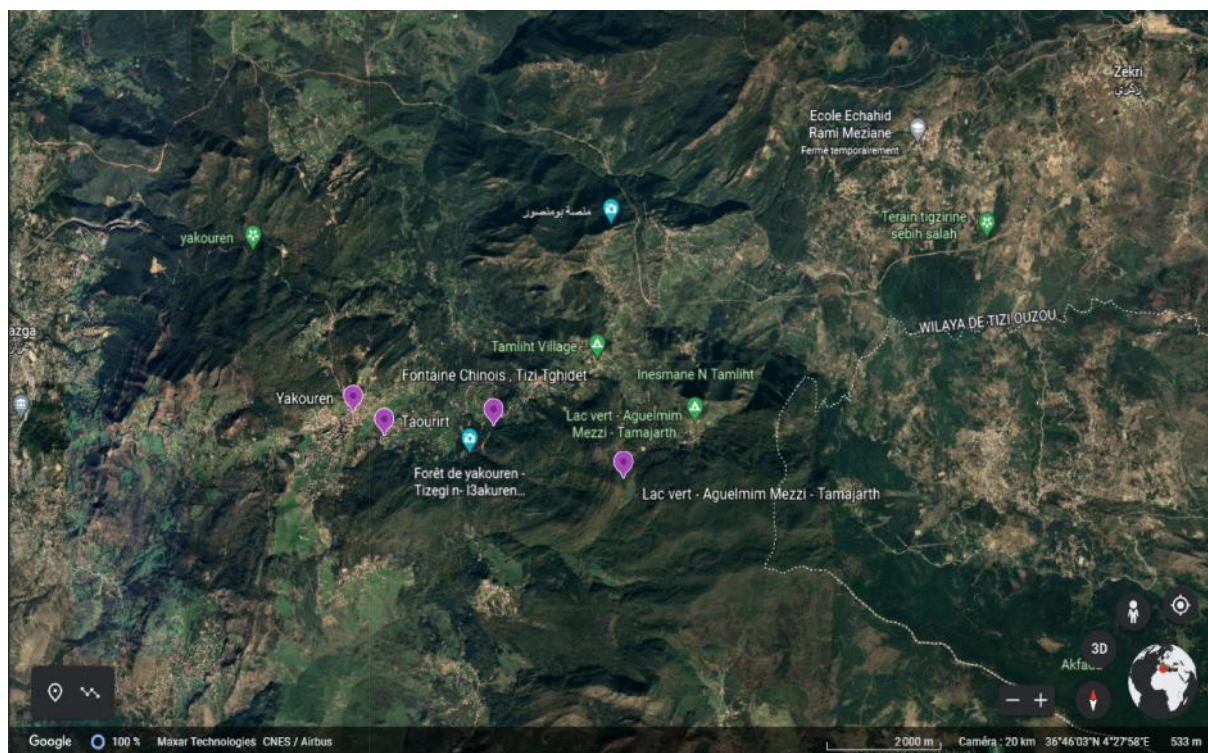
## 1. Présentation des stations d'étude :

La présente étude a été menée au sein du massif forestier de Yakouren (centre nord de l'Algérie ; wilaya de Tizi-Ouzou) dénommé également massif forestier de Béni Ghobri. D'une superficie de 6939 ha (Bouedja & Abdelhakim, 2013), Yakouren se présente généralement sous forme de futaie dense à sous-bois peu développé et composée de chênes mixtes : chêne afares (*Quercus afares* Pomel), chêne zéen (*Q. canariensis* Wild.), chêne-liège (*Q. suber* L.) et chêne faginé (*Q. faginea* Lam.) (Bouedja & Abdelhakim, 2013 ;Haddar *et al.*, 2016).

Les Quatre stations sont situées dans la région de la Forêt des Beni Ghobri, Yakouren (Figure 7).

- ) Station de Lac vert :( chêne afares). Elle est située dans le massif forestier de Yakouren la wilaya de Tizi-Ouzou à une latitude 36°43'55''Nord et à une longitude 4° 29' 27''Est.
- ) Station de Tizi Tghidet : (chêne liège).Elle est située dans le massif forestier de Yakouren la wilaya de Tizi-Ouzou à une latitude 36°44'05''Nord et à une longitude 4° 27' 56''Est.
- ) Station de Taourirt : (chêne liège). Elle est située dans le massif forestier de Yakouren la wilaya de Tizi-Ouzou à une latitude 36°43'54''Nord et à une longitude 4° 26' 41''Est.
- ) Station d'Ain El incer : (chêne zeen). Elle est située dans le massif forestier de Yakouren la wilaya de Tizi-Ouzou.

Sur le plan bioclimatique le massif s'inscrit dans l'humide tempéré au per-humide frais.



*Figure 7 : Localisation géographique des stations d'étude (Google Earth ,2022).*

## 2. Méthode d'échantillonnage :

Les jeunes plants des trois espèces de chêne (chêne liège, Afares, Zeen) ont été récoltés au printemps dans la forêt d'Ath Ghobri, située à 160 km environ à l'est d'Alger et distante de 20 km de la mer. La forêt d'Ath Ghobri, dépend administrativement des départements de Tizi-Ouzou, (Messaoudène *et al.*, 2007). Par le biais d'un échantillonnage subjectif, les jeunes plants avec leurs racines et glands sont récoltés à l'aide d'une pelle et d'une pioche. Le système racinaire est séparé soigneusement du substrat pour garder le maximum de masse racinaire. Disposés dans des sachets en plastique au réfrigérateur à 5°C, avec un peu de sol pour éviter le choc hydrique de ses derniers.

## 3. Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé dans ce travail expérimental est composé de 55 Jeunes plants appartenant à trois espèces différentes de chênes : chêne Afares (*Quercus afares*), chêne liège (*Quercus suber*) et chêne zéen (*Quercus canariensis*) (Figure8).

- 19 jeunes plants de chêne zeen provenant de la région d'Ain El Incer.
- 18 jeunes plants de chêne liège dans les stations de Tizi Tghidet et Taourirt de la forêt de Yakouren le 29 mars 2022.
- 18 jeunes plants de chêne afares ont été récoltés le 12 mai 2022 dans la station de lac vert.



**Figure 8** : Prélèvement des échantillons.

#### 4. Caractéristiques physiques du sol :

**Humidité et Température.** Lors du prélèvement des plants, nous avons, au préalable réalisé les mesures de la température et l'humidité du sol à une profondeur de 1 à 5 cm. Le pH du sol a été mesuré au laboratoire après séchage du sol. Afin de noter les conditions édaphiques pendant la période de la collecte

**Mesure du pH du sol** .Le principe de la méthode consiste à ajouter 10g de terre fine (sécher à l'air), 25 ml d'eau distillée. Le contenu est agité pendant 10 minutes à l'aide d'un agitateur, puis laisser à poser 1h45min. Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre (**Figure 9**).



**Figure 9** : Étapes de mesure de PH

#### 4. Paramètres morphologiques :

Afin d'évaluer la vigueur des plants des trois chênes étudiés, les paramètres ci-dessous ont été mesurés juste après la récolte. Pour chaque plant, nous avons mesuré :

- )] **le poids avec gland et sans gland ;**
- )] **Pesée de la biomasse aérienne :** le poids de tige et les feuilles de chaque plant en gramme ;
- )] **Pesée de la biomasse racinaire :** le poids de la racine, qui sont déterminés à l'aide d'une balance de précision et exprimé en gramme ;
- )] **La hauteur de tige :** La hauteur des tiges a été mesurée à l'aide d'une règle graduée au millimètre.
- )] **Surface foliaire :**Le nombre de feuilles par plants a été calculé puis mesurer, la longueur et la largeur de la partie la plus large du limbe de chaque feuille pour déterminer la surface foliaire.
- )] **Diamètre du collet :** Le diamètre des tiges au collet est mesuré avec un pied à coulisse digitale de marque IHM.
- )] Par la suite, les biomasses sèches sont déterminées après passage à l'étuve réglée à 76°C pendant 48h jusqu'à l'obtention d'un poids sec constant.

#### 5. Préparation des racines :

Les racines fraîchement collectées du terrain sont observées sous loupe binoculaire afin de les caractériser d'un point de vue morphologique selon les critères établis par Agerer (2001) et selon les types d'exploration établis par Agerer (2006).

Les morphotypes ont été décrit et la richesse morphotypique a été déterminée pour chaque espèce. Nous avons, également, fait ressortir les ECMs communes et leurs descriptions morphologiques ont été complétés par des caractéristiques anatomiques.

#### 6. Observation anatomique des ectomycorhizes :

Les différentes étapes de la réalisation de ces coupes sont détaillées comme suit :

- )] Le choix des ECM commune entre les trois chênes.
- )] Mettre le mycorhize transversalement dans du polyester.

- ) Faire des coupes fines de la mycorhize à l'aide d'une fine lame de rasoir de manière à pouvoir isoler des coupes relativement fines pour observer le réseau de Hartig et le manteau fongique.
- ) Coloration avec bleu de lactophénol.
- ) Rajouter des gouttes de lactoglycérol.
- ) Transposer les coupes entre lame et lamelle.
- ) Observer sous la loupe binoculaire.

### ***L'indice de Jaccard :***

Afin de comparer les peuplements dans les 4 stations, nous avons utilisé le coefficient de similitude de *JACCARD*. Il s'exprime de la manière suivante :

$$I = \frac{N}{N + S_1 + S_2} \times 100$$

$N_c$  : nombre d'espèces communes aux stations 1 et 2

$S_1$  : nombre d'espèces présentes uniquement dans la station S1.

$S_2$  : nombre d'espèces présentes uniquement dans la station S2.

Nous avons utilisé ce coefficient pour comparer la composition spécifique de la communauté ectomycorhizienne des différentes espèces de *Quercus*, en espèces des différentes stations. Lorsque les valeurs sont supérieures ou égales à 50%, les deux communautés ectomycorhiziennes sont alors qualitativement qualifiées d'homogènes. A contrario, les communautés sont alors considérées hétérogènes.

## **7. Estimation de la colonisation ectomycorhizienne :**

Les racines des plants des trois espèces sont prélevées et conservées dans des piluliers remplis de FPA (Formol (3%), Acide propionique (5%) et Ethanol à (70°) afin de nous permettre de réaliser les observations et le comptage des ectomycorhizes.

### ) **Comptage des ectomycorhizes par la méthode directe :**

Une longueur de 10 cm de racine lavée soigneusement à l'eau de robinet, découpée en petits fragments d'environ 2cm. Elle s'ensuit placées dans une boîte de pétri pour observer et compter le nombre des ECMs, à l'aide d'une loupe binoculaire. Toutes les valeurs de comptage représentent la moyenne des trois répétitions.

### ) **Comptage des ectomycorhizes par la méthode indirecte :**

La méthode de « gridline intersect method » ; consiste à étendre les racines sur une boîte de pétri munie de quadrillage de 1 cm. A l'aide d'une binoculaire, les racines qui croisent l'une des lignes de quadrillage sont observées afin de déterminer si elles sont mycorhizées ou non au niveau de l'intersection (Martin, 1998) (**Figure 10**)

Le comptage est réalisé sur les même 10 cm de fragments racinaires utilisés pour la méthode directe qui sont réparties au hasard dans une boîte de pétri quadrillée. Nous avons compté toutes les intersections des racines ectomycorhizées et toutes les racines non mycorhizées A l'aide d'une loupe binoculaire. La formule de calcul adoptée est :

$$\text{TRM} = (\text{REM} / \text{RNM}) \times 100$$

**TRM** : taux des racines mycorhizées intersectées avec le tracé de la boîte de pétri, exprimé en pourcentage (longueur de racines mycorhizées) ;

**REM** : nombre total d'intersections des racines mycorhizées et non mycorhizées avec le tracé de la boîte de pétri.

Le comptage a été effectué trois fois afin de minimiser les risques d'erreur. Nous avons ensuite calculé la moyenne pour chaque plant. Les valeurs sont exprimées en pourcentage de longueur de racines mycorhizées.



