

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou Faculté des Sciences

Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'étude

Spécialité : protection des forets



Thème

Contribution à l'étude de la communauté
symbiotique de *Juniperus oxycerdrus*
dans le parc national de Djurdjura.

Présenté par : Tamani lynda

Birkouche Thanina

Devant le jury :

Présidente : Mme KADI-BENNANE S.

MCA à l'UMMTO

Encadreur : Mme MEZAOUR N.

MAA à l'UMMTO

Examinatrice: Mme HARCHAOUI- BOURNINE C. MCB à l'MMTO

2023/2024

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu tout puissance et miséricordieux qui nous a Donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail et a permis que nous soyons ce que nous sommes aujourd'hui.

*Nous remercions notre promotrice **Mme MEZAOUR**. N d'avoir, d'abord, accepté de diriger ce travail et de nous avoir constamment soutenu et encouragé pour mener le travail à terme. Son aide ainsi que ses orientations et critiques nous ont été d'un grand apport.*

Nous remercions du fond de cœur toute l'équipe de laboratoire des mycorhizes qui nous ont aidés durant notre pratique au laboratoire.

Nous remercions également les membres de jury qui ont accepté d'examiner ce Travail :

*A **Mme Harchaoui - Bournine**. C qui a bien voulu examiner ce travail.*

*A **Mme Mme Kadi- Bennane**.S qui nous fait l'honneur de présider ce travail.*

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes très chers **parents** 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 **nissa,lydia ,yamina** à mes chers **frères belkacem,sami,yani**

A mes neveux : **ali, massiliane.**

A mes très chères amies, **tyna** ma meilleure amie a **feliz,lysa,thanina,imane,amina,Tiziri,célia**

A mon cher **karim** et toute la promotion de protection forestière et a l'équipe de laboratoire de mycorhize.

Lynda

Dédicace

Je dédié ce modeste travail à :

Mon **père** qui m'a indiqué la bonne voie et qui a
Sacrifié Sa vie pour mon bien être, **ma mère** qui a
attenduavec patience les fruits de sa bonne
éducation et qui m'a beaucoup aidé et qui s'offre sans
me laisser souffrir ; Merci maman

A tous **ma famille** mes camarades et mon cher binôme

Thanina

Liste des abréviations

Symbole	Désignation
FPA	Formole, acide propionique et éthanol
GX	Grossissement
M	Mètre
Cm	Centimètre
ECM	Ectomycorhize
ANOVA	Analyse de la variance
C	Contacte
CD	Courte distance
MLD	Moyenne et longue distance
ACP	Analyse en composante principale
MD	Moyenne distance

Liste des figures

Figure 1 : Coupe descriptive d'une racine endomycorhizée (FORTIN, 2000).....	04
Figure 2 : Coupe descriptive d'une racine endomycorhizée (FORTIN, 2000).....	04
Figure 3 : Diagramme représentatif de la colonisation de la racine par les champignons	05
Figure 4 : Différents types de manteaux selon Agrere et Rambold (2013).....	08
Figure 5 a : ectomycorhize observé sous la loupe binoculaire optique (GX20).....	10
Figure 6 : Différents types de rhizomorphes selon Agerer (1999- 2006)	11
Figure 7 : Mycorhize éricoïde au niveau des racines de <i>Leucopogon verticillatus</i> (Harchaoui,2017 et Van Der Heijden <i>et al.</i> , 2015).	12
Figure 8 : Etape de l'infection ectomycorhizienne à partir de propagules présentes dans le sol.	14
Figure 9 : morphologie générale de <i>juniperus oxycedrus</i> (photo originale)	16
Figure 10 : feuilles et rameau de <i>juniperus oxycedrus</i>	16
Figure 11 : pied male et pied femelle (Thieray, 2010) in (Belkacem, 2015).	17
Figure 12 : Fruit de <i>juniperus oxycedrus</i> (photo originale,2024)	17
Figure 13 : la répartition géographique de <i>juniperus oxycedrus</i> dans le monde. (Mao et al., 2010) in (Bouadam-Farhi, 2013).	18
Figure14 : Géolocalisation des deux stations d'étude (Google maps.2024)	21
Figure 15 : représentation la station de Tigounatine	22
Figure 16 : représentation de la station d'étude Tikjda	23
Figure 17 : représentation des étapes d'échantillonnage.....	23

Figure 18 : thermomètre du sol	24
Figure 19 : les étapes de mesure de pH de sol.....	24
Figure 20 : représentation des étapes d'observation des mycorhizes	25
Figure21 : les étapes des coupes des ectomycorhizes.....	26
Figure 22 : Méthode de quantification des racines mycorhiziennes (Brundrett et al.,1996)	27
Figure 23 : photo représentant des fragments de racines sous la loupe et l'appareil de comptage	27
Figure 24 : Observation des différentes ectomycorhizes communes entre deux station Tigounatine et Tikjda.....	31
Figure25 : les ectomycorhize communes entre Tigounatine et Tikjda.....	32
Figure26 : Les ectomycorhizes spécifique à la station de Tigounatine.....	34
Figure 27 : les ectomycorhizes spécifique de types moyens et longue distance de la station de Tigounatine.....	36
Figure 28 : Les ectomycorhizes spécifique de type contact de la station de Tikdjda	38
Figure 29 : Les ectomycorhizes spécifique de type courte distance de la station de Tikdjda.....	39
Figure30 : Les ectomycorhizes spécifique de type « moyenne et longue distance » de la station de Tikjda	40
Figure 31 : le taux de mycorhization des sujets de <i>J.oxycedrus</i> dans la station de Tigounatine	42
Figure 32 : Le taux d'ectomycorhization par stratégie d'exploration du sol dans la station de Tigounatine.....	43
Figure 33 : le taux d'ectomycorhization par arbre de la station Tikjda.....	44
Figure 34 : Le taux d'ectomycorhization par stratégie d'exploration du sol de Tikjda	44
Figure 35 : le taux d'ectomycorhization de <i>J.oxycedrus</i> par station d'étude.....	45
Figure 36 : le taux d'ectomycorhization par stations d'études et par stratégie d'exploration	46

Liste des tableaux

Tableau 1 : Systématique de l'espèce <i>Juniperus oxycedrus</i> (Belbachir A, 2017).....	18
Tableau 2 : paramètre stationnelles de Tigounatine.....	22
Tableau 3 : paramètre stationnelles de Tikjda.....	22
Tableau 4 : caractéristique édaphiques des station d'étude	28
Tableau 5 : la richesse morphotypique des ectomycorhizes de <i>Juniperus oxycedrus</i> des deux station d'étude	28
Tableau 06 : Taux d'ectomycorhization par stratégie d'exploration de la station de Tigounatine	43
Tableau 7 : Taux de mycorhization en fonction des types exploratoires du sol dans les deux	45
Tableau 8 : Test de l'ANOVA de la comparaison des moyennes.....	46
Tableau 09 : Test d'ANOVA en fonction du paramètre sexe des arbres	47

Sommaire

Introduction	01
---------------------------	----

Synthèse bibliographique

Partie I

Chapitre I : Généralité sur les mycorhizes	03
---	----

I.Symbiose mycorhizienne.....	03
-------------------------------	----

I.2.Définition de mycorhize.....	03
----------------------------------	----

I.3.Les différents types de symbioses mycorhiziennes.....	03
---	----

I.3.1. Les Endomycorhizes.....	04
--------------------------------	----

I.3.1.1. Endomycorhizes arbusculaires.....	05
--	----

I.3.2. Les ectomycorhizes.....	06
--------------------------------	----

I.3.3. Mycorhizes éricoïdes.....	12
----------------------------------	----

I.3.4. Mycorhizes orchidoïdes.....	12
------------------------------------	----

I.3.5. Les ectendomycorhizes.....	12
-----------------------------------	----

I.4. Établissement de la symbiose ectomycorhizienne.....	13
--	----

I.5.Le rôle des mycorhizes.....	14
---------------------------------	----

Chapiter II : généralités sur le Genévrier	15
II.1. Généralité sur le genre <i>Juniperus</i>	15
II.2. Description botanique et morphologique de <i>Juniperus oxycedrus</i>	15
II.2.1. Appareil végétatif.....	16
II.2.2. Appareil reproducteur.....	17
II.3. Taxonomie du genièvre oxycedre.....	18
II.4. Répartition géographique de l'espèce <i>Juniperus oxycedrus</i>	18
II.5. Ecologie de <i>Juniperus oxycedrus</i>	19
II.6. Importance de genévrier.....	20

Partie II

Partie expérimentale

III. Matériel et méthode.....	21
III.1. Présentation de la région d'étude.....	21
III.2. Présentation des stations d'études.....	21
III.2.1. Station de Tigounatine.....	21
III.2.2. Station Tikjda.....	22
III.3. L'échantillonnage.....	23
III.4. Paramètres mesurés.....	24
III.4.1. Estimation de l'âge des arbres.....	24
III.4.2. Mesure de température de sol.....	24
III.4.3. Le pH de sol.....	24

III.5. Description des ectomycorhizes.....	25
III.5.1. Les richesses morphotipique.....	26
III.5.2. Etude anatomique des ectomycorhizes.....	26
III.6. Estimation de la colonisation mycorhizienne.....	26
III.7. Analyse statistique.....	27
IV. Résultat et discussion.....	28
IV.1. Caractéristique édaphique des stations.....	28
IV.2. L'étude morphologique des ectomycorhizes de <i>juniperus oxycedrus</i>	28
IV.2.1. Les ectomycorhizes communes entre les deux station Tigounatine et Tikjda.....	29
IV.4. Estimation de la colonisation ectomycorhizienne de <i>Juniperus oxycedrus</i>	42
IV.4.1. La colonisation ectomycorhizienne de <i>J.oxycedrus</i> de la station de Tigounatine.....	42
IV.4.2. La colonisation ectomycorhizienne de <i>J.oxycedrus</i> de la station de Tikjda.....	44
IV.4.3. La colonisation ectomycorhizienne des deux stations d'étude.....	45
IV.4 .4. L'analyse statistique.....	46
Conclusion	50

Introduction Générale

Introduction

Les mycorhizes sont des associations symbiotiques formées par des champignons et des racines de plantes. Ce terme décrit une interaction symbiotique mutualiste dans laquelle la plante qui est autotrophe, fournit au champignon, en l'occurrence hétérotrophe de la matière carbonée sous forme de sucre ; en retour le champignon fournit à la plante des minéraux et de l'eau (Smith et Read 2008).

Les mycorhizes jouent un rôle essentiel à l'échelle des écosystèmes mais aussi du peuplement de l'arbre jusqu'à la cellule. Cette symbiose est connue pour être la plus répandue et la plus ancienne des symbioses impliquant des plantes et des champignons. La majeure partie des arbres contractent des associations symbiotiques, parmi ces espèces il y a le Genévrier qui présente un rôle important.

Les Genévriers (*Juniperus*) occupent une place importante dans le paysage Nord-Africain, essentiellement en raison de leur rusticité et de leur dynamisme ; ce sont en effet des espèces pionnières peu exigeantes du point de vue écologique. Le genre est présent depuis le bord de mer jusque sur les sommets des Atlas. Leur rusticité leur permet de résister tant bien que mal aux agressions humaines intenses dont ils sont l'objet (Quezel et Gant, 2011).

Juniperus oxycedrus est l'une des espèces de genre *Juniperus* de la famille des cupressacées. Ce sont des arbustes ou petits arbres très appréciés pour leurs richesses en huile essentielle et pour leur métabolite secondaire, largement utilisés dans la médecine traditionnelle (Admas, 1988).

En Algérie le Genévrier (*Juniperus*) représente l'une des essences forestières qui jouent un rôle écologique considérable. Il est résistant à la désertification, et à l'action anthropozogène.

Le genévrier a une valeur écologique très importante au niveau de bassin méditerranéen, et des conditions écologiques de l'Algérie qui diffèrent beaucoup de celles de l'Europe, peu d'études ont été effectuées autour de cette espèce

L'objectif du travail est l'étude de l'état du statut mycorhizien de *Juniperus*

INTRODUCTION

Oxycedrus située dans les deux stations : Tigounatine et Tikdjda dans le Parc National du Djurdjura.

Notre travail est organisé en quatre chapitres principaux, dont le premier et le deuxième est consacré à la synthèse bibliographique sur la thématique.

Dans le chapitre trois nous avons présentés les différentes méthodes et matériels utilisées pour la réalisation de l'étude.

Les résultats issus de ce travail sont présentés et discutés dans le chapitre quatre résultats et discussion. Enfin une conclusion générale qui synthétise l'ensemble des résultats obtenus.

Chapitre I :
Symbiose
mycorhizienne

I. Symbiose mycorhizienne

Le mot symbiose dérive du Grec « sym » ensemble et « biosis » vivant qui signifie littéralement « vivant ensemble ». C'est une association étroite et réciproquement profitable entre deux types différents d'organismes vivants (FAO. 2010).

I.2.Définition de mycorhize

Le mycorhize est un organe qui incarne la relation entre le champignon terrestre (mycobiote) et la racine de la plante hôte (phytobiote) (Frank, 1885 ; Brundrett, 2004). C'est une relation mutuellement bénéfique qui profite aux deux parties. Les hyphes extramycéliens absorbent les éléments minéraux de la rhizosphère du sol, améliorant ainsi la nutrition des partenaires végétaux. En retour, les plantes fournissent à leurs partenaires fongiques hétérotrophes le carbone nécessaire sous forme de sucres produits par photosynthèse (Malloch *et al.* 1980 ; Marschner et Dell, 1994 ; Smith et Read, 2008). Par conséquent, l'existence de mycorhizes est un phénomène courant chez les plantes, à l'exception de quelques familles comme les Crucifères. Les associations mycorhiziennes chez les Caryophyllaceae, Cyperaceae, Compositae, Chenopodiaceae et Amaranthaceae sont rares (Strullu, 1991 ; Norman *et al.* 1995).

Les différents types de symbioses mycorhiziennes

En 1982, Boullard, en fait ressortir cinq groupes : les pseudomycorhizes, les périmycorhizes, les ectomycorhizes, les endomycorhizes et les ectendomycorhizes.

La classification récente est celle de Smith et Read (2008) amendé par Garbaye (2013), et elle est constituée de cinq groupes (**Figure 1**).

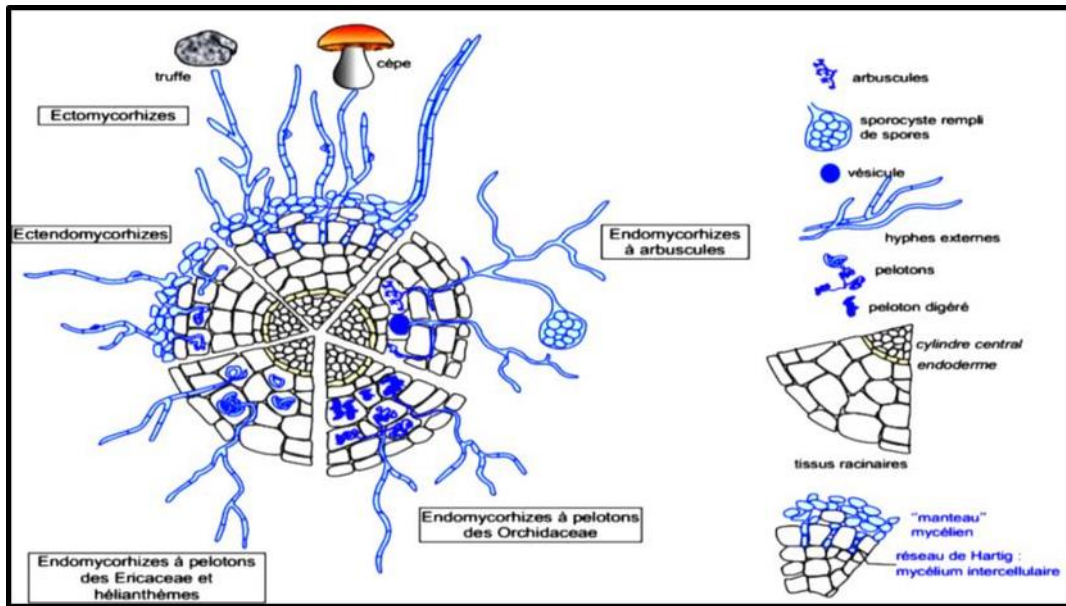


Figure 1 : Principaux types mycorhiziens représentés sur une coupe transversale de la racine (Le Tacon, 1985).

I.3.1. Les Endomycorhizes

L'apparition de cette symbiose remonterait à une époque située entre 353 et 462 Millions d'années (Brunderett, 2002 ; Redecker, 2002 ; Russell et Bulman, 2005). Les Endomycorhizes (VAMs) (du grec. Endon, à l'intérieur), sont caractérisées par 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 (figure 5) (Dalpé, 1997).

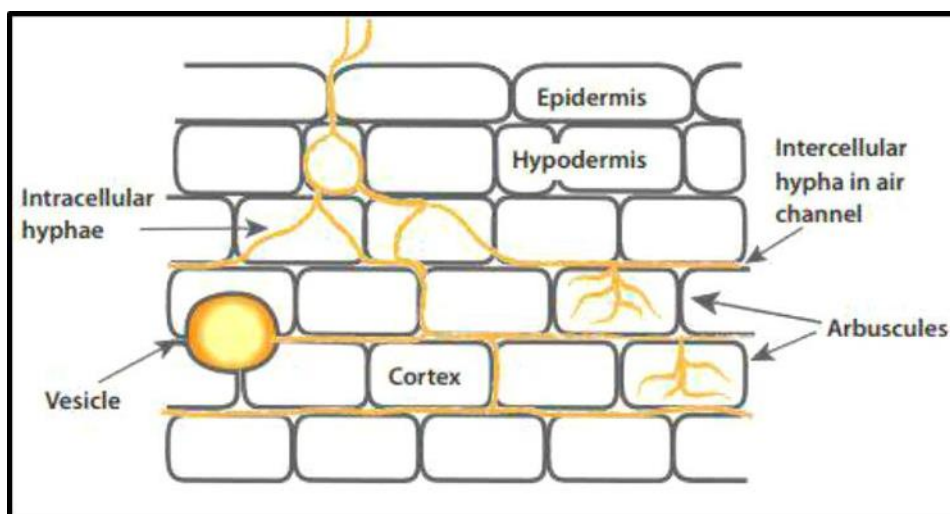


Figure 2 : Coupe descriptive d'une racine endomycorhizée (FORTIN, 2000).

I.3.1.1. Endomycorhizes arbusculaires

Parmi les associations endomycorhiziennes, ce sont les champignons mycorhiziens à Arbuscules (VAM) répandus à la surface du globe. Ils se sont adaptés à de nombreux environnements et à différentes plantes hôtes (Smith et Read, 1997). Cette particularité permet de caractériser les champignons MA comme endomycorhiziens par opposition aux champignons ectomycorhiziens où les hyphes sont intercalés entre les cellules racinaires de leur hôte sans entrer jamais (figure 3).

