

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



Mémoire de fin d'étude

Présenté Par :

ZEGGANE Massissilia

En vue de l'obtention de diplôme :

MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité : Ecologie forestière

THEME

**Contribution à l'étude comparative de la communauté
ectomycorhizienne de trois populations de *Juniperus
communis* dans le Parc National du Djurdjura**

Soutenu le 29/09/2022, devant les membres du jury :

Membre du Jury	Nom et Prénom	Grade
Présidente	Mme. Kadi-Bennane S.	MCA-UMMTO
Examinatrice	Mme. Harchaoui-Bournine C.	MCB-UMMTO
Promotrice	Mme. Mezaour N.	MAA-UMMTO
Co-Promoteur	Mr. Toumi A.	Magister (Enseignant vacataire)

2021/2022

Remerciements

Je tiens avant tout à exprimer ma reconnaissance à Mme Mezaour.N pour avoir accepté de m'encadrer tout au long de ce travail.

Je souhaite également remercier plus particulièrement Mme Kadi.S pour nous avoir considérés comme ses propres enfants, son soutien et ses encouragements.

Merci à mon co-promoteur Mr Toumi, ainsi que ses collègues pour leur aide en nous offrant de précieux conseils.

Je remercie mes collègues de m'avoir aidé pour l'échantillonnage : Ait adda K, Ammi L, Aoudia B, Bellabioud S, Bessaoud K, Cherifi N, Hadiouche H, Hamel L, Hamidi Y, Khelloui S, Kheroubi M, Mouhoub Z.

Un grand merci à mes parents et mon petit frère ainsi qu'à ma sœur d'une autre mère Mouna, pour avoir su me supporter, et me remonter le moral quand ça n'allait pas et également pour leur aide.

Et enfin un autre merci, pour les encouragements et les petites intentions de mes meilleures amies : Céline, Lynda et également mon ami Illyas pour ses conseils.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Ma famille

Mes amis/es

Liste des abréviations

Symbole	Désignation
ACP	Analyse en composantes principales
ANOVA	Analyse de la variance
CD	Courte distance
C	Contact
EcM	Ectomycorhize
Gx	Grossissement
Km	Kilomètres
m	Mètres
MD	Moyenne distance
MLD	Moyenne ou longue distance
NS	Non Significative
Pm	pourcentage de mycorhization
PND	Parc National du Djurdjura
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature

Liste des Figures

Figure 1: Représentation schématique des sections transversales des huit types de mycorhizes (Garbaye, 2013).....	4
Figure 2 : Différents types de rhizomorphes selon Agerer (1999- 2006).....	6
Figure 3: Les feuilles et quelques galbules non encore mûr du Genévrier Commun. (Zeggane, 2022).....	12
Figure 4: Carte représentant l’aire de répartition du <i>Juniperus communis</i> dans le monde (Mao et al, 2010) in (Bouadam-Farhi, 2013).	13
Figure 5: Terrain de la station d’Azrou N Thour (Zeggane, 2022).....	16
Figure 6: Situation géographique du peuplement de <i>J.communis</i> de la station Azrou N Thour (Google Earth, 2022)	16
Figure 7: Station géographique du peuplement de <i>J.communis</i> de la station Tirourda (Google Earth, 2022).....	17
Figure 8: Terrain de la station de Tirourda (Zeggane, 2022).....	17
Figure 9: La station de Haizer (Zeggane, 2022)	18
Figure 10: Localisation de la station de Haizer (Google Earth, 2022).....	18
Figure 11: Photo montrant les différentes étapes de l’échantillonnage.....	19
Figure 12: Les différentes étapes de la mesure du pH du sol.	20
Figure 13: Sélection et observation des racines.	20
Figure 14: Photo représentant des EcM conservées dans du FPA.	21
Figure 15: Photo représentant des fragments de racines sur une boîte de pétri quadrillée.....	21
Figure 16: Observations des différentes ectomycorhizes communes	28
Figure 17: Les différentes ectomycorhizes spécifiques à la population de <i>Juniperus communis</i> de la station Azrou N Thour.....	30
Figure 18: Les différentes ectomycorhizes spécifiques à la population de <i>Juniperus communis</i> de la station Tirourda.....	31
Figure 19: Les différentes ectomycorhizes spécifiques à la population de <i>Juniperus communis</i> de la station Haizer	33
Figure 20: Pourcentage d’ectomycorhization par population.....	34

Liste des Figures

Figure 21: Pourcentage de mycorhization par arbre.	34
Figure 22: Pourcentage des différents types d'exploration au niveau des stations : Azrou N Thour, Tirourda, Haizer	36
Figure 23: Le cercle de corrélation globale.	39
Figure 24: Projection des individus et variables de références sur le plan factoriel (1*2).	40