**Figure 10** : Méthode indirecte de comptage des racines ectomycorhizes

## 8. Préparation et détection des racines endomycorhizées :

Pour l'observation des endomycorhizes, les racines de 30 plants soit 10 plants de chaque espèce sont prélevées au hasard et soumises au traitement de Phillips et Hayman (1970) (Figure 11):

- J Les racines préalablement lavées sont placées au bain marie à chauffer pendant 4 heures dans des tubes à essai remplis de potasse (KOH) à 10 % pour vider les cellules de leurs contenus cellulaires.
- J Les racines subissent un rinçage à l'eau distillée et ont été entreposées dans l'eau oxygénée H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pendant 20 à 30 minutes suivies d'un rinçage avec l'eau distillée.
- J Les racines sont neutralisées par un passage à l'acide lactique à 1% pendant 5 minutes.
- J Puis colorées au bleu Trypan à 0,03 % pendant 10 à 15 minutes
- J Un dernier rinçage à l'eau distillée permet d'avoir des racines bien vidées et colorées pour l'observation
- J 10 fragments de 1 cm de longueur pour chacun, ils ont été disposés parallèlement entre lame et lamelle, dans une goutte de glycérol. La mycorhization s'observe à l'examen au microscope photonique (X40) par une coloration bleue foncée des structures fongiques dans les racines.

Le taux de la colonisation mycorhizienne a été estimé selon la méthode de Trouvelot *et al.*, (1986).

### La méthode de Trouvelot :

L'estimation de la mycorhization est faite selon la méthode décrite par (Trouvelot *et al.*, 1986). L'estimation de la colonisation endomycorhizienne est exprimée dans une grille d'évaluation. Cette grille est remplie selon deux échelles :

- une première échelle : elle se compose cinq (05) classes notées de 0 à 5. Chaque classe traduit le degré d'intensité de la colonisation du cortex racinaire de chaque fragment racinaire observé.

- La deuxième échelle permet d'évaluer la présence des arbuscules et des vésicules. Cette échelle comporte quatre (4) classes allant d'A5 à A3 qui indiquent leur fréquence.

Cette méthode calcule cinq paramètres de la colonisation :

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

$$F(\%) = \frac{N - n_0}{N} \times 100$$

Avec :

**N** : nombre de fragment observés

**n<sub>0</sub>** : nombre de fragment sans trace de mycorhization

**M %** : Intensité de la colonisation du cortex racinaire (proportion du cortex colonisé estimée Par rapport au système racinaire entier et exprimée en %), elle reflète l'importance de la Colonisation du système racinaire (Annexe3).

$$M\% = \frac{95n_5 + 70n_4 + 30n_3 + 5n_2 + n_1}{\text{(nombre total de fragments mycorhizés)}}$$

Où ;

**n<sub>5</sub>**=nombre de fragments mycorhizés notés 5.

**m %** : Intensité de la colonisation développée dans la partie mycorhizée du système racinaire (Proportion du cortex colonisé dans la partie mycorhizée du système racinaire exprimé en %).

$$m(\%) = \frac{95n_5 + 70n_4 + 30n_3 + 5n_2 + n_1}{(N - n_0)}$$

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

$$A(\%) = a \times M / 100$$

**a %** : Teneur arbusculaire de la colonisation dans la partie mycorhizée du système racinaire (Proportion colonisée renfermant des arbuscules, %) (Annexe4).

$$a(\%) = \frac{100m_{A3} + 50m_{A2} + 10m_{A1}}{100}$$

Avec : m<sub>A3</sub>, m<sub>A2</sub> et m<sub>A1</sub> sont les pourcentages de mycorhization de qualité arbusculaire données, calculés suivant le modèle :

$$m_{Ai} = \frac{95n_5 A_i + 70n_4 A_i + 30n_3 A_i + 5n_2 A_i + n_1 A_i}{F/M (N - n_0)}$$



**Figure 11** : Les différentes étapes de l'observation des

# *Chapitre III : Résultats et Discussion*

## 1. Caractéristiques physiques du sol.

Lors du prélèvement des jeunes semis des trois espèces de chênes sous peuplement naturel, nous avons mesuré les paramètres physiques du sol tels que le pH, température et humidité afin de noter les conditions édaphiques pendant la période de la collecte (Tableau 5).

**Tableau 6 :** paramètres édaphiques des 4 stations d'étude.

Paramètres Stations	Température du sol (°C)	Humidité(%)	pH eau
Chêne liège (Tizi Tghidet)	16,47	84,02	7,21
Chêne liège (Taourirt)	12,42	77,15	7,21
Chêne Zeen (Ain El Incer)	12,37	86,85	7,21
Chêne afares (Lac vert)	13,72	71,2	7,13

Les résultats obtenus ont permis de noter l'homogénéité du pH eau du sol pour les différentes stations ainsi que celle des températures à l'exception de la station de Tizi Tghidet qui s'est distinguée avec la température la plus élevée de 16.47 °C. L'humidité s'est révélée différentes entre les stations de Tizi Tghidet et Ain El Incer et celle de Taourirt et Lac vert.

## 2. Le statut ectomycorhizien de chêne liège, chêne zeen et du chêne afares au stade semis en peuplement naturelle.

L'observation des racines de 55 jeunes plants avec la présence de glands : 18 plantules de de chêne liège et 19 plantules de chêne zeen et 18 plantules de chêne afares, nous a permis de décrire différents morphotypes et anato-morphotypes chez les trois espèces de chêne concernés par notre investigation en milieu naturel. Les racines de la totalité des plants ont été observées sous la loupe binoculaire aux grossissements \* 20 et \* 40.

## 2.1 Les mycorhizes communs aux jeunes plants des 3 espèces de Quercus

L'analyse des racines de différents plants de trois espèces a permis de noter la présence de la colonisation ectomycorhizienne au niveau des racines des plants au stade jeune semis.

Nous avons déterminé huit ectomycorhizes communes chez les trois espèces de chênes qui sont classées selon les types d'exploration :

### ) **Type exploratoire Contact :**

#### **ECM1 :**

De distribution simple, de couleur marron avec une extrémité droite. Le manteau présente une texture lisse est pseudo-parenchymateux à cellules angulaires de type K. Le réseau Hartig est observé sur deux à trois couches de cellules corticale de type I. Cette ectomycorhize a été abondamment présente dans le système racinaire, notamment chez le chêne liège et chêne afares. (fig11.12.13).

#### **ECM6 :**

Est un morphotype de forme simple et de couleur marron foncé, à extrémité droite avec une texture externe granuleuse. Le manteau est pseudo-parenchymateux, révèle certaines cellules contenant des gouttelettes, de forme variable de type N. Le réseau de Hartig est sur deux parfois trois couches de cellules corticales (fig14.15.16).

### ) **Type exploratoire Courte distance :**

#### **ECM 22 :**

Correspond à une ectomycorhize de forme simple, de couleur beige, à pointe droite La phase extramatricielle est peu abondante, fine. La phase extramatricielle à structure externe granuleuse peu abondante, le manteau fongique fines plectenchymateux. Le réseau de Hartig est de forme F et s'étend sur quatre à cinq couches des cellules corticales (figure.31.32.33).

### ) **Type exploratoire Moyenne distance :**

#### **ECM7 :**

Morphotype de forme simple, de couleur beige à extrémité droite. Le manteau fongique est de structure externe granuleuse, épais et plectenchymateux de type I, le mycélium extramatricielle est peu abondant. Cette ECM a été observé en grand nombres au niveau du système racinaire de chêne liège, Le réseau de Hartig est sur une seule couche de cellules corticales (fig17.18.19).

**ECM10 :**

Morphotype à type exploratoire moyenne distance, de forme simple à extrémité courbée, droite de couleur blanche. Le manteau fongique à structure externe granuleuse peu abondante, fines, plectenchymateux a hyphes plutôt irrégulier et pas de motifs particulier (Type B). Le réseau Hartig est observé sur deux parfois trois couches de cellules corticales, la première couche est allongée. La mycorhize a été présente en grand nombres dans le système racinaire (fig20.21.22.23).

**ECM16 :**

Est de type exploratoire moyenne distance de couleur marron et d'une distribution monopodiale pyramidale avec extrémité droite, la texture est granuleuse et les rhizomorphes sont très abondant et fines. Le manteau est plectenchymateux à cellules angulaires portant des monticules de cellules arrondies Types K (fig24.25).

**ECM20 :**

De phase extramatriciel moyenne distance, de couleur marron claire, de forme monopodiale pyramidale a pointe droite, le manteau de texture externe laineuse, pseudo-parenchymateux, peu abondant, fins et épais. Le réseau de Hartig est sur trois couches de cellules (fig26.27).

**ECM 24 :**

Morphotype de type exploratoire moyenne distance de forme monopodiale pyramidale, de couleur marron claire et foncé possède des extrémités courbées. Le manteau fongique à structure externe dense ficelle, peu abondant, fines et épais, plectenchymateux de type F. Le réseau de Hartig est sur deux couches de cellules corticales (fig28.29.30).

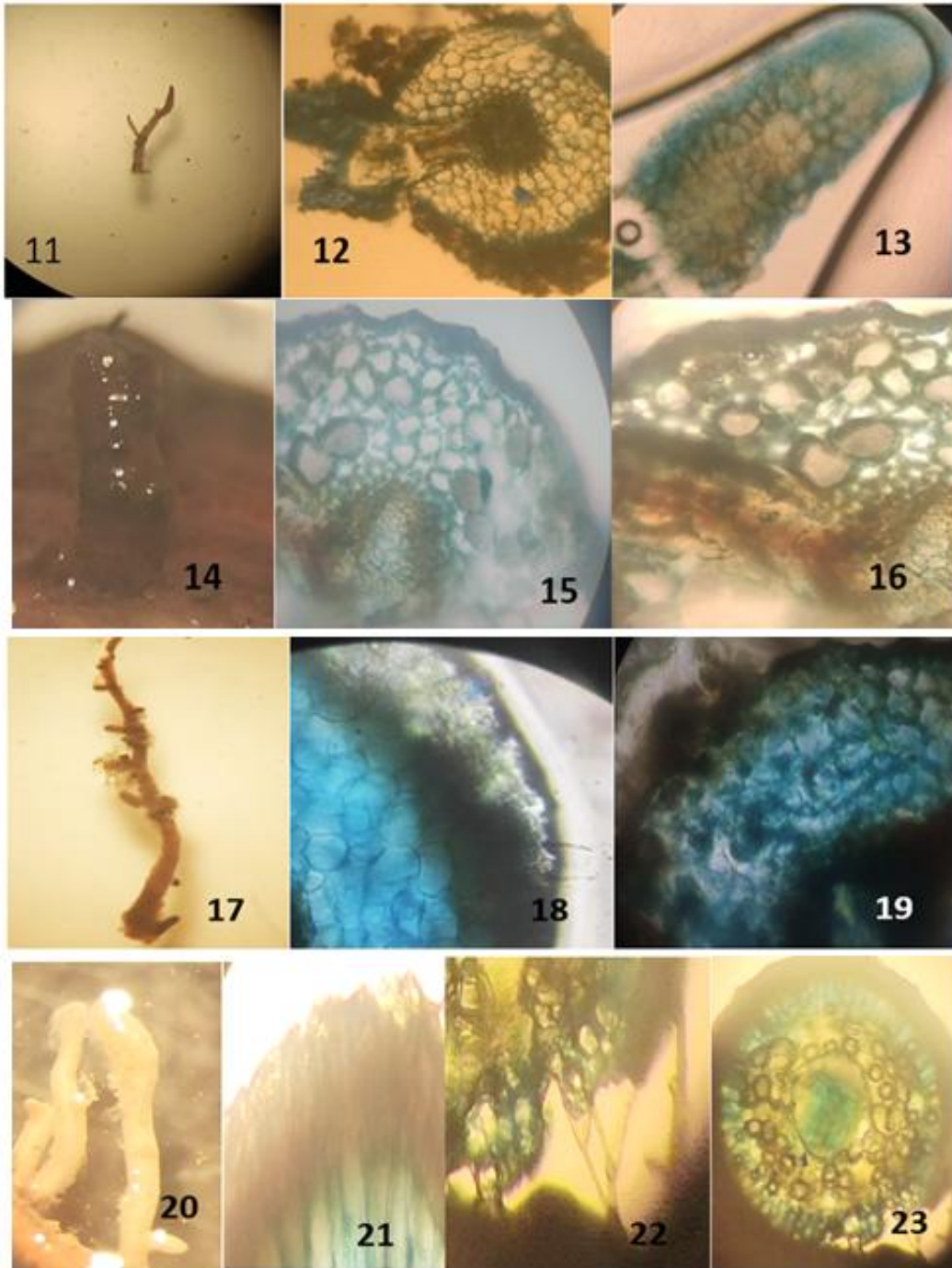


Fig.11-33: EcM 1, EcM 6, EcM 22.EcM 7, EcM 10, EcM 16.EcM 20, EcM 24: Fig.11.EcM 1 (GX40). Fig. 12-13: Manteau à structure externe lisse et pseudo-parenchymateux. Le réseau de Hartig observé sur deux à trois couches de cellules corticales (GX400) ; Fig.14 : EcM 6 (GX40) ; Fig.15-16 : Manteau est pseudo-parenchymateux (GX400) ; Fig.17 : EcM 7 (GX40) ; Fig.18-19: Manteau est de structure externe granuleuse. Le réseau de Hartig se trouve sur une seule assise de cellules corticales (GX400), Fig.20 : EcM 10 (GX40). Fig.23 : Une coupe observé à (GX100) le manteau est plectenchymateux.