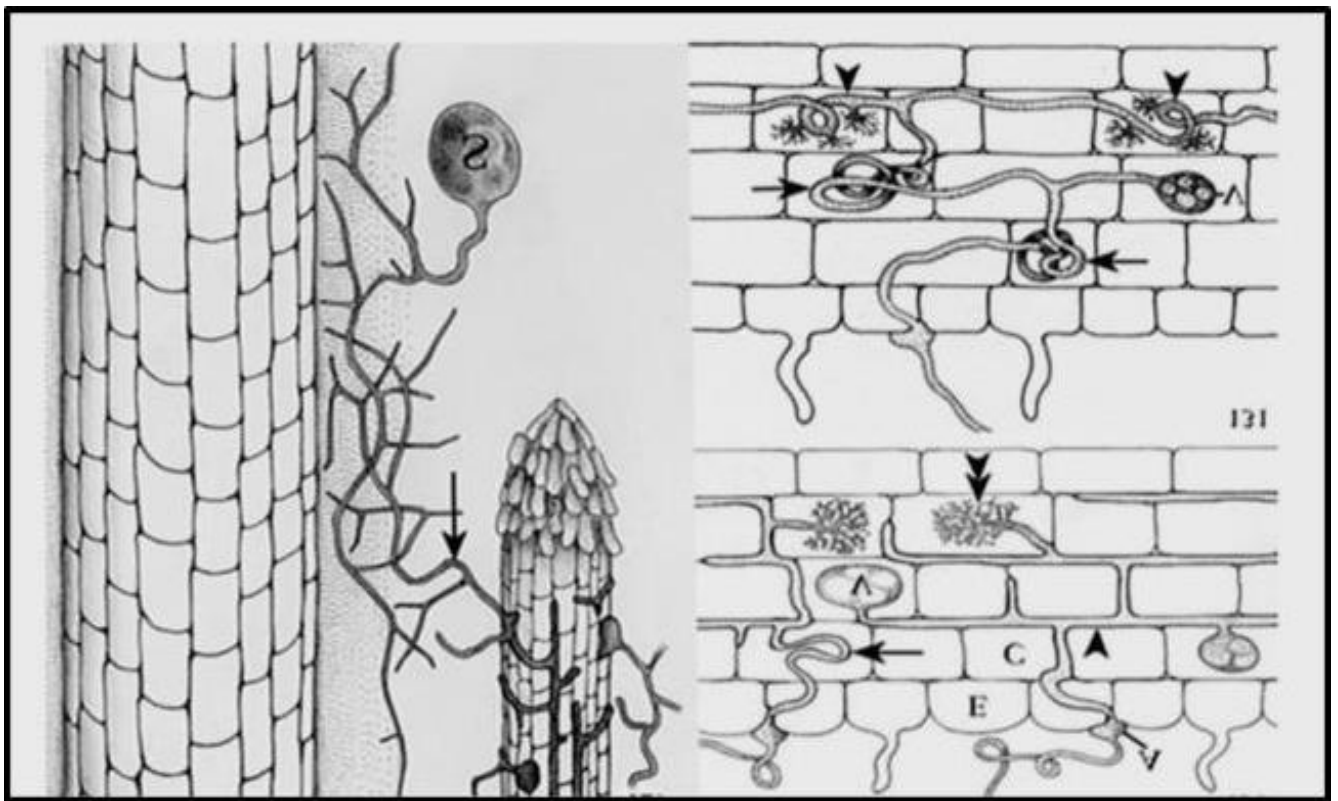


Figure 3 : Diagramme représentatif de la colonisation de la racine par les champignons Endomycorhiziens (S : sclérote, C : cellule, E : épiderme, V : vésicule ; Peterson *et al.* 2004)

I.3.2. Les ectomycorhizes

La symbiose ectomycorhizienne est beaucoup plus récente à l'échelle de l'évolution, puisqu'elle n'est apparue qu'au Crétacé, il y a environ 150 millions d'années (Duhoux et Nicole, 2004). Les ectomycorhizes (du grec *ektos* : à l'extérieur) sont formées par des champignons dont le mycélium se développe essentiellement autour de la racine colonisant la surface des cellules racinaires pour former un manteau fongique à partir duquel se développent des hyphes qui s'insèrent entre les cellules corticales de la racine pour former le réseau de Hartig (Smith et Read, 2008).

Les ectomycorhizes visent 80% à 90% des plantes vasculaires et se trouvent dans une grande majorité des Gymnospermes et un grand nombre d'Angiospermes et de Dicotylédones essentiellement chez les espèces ligneuses forestières. Les partenaires fongiques sont des champignons supérieurs généralement macroscopiques, Ascomycètes, et Basidiomycètes (Harly et Smith, 1983 ; Smith and Read, 1997 ; Forten *et al.* 2008).

L'interaction entre les symbiotes fongiques et les racines des plantes implique la mise en place d'un « dialogue » moléculaire (synthèse de Phytohormones) entre les deux partenaires et la régulation de l'expression de nombreux gènes chez ces derniers (Lagrange *et al.* 2001 ; Le Quéré *et al.* 2005 ; Plett et Martin, 2012 ; Sebastiana *et al.* 2014). Elle aboutit à de profondes modifications morphologiques de la racine. Le processus de colonisation s'accompagne d'un arrêt de la croissance des racines latérales et de la disparition des poils absorbants (Peterson, 1992 ; Sukumar *et al.*, 2013). Ces modifications conduisent à la morphogenèse de l'organe symbiotique mixte, l'ectomycorhize.

Au niveau anatomique, l'ECM est constituée par :

-Le manteau fongique

Le manteau fongique est constitué d'un ensemble de filaments plus ou moins denses, qui recouvre toute la racine courte, la protège et accumule des réserves (Garbaye, 1990). Le manteau est exclusivement constitué d'hyphes. Agerer (1987-2002) a reconnu deux types principaux de développement des hyphes dans le manteau des ECMs :

- **Pseudo-parenchymateux** présentent une organisation dense avec des éléments hyphales hautement différenciés.
- **Plectenchymateux** présente des hyphes vaguement entrelacés, où leur nature linéaire est encore évidente.

La disposition des hyphes dans le manteau a été utilisée pour caractériser les manteaux formés par chaque espèce comme une aide à l'identification ; Agerer (1987-2012, 1991, 1995, 2006)

et Agerer et Rambold (2004-2013) les ont divisés en 16 types : neuf plectenchymateux et sept pseudo-parenchymateux (figure 5). Les Laticifères, la présence de latex, longueur, épaisseur, et ramifications des hyphes peuvent se produire dans tous les types de manteau (Agerer, 2006 in Kadi-Bennane, 2016). Le manteau fongique en démontre les hyphes les plus âgées sont à l'extérieur et les hyphes les plus jeunes riches en cytoplasme sont à l'intérieur (Strullu *et al.* 1991).

Les différents types de manteau sont décrits en détail par Agerer (1987-2006, 1991, 1995, 2006) et Agerer et Rambold (2004-2019). Dans la plupart des ECM, alors que le réseau de Hartig contient encore des hyphes vivants, les cellules de la première assise du parenchyme cortical sont rapidement mortes constituant ainsi une barrière et se remplissent de substances polyphénoliques brunes de type tanin d'où l'appellation couche de cellules à tanin (Dexheimer, 1997).

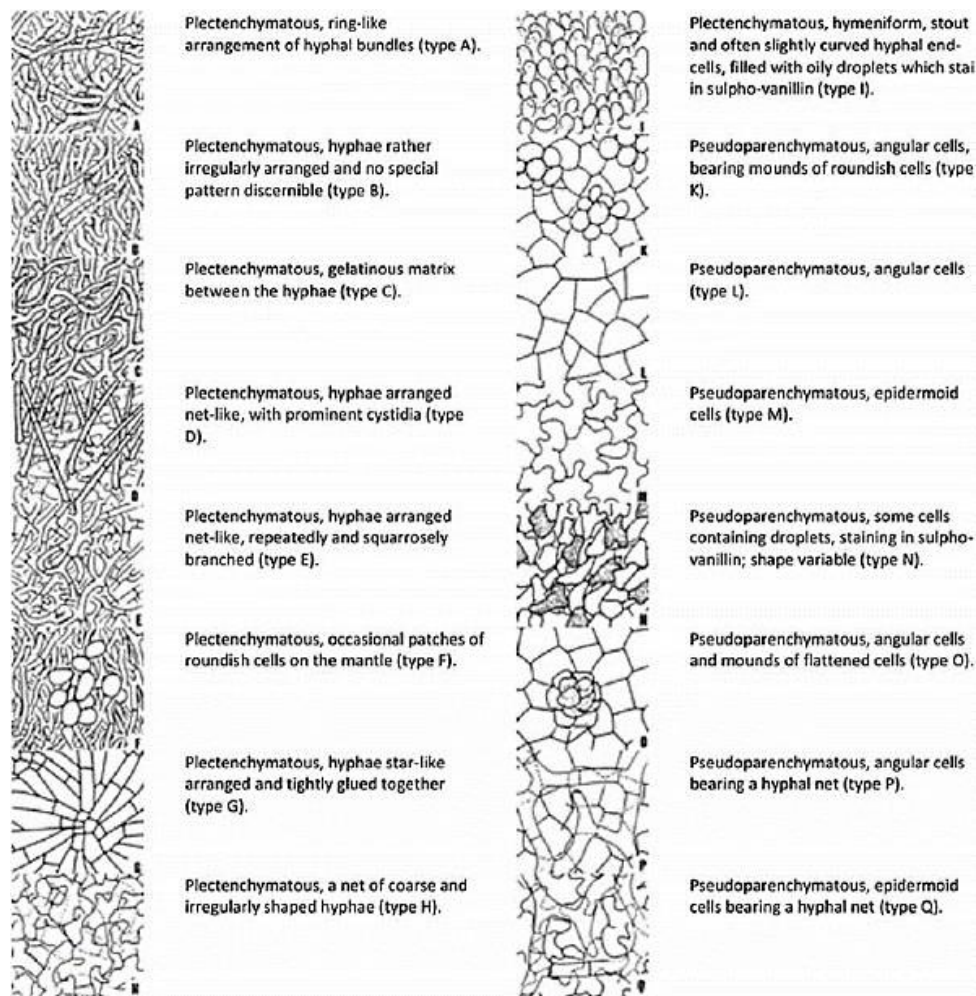


Figure 4 : Différents types de manteaux selon Agrere et Rambold (2013).

-Réseau de Hartig

Il consiste en un labyrinthe d'hyphes entre les cellules du cortex racinaire. Il est un caractère utilisé pour désigner l'association EMC (Frank, 1885 ; Harley & Smith, 1983). Le réseau de Hartig résulte de la pénétration plus ou moins profonde d'hyphes 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 (figure 5).

Dans leurs expériences, Duddridge et Read (1984) et Martins (2008) qui ont suivi expérimentalement le développement des mycorhizes, ont constaté que le réseau de Hartig commençait à se former dès la troisième semaine soit 20 jours. Ceci implique qu'il existe des contacts efficaces avec le champignon dès la deuxième voire la première semaine de développement. Ce réseau joue un rôle essentiel dans le fonctionnement de la symbiose. C'est l'interface où se font les échanges entre les deux partenaires. Il est constitué par des

hyphes qui pénètrent entre les cellules corticales de la racine-hôte qui n'atteignent en général pas l'endoderme. Dans Beaucoup de mycorhizes, les cellules corticales superficielles modifient leur morphogénèse et s'allongent dans le sens radial en prenant une disposition caractéristique en « arêtes de poisson ». Dans la plupart des ectomycorhizes, les cellules corticales de l'hôte dégénèrent rapidement ou se transforment en cellules à tanins alors que le réseau de Hartig contient encore des hyphes vivants (Dexheimer, 1997).

-Une phase extra-matricielle : le mycélium

Du manteau fongique partent des hyphes vers l'extérieur, et explorent un grand volume de sol allant au-delà de la rhizosphère, formant ainsi un réseau extramatriciel. Ce dernier détermine la mycorhizosphère et est relié aux fructifications des champignons ou sporophores qui peuvent être épigés ou hypogés sous le houppier des plantes-hôtes (Bâ *et al.* 2011).

Chez les Ascomycètes et les Basidiomycètes, la structure hyphale n'est plus cénocytique comme chez les Gloméromycètes (AM) mais plutôt formée d'hyphes cloisonnées (Fortin *et al.* 2008).

Selon l'espèce du champignon associé, il peut s'agir d'hyphes isolées ou le plus souvent agrégées entre elles de façon à former des mèches ou des cordons (Garbaye, 2013)

Les stratégies d'acquisition de l'eau par les ECM se distinguent en deux grandes catégories en fonction des propriétés de la surface des hyphes externes et de la façon dont elles sont organisées au sein du sol : i) Les hyphes isolées, ou faiblement agrégées en faisceaux lâches, à surface hydrophile (c.-à-d. mouillable) qui absorbent l'eau sur toute leur longueur (ex : *Russula*), elles sont revêtues d'un film d'eau capillaire lorsque le sol est humide et la conduction de l'eau se fait par ce film, ii) Les faisceaux d'hyphes solidement collées les unes aux autres formant les cordons et les rhizomorphes, se ramifient dans le sol à des distances de la racine qui peuvent atteindre plusieurs mètres. Ils sont à parois externes hydrophobes (c.-à-d. non mouillable) sur toute leur longueur sauf à leur extrémité. La conduction de l'eau se fait par l'intérieur (ex : *Boletus*) (Agerer, 1991 ; Unestam et Sun, 1995 ; Garbaye, 2013).

-Des rhizomorphes

Le terme « rhizomorphe » provient du grec : « rhizos » qui signifie racine et « morphè » forme ; « rhizomorphe = en forme de racine » fait référence à leur morphologie semblable à une racine (Brumelli et Göpfert, 2003). Ces structures constituent en quelque sorte un moyen, pour les champignons, d'augmenter la résistance de leurs mycéliums à des conditions difficiles à l'intérieur du substrat (gel, excès ou manque d'humidité par exemple). Ce sont des structures efficaces pour le transport de l'eau et des nutriments (Agerer, 1999, 2006).

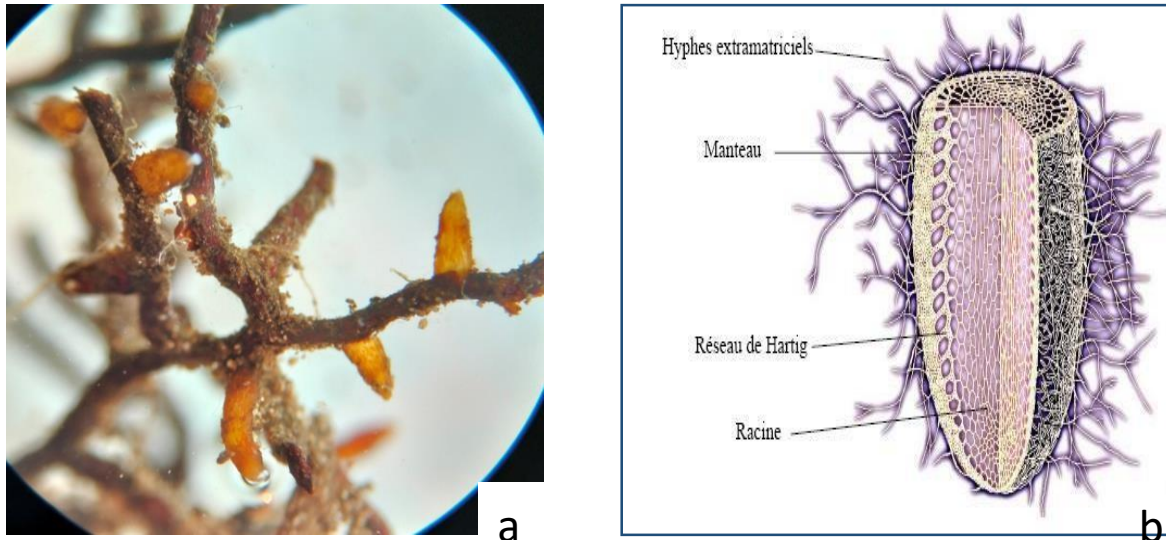


Figure 5 : a : ectomycorhize observé sous la loupe binoculaire optique (GX20).

b : Illustration schématique d'une Ectomycorhize en vue éclatée (Gagné, 2005)

Les ECM peuvent former des quantités différentes d'hyphes, qui permettent de distinguer les types d'exploration (TE) (Agerer 2001).

Le type d'exploration *Contact* forme des manteaux lisses. Les ectomycorhizes adaptant le TE *Courte Distance* émanent des hyphes qui sont souvent très denses et se développent sur une distance considérable dans le sol environnant (Agerer et Raidl 2004). Le type exploratoire *Moyenne Distance* se caractérise par la formation des rhizomorphes qui se développent sur une distance considérable dans le sol, souvent jusqu'à plus de 30-50 mm (Agerer et Raidl 2004). L'EcM adoptant un TE *Longue Distance* se caractérise par des rhizomorphes formés d'hyphes très longs et hautement différenciés. Ces rhizomorphes atteignent une longueur de plusieurs décimètres (Agerer, 2006).

Huit types de rhizomorphes peuvent être distingués (Agerer 1999, 2006 ; Agerer et Iosifidou 2004) (Figure 6).

1. Uniforme et lâche, composée d'hyphes végétatifs d'aspect ordinaire (Moyenne Distance) ;
2. Uniforme-compact, qui possède des hyphes uniformes et densément agglutinés (MD) ;
3. Thelephoroïde, avec peu d'hyphes différenciées (MD) ;
4. Ramarioid, différenciée par des structures internes et il présente des hyphes gonflés aux extrémités et septes (MD) ;
5. Russuloïde, qui est un ensemble d'hyphes épaissies avec septes souvent incomplètement irrégulièrement répartis (MD) ;

6. Phlegmacioid, avec quelques hyphes distribués de façon aléatoire un peu plus épais souvent noyées dans une matrice (MD) ;
7. Agaricoid, hautement différenciée avec principalement au centre des gros hyphes qui révèlent des septa complètement à partiellement dissous ou même très différenciés (*Longue Distance*) ;
8. Boletoid, également très différenciée avec au centre des hyphes distincts et plus volumineux qui croissent tantôt vers l'origine tantôt vers l'extrémité du rhizomorphes souvent ramifiées. (LD) (figure 6).

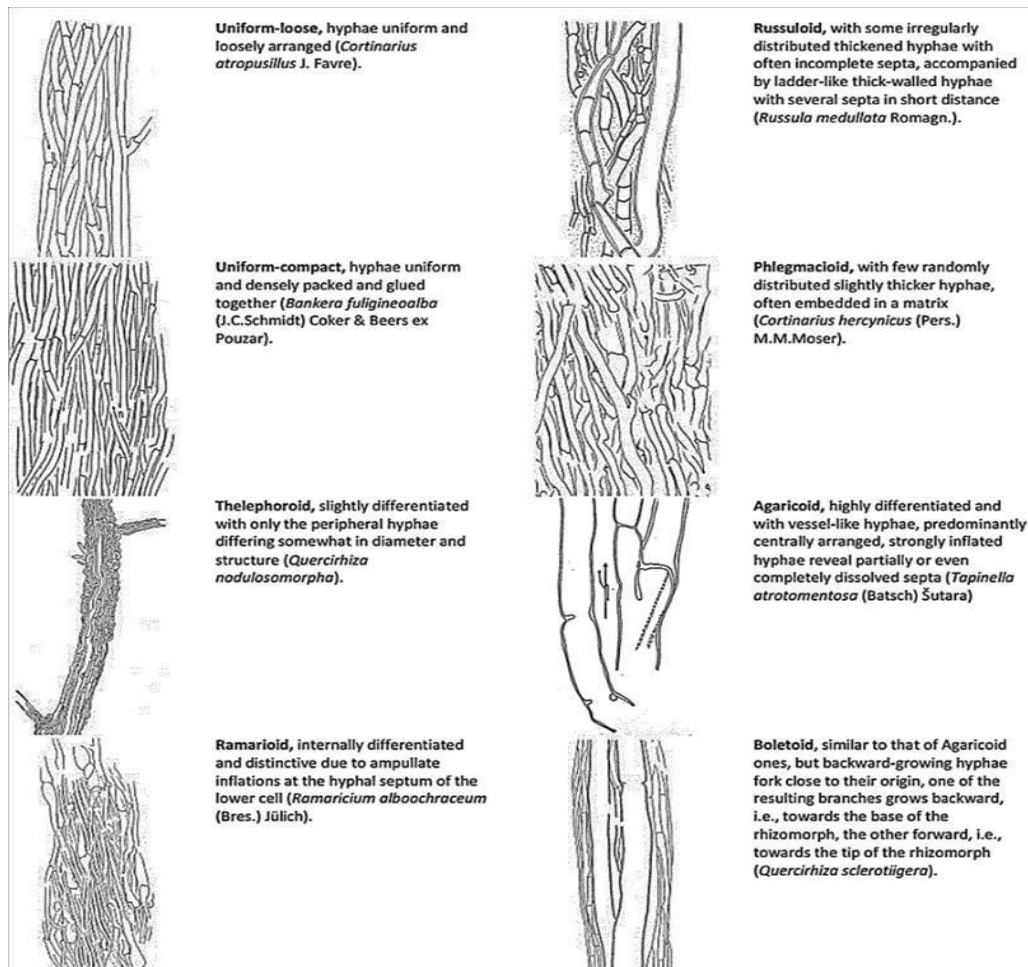


Figure 6 : Différents types de rhizomorphes selon Agerer (1999- 2006)

1.3.4. Mycorhizes éricoïdes

Ce type de symbiose concerne 5% des espèces de plantes appartenant aux *Ericacées* et une dizaine d'espèces de champignons appartenant à l'embranchement des *Ascomycota*. Les champignons développent un mycélium intracellulaire et forment des pelotons dans le cortex racinaire des *Ericacées* (Figure 7). Le champignon va permettre l'apport de nutriments et va apporter une protection contre les pathogènes et les métaux lourds (Smith et Read 2008 ; Fortin *et al.*, 2015).