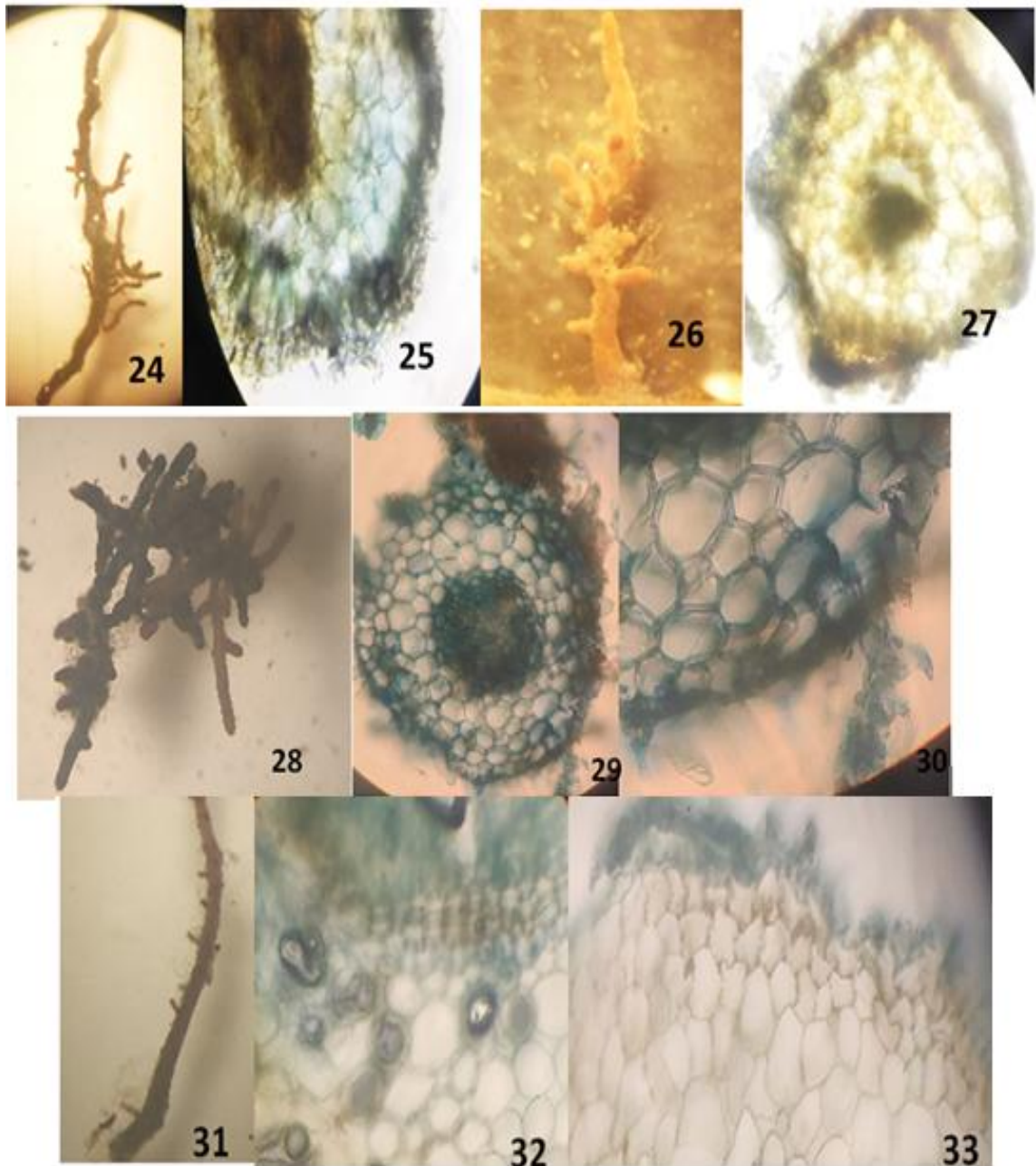


Fig.24.EcM 16 (GX40). Fig. 25: Manteau est plectenchymateux á cellules angulaires. Fig.26 : EcM 20 (GX40) ; Fig.27 : Manteau est pseudo-parenchymateux (GX400) ; Fig.28 : EcM 24 (GX40) ; Fig.29-30: Manteau est plectenchymateux. Le réseau de Hartig se trouve sur deux assises de cellules corticales (GX400), Fig.31: EcM 22 (GX40). Fig.32-33 : le manteau est plectenchymateux, le réseau de Hartig profond á quatre á cinq couches des cellules corticales.

### **2.1.2 Les morphotypes ectomycorhiziens communs aux chênes liège et zeen en peuplement naturelle au stade jeune semis.**

#### **) Type exploratoire Contact :**

##### **ECM5 :**

Est un morphotype de type exploratoire contact, de couleur marron, de forme monopodiale pyramidale et extrémité courbée. Le manteau est lisse (fig34).

#### **) Type exploratoire Courte Distance :**

##### **ECM26 :**

De type exploratoire courte distance, de couleur blanche, de forme monopodiale pyramidale avec extrémité droite. La texture est granuleuse (fig35).

##### **ECM29 :**

Un morphotype de type exploratoire courte distance, de couleur marron clair, de forme monopodiale pyramidale avec extrémité courbée, la phase extramatricielle en feutrage, (fig36)

#### **) Type exploratoire Moyenne et longue Distance :**

##### **ECM28 :**

De forme monopodiale pyramidale et de couleur marron avec extrémité noire droite. Leurs aspect externe est lisse. Possède des rhizomorphes peu abondants (fig37).

### **2.1.2 Les morphotypes ectomycorhiziens communs aux chênes liège et afares en peuplement naturelle au stade jeune semis.**

#### **) Type exploratoire Courte Distance :**

##### **ECM14 :**

Est un morphotype de forme simple, de couleur noire, à pointe courbée. La phase extramatricielle est granuleuse, (fig38).

) **Type exploratoire Moyenne et longue distance :**

**ECM19 :**

De type exploratoire moyenne distance, de couleur marron foncé, de forme monopodiale pyramidale avec extrémité courbée, Le manteau est de structure cotonneuse, les rhizomorphes sont très abondants et fins (fig39).

**ECM21 :**

De type exploratoire moyenne distance, de couleur marron, de forme monopodiale pyramidale avec extrémité droite, la phase extra-matricielle est cotonneuse, les rhizomorphes sont très abondants et fins (fig40).

**2.1.3 Les morphotypes ectomycorhiziens communs aux chênes Afares et zeen en peuplement naturelle au stade jeune semis.**

) **Type exploratoire Courte Distance :**

**ECM33 :**

De couleur beige à extrémité droite, de forme simple, la phase extra-matricielle en feutrage de type exploratoire courte distance. Cette ECM était abondamment présente dans le système racinaire (fig41).

) **Type exploratoire Moyenne et Longue Distance :**

**ECM36 :**

Elle est de couleur miel et d'une distribution monopodiale pyramidale à pointes droites. Le manteau est de texture laineuse. La phase extra-matricielle est très abondante (fig42).

**ECM38 :**

De forme monopodiale pyramidale, de couleur marron foncé avec quelques extrémités noires Possède un manteau à aspect granuleux (fig43).

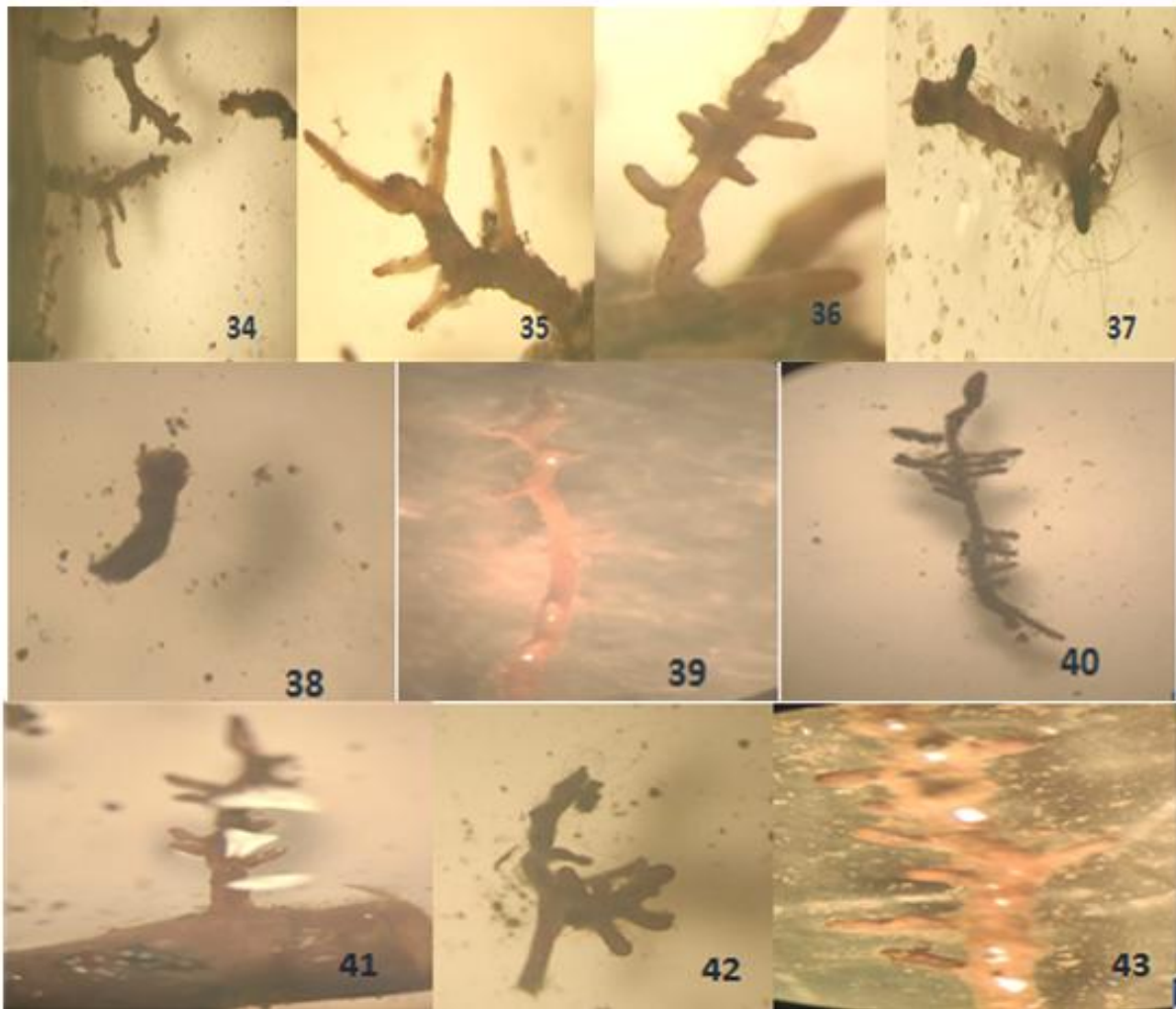


Figure 34-37 : les morphotypes ectomycorhiziens communs aux chênes liège et zeen :  
 Fig.34: EcM 5(GX40); Fig.35 : EcM 26(GX40) ; Fig.36 : EcM 29 (GX40).Fig. 37 : EcM 28 (GX40).

Figures 38-40 morphotypes ectomycorhiziens communs aux chênes liège et Afares :  
 Fig.38: EcM 14(GX40); Fig.39 : EcM 19(GX40) ; Fig.40 : EcM 21 (GX40).

Figures 41-43 : les morphotypes ectomycorhiziens communs aux chênes Afares et zeen  
 Fig.41: EcM33(GX40); Fig.42 : EcM 36(GX40) ; Fig.43: EcM 38 (GX40).

## 2.2 Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques au chêne liège en peuplement naturelle au stade semis.

### ) Type exploratoire Contact :

#### **ECM2 :**

C'est une ectomycorhize de type exploratoire contact, de couleur blanche, de forme simple à pointes courbées. Le manteau présente une texture lisse (fig44).

#### **ECM3 :**

Morphotype de couleur rouge, de forme monopodiale pyramidale avec extrémités droites, la phase extramatricielle est cotonneuse, (fig45).

#### **ECM4 :**

Correspond à un morphotype monopodiale pyramidale à extrémité courbée de couleur marron. Le manteau est granuleux (fig46).

### ) Type exploratoire Courte Distance :

#### **ECM11 :**

Est un morphotype de type exploratoire courte distance, de forme simple, de couleur marron claire extrémité droite. Le manteau est granuleux (fig47).

#### **ECM18 :**

Est un morphotype de type exploratoire courte distance, de couleur marron claire, de forme coralloïde avec extrémités courbées, la phase extramatricielle est granuleuse, les rhizomorphes sont peu abondants, fins (fig48).

#### **ECM23 :**

De forme monopodiale pyramidale, de couleur marron, sinueuse. Possède un aspect granuleux (fig.49).

#### **ECM25 :**

De couleur blanche, de forme simple à extrémité droite, le manteau lisse, le mycélium extra-matriciel peu abondant, fins (fig50).

**ECM27 :** de couleur marron clair, de forme monopodiale pyramidale, à extrémités droites, de texture laineuse (fig51).

**J) Type exploratoire Moyenne et longue distance (MLD) :**

**ECM8 :**

De forme simple, de couleur orange à extrémités courbées. L'aspect externe du manteau fongique cotonneuse, type exploratoire moyenne distance le rhizomorphe est très abondant et épais, cette mycorhize a été répété fortement dans le système racinaire (fig52).

**ECM9 :**

Morphotype de moyenne distance de couleur marron foncé et claire, de forme simple avec extrémités courbées, la phase extramatricielle est laineuse, les rhizomorphes sont très abondant et épais, ce morphotype a été abondamment présent dans le système racinaire (fig53).

**ECM12 :**

De type exploratoire moyenne distance, de couleur marron foncé, de forme monopodiale pennées avec extrémités courbées, la phase extramatricielle est dense ficelle, les rhizomorphes sont très abondants épais et fins (fig54).

**ECM13 :**

De type exploratoire moyenne distance, de couleur marron foncé, de forme simple avec extrémités droites, la phase extramatricielle est cotonneuse, les rhizomorphes sont très abondants et fins (fig55).

**ECM15 :**

De forme monopodiale pennée, de couleur orange à extrémités courbées. Aspect externe granuleux. Possède des rhizomorphes très abondant à caractère exploratoire moyenne distance, fins et épais (fig56).

**ECM17 :**

De type exploratoire moyenne distance, de couleur marron claire, de forme simple avec extrémités droites, la phase extramatricielle est laineuse, les rhizomorphes sont très abondants et fins (fig57).

**ECM30 :**

Elle est de couleur noire, d'une distribution simple à pointes courbée. Le manteau est de texture dense ficelle. La phase extramatricielle est très abondante (fig58).



Figures 44- 58. ECMs des morphotypes ectomycorhiziens spécifiques aux chênes liège. EcM 2(GX40); EcM 3(GX40) ; EcM 4 (GX40), EcM 11 (GX40); EcM18(GX40); EcM 23(GX40) ; EcM 25 (GX40) EcM 27 (GX40); EcM 8(GX40); EcM 9(GX40) ; EcM 12 (GX40), EcM 13 (GX40); EcM 15(GX40); EcM 17(GX40) ; EcM 30 (GX40).

**2.3 Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques aux chênes Afares en peuplement naturelle au stade jeune semis.**

**) Type exploratoire Contact :**

**ECM46 :** Est un morphotype de type exploratoire contact, de couleur miel, de forme simple à extrémité courbée, Le manteau est de texture granuleuse (fig59).

**ECM48 :** Est un morphotype de forme irrégulière pennée de couleur miel, des pointes droites tortueuses sinueuses. Le manteau est lisse, (fig60).

**) Type exploratoire Courte Distance :**

**ECM32 :**

De couleur marron, de forme monopodiale pyramidale, à extrémités courbée, la phase extramatricielle granuleuse (fig61).

**ECM44 :** De type exploratoire courte distance, de couleur blanche, de forme monopodiale pennée avec extrémités droites. Le manteau était de texture dense ficelle (fig62).

**ECM47 :** C'est une ectomycorhize a type exploratoire courte distance, de couleur marron clair, de forme simple à apex plus large que la base. Le manteau de texture en feutrage. (Fig63).

**ECM49 :** De type exploratoire courte distance, de couleur noire, de forme dichotomique avec extrémités droites, courbées. Le manteau extramatriciel est de texture denses ficelles (fig64).

**ECM40 :** De couleur miel, type exploratoire courte distance de forme coralloïde, à extrémité courbée, la phase extramatricielle en feutrage. Présent un mycélium extramatriciel peu abondant, fins (fig65).

) **Type exploratoire Moyenne et Longue Distance :**

**ECM31 :**

De forme monopodiale pyramidale et de couleur marron avec extrémité courbées. Aspect externe granuleux. Possède des rhizomorphes très abondant, à caractère exploratoire de type moyenne distance, elle était abondamment présente dans le système racinaire (fig66).

**ECM37 :** Elle est de couleur marron clair et d'une distribution monopodiale pyramidale à pointes droites. Le manteau est de texture en feutrage. La phase extramatrielle est très abondante (fig67).

**ECM45 :** De de couleur marron (miel), de forme monopodiale pyramidale avec extrémités droites. Le manteau extramatriel est de texture laineuse. Elle présente des rhizomorphes très abondants, fins (fig68).

**ECM34 :** Est un morphotype de couleur miel brillant, de forme monopodiale pennées avec extrémités courbées, le manteau est de texture granuleuse (fig69).

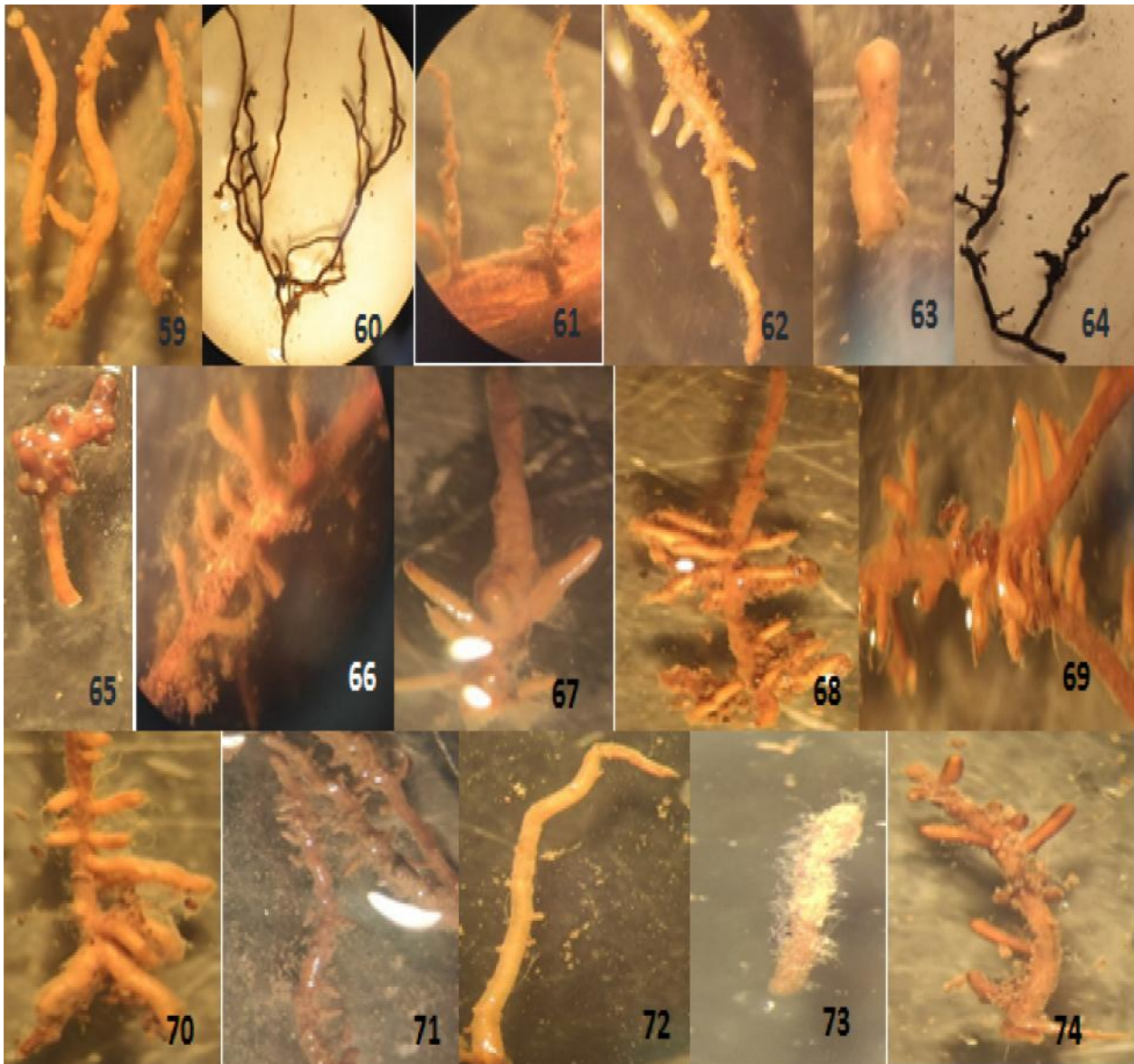
**ECM 35 :** De type exploratoire longues distance, de couleur miel, de forme monopodiale pennée avec extrémités courbées, la phase extramatrielle est en feutrage, les rhizomorphes sont très abondants et fins et épais (fig70).

**ECM39 :** Est un morphotype de forme monopodiale pyramidale de couleur marron, à pointes courbées. La phase extramatrielle est granuleuse, les rhizomorphes sont très abondants, le type exploratoire est longues distance (fig71).

**ECM41 :** De type exploratoire longue distance, de couleur blanche, de forme simple à pointes droites. Le manteau est de texture granuleuse. Les rhizomorphes sont peu abondants et fines (fig72).

**ECM42 :** De type exploratoire longue distance, de couleur marron, de forme simple avec extrémités droite, la phase extramatrielle est dense ficelle (fig73).

**ECM43 :** de type exploratoire longue distance de couleur marron, de forme monopodiale pyramidale avec extrémités droites. Le manteau est en feutrage avec des rhizomorphes peu abondants, épais et fins (fig74).



Figures 59-74 ECMs des morphotypes ectomycorhiziens spécifiques aux chênes Afares. EcM 46(GX40); EcM 48(GX40) ; EcM 32(GX40), EcM 44 (GX40); EcM47(GX40); EcM 49(GX40) ; EcM 40 (GX40), EcM 31 (GX40); EcM 37(GX40); EcM 45(GX40) ; EcM 34 (GX40), EcM 35 (GX40); EcM 39(GX40); EcM 41(GX40) ; EcM 42 (GX40); EcM 43 (GX40).

## ***2.4 Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques aux chênes Zeen en peuplement naturelle au stade jeune semis.***

### **) Type exploratoire Contact :**

**ECM51** : est un morphotype de type exploratoire contact, de couleur miel, de forme simple, à extrémité sous forme d'un apex plus large que la base, la phase extramatricielle est granuleuse (fig75).

**ECM53** : est un morphotype de type exploratoire contact, de couleur marron, de forme simple a extrémités sinueuses, le manteau est lisse (fig76).

### **) Type exploratoire Courte Distance :**

**ECM50** : de forme simple, de couleur noir avec extrémités claires, les pointes courbées. Aspect externe dense ficelle (fig77).

**ECM54** : de type exploratoire courte distance de couleur marron foncé, de forme monopodiale pyramidale avec extrémités droites. Le manteau extramatriciel est dense ficelle. Elle présente des rhizomorphes peu abondants, fins (fig78).

**ECM55** : de couleur marron, d'une distribution coralloïde à pointes droites. Le manteau est de texture granuleuse. La phase extramatricielle est peu abondante, fines (fig79).