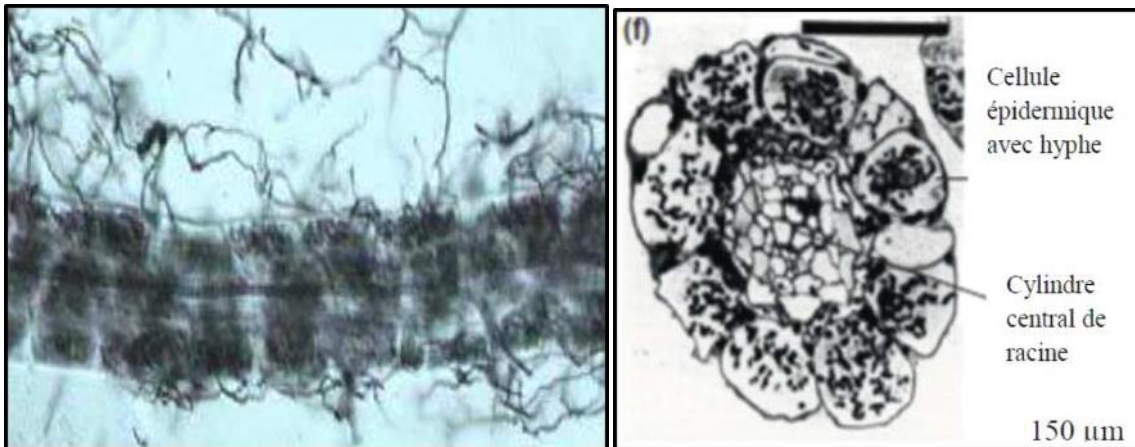


Figure 7 : Mycorhize éricoïde au niveau des racines de *Leucopogon verticillatus* (Van Der Heijden *et al.*, 2015).

I.3.3. 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).

I.3.4. Les ectendomycorhizes

Caractérisées à la fois par la présence du manteau mycélien et le développement d'hyphes inter et intracellulaires. Elles se rencontrent chez les Arbutacées, les Monotropacées et sont formées par des Basidiomycètes (*Cortinarius*, *Boletus*...) (Mikola, 1948). C'est un type de mycorhize très peu répandu. Comme son nom l'indique les champignons impliqués développent aussi bien un manchon fongique à l'extérieur des racines, que des formations endocellulaires en pelotons. Elles 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. 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)

I.4.1 Établissement de la symbiose ectomycorhizienne

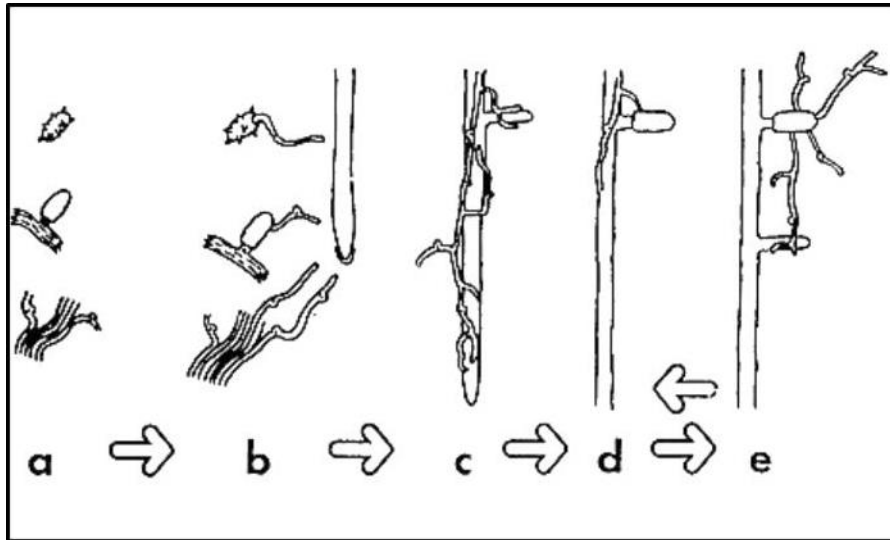


Figure 8 : Etape de l'infection ectomycorhizienne à partir de propagules présentes dans le sol

L'établissement des mycorhizes au niveau des racines se fait de différentes manières selon le type de mycorhize.

La symbiose ectomycorhizienne s'établit spontanément à partir de propagules présentes dans le sol. Garbaye (1991) a décrit l'infection par trois types de propagules dormantes, assurant la conservation du champignon, ce sont : les spores, des vieux mycorhizes où le réseau de Hartig est encore vivant et de petits amas de mycélium protégés dans des microsites favorables (Figure 8).

La figure, montre l'établissement de la symbiose mycorhizienne en fonction des trois types (spore, vieille mycorhize, amas mycélien) de propagules dormantes dans le sol, assurant la conservation et la reproduction du champignon ectomycorhizien :

a : Propagules solitaires non germées

b : Propagules germées avec reprise de l'activité en présence d'exsudats de racines compatibles.

c : Stade saprophyte, le mycélium colonise la surface de la racine principale au détriment des sécrétions par les méthodes suivantes Allonger et atteindre la première racine latérale courte,

accepter l'établissement de la symbiose.

d : Infection primaire, une première mycorhize est formée avec cette racine courte ; le champignon est en phase symbiotique, et la partie saprophyte du thalle qui avait assuré sa progression régresse du fait du vieillissement et de la subérisation de la racine longue qui n'exsude plus.

e : L'un des hyphes exophytiques (extramatricielle) irradiés de la mycorhize nouvellement formée atteint la deuxième racine courte et l'infecte à son tour (infection secondaire); la répétition des étapes d et e assurera la propagation de la symbiose.

Le rôle des mycorhizes :

- L'absorption de l'eau et des éléments nutritifs constitue la première fonction attribuée au mycorhize, notamment l'absorption des éléments pour la croissance des plantes. (Bolan 1991, Smith & Read 1997).
- Les mycorhizes sont également un lieu de stockage de polyphosphates qui seront dégradés et transférés à l'hôte en cas de besoin. De manière générale, la symbiose permet une amélioration de la nutrition hydrique et azotée, une accumulation de métaux lourds et une augmentation de la résistance aux pathogènes. (Garbaye, 1988).
- Les champignons mycorhiziens ont la capacité de solubiliser l'inorganique à partir de formes insolubles du sol. (Garbaye, 1988 in Harchaoui 2003).
- Les champignons mycorhiziens peuvent être exploités comme agents biologiques contre les maladies racinaires au niveau de pépinières (Hoge et al. 1995). En effet diverses maladies des racines peuvent être considérablement atténuées par certains champignons mycorhiziens (Duchesne et al. 1988).
- Les substances de croissance produites par les champignons mycorhiziens peuvent favoriser le développement des systèmes racinaires (Gay (1978, 1988), Gay et Gea (1994).

Chapitre II :
Généralité Sur Le
Juniperus
Oxycedrus

II.1. Généralité sur le genre *Juniperus* :

Le genre *Juniperus* L, de la famille des cupressacées, comprend environ 75 espèces (Adams, 2014).

Le genévrier sont des arbustes dioïque et anémophiles (Thomas *et al.* 2007 ; Ormon *et al.* 2010). Six espèces, de répartition forte inégale, se rencontrent en Afrique de Nord où l'on peut aisément distinguer les espèces à feuilles écailleuses réduites, appliquées sur les rameaux et les espèces à feuilles étalées piquantes. (Quezel et Gart, 2011).

Le genre *Juniperus* est bien représenté en Algérie (Maire, 1952 ; Quezel & Santa, 1962). Nous comptons cinq espèces de ce genre, parmi lesquelles deux d'entre elles sont très rares : *J. thurifera* L. et *J. Sabina* L., une rare : *J. communis* L. et les deux dernières, dans un état de dégradation intense, localisées dans les régions semi-arides et aride : *J. oxycedrus* L. et *J. phoenicea* L. (Hafsi *et al.*, 2017). Selon l'UICN (Red List), en (2022) le genévrier commun est classé « préoccupation mineure ».

En Algérie, le *Juniperus* est abondant sur les crêtes du Djurdjura (Quezel et Gart. 2011).

II.2. Description botanique et morphologique de *Juniperus oxycedrus* :

Il s'agit d'un arbre ou d'un arbuste dioïque mesurant entre 8 et 12 mètres de haut, avec des branches étalées, des feuilles persistantes, verticillées en aiguille ou en écaille. Une longueur de 8 à 25 mm et une largeur de 1-1,5 mm. La maturité des cônes femelles, qui mesurent environ 8-10 mm d'épaisseur et contiennent trois graines par cône, est d'un orange à un brun rougeâtre (Schulz *et al.*, 2003) (figure 10). Les cônes mâles sont de petites tailles, terminales ou axillaires, avec un diamètre de 1 mm. (Miara *et al.*, 2013).

Sur les pieds mâles, les fleurs sont de petits cônes jaunes, dont chacun est une fleur mâle, qui libèrent un pollen abondant. Sur les pieds femelles les petits cônes globuleux sont des Inflorescences le long desquelles sont disposées quelques écailles charnues dont les plus hautes Portent à leur face supérieure, un seul ovule nu. Elles ont la taille d'un pois-chiche et sont d'un Vert la première année, et brun-rouge la seconde : ce sont les galbules. Elles contiennent de 1 à 6 graines au tégument osseux et bosselés. Les fruits sont bruns rouges à maturité, de 6 à 9 mm La pollinisation est anémogame. La floraison a lieu au printemps (Belkacem Z, 2015).

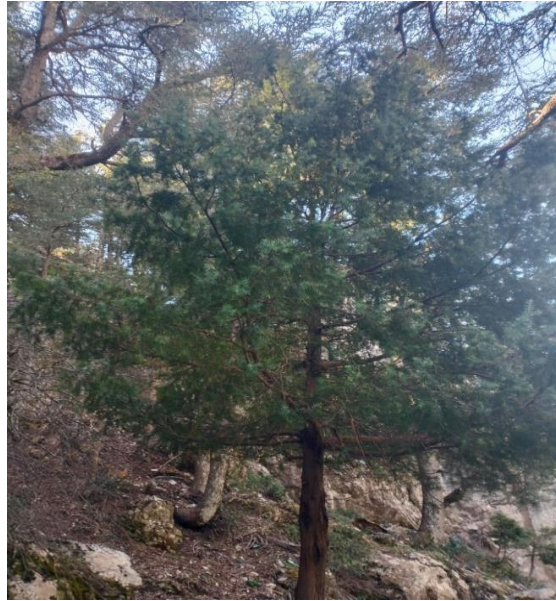


Figure 9 : morphologie générale de *Juniperus oxycedrus*

Appareil végétatif

- **Feuilles :** Aiguilles réunis par trois autour du rameau, plus longues que *Juniperus communis*, très piquantes ; deux bandes blanches à la face supérieure, (Riou-Nivert.,2001).
- **Rameaux :** Souples, étalés et anguleux, (Riou-Nivert.,2001) (Figure 11).



Figure 10 : feuilles et rameau de *Juniperus oxycedrus*

Appareil reproducteur

- **Fleurs** : Le genévrier cade est dioïque. Les fleurs mâles et femelles forment des cônes, les Mâles jaunâtres petites et ovoïdes ; visibles en mai, formées de quelques écailles qui se soudent Entre elles à la maturité (Figure 12).

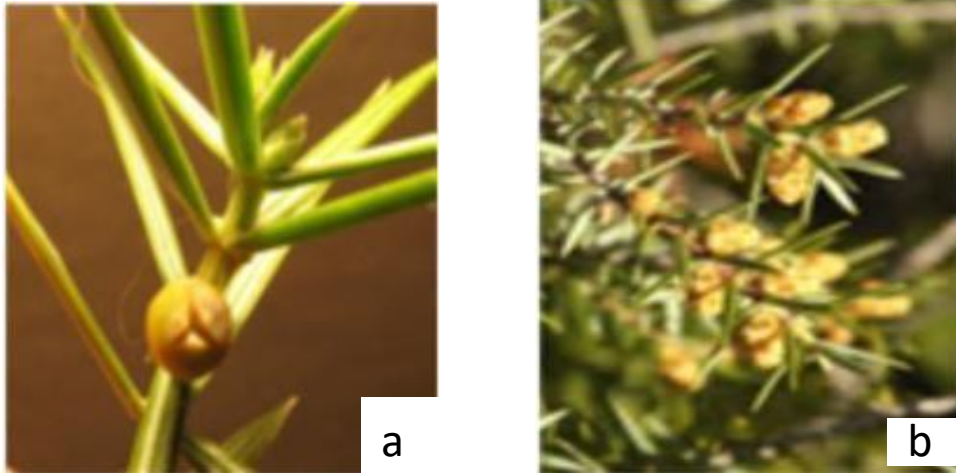


Figure 11 : pied male et pied femelle (Thieray, 2010) in (Belkacem, 2015).

- **Fruit** : Chaque fruit contient trois graines triangulaires de 2 à 3 mm logées dans la partie Charnue de la galbule (figure 12).



Figure 12 : Fruit de juniperus oxycedrus

II.3. Taxonomie de genièvre oxycédre :**Tableau 1 :** Systématique de l'espèce *Juniperus oxycedrus* (Belbachir A, 2017)

Règne	Plantae
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchements	Gymnospermes
Classe	Conifères
Ordre	Coniférales
Famille	Cupressaceae
Genre	Juniperus
Espèce	<i>Juniperus oxycedrus</i>
Nom vernaculaire	En français : Oxycédre, Genévrier, Cade, Petit cèdre d'Espagne En arabe : Arar Berbère :Thaka

II.4. Répartition géographique de l'espèce *Juniperus oxycedrus* :

Juniperus oxycedrus est une espèce méditerranéenne qui se rencontre en Afrique du Nord (Maroc, Algérie et Tunisie). Il est également présent en Espagne, France, Italie, Portugal, Turquie, dans la péninsule Balkanique et également dans l'Est du Caucase et au Nord de l'Iran. Il s'agit d'une espèce qui vit sur des pentes sèches et sur les dunes. Son habitat favori est l'air sec, le rocher, le calcaire ou les sols acides, où il est souvent associé au chêne vert et au chêne kermès (Farjon, 2005). Selon Klimko et al. (2007), cette espèce est divisée en cinq sous-espèces qui varient en fonction de leurs habitats, du diamètre des cônes et de la largeur des aiguilles : subsp. *Macrocarpa*, subsp. *Badia*, subsp. *Transtagana* et subsp. *Oxycedrus*.

En Algérie, Quezel et Santa (1962) a mentionné que *Juniperus oxycedrus* est commun dans le secteur hauts-plateaux (Oranais, Algérois et Constantinois) et aussi dans le secteur de l'Atlas Saharien, *Juniperus oxycedrus subsp macrocarpa* et commun sur tout le littoral, tandis que le *Juniperus oxycedrus subsp rufescens* et tres commun dans toute l'Algérie. (Kalus, 1991) a mentionné que cette espèce est ré pondue partout dans l' Afrique du Nord surtout dans les montagnes (Figure 13).

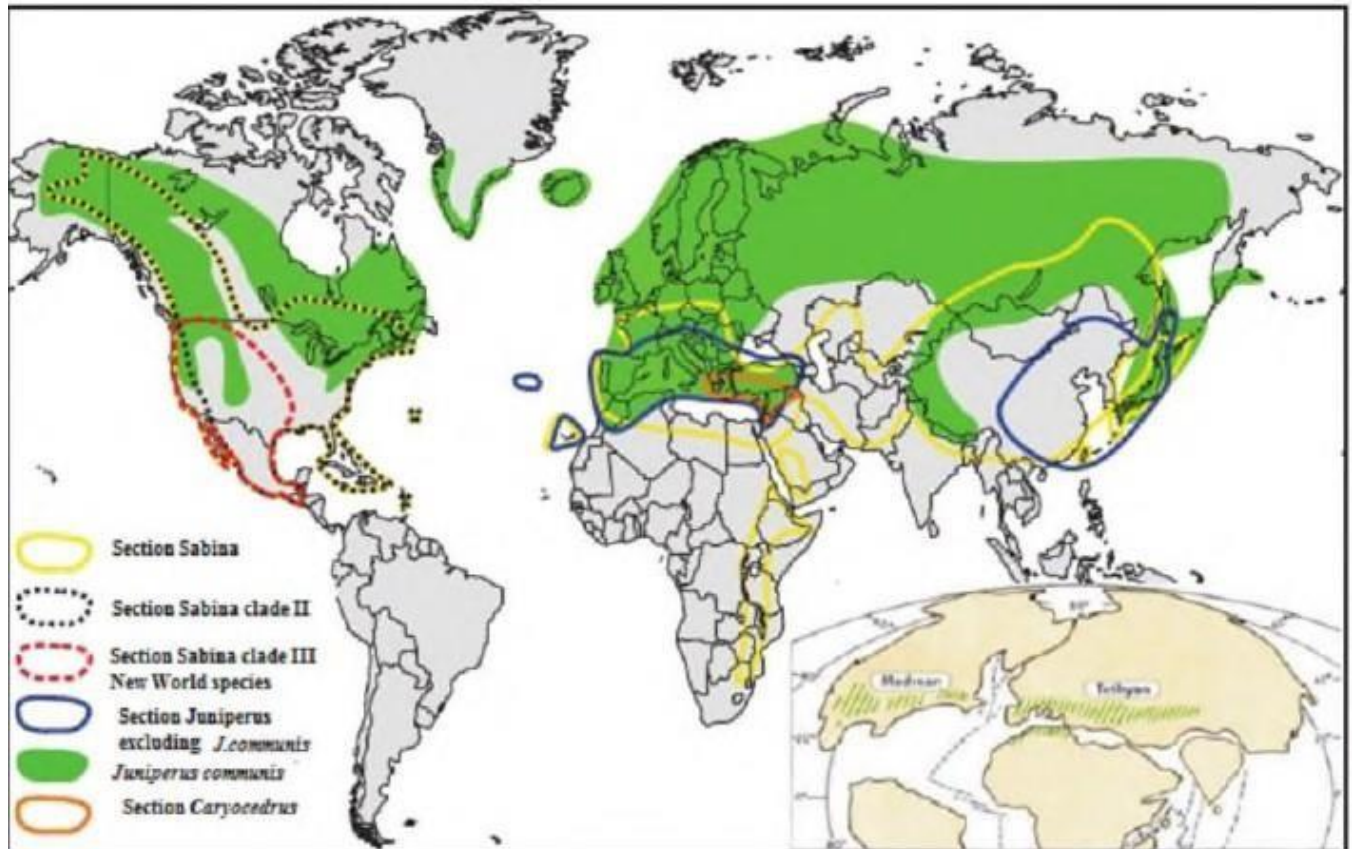


Figure 13 : la répartition géographique de Genévrier dans le monde. (Mao et al.,2010) in (Bouadam-Farhi, 2013).

II.5. Ecologie de *Juniperus oxycedrus* :

Il est indifférent au sol. Il apprécie les lieux arides, rocailleux, sur calcaire ou sur sols acides, où il est fréquemment associé au chêne vert et au chêne Kermès. Il préfère les sols drainés, même calcaire ou sec. Les sols calcaires, mi- calcaires et marneux lui conviennent particulièrement. La germination de ces graines réclame un sol humifère (Lucienne, 1961).

II.6. Importance de genévrier

Juniperus oxycedrus à une longue histoire dans la médecine traditionnelle, plusieurs études ethnobotaniques ont montré les vertus culinaires et médicinales de *Juniperus oxycedrus*. Au Maroc, le goudron de cette plante est largement utilisé en médecine traditionnelle principalement dans les traitements dermiques et les soins cosmétologiques (Bellakheddar, 1997). En Algérie, la résine de la plante est indiquée dans le traitement d'une multitude d'affections telles que l'eczéma, le psoriasis et la leishmaniose (Chermat et Gharzouli, 2015). L'infusion des feuilles est utilisée en médecine traditionnelle Algérienne comme traitement diurétique et dépurative

(Miara *et al.*, 2013 ; Miara *et al.*, 2019). La plante intervient aussi dans le traitement des troubles urinaires, désordre digestif, maladies respiratoires, migraine et rhumatisme articulaire

(Ouelbani *et al.*, 2016). La drogue est également utilisée pour ses propriété anti-hypertensive, hypoglycémique et anti-inflammatoire dans la pharmacopée italienne, les cônes femelles sont largement employés dans le massage antirhumatismal (Bruni *et al.*, 1997 ; Cornara *et al.*, 2009).

En médecine vétérinaire, les cônes femelles sont utilisé comme dépurative et la résine contre les écorchures chez les moutons , les cônes femelles sont utilisé aussi pour aromatisé les repas, parfumer et désinfecter les chambres et les vêtements (Cornara *et al.*, 2009). En Turquie, les décocté des graines et utilisé comme traitement antidiabétique (Cakilcioglu et Turkoglu, 2010) la plante intervient aussi dans l'élimination des calculs rénaux, en médecine vétérinaire le bois est utilisé comme remèdes antiseptique et parasitocides (Ertug,1999).

Chapitre III :

Matériels et

Méthodes

III. Matériel et Méthode

III.1. Présentation de la région d'étude

Le Parc National du Djurdjura est une aire protégée, inscrite comme réserve de la biosphère par l'UNESCO. Il se situe au nord-centre de l'Algérie, dans la région de la grande Kabylie. Il est situé à 140 km au Sud- Est d'Alger et à 50 km de la mer méditerranéenne. Il est limitrophe de la wilaya de Bouira par le Nord et de la wilaya de Tizi-Ouzou par le sud (figure 14).

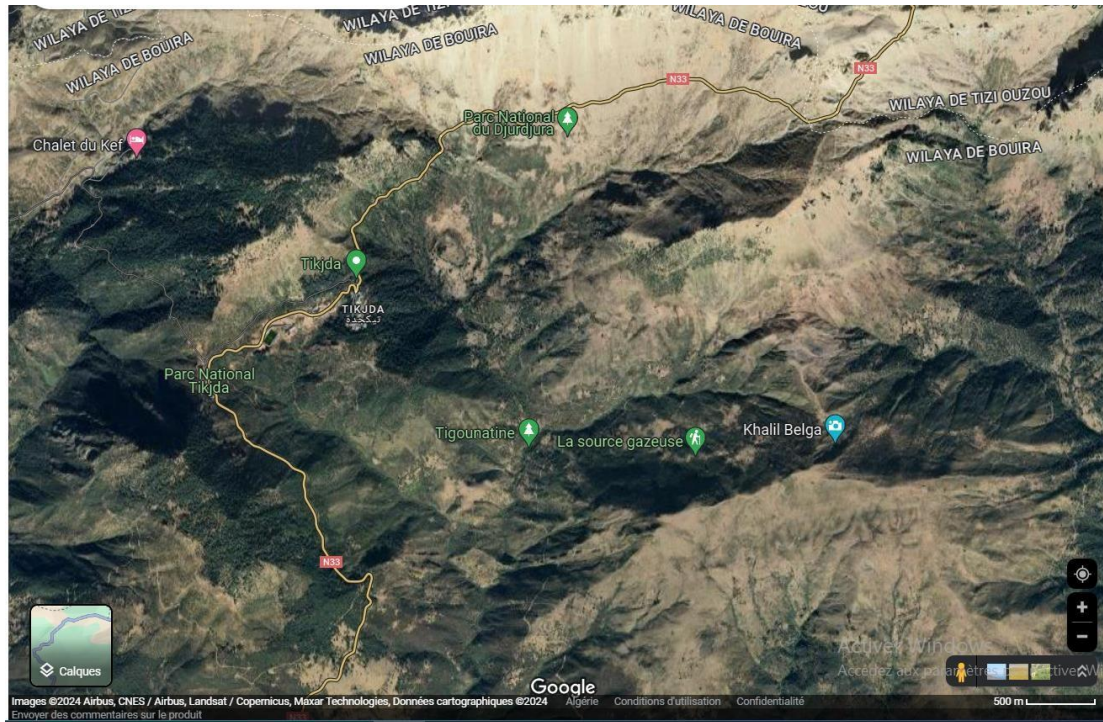


Figure 14 : Géolocalisation des deux stations d'étude (Google maps.2024)

III.2. Présentation des stations d'études

III.2.1. Station de Tigounatine

La station de Tigounatine est située dans la forêt de Tikjda, sur le versant Sud du massif forestier, à une altitude de 1450 m avec une orientation Nord-Ouest (Tableau 2). Elle est caractérisée par une végétation montagnaise, hétérogène et diversifiée. Nous avons trouvé des conifères comme le cèdre de l'atlas, le chêne, les hêtres et principalement des genévriers.

le climat de la région est caractérisé par des températures plus basses et avec des hivers froids et des chutes de neiges et des étés généralement doux et sec, ce changement climatique aide les espèces végétales à s'adapter aux conditions environnementales changeantes (figure 15).

Tableau 2 : les paramètres stationnelles de Tigounatine

	Cordonnée GPS	Altitude (m)	Pente (%)	Exposition	Température de sol °C
Tigounatine	36°27'24,03 4''N 04°06'37,43 7''E	1450	45	Nord-Ouest	4.89



Figure15 : représentation de la station de Tigounatine.

III.2.2. Station Tikjda

La station de Tikjda est située sur le versant sud de Djurdjura à une altitude de 1400 m (Tableau 3).

Tableau 3 : paramètres situationnels de Tikjda

	Cordonnées GPS	Altitude (m)	Pente (%)	Exposition	Température de sol °C
Tikjda	36°26'59.99''N 4°07'60.00''E	1400	50	Nord-Ouest	7.05



Figure 16 : représentation de la station d'étude Tikjda

III.3. L'échantillonnage

La collecte des racines est effectuée le 20 février 2024 autour de 6 arbres de *Juniperus oxycedrus* au niveau des stations de Tigounatine et de Tikjda. Un prélèvement de racines et de sol sont effectués sur les quatre points cardinaux à environ 15 cm des arbres et sur une profondeur de 20 cm. Les échantillons récoltés sont mis dans des sachets en plastique étiquetés de numéro d'arbre puis conservés dans le réfrigérateur à une température de 4°C (figure 18).



Figure 17 : représentation des étapes d'échantillonnage

III.4. Paramètres mesurés

III.4.1. Estimation de l'Age des arbres

Pour estimer l'âge des arbres nous avons mesuré la circonférence des six arbres à l'aide d'un ruban mètre, et compté nombre de couronne plus ou moins 10 ans.

III.4.2. Mesure de Température du sol

La température de sol a été enregistré lors des prélèvements sous le houppier de chaque arbre à l'aide d'un thermomètre de terrain (figure 18).



Figure 18 : thermomètre du sol

III.3.3. Le pH de sol

Le principe consiste à prendre 10 g de sol mélangé avec 25 ml d'eau distillée puis le tout est agité pendant 10mn dans un agitateur. Le mélange est laissé au repos pendant 2 heures de temps avant de mesurer le pH avec un pH-mètre. (Figure 19)

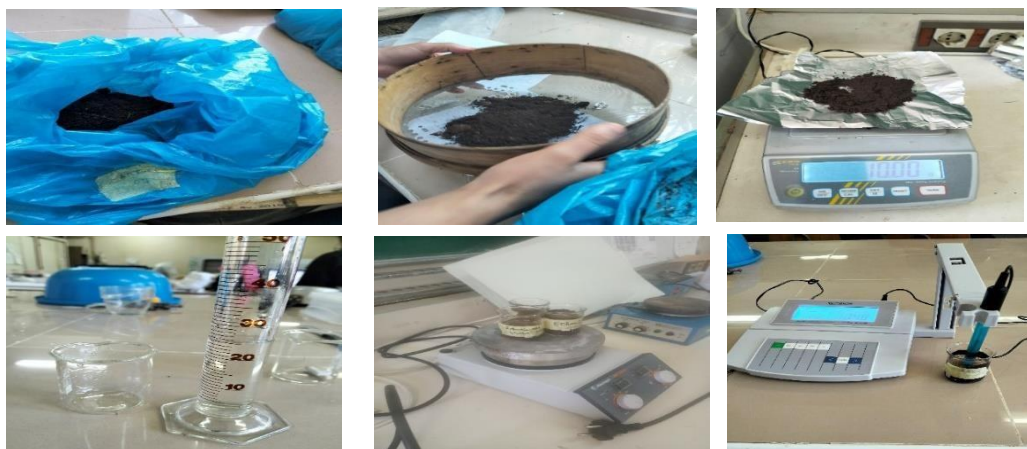


Figure 19 : les étapes de mesure de pH de sol

III.4. Description des ectomycorhizes

Les racines sont lavées délicatement pour les séparer des particules de sol sans altérer leur morphologie. La description des ECMs sous loupe binoculaire au Gx20 et x40 se fait suivant la couleur, la forme, la distribution et la phase extramatriciel.

La détermination de la stratégie d'exploration des différents morphotypes est effectuée en se basant sur la phase extramatriciel.

Selon Agerer (2006) les différents types de stratégie d'exploration sont :

- Type exploratoire C : ce type exploratoire forme un manteau lisse.
- Type exploratoire CD : ce type contient des hyphes qui sont souvent très denses et se développent sur une distance considérable dans le sol.
- Type exploratoire MLD : ce type exploratoire se caractérise par des rhizomorphes formé d'hyphes très longs et hautement différenciés.

Nous avons entamé la description de la richesse morphotipique (nombre de morphotype observé par arbre et par station), les mycorhizes observés sont préservés et conservés dans un fixateur FPA, qui est constitué de : formol (3%), acide propionique (5%) et éthanol à 70° (96%). (Figure 20).



Figure 20 : photos représentant les étapes d'observation des mycorhizes

III.5.2. La richesse morphotypique

Nous avons classifié pour chaque population les différents morphotypes ectomycorhiziens. L'observation et l'analyse de la totalité des morphotypes de *Juniperus oxycedrus* a permis de distinguer : la richesse morphotypique commune et la richesse spécifique de population suivant les conditions des milieux. La description des morphotypes communs aux différentes stations est complétée par une description anatomique.

III.5. Aspect anatomique des ECMs

Après la détermination de la richesse morphotypique, nous avons réalisé des coupes anatomiques des morphotypes communs des deux stations d'étude, pour les observer sous microscope optique au (GX400), dans le but de décrire le manteau fongique et le réseau de Hartig. (Figure 21)



Figure 21 : les étapes des coupes des ectomycorhizes

III.6. Estimation de la colonisation mycorhizienne

Le comptage est réalisé à la loupe optique et selon la méthode de la Gridline intersect décrite par Giovannetti et Mosse (1980). Une longueur de 20 à 30 cm de racines est répartie au hasard dans une boîte de Pétrie quadrillée. Le comptage a été réalisé trois fois pour chaque arbre des différentes stations. La moyenne ainsi obtenue exprime le pourcentage d'ectomycorhization par longueur racinaire (figure 22,23).

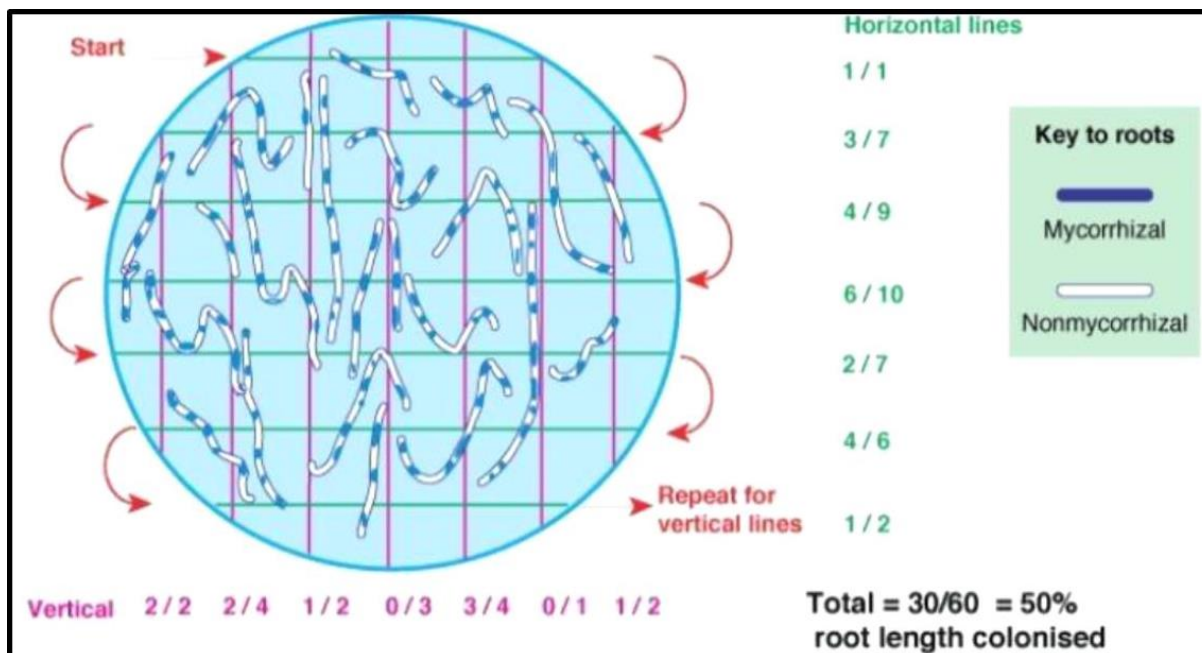


Figure 22 : Méthode de quantification des racines mycorhiziennes (Brundrett et al.,1996)

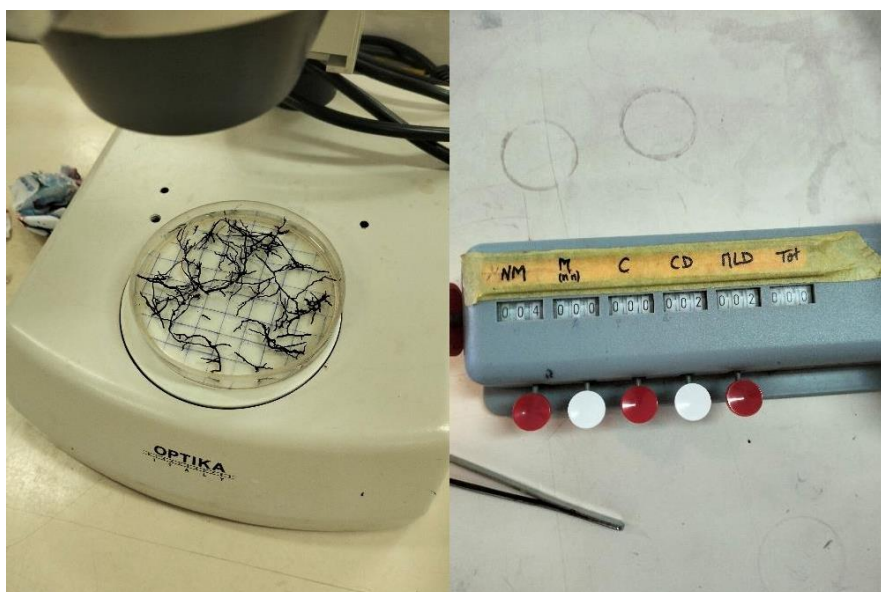


Figure 23 : représentation des fragments de racines sous la loupe et l'appareil de comptage

III.7. Analyses statistiques

Les résultats obtenus ont été soumis au test ANOVA au seuil 5% pour la comparaison des moyennes à l'aide du logiciel R et Excel.

Chapitre IV :

Résultats et

Discussion

IV. Résultats et discussion

IV.1. Caractéristiques édaphiques des stations d'étude

Les différents paramètres édaphiques sont mentionnés dans le tableau 4

Tableau 4 : caractéristique édaphiques des stations d'étude.

	Tigounatine	Tikjda
pH du sol de terrain	8.67	8.13
pH du sol dans laboratoire	9.63	8.13
T° du sol	7.8	4.7

Le pH enregistré dans les deux stations de Tigounatine et de Tikjda est basique avec les valeurs respectives de 9.63 et de 8.13 et le PH du sol de terrain enregistré dans les deux stations et aussi basique, la T° du sol elle moins basse sur Tikjda que sur Tigounatine.

IV.2. L'étude morphologique des ectomycorhizes de *Juniperus oxycedrus*

Le tableau ci-dessous présente le nombre de morphotypes spécifiques et communs des deux stations d'étude (Tableau 5).

Tableau 5 : la richesse morphotypique des ectomycorhizes de *Juniperus oxycedrus* des deux stations d'étude.

Station	EcMs (C)	EcMs (CD)	EcMs (MLD)	Total	EcMs communes	EcMs spécifique
Tigounatine	6	7	11	24	10	14
Tikjda	9	18	4	31		21

L'observation des racines de *Juniperus oxycedrus* des deux stations à révéler la présence de trente-cinq morphotype avec 24 Morphotypes au niveau de Tigounatine et 31 morphotypes au niveau de Tikjda, 10 se sont révéler communs aux deux stations et 14 spécifique à la station Tigounatine, 21 spécifique à la station Tikjda.

IV.2.1. Les ectomycorhizes communes entre les stations de Tigounatine et de Tikjda

A. Morphotypes communs de type « Contact »

- **Morphotype 1** : La mycorhize est de couleur marron orangé, simple et bombée (Figure 24. a). La phase extramatricielle est en feutrage. La coupe anatomique montre un manteau fongique fin et un réseau de Hartig de type H qui s'étale jusque au cylindre central (Figure 24. b).
- **Morphotype 2** : La mycorhize est de couleur orange, simple et droite (Figure 24. c). La phase extramatricielle est en feutrage. La coupe anatomique montre un manteau fongique fin et un réseau de Hartig qui s'étend jusque au cylindre centrale (Figure 24. d).
- **Morphotype 22** : La mycorhize est de couleur marron orangé, simple et droite la phase extramatricielle est en feutrage (Figure 25. e). La coupe anatomique montre un manteau fin et un réseau de Hartig de type G qui s'étend jusque au cylindre centrale (Figure 25. f).

B. Morphotype communs de type « Courte distance »

- **Morphotype 9** : La mycorhize est de couleur marron, simple et courbée (Figure 24.h). La phase extramatricielle est cotonneuse. La coupe anatomique montre un manteau fongique noir assez épais et un réseau de Hartig de type E qui s'étendent sur trois à quatre couches (Figure 24.i).
- **Morphotype 10** : La mycorhize est de couleur marron orangé, simple et droite la phase extramatricielle est en feutrage (Figure 25. a). La coupe anatomique montre un manteau fongique plectonchymateux et un réseau de Hartig qui s'étend sur trois couches (Figure 25.b).
- **Morphotype 23** : La mycorhize est de couleur orange, simple, droite et bombée. La phase extra-matricielle est cotonneuse (Figure 25. h). La coupe anatomique montre un manteau fongique sombre assez épais de type pseudo parenchymateux et un réseau de Hartig qui s'étend jusqu' 'au cylindre central (Figure 25. i).
- **Morphotype 28** : La mycorhize est de couleur marron orangé, simple et courbée. La phase extramatricielle est feutrage (Figure 25. j). La coupe anatomique montre un manteau fongique fin et un réseau de Hartig de type G s'étendent jusque au cylindre centrale (Figure 25. k).