**ECM56** : de forme monopodiale pyramidale et de couleur marron avec extrémité sous forme d'un apex plus large que la base. Aspect externe est granuleux (fig80).

**ECM60** : est un morphotype de type exploratoire courte distance, de couleur marron, de forme monopodiale pyramidale avec extrémités droite, la phase extramatricielle est en feutrage (fig81).

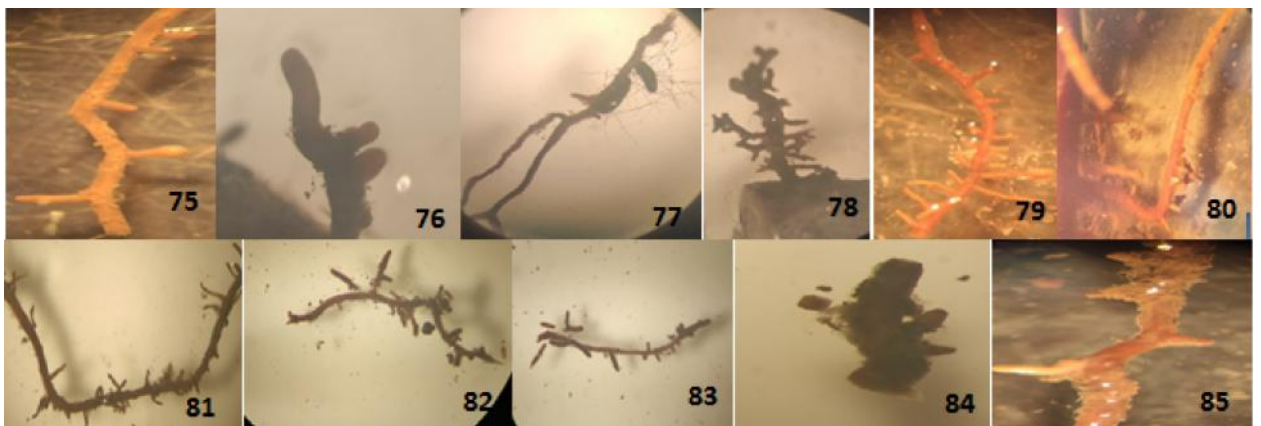
### **) Type exploratoire Moyenne Distance :**

**ECM57** : c'est une ectomycorhize a type exploratoire moyenne distance, de couleur marron clair, de forme monopodiale pennée à pointes droites. Le manteau Présente une texture granuleuse. Les rhizomorphes sont peu abondants, fins et épais (fig82).

**ECM58** : de type exploratoire moyenne distance, de couleur marron, de forme simple avec extrémités droites, la phase extramatricielle en feutrage, les rhizomorphes sont peu abondants, fins et épais. Cette ECM a été abondamment présente dans le système racinaire (fig83).

**ECM59** : de forme simple, de couleur marron à pointe droite. Aspect externe dense ficelle. Possède des rhizomorphes peu abondants, fins à caractère exploratoire de type moyenne distance (fig84).

**ECM52** : de forme simple et de couleur blanc cassé avec extrémité courbée. Aspect externe granuleux. Possède des rhizomorphes très abondants, fins (fig85).



Figures 75- 85 : ECMs des morphotypes ectomycorhiziens spécifiques aux chênes Zeen. : EcM 51(GX40) ; EcM 53(GX40) ; EcM 50 (GX40), EcM 54 (GX40) ; EcM55(GX40) ; EcM 56(GX40) ; EcM 60 (GX40), EcM 57 (GX40) ; EcM 58(GX40) ; EcM 59(GX40) ; EcM 52 (GX40).

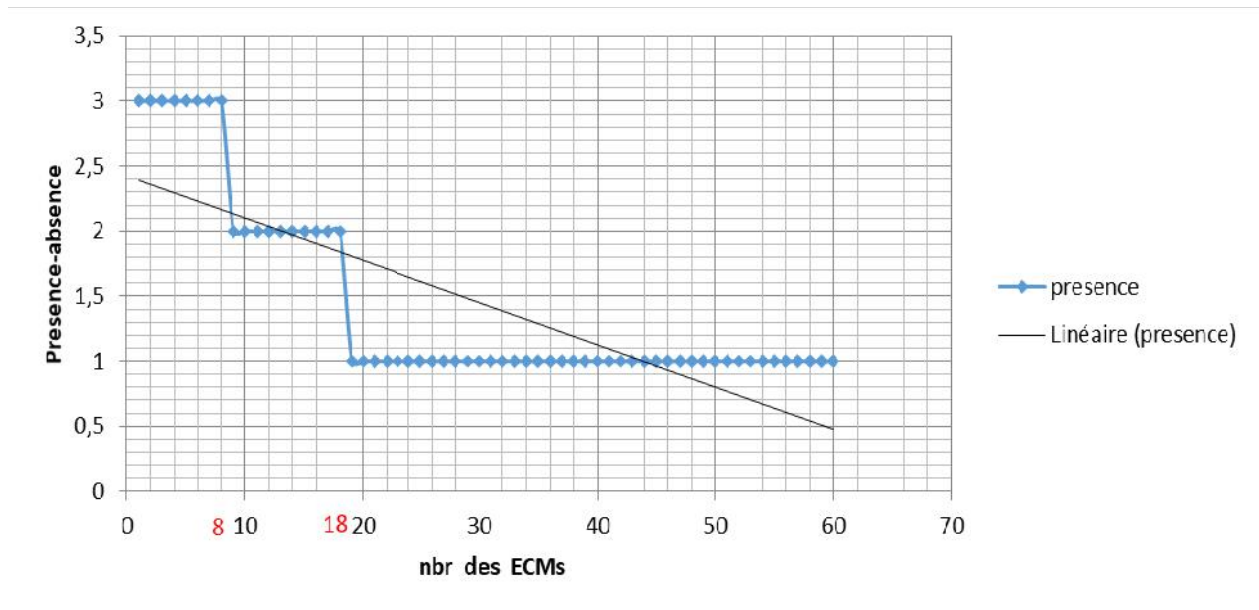
Selon les types d'exploration, la phase extramatricielle, la texture du manteau et la forme du mycorrhize, nous avons distingué 60 différents morphotypes d'ectomycorhizes chez les trois chênes dont 8 communes entre les trois espèces et 4 communes entre le chêne liège et le chêne zeen. 3 Ecms sont communes entre le chêne afares et les chênes zeen et 3 Ecms sont communes entre le chêne liège et le chêne afares. Les Ecms observées ont présenté différentes distributions à savoir : simple, monopodiale-pyramidal, monopodiale pennées (simple), coralloïdes, irrégulière pennée, et dichotomique avec un mycélium extramatriciel soit absent soit plus au moins développé voire fortement abondant.

L'analyse des différents morphotypes ectomycorhiziens observés chez les chênes liège, afares et zeen montre une grande richesse morphotypique. L'observation des racines de 55 plants de jeunes plants a permis de constater la présence d'ectomycorhizes chez tous les jeunes plants dont 30 mycorhizes chez le chêne liège, et également chez le chêne afares, 26 chez le chêne zeen avec une grande diversité de couleur, de forme, de phase extramatricielle à savoir C, CD, MLD. De plus la comparaison entre les communautés ectomycorhiziennes des différents chênes étudiés deux à deux par l'indice de *similitude de Jaccard (Ij)*, nous avons noté des valeurs inférieures à 50 % évoquant une hétérogénéité des communautés pour la période estivale (Tableau 6).

**Tableau6** : Distribution de la richesse en morphotypes ectomycorhiziens selon les types exploratoires à travers les trois espèces de chêne.

Paramètres de Richesse morphotypique en Ecm	IJ
Ecms communes entre <i>Q. suber-Q.canariensis</i> et indice de Jaccard	<b>Ij= 13,33%</b>
Ecms communes entre <i>Q. suber-Q. afares</i> et indice de Jaccard	<b>Ij= 8,10%</b>
Ecms communes entre <i>Q. canariensis- Q. afares</i> et indice de Jaccard	<b>Ij= 9,09%</b>

Les résultats de la richesse en morphotypes chez les trois espèces de chênes ont révélé la présence de 60 morphotypes. Parmi ces ectomycorhizes, une minorité au taux de 13 % sont communes aux trois espèces (Figure 98).

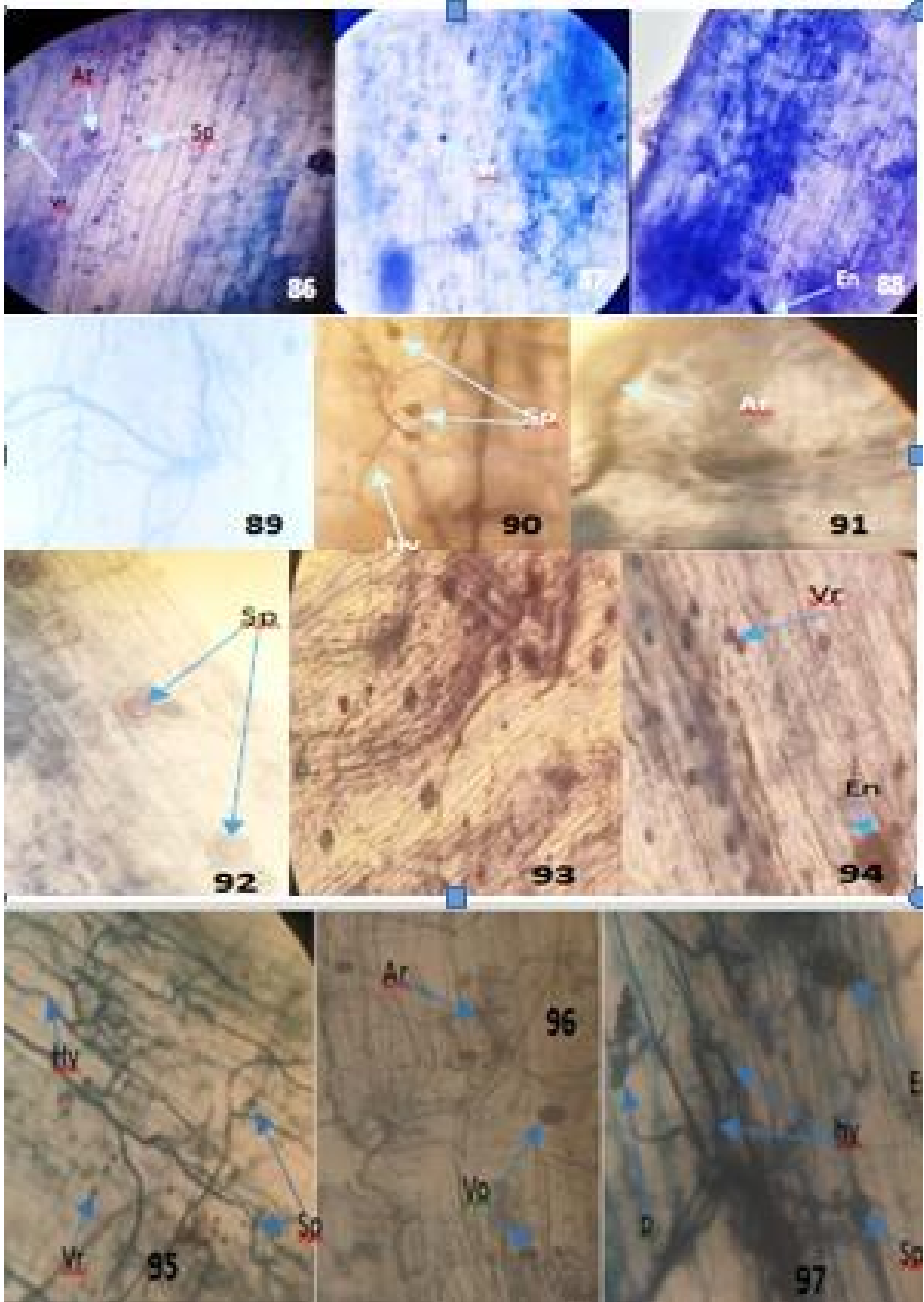


**Figure 98** : distribution de la richesse des morphotypes chez les trois espèces de chênes.

### 3 . Le statut endomycorhizien du chêne liège, chêne zeen et chêne afares :

L'observation des racines de différents plants de trois espèces sous, le microscope optique au grossissement 100 et 400 a permis de noter :

- a) La présence de structures endomycorhizienne tels que les arbuscules, les vésicules rondes et ovales, les pelotons et les hyphes extra et intra cellulaire et les spores (Figure (86-97).
- b) La présence des endophytes (figure88, 94,97).