C. Morphotype communs de type « moyenne et long distance »

- **Morphotype 8** : La mycorhize est de couleur marron orangé, simple et droite (Figure 24. e). La phase extramatricielle est en feutrage et notons la présence d'un rhizomorphe de type uniforme lâche (figure24. g). La coupe anatomique montre un manteau fongique épais et un réseau de Hartig qui s'étend sur 3 couches de cellules corticales (Figure 24. f).
- **Morphotype 19** : La mycorhize est de couleur marron, simple et droite (Figure25.c). La phase extramatricielle est cotonneuse avec la présence d'un rhizomorphe de type uniforme lâche (Figure 25. e). La coupe anatomique montre un manteau fongique marron et un réseau de Hartig de type E qui s'étendent jusqu'au cylindre central (Figure 25. d).
- **Morphotype 31** : La mycorhize est de couleur noire et dichotomique (Figure 25. l). La phase extramatricielle est granuleuse avec la présence d'un rhizomorphe de type theleporoid (Figure 25. n). La coupe anatomique montre un manteau fongique peu épais.(Figure 25.m).

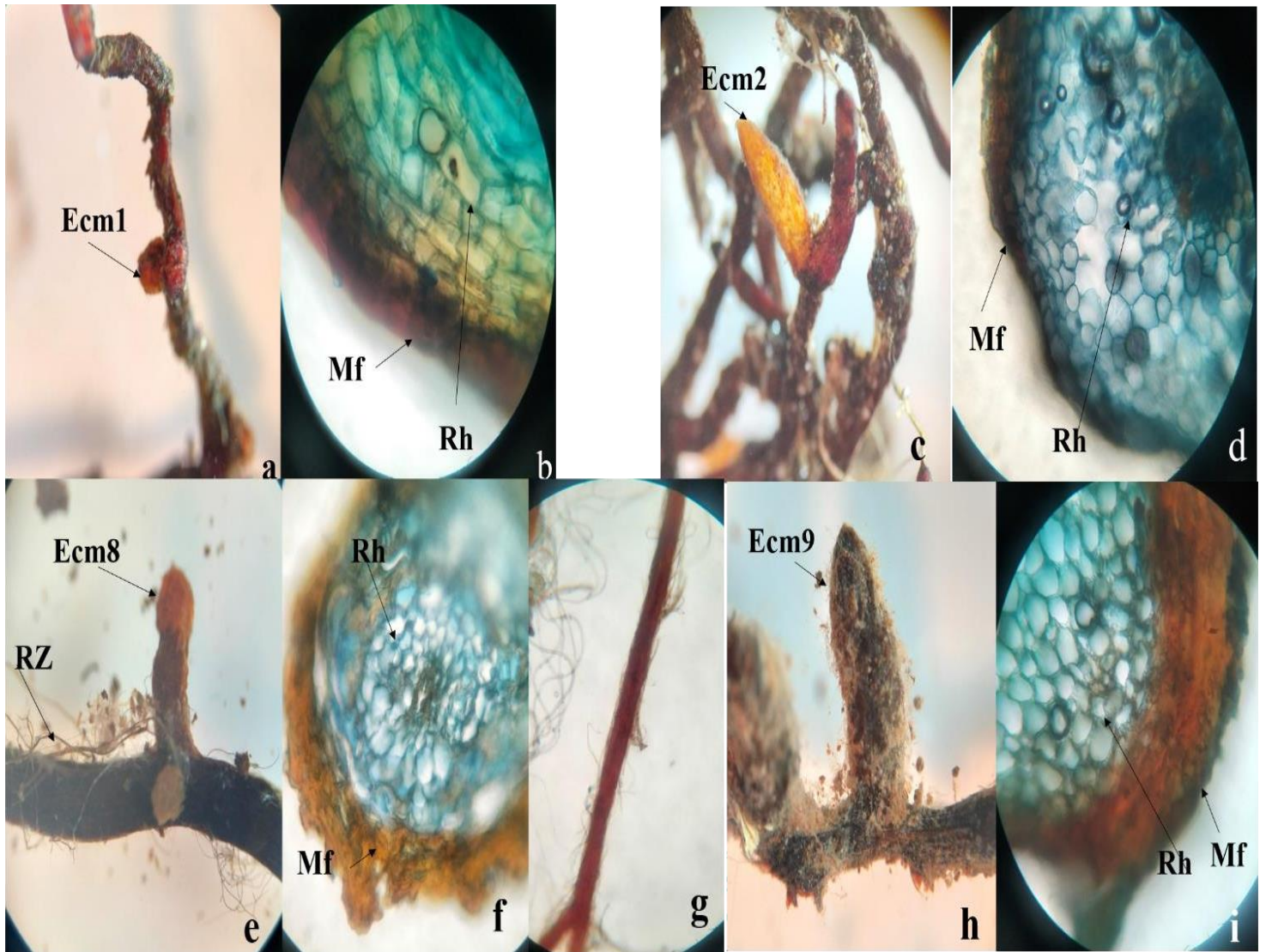


Figure 24 : Observation des différentes ectomycorhizes communes entre deux station Tigounatine et Tikjda.

- (a) : mp 1 observé sous la loupe binoculaire GX20. (b) : ca observé GX400. (c): mp 2 GX20. (d) : ca GX400. (e) : mp 8 observé GX20. (f) : ca GX400. (g) : rz detype uniforme lâche GX400. (h): mp 9 GX20. (i) : ca GX400.

(Ecm :ectomycorhize, Mf : manteau fongique, Rh : réseau de hartig ,Rz : Rhizomorphe,mp :morphotype, ca :coupe anatomique)

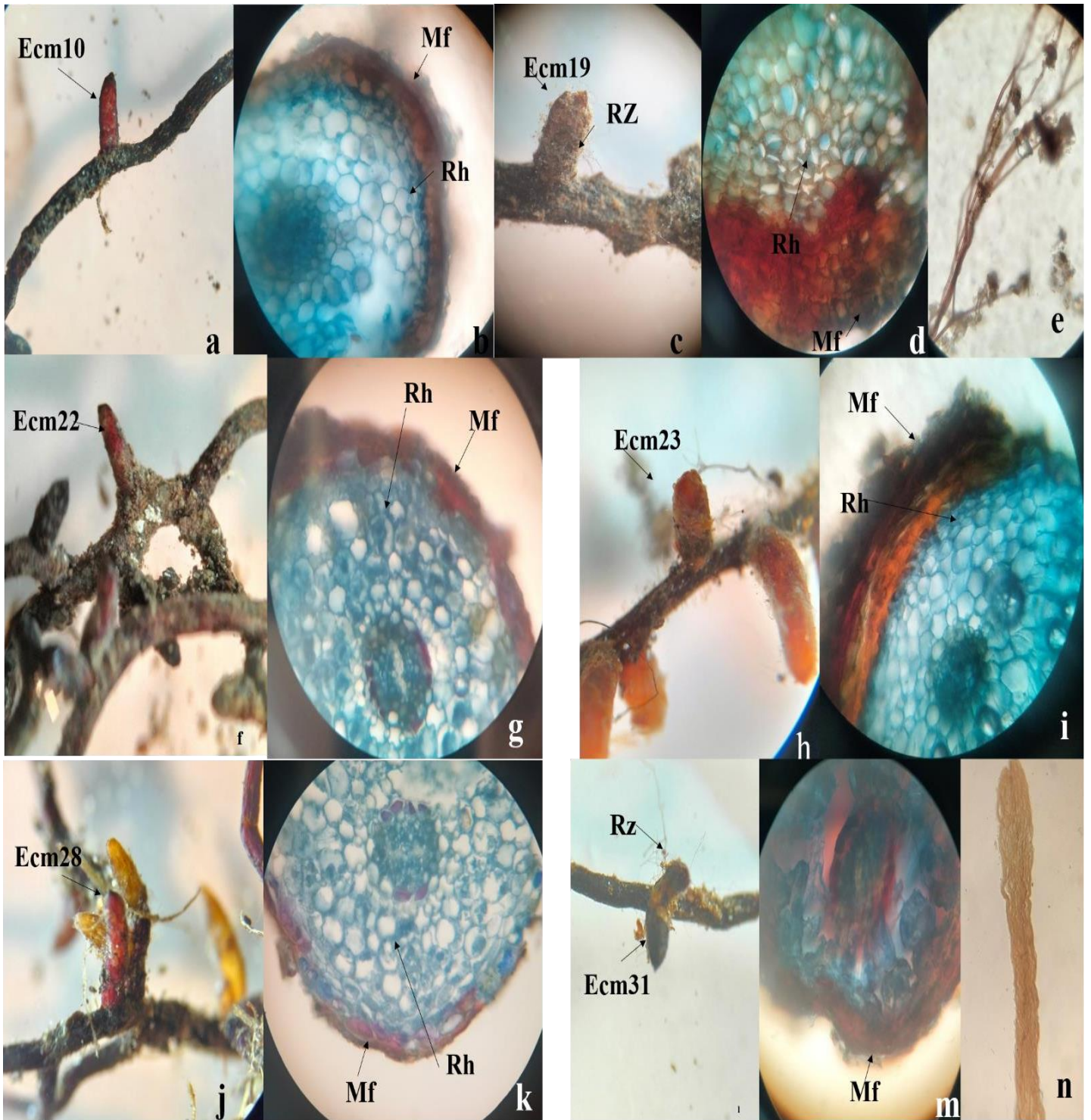


Figure 25 : les ectomycorhize communes entre Tigounatine et Tikjda

- (a) mp 10 observé sous la loupe binoculaire GX20. (b) : ca observée GX400. (c) : mp 19 observée sous la loupe binoculaire GX20. (d) : ca GX400. (e) : rz observé sous mo GX400. (f) : mp 22 observée sous la lb GX20. (g) : ca GX400. (h) : mp 23 GX20. (i) : ca observée sous mo GX400. (j) : mp 28 binoculaire GX20. (k) : ca GX400. (l) : mp 31 GX20. (m) : ca GX400. (n) : rz de type thelephoroid GX400.

IV.2.2. Les ectomycorhize spécifique à la station Tigounatine

A. Morphotypes Spécifique de type « Contact »

- **Morphotype 32** : La mycorhize est de couleur marron orangé, simple et courbé. La phase extramatricielle est en feutrage (Figure 26.a). La coupe anatomique montre un manteau fin de type plectonchymateu et un réseau de Hartig de type G qui s'étend jusque au cylindre centrale (Figure 26.b).
- **Morphotype 33** : La mycorhize de couleur marron orangé, simple, courbé, la phase extramatricielle est en feutrage (Figure 26.c)
- **Morphotype 34** : La mycorhize de couleur sous et au-dessus et marron orangé, simple, courbé et bombé au-dessus, la phase extramatricielle et en feutrage (Figure 26.e). La coupe anatomique montre un manteau fongique marron, peu épais, et un réseau de Hartig qui s'étend jusqu'au cylindre centrale (Figure 26. f).

A. Morphotype spécifique de type « courte distance »

- **Morphotype 39** : La mycorhize de couleur noir, droite, la phase extramatricielle est granuleuse (Figure 26.m). La coupe anatomique montre un manteau fongique marron et finet un réseau de Hartig de type H s'étend jusqu'au cylindre centrale (Figure 26.n).
- **Morphotype 40** : La mycorhize de couleur noir, simple, droite, la phase extramatricielle est cotonneuse (Figure 26.d).

B. Morphotype spécifique de type « moyenne et long distance »

- **Morphotype 35** : La mycorhize de couleur marron, simple, droite et la phase extramatricielle en feutrage (Figure 26.g), avec la présence de rhizomorphe de typephlegomacioid (Moyen distance) (Figure 26.h).
- **Morphotype 36** : marron orangé, simple, bombé, la phase extramatricielle est granuleuse (Figure 26.i), avec la présence de rhizomorphe de type boletoid (long distance)(figure.26.j).
- **Morphotype 37** : La mycorhize noir, ramifié, droite, la phase extramatricielle est granuleuse (Figure26.k) et révélé la présence de rhizomorphe de type phlegomacioid(moyen distance) (Figure 26.l).
- **Morphotype 45** : La mycorhize de couleur marron, simple, droite et la phase extramatricielle est granuleuse (Figure 26.o), avec la présence de rhizomorphe de type phlegomacioid (Figure 26. p).

- **Morphotype 38** : La mycorhize de couleur marron orangé, simple, droite, la phase extramatricielle est granuleuse (figure 29. E), avec rhizomorphe de type uniforme compact (figure 29. G). La coupe anatomique montre un manteau fongique noir épais et un réseau de Hartig (figure 29. F).
- **Morphotype 41** : La mycorhize de couleur marron orangé, simple, droite, la phase extramatricielle est en feutrage (figure 29. J), avec rhizomorphe de type uniforme lâche (Figure 29. K). La coupe anatomique montre un manteau fongique marron épais et un réseau de Hartig qui s'étend jusqu'au cylindre central (Figure 29.f).
- **Morphotype 42** : La mycorhize de couleur marron, simple, droite, la phase extramatricielle est en feutrage (figure 29.h), avec rhizomorphe de type thelephroid (figure 29.i).
- **Morphotype 43** : La mycorhize de couleur marron orangé, simple, droite, la phase extramatricielle est en feutrage (figure 29.m), avec rhizomorphe de type uniforme lâche (figure 29. O). La coupe anatomique montre un manteau fongique noir, fin et un réseau de Hartig (figure 29.n).
- **Morphotype 44** : La mycorhize de couleur marron orangé, simple, bombé, la phase extramatricielle est en feutrage (figure 29.d), avec rhizomorphe de type uniforme lâche (figure 29.e).

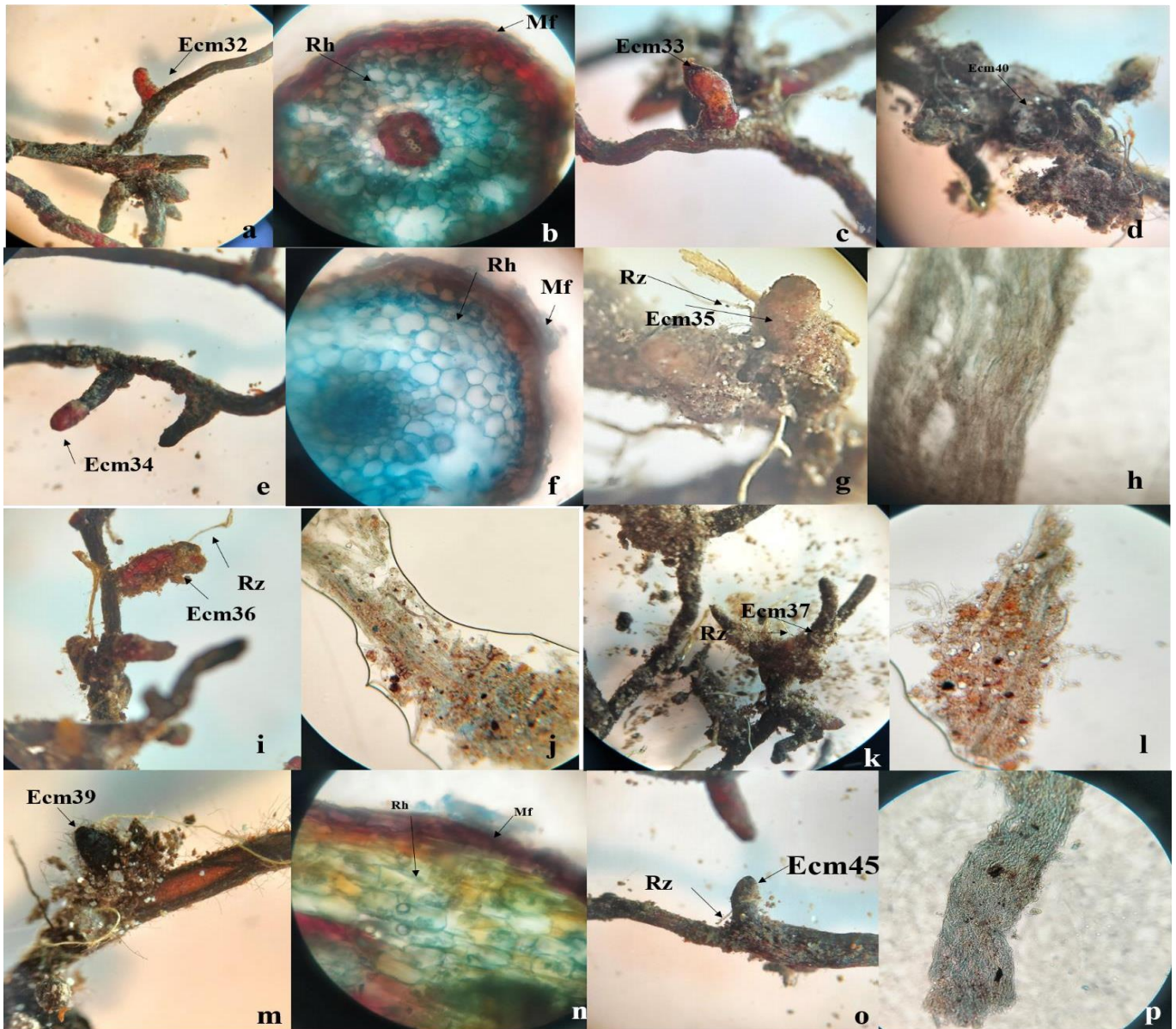


Figure 26 : Les ectomycorhizes spécifique à la station de Tigounatine.

(a)mp33 GX20. (b) : mp 40 GX20. (c) : mp39 GX20. (d) : ca GX400.

(e): mp 35 GX20. (f):ca GX400. (g) : mp 36 GX20. (h) : rz de type bolitoid GX400. (i) : mp 37 lbGX20. (j) : rz de mp 37 GX400. GX400.

(k) : mp 45 GX20. (l) : rz GX400.

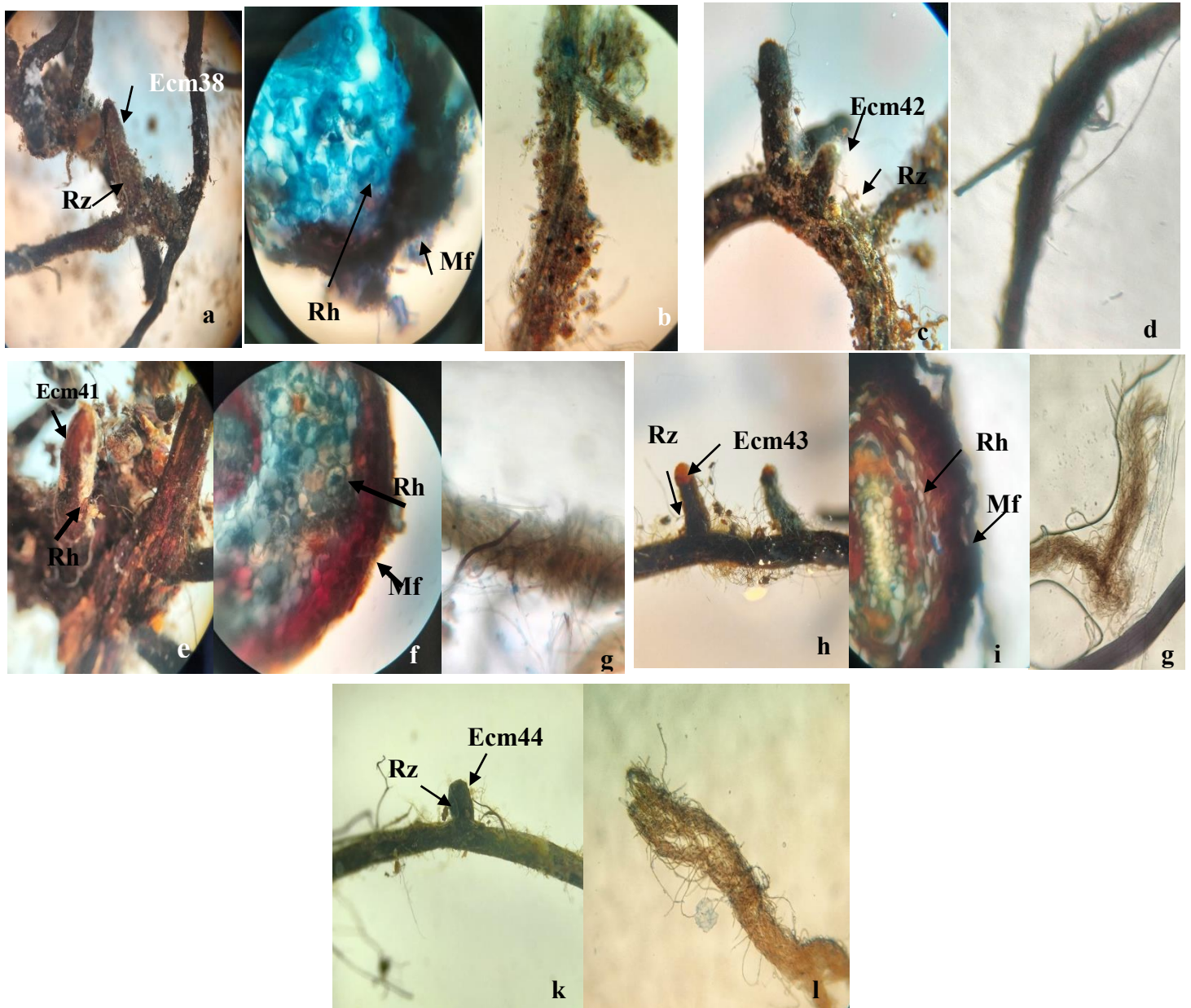


Figure 27 : Les ectomycorhizes spécifique de type moyen et longue distance de la station Tigounatine.

a :mp 38 GX20. (a) : rz de type uniforme lâche observé de mp 18 sous mo GX400 (b) : ca de mp 38cGX400. (c) : mp 42 GX20. (d) : rz de type Telephroid de mp 42 GX400. (e) : mp 41 GX20. (f) : ca de mp 41 GX400. (g) : rz de type uniforme lâche de mp 41 GX400. (h) : mp 43 GX20. (i) : rz de type uniforme lâche de mp 41 GX400. (j) :ca de mp 43 GX400 (k) : mp 44 observé GX20. (l) : rz de type uniforme lâche de mp 41 GX400.

IV.2.3. Les ectomycorhize spécifique à la station Tikjda

A. Morphotypes Spécifique de type « Contact »

- **Morphotype 3** : La mycorhize de couleur marron orangé, simple, droite et la phase extramatricielle en feutrage (figure27.a). La coupe anatomique montre un manteau fongiquemarron, fin, et un réseau de Hartig qui s'étend jusqu'ou cylindre centrale (figure27.b).
- **Morphotype 4** : La mycorhize de couleur marron, simple, bombé, la phase extramatricielle est en feutrage (figure27.c).
- **Morphotype 5** : La mycorhize de couleur marron, simple, courbé et la phase extramatricielle est granuleuse (figure27.d).
- **Morphotype 6** : La mycorhize de couleur marron, simple, droite et la phase extramatricielle en feutrage (figure27.e). La coupe anatomique montre un manteau fongiquemarron épais et un réseau de Hartig de type G qui s'étend sur trois et plus de couche (figure27.f).
- **Morphotype 20** : La mycorhize de couleur noir, simple et droit, la phase extramatricielle est granuleuse (figure27.g). Coupe anatomique montre un manteau fongique marron épais etun réseau de hartig s'étant jusqu'au cylindre centrale (figure27.h).
- **Morphotype 21** : La mycorhize de couleur noir, simple et droit, la phase extramatricielle est en feutrage (figure27.i).

B. Morphotype spécifique de type « courte distance »

- **Morphotype 7** : La mycorhize de couleur noir, simple et droite. La phase extramatricielle est en feutrage (figure28.a).
- **Morphotype 11** : La mycorhize de couleur noir, simple, droite, la phase extramatricielle est en feutrage (figure28.b).
- **Morphotype 12** : La mycorhize de couleur marron, simple, droite et la phase extramatricielle en feutrage (figure28.c). La coupe anatomique montre un manteau fongiquefin et un réseau de Hartig de type H qui s'étend jusque au cylindre centrale (figure28.d).
- **Morphotype 13** : La mycorhize de couleur marron, simple, droite, la phase extramatricielle est cotonneuse (figure28.e).

- **Morphotype 14** : La mycorhize de couleur marron, simple, droite, la phase extramatricielle est cotonneuse (figure 28 f). La coupe anatomique montre un manteau fin et un réseau de Hartig de type G qui s'étend jusque au cylindre centrale (figure 28. G).
- **Morphotype 15** : La mycorhize de couleur marron, simple, droite, la phase extramatricielle est cotonneuse (figure 28. H).
 - **Morphotype 16** : La mycorhize de couleur marron, simple, courbé, la phase extramatricielle est cotonneuse (figure 28. I).
 - **Morphotype 17** : La mycorhize de couleur marron, simple, droite, la phase extramatricielle est granuleuse (figure 28. J).
 - **Morphotype 24** : La mycorhize de couleur marron orangé, simple, droite, la phase extramatricielle est feutrage (figure 28.k).
 - **Morphotype 25** : La mycorhize de couleur orange, simple, bombé et la phase extramatricielle est lisse (figure 28.l).
 - **Morphotype 26** : La mycorhize de couleur marron orangé, simple, bombé, la phase extramatricielle est lisse (figure 28.m).
 - **Morphotype 27** : La mycorhize de couleur orange, simple, droite, la phase extramatricielle est cotonneuse (figure 28. N).
 - **Morphotype 29** : La mycorhize de couleur marron orangé, simple, bombé, la phase extramatricielle est lisse (figure 28.o).

C. Morphotype spécifique de type « moyenne et long distance »

- **Morphotype 18** : La mycorhize de couleur noir, simple, bombé et la phase extramatricielle est granuleuse (figure 29. A), avec présence d'un rhizomorphe de type uniforme lâche (moyenne distance) (figure 29. B).
- **Morphotype 30** : La mycorhize de couleur noir, simple, courbé, la phase extramatricielle est en feutrage (figure 29.c), avec présence de rhizomorphe de type uniforme lâche (figure 29.d)

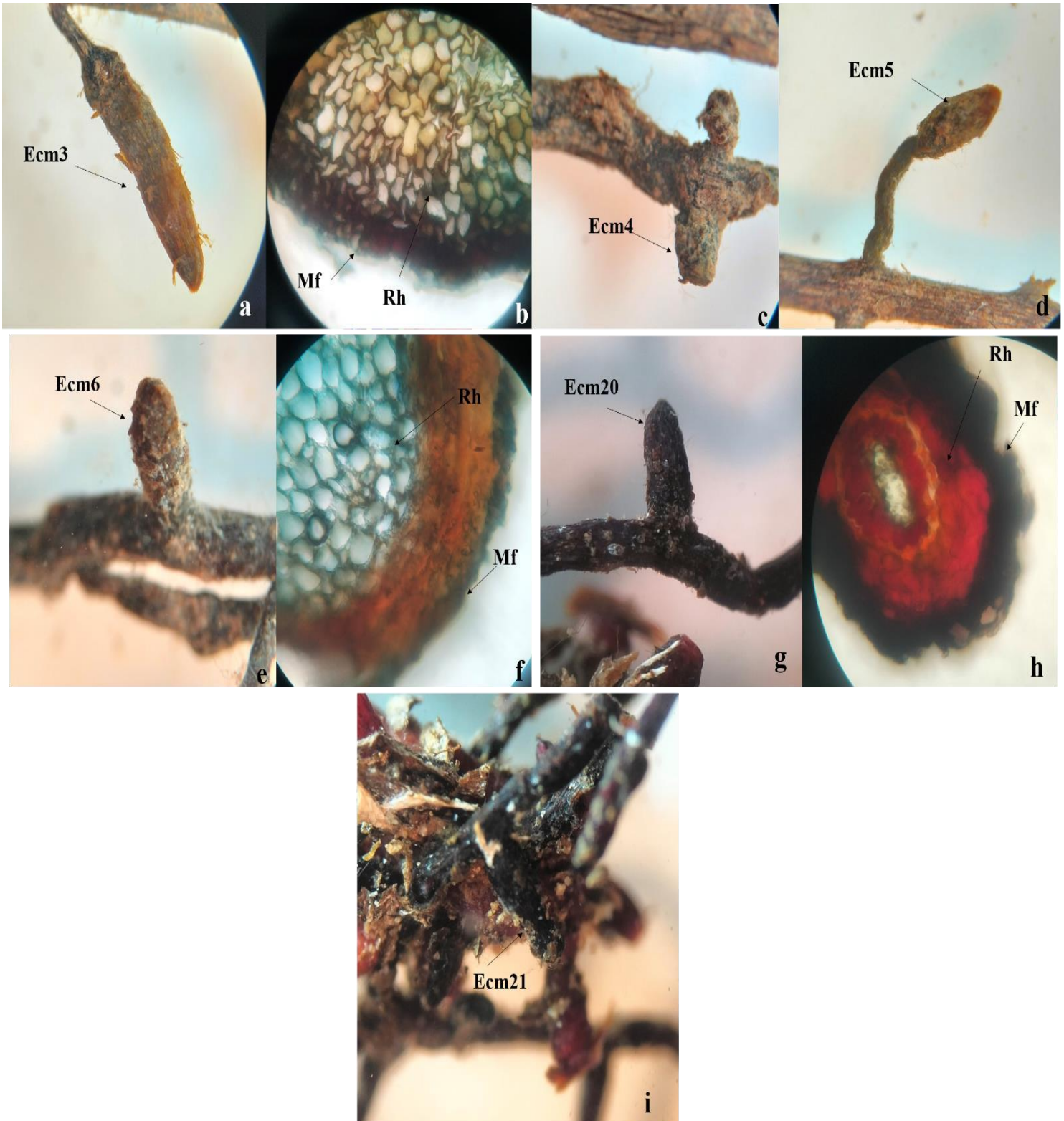


Figure 28 : Les ectomycorhizes spécifique de type contact de la station de Tikjda

(a)mp 3 GX20. (b) : ca de mp 3 GX400. (c) : mp 4 GX20. (d) : mp 5 GX20. (e) : mp 6 GX20. (f) :ca GX400. (g) : mp 20 observée GX20. (h) : ca demp 20 GX400. (i) : mp 21 observée sous la lb GX20.

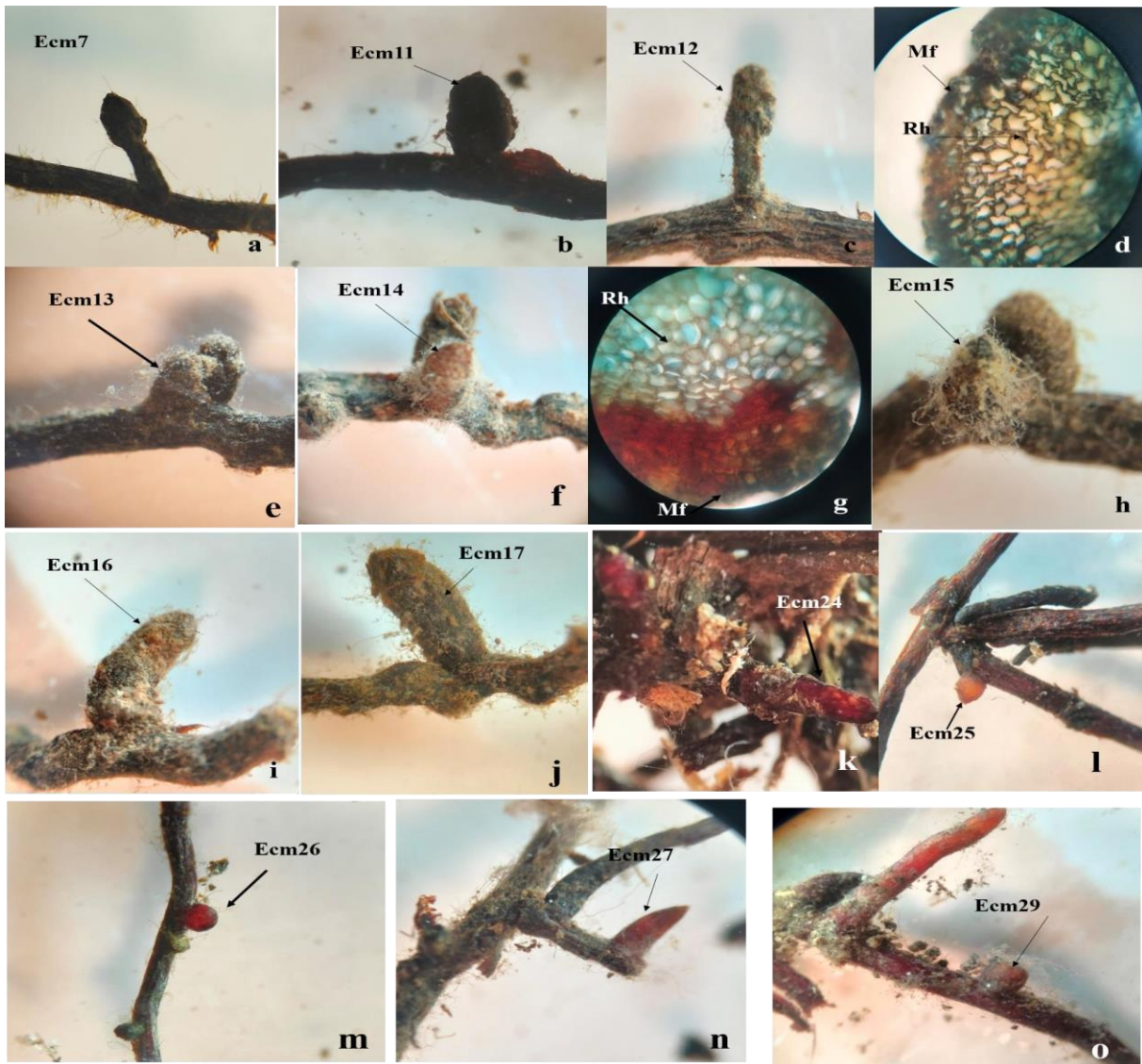


Figure 29 : Les ectomycorhizes spécifique de type « courte distance » de la station de Tikjda

(a):mp 7 observé GX20. (b) : mp12 GX20. (c) : mp12 GX20. (d) : ca de mp 12 GX400. (e) :mp13 GX20. (d) : mp 14 GX20. (g) :ca de mp 14 GX400. (g) : mp 15 GX20. (h) : mp15 GX20. (i) :mp16 observée sous la lb GX20. (j) :mp 17 GX20. (k) : mp 24 GX20. (l) :mp 25 GX20. (m) :mp26 GX20. (n) :mp 27 GX20. (o) :mp29 GX20.

Ecm : ectomycorhize, Mf : manteau fongique, Rh : réseau de hartig, Rz : rhizomorphe,co :coupe anatomique,)

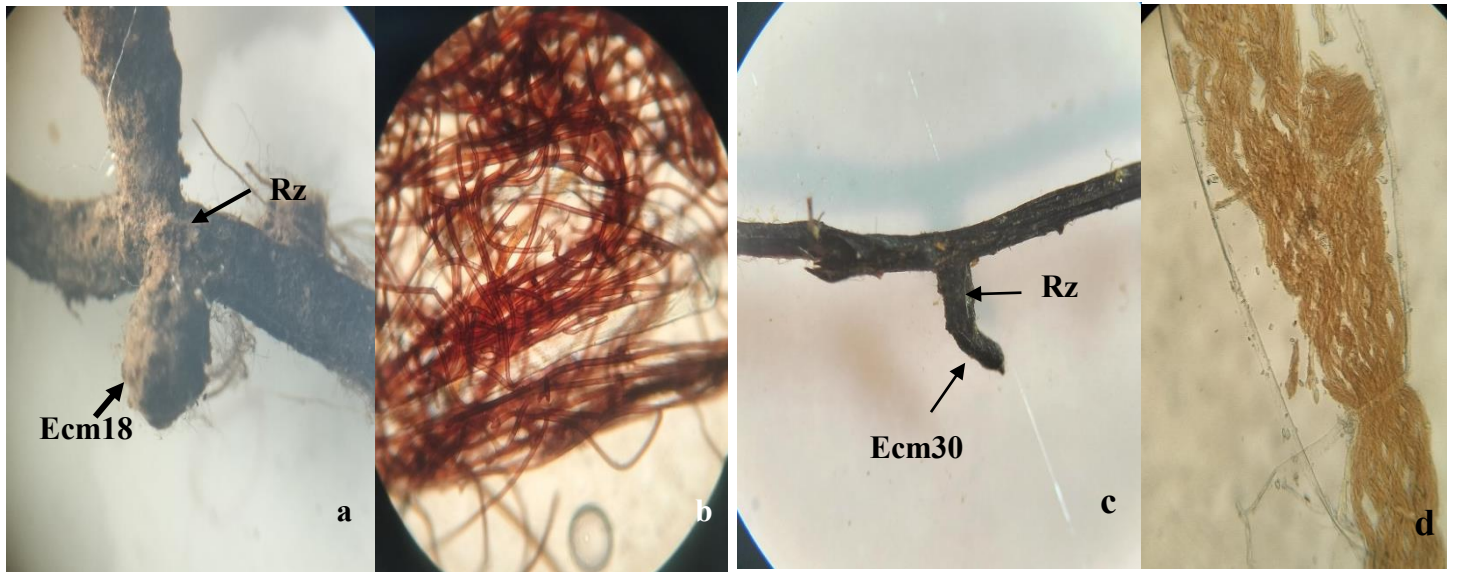


Figure 30: Les ectomycorhizes spécifique de type « moyenne et longue distance » de la station de Tikjda

(a): mp 18 observé GX20. (b) : rz de type uniforme lâche observé de mp18 GX400. (c) : mp 30 GX20. (d) : rz de type uniforme lâche de mp 30 GX400.

IV.4. Estimation de la colonisation ectomycorhizienne de *Juniperus oxycedrus*

IV.4.1. La colonisation ectomycorhizienne de *J.oxycedrus* de la station de Tigounatine

La figure 31 montre le taux d'ectomycorhization par arbre dans la station de Tigounatine.

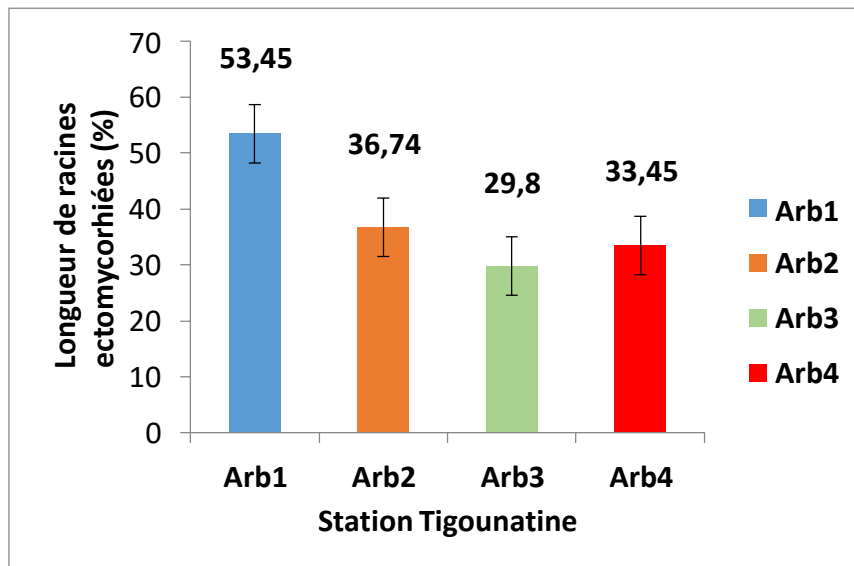


Figure 31 : le taux de mycorhization des sujets de *J.oxycedrus* dans la station de Tigounatine.

- La figure montre que le pourcentage de mycorhization le plus élevé est enregistré chez l'arbre 1 avec une valeur de 53.45% par rapport aux autres arbres qui affichent des taux relativement similaires avec les valeurs respectives de 36.74%, de 29.80% et de 33.45%.
- **La colonisation ectomycorhizienne par stratégie d'exploration de la station de Tigounatine**

Le tableau 09 et la figure 32 montrent le pourcentage d'ectomycorhization en fonction des stratégies d'exploration du sol adoptées par le champignon ectomycorhizien de la station de Tigounatine.