Figures 86- 94 : Les endomycorhizes (VAMs) de chêne liège et chêne afares :

Fig.86.87.88 Les structures endomycorhiziennes (GX400), montrent des arbuscules portés par des hyphes de différents diamètres ; Fig.86, 87 montre des vésicules de petite taille ; Fig.88 représente des endophytes ; Fig.89-94 Les structures endomycorhiziennes (GX400) : Fig.90, 92,93 montrent des spores ; Fig. 91 montrent des arbuscules portés par des hyphes de différents diamètres ; Fig.94 montre des vésicules de petite taille ; Fig.94 représente des endophytes. Fig. 148 montre des peletons. Fig. 90 représente des hyphes.

Figures 95- 97 : Les endomycorhizes (VAMs) de chêne zeen :

Fig.96 Les structures endomycorhiziennes (GX400), montrent des arbuscules portés par des hyphes de différents diamètres ; Fig.95-96 montre des vésicules rond et ovale ; Fig.97 représente des endophytes ; Fig.95, 97 montrent des spores ; Fig. 96 montrent des arbuscules portés par des hyphes de différents diamètres ; Fig.97 représente des endophytes. Fig. 97 montre des peletons. Fig. 95,97 représente des hyphes.

### J Quantification de la mycorhization :

Le comptage et l'estimation de l'intensité de mycorhization a été réalisé pour les ectomycorhizes et les endomycorhizes. Le comptage des ectomycorhizes a été réalisé selon la méthode de la gridline (estimation de la longueur racinaire ectomycorhizée par la méthode directe par comptage des ectomycorhizes sur une même longueur racinaire. La quantification de l'endomycorhization a été estimée par les facteurs de mycorhization de Trouvelot (1986).

L'analyse des paramètres de colonisation, nous a permis de mettre en exergue une intense infection ecto et endomycorhizienne chez les trois espèces de chênes étudiés (Tableau7).

L'estimation de la colonisation ectomycorhiziennes sur les racines des trois chênes, nous a révélé que le chêne afares est l'espèce la plus dotée en ectomycorhize suivi du chêne zeen et du chêne liège.

Afin de mettre en évidence les relations existantes entre la symbiose mycorhizienne et son apport à la croissance des plants des différents chênes au stade semis, nous avons réalisé le calcul du coefficient de corrélation entre les variables. Les coefficients obtenus nous ont permis de noter une évolution concomitante entre les variables de mycorhization et les variables de croissance, de l'intensité de l'endomycorhization et la Robustesse des plants des quatre espèces avec une valeur de  $r=0,42$  et le nombre des ECMs par comptage direct et la biomasse aérienne des tiges avec glands  $r= 0.68$  et les plantules sans glands avec  $r=0,76$  et le poids de la racine avec des valeurs de  $0,74$  (Tableau8).

La première relation indique que les plants qui sont fortement mycorhizes ont accusés une vigueur importante.

La deuxième relation positive et très significative : plus le nombre d'ECM augmente plus la production en biomasse augmente.

En revanche, les corrélations négatives entre l'intensité arbusculaire de la partie mycorhizée et l'intensité arbusculaire dans le système racinaire avec le nombre

d'ectomycorhizes indirect (-0.44,-0.42) signifie que plus les plants qui sont fortement ectomycorhizés sont faiblement endomycorhizés.

La corrélation négative entre le nombre de feuilles et le nombre d'ectomycorhizes indique que les ECMs n'ont pas favorisé la production en feuilles.

#### **4 . L'analyse en composantes principales(ACP) :**

A travers les résultats de l'étude des variabilités des différents caractères par l'Analyse en Composantes Principales (ACP), nous avons constaté que sur le plan factoriel des axes principaux (F1 X F2) permet d'expliqué 50% de variabilités totales dont 31% suivant l'axe F1 et 19% pour l'axe F2. Les variables de mycorhization (ecto et endomycorhization) ainsi que les variables de croissance sont bien représentées et proche du cercle de corrélation (fig. 99).

L'axe F1 représente l'endomycorhization et ectomycorhization qui présentent des corrélations linéaires significatives et inversement proportionnelles (négatives) de  $r=0,44$  entre intensité arbusculaire de partie mycorhizée et le nombre d'ECM ainsi que  $r=0,42$  entre l'intensité arbusculaire du système racinaire et le nombre d'ECM.

L'axe 2 représente les variables de croissance à savoir la hauteur la surface des feuilles et la matière sèche.

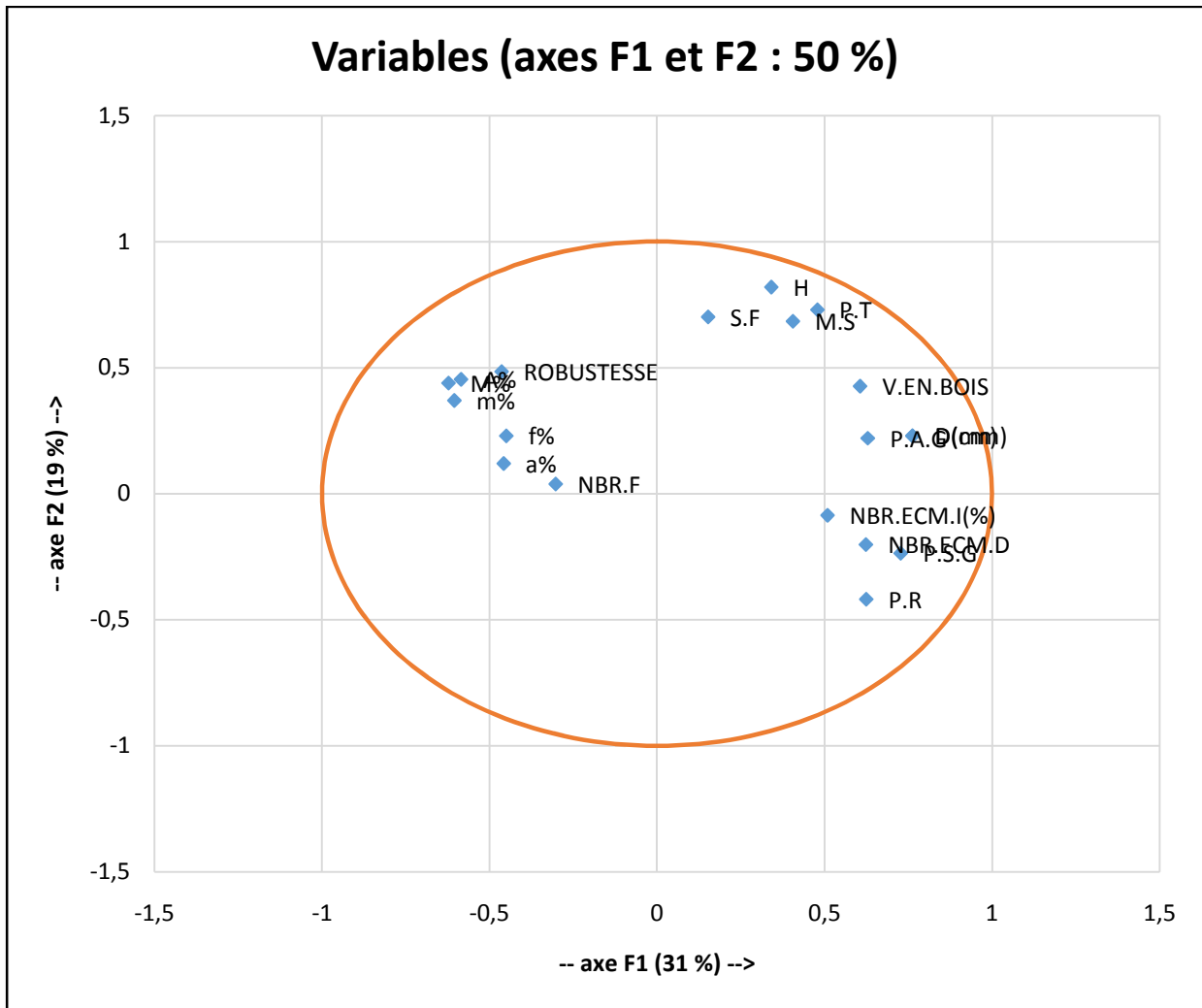


Figure 99 : Plan factoriel principal F1 x F2 de l'ACP des variables étudiées (le cercle de corrélation).

A partir de la représentation du plan factoriel, les coordonnées des variables et les coordonnées des individus, la disposition des individus par apport aux variables permet de distinguer quatre groupes A, B, C et D (Figure 100).

**Groupe A :**

Représente la partie positive de l'axe F2. Il se caractérise par une robustesse des plants et un taux d'endomycorhization A%, m%, M%, F% et a% ainsi que la variables nombre de feuilles. Le groupe est composé de plants de chêne zeen et chêne liège (Qc1, Qc4, Qs1, Qs2, Qs4).

**Groupe B :**

Est formé par l'effet de la hauteur et poids des tiges dans la partie positive de l'axe F1. Il se caractérise par une forte croissance en hauteurs des plants, poids de la tige, surface foliaire, matière sèche, le volume en bois et le poids des tiges avec gland et le diamètre

moyen. Les Plantules qui présentent les meilleures caractéristiques sont celles du Chêne afares et chêne zeen (Qa1, Qa6, Qa7, Qa5, Qc9, Qc3, Qc8, Qc7).

### **Groupe C :**

Est localisé sur la partie positive de l'axe F1. Il se caractérise par un nombre moyen d'ectomycorhizes, le poids de la racine et un taux important de nombre d'ECMs par comptage direct. Ce groupe comprend des plants de chêne zeen et chêne afares (Qc2, Qz4, Qa2, Qa8, Qa9, Qa5).

### **Groupe D :**

Regroupe les plants représentant les valeurs les plus faibles et dont les caractéristiques de croissance et de mycorhization sont les plus basses. Le chêne liège et le chêne afares semblent être les plus concernés par ces caractéristiques (Qs3, Qs5, Qa10, Qa3).

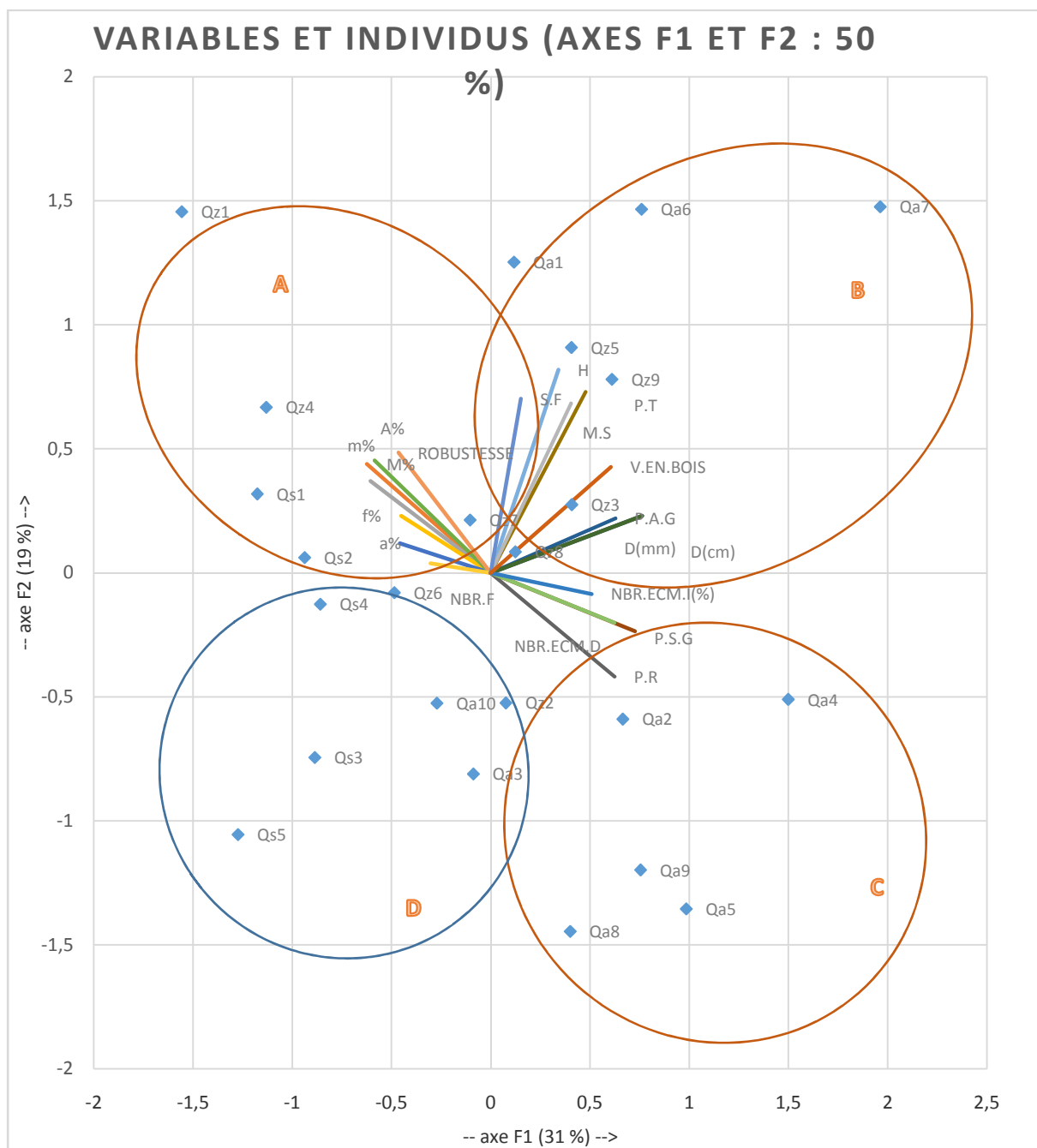


Figure 100 : Plan factoriel principal F1 x F2 de l'ACP des variables et des individus étudiés.

# *Discussion*

## 5 . Discussion

L'étude qualitative et quantitative a permis de mettre en évidence la présence de la double symbiose sous ces deux formes endomycorhizienne et ectomycorhizienne chez *Quercus suber*, *Quercus afares*, *Quercus canariensis* au stade semis *in Natura*.

Plusieurs auteurs rapportent que les plants ectotrophes sont dépendant d'abord de leurs réserves cotylédonaire pour leur croissance juvénile, même si les jeunes semis sont associés à différents partenaires fongiques (Marshall & Kozlowski, 1976 ; Mulligan & Patrick, 1985 ; et Kitajima, 2002 BÂ *et al.*, 2013). En effet, chez les semis des trois chênes concernés par l'étude, nous avons observé la grande richesse des morphotypes ectomycorhiziens malgré la présence des réserves cotylédonaire chez les trois chênes. Gardaye *et al.* . (1985) et BÂ *et al.*, (2013) rapportent que les plants des arbres forestiers s'associent dès leurs jeunes âges aux champignons ectomycorhiziens et endomycorhiziens notamment les espèces du genre *Quercus*. La richesse ectomycorhizienne était plus importante chez le chêne liège et le chêne afares comparativement au chêne zeen. Cependant, la quantification a enregistré les plus grands taux chez le chêne afares avec  $80,50 \pm 31,49$  en comptage directe et la plus faible valeur avec  $21,40 \pm 15,74$  Ecms chez le chêne liège.

Comparativement au résultats obtenus par Kadi-Bennane (2016) chez le chêne liège *in natura* qui rapporte une richesse de 20 EcMs en automne et 14 Ecms au printemps soit une richesse moyenne de 17 Ecms, 45 Ecms (Takilt, 2017) et 61 Ecms (Ait Gherbi, 2017) respectivement chez le chêne afares et le chêne zeen élevés en pots. La richesse déterminée par notre étude chez les trois espèces est différente est très hétérogène (Tableau 9).

La colonisation endomycorhizienne a été plus abondante chez les semis de chêne liège avec des oscillant entre 75% pour la teneur arbusculaire de la partie mycorhizée à 30% chez le chêne zeen. Les trois espèces sont bien dotées d'endomycorhizes, néanmoins une meilleure colonisation pour la majorité des facteurs de endomycorhiziens plus important chez le chêne liège suivi par le chêne zeen et le chêne afares.

L'analyse globale de la colonisation mycorhiziennes des racines des semis des trois chênes permet de mettre en exergue la préférence du chêne afares à contracter des ectomycorhizes en grand nombres comparativement aux partenaires endomycorhiziens. Le

chêne zeen et chêne liège semblent s'associer à des taux semblables aux deux types de partenaire mycorhiziens sans préférence.

Notre Etude a également permis de mettre en évidence un effet positif de la mycorhization sur les développements des jeunes plants de chêne avec des corrélations positives entre la colonisation en ectomycorhizes et endomycorhizes et la production en biomasse des semis. Une corrélation positive a été déterminée avec la robustesse de plants mais également avec la production en racines et la surface des feuilles, confirmant ainsi l'apport positif des partenaires mycorhiziens à la croissance par la translocation de l'eau et des éléments minéraux à la plante mais aussi dans la production d'hormones de croissance confirmant les résultats de plusieurs auteurs (Garbaye, 2013, Smith et Read, 2008).

### Conclusion :

*Quercus suber*, *Q. afares* et *Q. canariensis* présentent une grande richesse en partenaires fongiques ectomycorhiziens au stade semis. En effet, notre étude a permis de décrire la communauté ectomycorhizienne des trois espèces de chênes (chêne liège, afares et zeen) à l'état naturel et au stade semis.

Nous avons, également, mis en évidence la présence de structures endomycorhiziennes chez les plantules des trois espèces.

De plus, la présence effective des deux types de mycorhizes chez le chêne liège, afares et zeen au stade semis en milieu naturel a été confirmé et pour la première fois rapportée chez le chêne afares et chêne zeen.

Les plants des trois chênes issus du semis naturel sont dotés d'une colonisation mycorhizienne relativement importante.

L'évaluation de l'effet de cette colonisation sur la croissance a mis en exergue la relation entre les différents paramètres de colonisation ectomycorhizienne et endomycorhizienne et les variables de croissance chez les semis des trois espèces.

### Références bibliographiques :

Academic Press, 815 p

**Al-Achkar et Ali, ( 2007).** Etudes des mycorhizes à vésicules et à arbuscules chez certaines espèces en Syriens sols. Revue de l'université de Dames, 23 (1): 61-75

**Alatou D, 1984.** Facteurs physiologiques de la concurrence interspécifiques du chêne liège et du chêne zeen. Thèse. Magister en Ecologie végétale. Univ. Constantine. 123 p.

**Alatou D., 1994 :** Croissance rythmique du chêne liège et du chêne zeen. Première journée sur les végétaux ligneux- (Constantine 14 et 15 Novembre 1994).

**Associations –characteristics and functions. Mycorrhiza, 11: 167 - 177.**

**Axelrod, D. I., 1983.** "Biogeography of Oaks in the Arcto-Tertiary Province." Annals of the Missouri Botanical Garden, 70(4): 629-657.

**Bouazza marouf K., (2016),** Les symbioses mycorhiziennes et leur importance dans la réhabilitation des sols dégradés, Thèse de Doctorat, Faculté des sciences, Département de biotechnologie, Université D'ORAN 1, p159

**Boudy P., 1950.** Economie forestière nord-africaine. Monographie et traitement des essences forestières. La rose (eds.). Paris, 2 (2) : 350-387.

**Boudy P.1950.** Economie forestière Nord Africaine Tome II. Monographie et traitement des essences forestières Fascules. I, 505p.

**Brundrett, Me. (1991),** "Mycorrhizas in natural ecosystems". Advances in ecological research 21:171-313.

**Caravaca F., Hernandez T., Garcia C., Roldan A. (2002).** Improvement of rhizosphere aggregate stability of afforested semiarid plant species subjected to mycorrhizal inoculation and compost addition. Geoderma, 108(1), 133-144.

**Dujardin P., 2010.** Fédération Française de Bonsaï Passage de Niveau 3 de l'Ecole Française du Bonsaï 18 et 19 Octobre .25p

Duponnois R., Bâ A. M., Prin Yves, Baudoin E., Galiana A., **Dreyfus B. (2010).**

## Références bibliographiques

- Fitter AH (1991).** Implication for functioning under natural conditions. *Experientia* 47(1991) 350-35.
- Fortin JA , Plenchette C, Piche Y (2008),** les mycorhizes la nouvelle révolution verte, édition Multi Mondes.
- Fraval, A., 1991 :** Contribution à la connaissance du rythme de la floraison du chêne liège en forêt de la Mamora, *Ann.Rech.For.Maroc,T(25),pp.102-118.*
- Garbaye J., (2013).** La symbiose mycorhizienne. Synthèse edit-Quae. 251p.
- Gil L., et Varela M.C., 2008. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for cork oak (*Quercus suber*). Bioersivity International, Rome, Italy. 6p.
- HAMZA, N. (2014).** Application des mycorhizes arbusculaires en culture maraîchère cas de la pastèque (*Citrullus lanatus*). Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas Sétif 1, Algérie, 54P.
- Heckman et al., 2001** Heckman D.S., Geiser D.M, Eidell B.R., Stauffer R.L, Kardos N.L., Hedges S.B. 2001. Molecular evidence for the early colonization of land by fungi and plants. *Science*.293, 1129 1133. doi:10.1126/science.1061457
- Hubert F., 2013.** Reconstructions phylogénétiques du genre *Quercus* à partir de séquences du génome nucléaire et chloroplastique. Thèse de doctorat, université de Bordeaux I, 285p
- Janos DP (1980),** Mycorrhizae influence tropical succession. *Biotropica*, 12, 56-64.
- Laribi M., 1999.** Contribution a 'étude phytosociologique des formations caducifoliées à *Quercus canariensis* Will. Et *Quercus afares* Pomel. De massif d'Ath Ghobri-Akfadou (Grande Kabylie). Thèse de magister. Univ. M Mammeri de Tizi-Ouzou, 155p.
- Laribi M., 2000.** Contribution à l'étude phytosociologique des formations caducifoliées à *Quercus canariensis*Willd. Et *Quercus afares* Pomel du massif d'Ath Ghobri-Akfadou (Grande Kabylie). Thèse magistère, Institut de biologie, université MouloudMammeri de TiziOuzou, 93 p. + annexes.
- Le Tacon. F (1985).** Principaux types mycorhiziens actuels représentés sur une coupe transversale de racine. INRA Nancy- La Recherche n° 166 mai 1985.

## Références bibliographiques

- Maire R., 1952.** Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara).
- Maire. R, 1961.** Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). Ed Paul Lechevalier 7:117–120
- Medjmadj. A, 2014.** Biologie des chênes algériens. Thèse de Magister, Univ Constantine. 128 p
- Mekahlia, M. N. (2014).** Dépendance mycorhizienne de l'olivier (*Olea europaea* L.) dans l'est algérien et mycorhization contrôlée de la variété Ferkeni. Thèse de Doctorat, Université Badji MokhtarAnnaba, Algérie, 160p.
- Messaoudène M et Tessier L., 1991.** Croissance radiale de *Quercus canariensis* Willd. et *Quercus afares* Pomel en Kabylie (Algérie). *Ecologia Mediterranea*, 17 : 119-133.
- Messaoudène M, Tafer M, Loukkas A. et Marchal R., 2008.** Etude de quelques propriétés physiques du bois de chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd) de la forêt des Aït Ghobri (Algérie). *Bois et Forêts des Tropiques*, CIRAD de Montpellier, 39-50.
- Messaoudene M., 1996 :** Chêne zéen et chêne afares. La forêt algérienne (N°1 fév.-mars), INRF, Bainem, Alger, pp. 18-25.
- Mohammedi S., (2018),** Biodiversité et aptitude des champignons mycorhiziens arbusculaires isolés des palmeraies de Ouargla à mycorhizer le blé et l'orge, Mémoire master, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université KASDI MERBAH OUARGLA, p1.
- Moser M, Haselwandter K (1983),** Ecophysiology of mycorrhizal symbiosis, in: *Encyclopedia of Plant Physiology*, New Series, vol. 12, pp. 392-421. Eds O. L. Lange. P. S. Nobel, C. B. Osmond and H. Ziegler. Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork.
- Natividade JV., 1956.** Subericulture, édition française de l'ouvrage portugais « subericulture », Ecole Nationale des Eaux et Forêts (Nancy), 303p.
- PERIERA J, BUGALHO M et CALDEIRA M., 2007.** Du chêne liège au liège, un système durable. APCOR, Ed ISBN. 39 P.
- Quezel P .et Santa S., 1962.** Nouvelle Flore de l'Algérie et régions désertiques méridionales. (éd)CNRS, Paris. 2 Tome ,1170p.