Tableau 06 : Taux d'ectomycorhization par stratégie d'exploration de la station de Tigounatine (C : contact ; CD : courte distance ; MLD : moyenne/ longue distance).

Tigounatine	C%	CD%	MLD%
Arb1	41,95	5,02	6,48
Arb2	5,11	20,78	10,85
Arb3	10,87	10,03	8,91
Arb4	32,46	0	1,00
moyenne	22,60	8,96	6,81

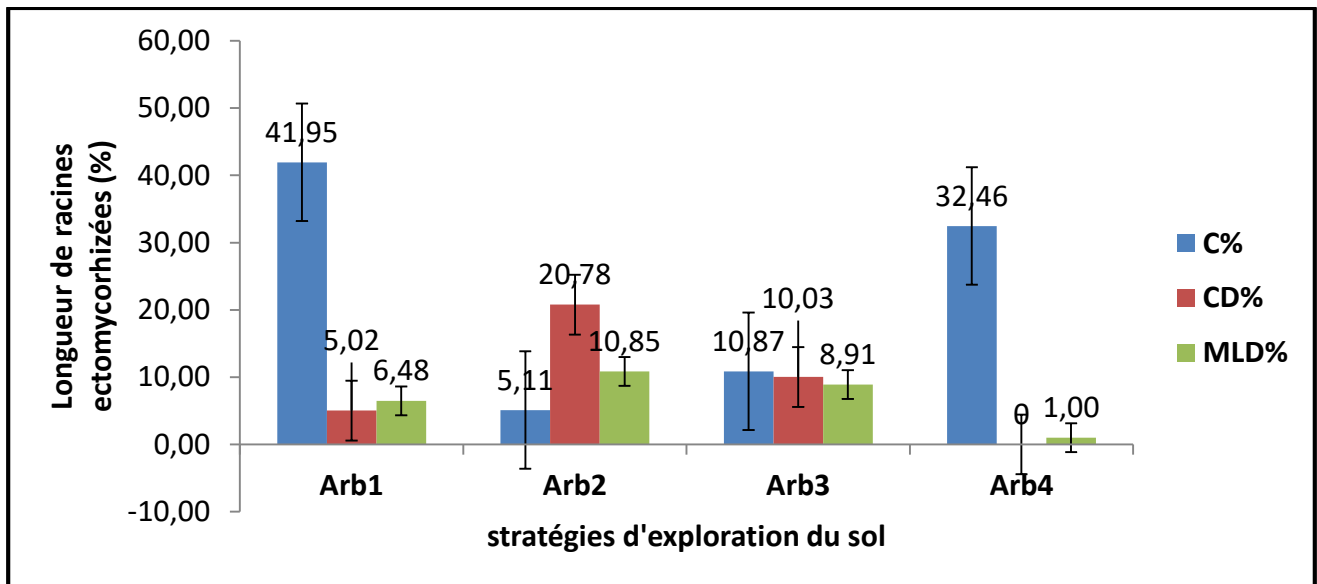


Figure 32 : Le taux d'ectomycorhization par stratégie d'exploration du sol dans la station de Tigounatine (C : contact ; CD : courte distance ; MLD : moyenne/ longue distance).

- Concernant le taux de colonisation ectomycorhizienne selon la stratégie d'exploration du sol nous remarquons que le taux d'EcMs de type « contact » est le plus élevé chez l'arbre 1 et l'arbre 4 avec les valeurs respectives de 41.95% et de 32.46%. Chez l'arbre 3, le taux de mycorhization enregistré est relativement similaire quel que soit le type exploratoire. Par contre, au niveau de l'arbre 2 c'est le type exploratoire courte distance qui est plus important d'une valeur de 20.78% suivi du type exploratoire moyenne et ou longue distance avec une valeur de 10.85%.

IV.4.2. La colonisation ectomycorhizienne de *J.oxycedrus* de la station de Tikjda

La figure 33 montre le taux d'ectomycorhization par arbre de la station de Tikjda.

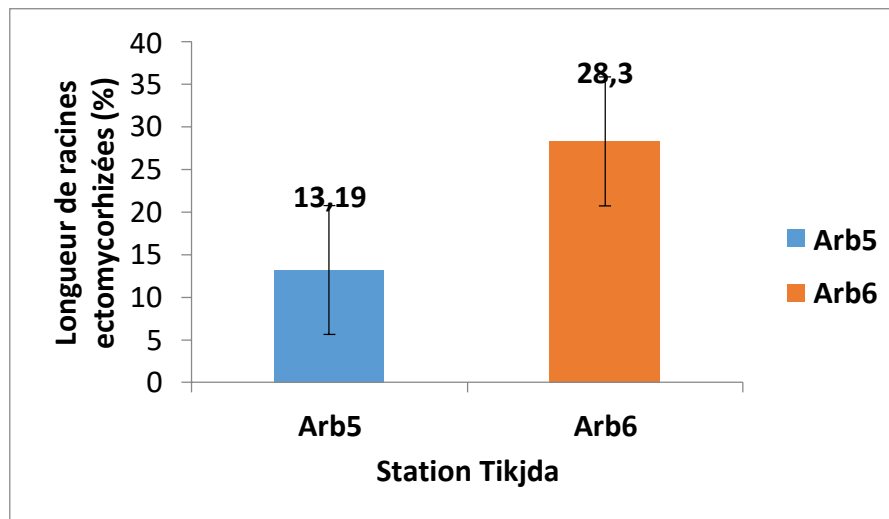


Figure 33 : le taux d'ectomycorhization par arbre de la station Tikjda

- L'estimation de la colonisation ectomycorhizienne dans la station de Tikjda indique que le taux d'ectomycorhization est plus élevé d'une valeur de 28.3% au niveau de l'arbre 6 par rapport à l'arbre 5.
- **La colonisation ectomycorhizienne par stratégie d'exploration du sol de la station de Tikjda**

La figure montre le pourcentage d'ectomycorhization par types exploratoires de la station de Tikjda.

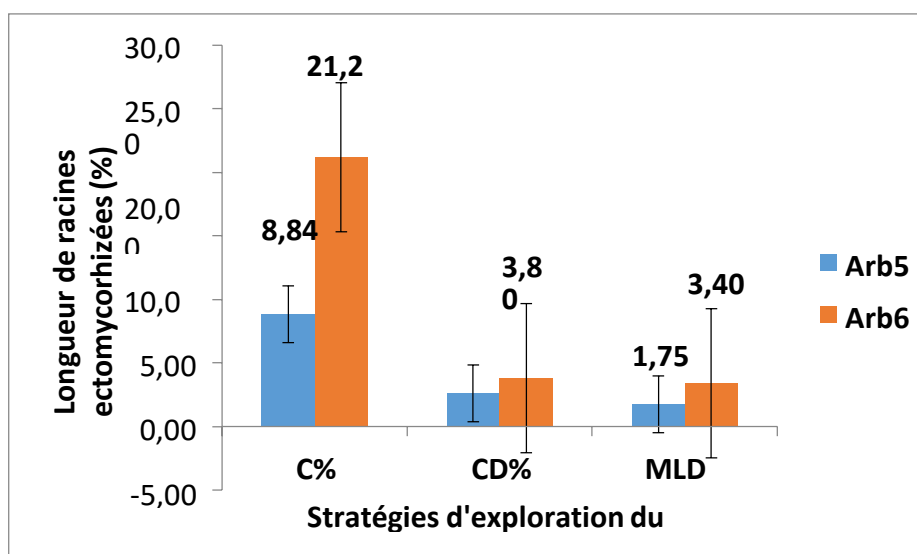


Figure 34: Le taux d'ectomycorhization par stratégie d'exploration du sol de Tikjda

(C : contact ; CD : courte distance ; MLD : moyenne/ longue distance).

- nous constatons que la longueur racinaire la plus importante est enregistrée chez le type exploratoire « contact » de l'arbre 6 d'une valeur de 21.20%. En revanche, concernant les autres types exploratoires le taux affiché est relativement identique chez les deux sujets.

IV.4.3. La colonisation ectomycorhizienne des deux stations d'étude

L'estimation de la longueur racinaire ectomycorhizée chez *J.oxycedrus* et selon les stations d'étude est représentée dans la figure 35.

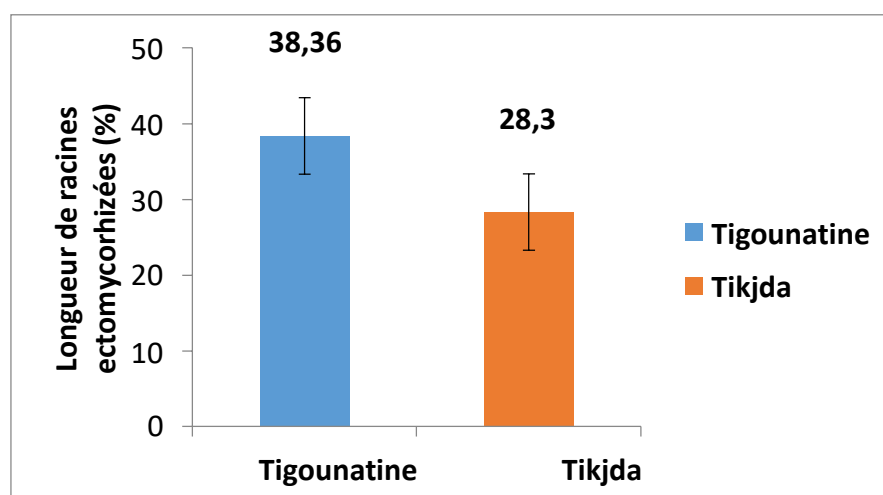


Figure 35 : le taux d'ectomycorhization de *J.oxycedrus* par station d'étude.

- Le graphe indique un taux de mycorhization M (%) estimé à 38.36% dans la station de Tigounatine et un taux estimé à 28.3% dans la station de Tikjda.
- **La colonisation ectomycorhizienne par stratégie d'exploration des deux stations**
La colonisation ectomycorhizienne en fonction des types exploratoires est présentée dans le tableau 10 et la figure 36

Tableau 7 : Taux de mycorhization en fonction des types exploratoires du sol dans les deux stations (C : contact ; CD : courte distance ; MLD : moyenne/ longue distance).

	C%	CD%	MLD%
Tigounatine	22,60	8,96	6,81
Tikjda	15,02	3,20	2,57

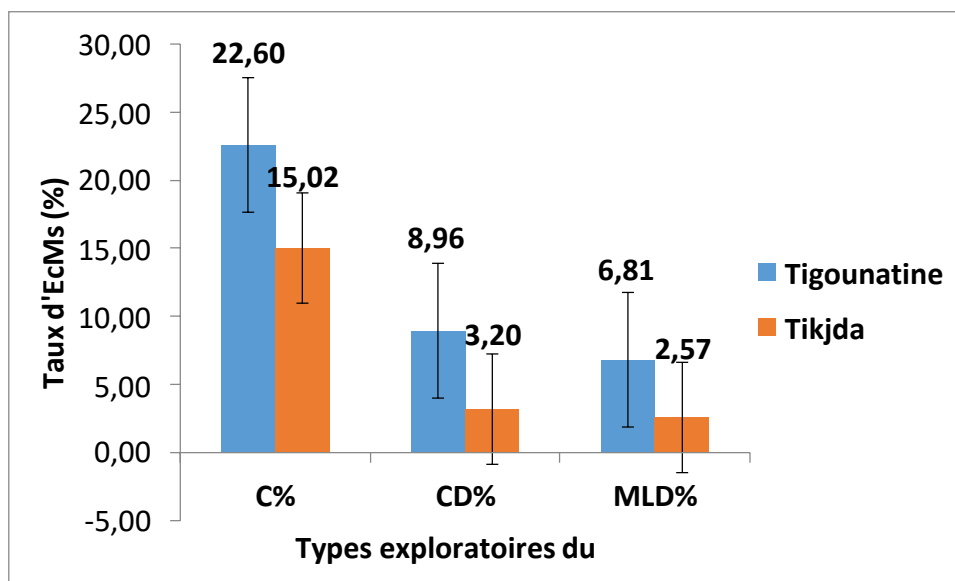


Figure 36 : le taux d'ectomycorhization par stations d'études et par stratégie d'exploration

(C : contact ; CD : courte distance ; MLD : moyenne/ longue distance).

Dans la stratégie d'exploration nous remarquons que le type contact est le plus élevé dans tous les types exploratoires suivi de courte distance et le plus faible est moyenne et longue distance.

IV.4 .4. L'analyse statistique

Tableau 8 : Test de l'ANOVA de la comparaison des moyennes.

stations	Rich. M	Rich.C	Rich. CD	Rich MLD	M%	C%	CD%	MLD%
Tigounatine	9	3.5	2.5	3.25	59.00	32.25	15.25	11.5
	±	±	±	±	±	±	±	±
	2.66	1.88	1.7	2.00	12.05	19.35	13.69	8.12
Tikdjda	17	5	10	2	25.33	18.50	3.83	3.0
	±	±	±	±	±	±	±	±
	2.1	1.095	1.09	0.00	13.23	12.73	2.13	2.60
P. value	0.00000987***	0.0926	0.0000000478***	0.152	0.0000572***	0.137	0.0628	0.0254*

- Concernant la richesse morphotypique les résultats soumis au test de l'ANOVA révèlent une différence très hautement significative ($p = 0.0000000987^{***}$) en faveur des sujets de Tikjda. Pour les types exploratoires, il n'y a pas de différence significative ($p = 0.0926$) pour le type exploratoire C et le type exploratoire MLD ($p = 0.152$). Cependant, il y a une différence très hautement significative pour le type exploratoire CD ($p = 0.0000000478^{***}$) toujours en faveur des sujets de Tikjda.
- Les résultats du taux de mycorization montrent une différence très hautement significative ($P = 0.00572^{***}$) en faveur de Tigounatine. Pour le type exploratoire, il n'y a pas de différence significative ($P = 0.0137$) pour le type exploratoire (C), et pour le type exploratoire CD ($P = 0.0628$) et ce quel que soit la station. En revanche, une différence significative est enregistrée pour les racines ectomycorhizées par le type exploratoire MLD ($P = 0.0254^*$) chez les sujets de la station de Tigounatine.
- Un autre test statistique de l'ANOVA à été réalisé en fonction des sexes qui est représenté dans le tableau 12.

Tableau 9 : test d'ANOVA en fonction du paramètre sexe des arbres

	M%	TE C%	TE CD%	TE MLD%
Arbres mâles	56.16	27.75	16.33	12.08
Arbre 1	±	±	±	±
Arbre 2	17.20	19.17	12.49	7.46
Arbre 3				
Arbre 6				
Arbres	31.00	27.50	1.67	1.83
femelles	±	±	±	±
Arbre 4	15.59	18.14	2.33	1.83
Arbre 5				
P. value	0.0083***	0.979	0.0126*	0.00484***

Le test de l'ANOVA montre une différence très hautement significative du taux de mycorization en faveur des arbres mâles ($p = 0.0083^{***}$).

Pour le type exploratoire du sol, aucune différence significative n'est enregistrée pour le type exploratoire contact ($p = 0.979$). Cependant, une différence significative en type d'exploratoire CD ($p = 0.0126$) et une différence très hautement significative en type exploratoire MLD ($p = 0.00484$) sont enregistrées toujours en faveur des arbres mâles.

Discussion

L'étude de la communauté symbiotique de *Juniperus oxycedrus* dans les stations de Tigounatine et de Tikjda du parc National de Djurdjura, a révélé la présence des ectomycorhizes chez les deux populations. Ceci concorde avec l'étude réalisée par Djennadi en 2023 qui montre également la présence des ectomycorhizes chez *J. oxycedrus* de Chréa dans la région de Blida. Ce résultat inédit vient infirmer les données rapportées par Sanguin et al en 2013 qualifiant le *J. oxycedrus* comme une espèce uniquement endotrophe..

L'étude de la richesse morphotypique de l'espèce a permis de mettre en évidence un total de 35 morphotypes dans les deux stations d'étude. Parmi les morphotypes répertoriés 10 se sont révélés communs aux deux populations du Genévrier cade. Notre étude a permis de révéler la présence de 31 morphotypes au niveau de la station de Tigounatine avec 6 de type contact, 7 de type courte distance et 11 morphotypes de moyenne et long distance. Dans la station de Tikjda nous avons enregistré un total de 24 morphotypes avec 9 de type contact, 18 de courte distance et 4 de type de moyenne et longue distance. Les travaux de Djennadi en 2023 sur *Juniperus oxycedrus* de Chréa (Blida) rapportent la présence de 9 morphotypes (3 C, 2CD et 4 MLD). Une dynamique saisonnière de l'établissement de la symbiose ectomycorhizienne a également été décrite. Les ectomycorhizes se forment au printemps (fin avril-début mai) sur de jeunes racines, se nécrosent ensuite pendant la sécheresse estivale puis dégènèrent en hiver. Ces variations saisonnières dans les caractéristiques de la colonisation et de l'activité mycorhizienne sont à mettre en relation avec les rythmes d'activité des racines montrant ainsi l'importance de la symbiose mycorhizienne pour le développement de la plante (Sanguin *et al*, 2013). C'est ce qui explique cette différence entre les types exploratoires.

Les morphotypes observés sont de couleur Marron, marron orangé, noir ou orange. La phase extramatricielle présente différents aspects : Granuleuse, en feutrage, cotonneuse, lisse, ou laineuse.

L'étude anatomique des ectomycorhizes communes a marqué la présence d'un manteau fongique de différents diamètres et d'un réseau de Hartig de type G, H et F s'étalant jusqu' au cylindre central. Selon Dexheimer (1997), le réseau de Hartig et le siège d'échange de nutriment entre les deux partenaires (Racine-champignon). Chez les Gymnospermes tel que le Pinus, le réseau de Hartig s'étend jusque au cylindre central, (Kottke, 1986). C'est ce qui explique que le réseau de Hartig chez *Juniperus oxycedrus* va jusqu' au cylindre centrale c'est pour augmenter la surface d'échange.

La richesse morphotypique la plus importante est enregistrée au niveau de la station de Tikjda. Quant à la richesse morphotypique en fonction des types exploratoires du sol et enregistré au niveau de Tigounatine, nous avons enregistré une richesse plus importante pour le type contact par rapport aux autres types.

L'estimation de la colonisation ectomycorhizienne montre un pourcentage plus élevé en EcMs au niveau de la station de Tigounatine et un pourcentage moins élevé au niveau de Tikjda. Nous avons trouvé un taux relativement plus élevé par rapport aux travaux réalisés par Djennadi en 2023 sur l'estimation de la colonisation de *J.oxycedrus* de la station de Chréa.

L'estimation de la colonisation ectomycorhizienne en fonction de la stratégie d'exploration du sol à indiquer une forte présence du type exploratoire contact quel que soit la station d'étude suivi du type exploratoire courte distance. Ce résultat, concorde avec l'étude menée par Djennadi en 2023 sur la même espèce qui rapporte aussi le taux de mycorhization de type contact le plus élevé par rapport aux autres types exploratoires. Selon les travaux d'Agerer (2006), les ectomycorhizes adoptant une stratégie d'exploration contact présente un manteau lisse, alors que les ectomycorhizes possédant un type exploratoire courte distance ou moyen longue distance possèdent des hyphes et des rhizomorphes qui se développent sur une distance considérable dans le sol.

Conclusion

Conclusion

Notre étude de la communauté ectomycorhizienne de *Juniperus oxycedrus* dans le parc National du Djurdjura, a montré : Pour la première fois, la présence des ectomycorhizes, bien que cette espèce soit connue pour être endotrophe.

Une richesse morphotypique de quarante-cinq (35) morphotypes dont dix sont communs aux deux stations d'étude :

Une richesse morphotypique plus importante est notée dans la station de Tikjda

Une colonisation ectomycorhizienne plus élevée dans la station de Tigounatine .