## Références bibliographiques

- QUEZEL P et MEDAIL F., 2003.** Ecologie et biogéographie du bassin méditerranéen, Edition ELSIVIER. PARIS. 571P
- Quezel P, Bonin G, 1980.** Les forêts feuillues du pourtour méditerranéen : constitution, écologie, situation actuelle, perspective. Rev For Fr XXXII: 253–268
- Quezel, P. and Médail, F., 2003.** Ecologie et biogéographie du bassin méditerranéen, 2 nd Edn. Elsevier, Paris. 571p.
- Rached-Kanouni M., 2102.** Adaptation du chêne liège (*Quercus suber* L.) aux conditions extrêmes de température.thèse doctorat. UNIVERSITE CONSTANTINE 1.algerie.159p
- Russell J. ,Bulman S.,2005)** .The liverwort *Maechanti foliacea* forms a special-ized symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungi in the genus *Glomus* ,New phytol( volume 165), issue 2,567\_579p.
- Sarir R. ,2016.** Etude comparative de la croissance végétative et du développement de jeunes semis de trois espèces de chênes (chêne vert, chêne liège et chêne zéen) cultivés en pépinière. Mémoire de Master. Université de Tlemcen. Alger., 59p
- Schtiapp H, Dehn B, Sticher H (1987),** Interaktionen zwis-chen VA-Mykorrhiza und Schwermetallbelastungen. Angew. Bot. 61 85-96.
- Smith et Read, 1997 \*Smith SE, Read DJ (1997),** Mycorrhizal symbiosis. Second edition. Academic Press ; Harcourt Brace and Compan y Publishers, 605p.
- Smith S. E. & Read D. J., 2008).** Mycorrhizal Symbiosis. Third edition.
- Smith SE, Read DJ (2008).** Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press
- Tafer M ., 2000.**Contribution a l'étude de la variabilité stationnelle de la qualité du bois de *Quercus canariensis* Willd. Dans la forêt de Béni- Ghobri (Tizi-Ouzou).Thèse magister, université M.M Tizi-Ouzou, Algérie, 92p
- Trevor, E. J-C., Yu, T. E., Egger, K. N. Peterson R. L. (2001).** Ectendomycorrhizal .
- Trouvelot, A., Kough, J. L. et Gianinazzi-Pearson, V. (1986).** Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In : Gianinazzi-Pearson, V. et Gianinazzi, S., (eds.). *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae*, INRA Press, Paris. P 217-221.







## Références bibliographiques

**Wang B, Qiu YL (2006).** Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants *Mycorrhiza* 16: 299–363.

**ZERAIA L., 1982.** Le chêne-liège. Phytosociologie, édaphique, régénération et productivité dans les forêts de chêne-liège de provenance cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse de doctorat d'état, 166P.

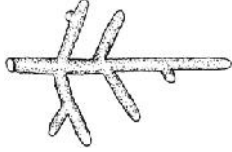



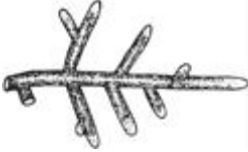

## Annexes

**nnexel** : Différentes formes des pointes des ectomycorhizes ([www.Deemy.de](http://www.Deemy.de)).

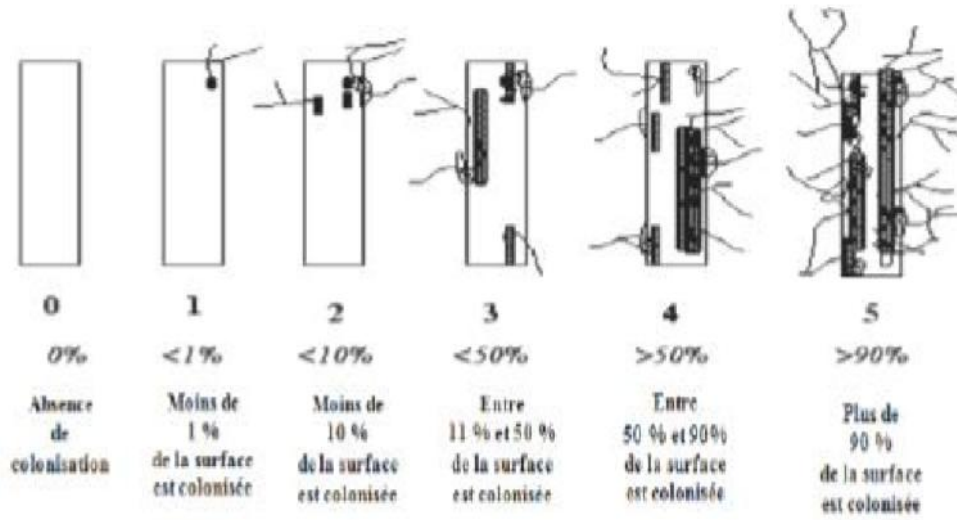
	Droite
	Courbée
	Sinueuse
	Tortueuse
	Apex plus large que la base
	Perlée

## Annexes

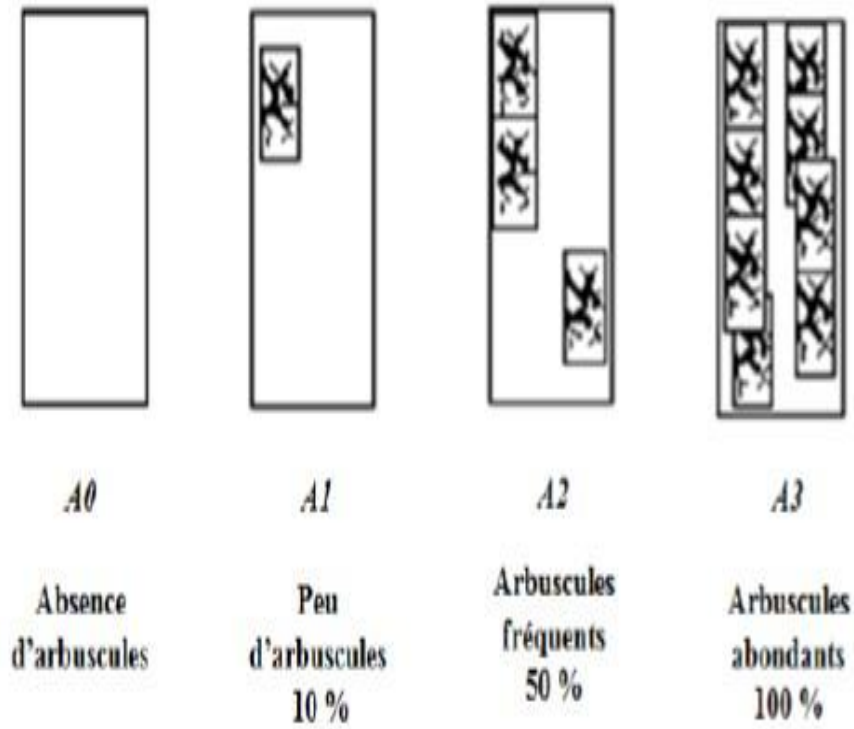
**Annexe2:** Différentes textures du manteau des ectomycorhizes ([www.Deemy.de](http://www.Deemy.de)).

	Granuleuse
	Laineuse
	Cotonneuse
	Denses ficelles
	En feutrage
	Lisse

## Annex3: Echelle d'intensité de colonisation du cortex racinaire.



**Annexe4:** Echelle d'évaluation de la présence des arbuscules.



### Résumé :

Notre étude a pour objectif la contribution à l'étude de la communauté mycorhizienne sur un type de champignon appelé les mycorhizes en raison de son importance dans plusieurs domaines, notamment au niveau environnemental et agricole. Et des groupes fonctionnels de champignons ectomycorhiziens (EcMs) et endomycorhiziens (VAMs) du chêne liège (*Quercus suber*), chêne zeen (*Quercus canariensis*) et chêne afares (*Quercus afares*) en habitat naturel. L'étude est menée au niveau de quatre stations dans la forêt de Beni Ghobri de la wilaya de Tizi-Ouzou (Algérie) : la station de Taourirt la station Fontaine Chinois, Tizi Tghidet, la station de l' Ain El incer et la station de Lac vert – Aguelmim Mezzi – Tamajarth dont les coordonnées géographiques sont respectivement 36°43'54''N et 4° 26' 41''E , 36°44'05''N et 4° 27' 56''Est, , 36°43'55''N 4° 29' 27''E. Les prélèvements, ont été réalisés durant le mois de mars au mois d'Avril 2022. Par un échantillonnage subjectif, nous avons récolté 55 semis de chênes pour lesquels nous avons mesuré les paramètres de croissance tels que la hauteur, le diamètre, le nombre de feuilles, la surface des feuilles, la biomasse totale, de la tige et racinaire et la matière sèche de la partie aérienne. L'observation macroscopiques et microscopiques, les racines de 55 jeunes plants issu d'un semis naturel des trois espèces de chêne, nous a permis de confirmer la présence de la double symbiose mycorhizienne chez les racines du chêne au stade semis. L'étude morpho-anatomique selon la méthode d'Agerer (1987-2006) a permis de distinguer une richesse morphotypique de 60 morphotypes ectomycorhiziens dont 8 communes aux trois espèces répartie en 3 groupes : contact, courte distance, moyenne et longue distance. La comparaison des communautés des différents semis de chêne par le calcul des indices de similitudes de Jaccard inférieur à 50% ont révélé l'hétérogénéité de la communauté ectomycorhizienne entre les trois espèces. D'autre part, l'observation des endomycorhizes des trois espèces a permis de distinguer des structures endomycorhiziennes telles que les arbuscules, les vésicules rondes et ovales, les pelotons, les hyphes extra et intra cellulaires et les spores. De plus, les coefficients de corrélation significatif et positif calculés entre les variables de croissance et les facteurs de colonisation de mycorhization évoquent une synergie entre le taux de colonisation ectomycorhizienne et endomycorhizienne avec le développement des plants attestant du rôle des partenaires mycorhiziens dans la promotion et le bon développement des semis de chêne dans les écosystèmes naturels.

Mots clé : ectomycorhizes, endomycorhize, *Quercus*, communautés, production.

### Abstract:

Our study aims to contribute to the study of the mycorrhizal community on a type of fungus called mycorrhizae because of its importance in several areas, particularly at the environmental and agricultural level. And functional groups of ectomycorrhizal (EcMs) and endomycorrhizal (VAMs) fungi of cork oak (*Quercus suber*), zeen oak (*Quercus canariensis*) and afare oak (*Quercus afares*) in natural habitat. The study is carried out at four stations in the forest of Beni Ghobri of the wilaya of Tizi-Ouzou (Algeria) : the station of Taourirt the station Fontaine Chinois, Tizi Tghidet, the station of Ain El incer and the station of Lac vert – Aguelmim Mezzi – Tamajarth whose geographical coordinates are respectively 36°43'54"N and 4° 26' 41"E, 36°44'05"N and 4° 27' 56"Est, 36 °43'55"N 4° 29' 27"E. The samples were taken from March to April 2022. By subjective sampling, we collected 55 oak seedlings for which we measured growth parameters such as height, diameter, number of leaves, leaf area, total, stem and root biomass and aboveground dry matter. The macroscopic and microscopic observation of the roots of 55 plants resulting from a natural seedling of the three oak species, allowed us to confirm the presence of the double mycorrhizal symbiosis in the root. The morpho-anatomical study according to the method of Agerer (1987-2006) made it possible to distinguish a morphotypic richness of 60 ectomycorrhizae, 8 of which are common to the three species, divided into 4 groups : contact, short distance, medium and long distance. The comparison of the communities of the different oak seedlings by the calculation of the indices of similarities of Jaccard (0.13) revealed the heterogeneity of the ectomycorrhizal community. On the other hand, the observation of the endomycorrhizae of the three species made it possible to distinguish endomycorrhizal structures like: arbuscules, round and oval vesicles, pelotons, extra and intra cellular hyphae and spores). In addition, the significant and positive correlation coefficients calculated between the growth variables and the mycorrhizal colonization factors evoke a synergy between the rate of ectomycorrhizal and endomycorrhizal colonization with the development of the plants attesting to the role of mycorrhizal partners in the promotion and the development of oak seedlings in natural ecosystems.

**Keys words:** ectomycorrhizal, endomycorrhizae, *Quercus*, community, production.