Une longueur racinaire ectomycorhizée en fonction des types exploratoires est en faveur du typecontact quel que soit la station d'étude.

En perspectives, il serait intéressant de multiplier les travaux autour de cette espèce, pour compléter nos données.

Références Bibliographiques

REFERANCES

- **Agerer R., 1987-2006.** Colour Atlas of Ectomycorrhizae. Agerer R (ed). Einhorn-Verlag, SchwäbischGmünd, 1 JBE | Volume 42 Number 3, Summer 2008136st -13 delivery.
 - **Agerer R., 1987–2006.** Colour atlas of ectomycorrhizae. Agerer R. (ed). Einhorn-Verlag+Druck GmbH, SchwäbischGmünd, Munich, 1st–13th del.
 - **Agerer R., 1991.** Characterization of Ectomycorrhiza. In : Norris JR., Read DA., Varma AK. (eds). Techniques for the study of mycorrhiza. Methods Microbial. **23** : 25-73.
 - **Agerer R., 1999.** Never change a functional successful principle: the evolution of Boletales s. 1. (Hymenomycetes, Basidiomycota) as seen from below-ground features. *Sendtnera.*, 6: 5-91.
 - **Agerer R., 2006.** Fungal relationships and structural identity of their ectomycorrhizae. *Mycol. Progress*, 5: 67-107.
 - **Agerer R., et Rambold G., 2004–2019.** [first posted on 2004-06-01; most recent update: 2011-01-10]. DEEMY – An Information System for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae. www.deemy.de –München, Germany.
 - **Agerer, R. (1987–2002).** Colour atlas of ectomycorrhizae. SchwäbischGmünd, Munich: Einhorn-V erlag
 - **Al-Achkar et Ali, (2007).** Etudes des mycorhizes a vésicules et á arbuscules chez certaines
 - **Bâ A., Duponnois R., Diabaté M., et Dreyfus B., 2011.** Les champignons ectomycorhiziens des arbres forestiers en Afrique de l’Ouest : méthodes d’étude, diversité, écologie, utilisation en foresterie et comestibilité. *Editions IRD*. 250 p. *baccata* l. et *populus nigra* l., situées dans la région de tizi-ouzou (tikjda, akfadou et ait zikki). Thèse
 - **Belbachir A., 2017.** Contribution à l’études phyto-écologique et anatomique des deux espèces
 - **Belkacem Z., 2015.** Contribution à l’étude du cortège floristique de l’espèce *Juniperus oxycedrus*
 - **Bellakhdar, Jamal. (1997).** Médecine arabe ancienne et savoir populaires, La pharmacopée traditionnelle Marocaine. *Ibis Presse*, 510–512.
- Bioactivity and Prospects for Australian Agriculture. *Agriculture*. 5, 48-102
- **Bouadam-Farhi B. 2013.** Caractérisation morphologique et biochimique de l’espèce *Juniperus sabina* L. au niveau du Parc National de Djurdjura, Algérie. Mémoire de Magister en Sciences biologique. Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université A/Mira de Bejaia. 75p
 - **Boullard B.** Les mycorhizes. Ed Masson et cle. Paris., 135p. 1968

REFERANCES

- **Brumelli et Göpfert., 2003.** La page du debutant. Ed. Vapko. <http://www.vapko.ch/fr/questions/lettre13.php>
 - **Brundrett M.C., 2004.** Diversity and classification of mycorrhizal associations. *Biol.Rev.*, 79: 473-495.
 - **Brundrett, Me. (1991),** "Mycorrhizas in natural ecosystems". Advances in ecological CABI publishing. 182 p.
 - **Chermat, S., & Gharzouli, R. (2015).** Ethnobotanical study of medicinal flora in the North East of Algeria-An empirical knowledge in Djebel Zdimm (Setif). *J Mater Sci Eng*, 5, 50–59.
 - **Cornara, L., La Rocca, A., Marsili, S., & Mariotti, M. G. (2009).** Traditional uses of plants in the Eastern Riviera (Liguria, Italy). *Journal of Ethnopharmacology*, 125(1), 16–30.
- de doctorat. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Alger.
- **Dexheimer J., 1997.** Etude structurale et fonctionnelle des interfaces entre le champignon et la plant-hôte. *Rev. Forest. F.*, **49** : 43-56.
- Duddridge J. A., Read D. J., 1984. The development and ultrastructure of ectomycorrhizas. I.
- **Duhoux E., et Nicole M., 2004.** Atlas de Biologie végétale. Associations et interactions chez les plantes. Ed : *DUNOD*. 166p.
- ecology and evolution: the past, the present, and the future *New Phytologist* 205: 1406-1423.
- Ectomycorrhizal development on pine in the field. *New phytologist*, 565-573.
- espèces en Syriens sols. *Revue de l'université de Dames*, 23 (1): 61-75
- **Fortin. A. 2000.** Diner botanique Thèse de doctorat. Université Laval, Canada Academic Press ; Harcourt Brace and Company Publishers, 605p.
- **FAO 2010.** Evaluation des ressources forestières mondiales 2010- *Progrès vers la gestion forestière durable*. Etude FAO : Forêts N°153. Rome, Italie.(Disponible aussi sur
- **Fortin J.A., Plenchette C., et Piché Y., 2008.** Les Mycorhizes : La Nouvelle Révolution Verte. Ed. *Multimondes. Ed. Quae*. 131p.
- **Fortin J.A., Plenchette C., et Piché Y., 2008.** Les Mycorhizes : La Nouvelle Révolution Verte. Ed. *Multimondes. Ed. Quae*. 131p.
- **Frank A.B., 1885.** Uber di auf werzelsymbioseberuhende Ernährungsgewisser Baume durchunterirdische plize. *Ber.Dtsch. Bot. Ges.* 3: 128-145.
- **Garbaye J. 1990.** Les problèmes posés par la mycorhization contrôlée du chêne. *Rev. For. Fr.* XLII – 2.233-239
- **Garbaye J. 1991.** Biological interactions in the mycorrhizosphere. *Experientia*, 47(4), 370-375.
- **Garbaye J.** La symbiose mycorhizienne. Synthèse edit-Quae. 251p. 2013.

REFERANCES

- **Garbaye J., 2013.** La symbiose mycorrhizienne. *Synthèse edit-Quae*. 251p.
- **Garbaye J., 2013.** La symbiose mycorrhizienne. *Synthèse edit-Quae*. 251p.
- **HARCHAOUI C. 2017.** la double symbiose mycorrhizienne chez deux espèces forestières, *taxus*
- **Harley J. L., Smith S. E. 1983.** Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London.
- **Harley J.L., et Smith S.E., 1983.** *Mycorrhizal symbiosis*. London, UK: Academic Press.
issue 2,567_579p.
- **Klaus R., 1991-**Les plantes d’Afrique du nord Deutsche Gessellschaft fur. Technisch zusammenorbat (GTZ) Gbnbn, Eschborn .
- **Lagrange H., Jay-Allgmand C., et Lapeyrie F., 2001.** Rutin, the phenolglycoside from *Eucalyptus* root exudates, stimulates *Pisolithus* hyphal growth at picomolar concentrations. *New Phytologist.*, **149**(2): 349-355.
- **Le Quéré A., Wright D.P., Söderström B., Tunlid A., et Johansson T., 2005.** Global patterns of gene regulation associated with the development of ectomycorrhiza between birch (*Betula pendula* Roth.) and *Paxillus involutus* (Batsch) Fr. *Molecular Plant-Microbe Interactions.*, **18**(7): 659–673.
- **Le Tacon. F (1985).** Principaux types mycorrhiziens actuels représentés sur une coupe
- **Malloch D.W., Pirozynski K.A., Raven P.H., 1980.** Ecological and evolutionary significance of mycorrhizal symbioses in vascular plants (a review). *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 77: 2113-2118.
Médicinales (*Rosmarinus officinalis* et *Juniperus oxycedrus*) dans les matorrals de Sidi Djilali
- **Miara, M. D., Bendif, H., Rebbas, K., Rabah, B., Hammou, M. A., & Maggi, F. (2019).** Medicinal plants and their traditional uses in the highland region of Bordj Bou Arreridj (Northeast Algeria). *Journal of Herbal Medicine*, 100262.
- **Miara, M. D., Hammou, M. A., & Aoul, S. H. 2013.** Phytothérapie et taxonomie des plantes médicinales spontanées dans la région de Tiaret (Algérie). *Phytothérapie*, 11(4), 206–218 p .
- **Mikola, P. (1948).** On the physiology and ecology of *Cenococcum graniforme*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 36: 1-104.
Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press: London, 42-90.
- **Norman, M.J.T., Pearson, C.J. et Searle, P.G.E. (1995).** The Ecology of Tropical Food Crops. Cambridge University Press, Cambridge. 436 p.
- **Ouelbani, R., Bensari, S., Mouas, T. N., & Khelifi, D. 2016.** Ethnobotanical investigations on plants used in folk medicine in the regions of Constantine and Mila (North-East of Algeria). *Journal of Ethnopharmacology*, 194, 196–218.

REFERANCES

- **Peterson R. L.**, Massicotte H. B., Melville L. H. 2004. Mycorrhizas: anatomy and cell biology.
- **Peterson R.L., 1992.** Adaptations of root structure in relation to biotic and abiotic factors. *Can. J. Bot.*, **70**: 661-675.
- **Plett J.M., et Martin., F., 2012.** Poplar root exudates contain compounds that induce the expression of MiSSP7 in *Laccaria bicolor*. *Plant Signaling & Behavior.*, **7**(1): 12–15.
- **Quezel P. et Santa S., 1962-1963** – Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques méridionales. C.N.R.S. Paris. Tome I (1962), tome II (1963), Vol. 1170 p.
- **research 21:171-313.**
- **Riou-Nivert, P., 2001.** Les résineux, connaissance et reconnaissance, tome I, 2ème édition, 256p.
- **Russell J. ,Bulman S.,2005**).The liverwort *Maechanti foliacea* forms a special-ized
- **Sadgrove, N., Jones, G., 2015.** A Contemporary Introduction to Essential Oils: Chemistry.
- **Sebastiana M., Vieira B., Lino-Neto T., Monteiro F., Figueiredo A., Sousa L., Pais M.S., Tavares R., et Paulo OS., 2014.** Oak root response to ectomycorrhizal symbiosis establishment: RNA-Seq derived transcript identification and expression profiling. *PLoS ONE.*, **9**(5).
- **Smith et Read, 1997 *Smith SE, Read DJ (1997),** Mycorrhizal symbiosis. Second edition.
- **Smith S. E. & Read D. J., 2008).** Mycorrhizal Symbiosis. Third edition.
- **Smith S.E., et Read D.J., 1997.** Mycorrhizal symbiosis, 2nd edn. Academic, London.
- **Smith S.E., et Read D.J., 2008.** Mycorrhizal Symbiosis. *2nd edition. Academic Press.* Toronto, Canada, 605p.
- **Smith SE, Read DJ (2008).** Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press
- **Smith SE, Read DJ.** Mycorrhizal Symbiosis. 3rd edition. London, UK: Academic Press. 2008.
- **SMITH, S., & READ, D. 2008.** Colonization of roots and anatomy of arbuscular mycorrhiza.
- **Strullu D.G., 1991.** Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées. Technique et Documentation- Lavoisier, Paris. 3 ème Edition, Paris, 250P.
- **Strullu, D.G. (1991).** Les mycorhizes des arbres et des plantes cultivées. Technique et Documentation Lavoisier. Paris. 242 p.
- **Sukumar P., Legué V., Vayssières A., Martin F., Tuskan G.A., et Kalluri U.C., 2013.** Involvement of auxin pathways in modulating root architecture during beneficial plant-microorganism interactions. *Plant Cell and Environment.*, **36**(5): 909-19.

REFERANCES

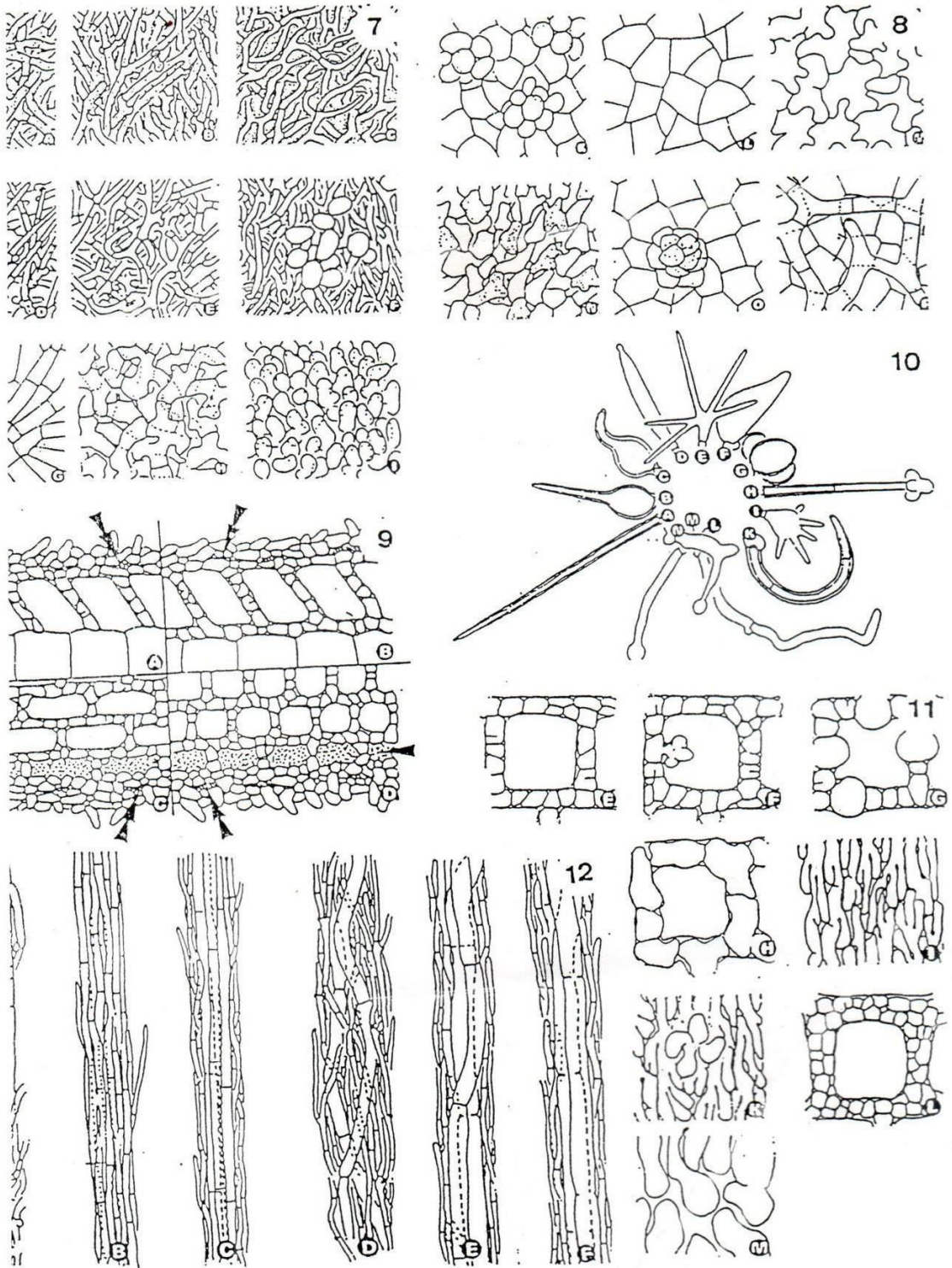
symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungi in the genus *Glomus*, *New phytol* (volume 165),

Transversale de racine. INRA Nancy- La Recherche n° 166 mai 1985.

- **Unestam T., et Sun Y.P., 1995.** Extramatrical structures of hydrophobic and hydrophilic ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza.*, **5**: 301-311.








VAN DER HEIJDEN MGA, MARTIN FM, SELOSSE MA, SANDERS IR .2015.
Mycorrhizal

Annexes









caractères microscopiques des ectomycorhizes, d'après Agerer (1991).
 schematic drawings of different mantle types in surface view (différents types de structure du manteau fongique).
 : plectenchymatous mantles (manteaux plectenchymateux).
): pseudoparenchymatous mantles (manteaux pseudoparenchymateux).
 : features of the Hartig net (arrows, tannin cells; double arrows, residues of root cap cells) (différents aspects des cellules du réseau de Hartig).
 erent types of cystidia of ectomycorrhiza (différents types de cystides des ectomycorhizes).
 ematic drawings of different types of ectomycorrhizal rhizomorphs (différents types de rhizomorphes chez les ectomycorhizes).





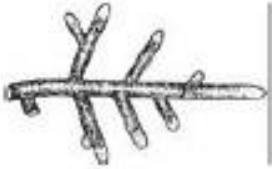

Annexe 1 : caractères microscopiques des ectomycorhizes d'après agerer (1991)

	Simple	<ul style="list-style-type: none"> • La mycorrhize possède un axe qui est dépourvue de ramification.
	Monopodiale-penné	<ul style="list-style-type: none"> • Système mycorhizien possédant un long axe. • Les ramifications latérales sont situées sur le même plan.
	Monopodiale-pyramidale	<ul style="list-style-type: none"> • Les mycorrhizes sont de plus en plus développés en s'éloignant de l'apex de la racine longue qui les porte.
	Irrégulière, pennée à dichotomique	<ul style="list-style-type: none"> • Mycorrhizes naissant ça et là. • Echelonnées de part et d'autre le long de la racine longue, rappelant les fleurs sur une grappe.
	Dichotomique	<ul style="list-style-type: none"> • Les mycorrhizes sont très vite divisés en deux d'une façon répétée le long de la racine longue.
	Coralloïde	<ul style="list-style-type: none"> • Ensemble de dichotomies successives et rapprochées, dont l'ensemble rappelle l'aspect d'un arbre.
	Noduleuse	<ul style="list-style-type: none"> • Elle caractérise des racines courtes, dichotomiques ou coralloïdes. • Les racines sont regroupées sous un voile fongique faisant disparaître toute organisation, dont l'ensemble donne l'aspect d'une nodosité.

Annexe 2 : différentes formes de distribution des ectomycorhizes d'après Agerer (1991)

	Droite
	Courbée
	Sinueuse
	Tortueuse
	Apex plus large que la base
	Perlée

Annexe 3 : Différentes formes des pointes des ectomycorhizes (www.Deemu.de)

	Granuleuse
	Laineuse
	Cotonneuse
	Denses ficelles
	En feutrage
	Lisse

Annexe 4 : Différentes textures de manteau des ectomycorhizes (www.Deemy.de)

Résumé

Notre travail a pour objectif est l'étude de l'état du statut mycorhizien de *Juniperus Oxycedrus* située dans les deux stations : Tigounatine et Tikdjda dans le Parc National du Djurdjura.

Les prélèvements ont été réalisés durant le mois de février. L'observation et l'étude morpho-anatomique du Genévrier cade selon la méthode d'Agerer (1987-2006) a permis de révéler 45 morphotypes dont dix sont communs aux deux stations d'étude.

L'estimation de la colonisation ectomycorhizienne a montré un pourcentage plus élevé en EcMs dans la station de Tigounatine.

L'estimation de la colonisation ectomycorhizienne en fonction des stratégies exploratoires a révélé que le type contact est plus élevé dans toutes les stations par rapport aux autres types exploratoires.

Mots clé : *Juniprus oxycedrus*, symbiose mycorhizienne, ectomycorhize.

Summary

Our work aims to study the state of the mycorrhizal status of *Juniperus Oxycedrus* located in the two stations : Tigounatine and Tikdjda in the Djurdjura National Park.

The samples were taken during the month of February. The observation and morpho-anatomical study of the Juniper cade according to the Agerer method (1987-2006) revealed 45 morphotypes, ten of which are common to the two study stations.

The estimation of ectomycorrhizal colonization showed a higher percentage of EcMs in the Tigounatine station.

Estimation of ectomycorrhizal colonization based on exploratory strategies revealed that contact type was higher in all stations compared to other exploratory types.

Keywords: *Juniperus oxycedrus*, mycorrhizal symbiosis, ectomycorrhizae.