Annexe:

Annexe 1 : Caractères microscopiques des ectomycorhizes d'après Agerer (1991).....	53
---	----

Liste des Tableaux

Tableau 1: Classification botanique du <i>Juniperus communis</i> (Small et Dentsch, 2001).	13
Tableau 2: Localisation de la station Azrou N'Thour.....	16
Tableau 3: Localisation de la station Tirourda.....	17
Tableau 4: Localisation de la station Haizer	18
Tableau 5: Caractéristiques édaphiques des stations d'étude.	24
Tableau 6: Longueur, largeur et estimation de l'âge des sujets des stations d'étude	25
Tableau 7: Indice de similarité (Jaccard) de la communauté ectomycorhizienne au niveau de trois stations : Azrou N Thour, Tirourda et Haizer	26
Tableau 8: Pourcentage de mycorhization par station	34
Tableau 9: Pourcentage de mycorhization par arbre et estimation de l'âge	35
Tableau 10: Estimation de la colonisation ectomycorhizienne des trois stations en fonction du Type Exploratoire.....	36
Tableau 11: Test ANOVA.....	37
Tableau 12: Matrice de corrélations entre les variables de l'étude (2022).....	39
Annexe:	
Annexe 2: Différentes forme de distributions des ectomycorhizes.....	54
Annexe 3: Différentes formes des pointes des ectomycorhizes (www.Deemy.de).....	55
Annexe 4: Différentes textures du manteau des ectomycorhizes (www.Deemy.de)	56
Annexe 5: Linear Hypotheses.....	57
Annexe 6: Description des trente trois ectomycorhizes des trois stations étudiées.....	57

Table des matières

Introduction Générale :	1
I. Partie Bibliographique	
Chapitre I: Généralités sur les mycorhizes	
I.Les Mycorhizes :	3
II.Les différentes formes d'associations mycorhiziennes :	3
1.Ectomycorhizes :	4
2.Endomycorhizes arbusculaires :	6
3.Ectendomycorhizes :	7
4.Pseudomycorhizes :	7
5.Mycorhizes éricoïdes :	7
6.Mycorhizes orchidoïdes :	8
7.Mycorhizes monotropoïdes :	8
8.Mycorhizes arbutoïdes :	8
III.Rôle des mycorhizes :	8
Chapitre II: Généralités sur le Genévrier commun	
I.Généralité sur le genre <i>Juniperus</i> :	11
II.Description du Genévrier Commun :	11
III.Taxonomie :	13
IV.Répartition géographique de <i>Juniperus communis</i> :	13
V.Rôle écologique du Genévrier Commun:	14
VI.Effets et usage du Genévrier commun :	14
I. Partie expérimentale	
Chapitre III: Matériels et méthodes	
I.Matériels et méthodes :	16
I.Présentation des stations d'étude	16
1.Station d'Azrou N Thour:	16
2.Station de Tirourda:	17

Table des matières

3.Station de Haizer :	18
II.L'échantillonnage :	19
III.Mesure de la température du sol:.....	19
IV.Le pH du sol :.....	19
V.Description des ectomycorhizes :	20
VI.Estimation de la colonisation mycorhizienne :	21
VII.Indice de Jaccard :.....	22
VIII.Description anatomique des EcM communes :	22
IX.Analyses statistiques :.....	22
Chapitre IV: Résultats et discussion	
I.Les caractéristiques édaphiques des stations d'étude :.....	24
II.Estimation de l'âge des arbres :.....	24
III.Etude morphologique des ectomycorhizes du <i>Juniperus communis</i> :.....	25
IV.La description des ectomycorhizes communes :.....	26
V.Les ectomycorhizes spécifiques à Azrou N Thour :.....	29
VI.Les ectomycorhizes spécifiques à Tirourda :.....	31
VII.Les ectomycorhizes spécifiques à Haizer :.....	31
VIII.Estimation de la colonisation ectomycorhizienne :	34
IX.Analyses statistiques :.....	36
X.Analyse en composantes principales :	38
XI.Discussion :	40
Conclusion générale :	44
Références bibliographique	46
Annexe.....	52
Résumé.....	60
Abstract.....	61

Introduction générale

Introduction Générale :

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 Gast, 2011).

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

En 2017, selon Hafsi et *al*, le Genévrier Commun était rare. Actuellement, d'après l'UICN Red List, l'espèce occupe, le statut de préoccupation mineure ; en effet le nombre d'individus de cette espèce est en augmentation, ce qui est positif car en plus de son rôle écologique, cette dernière abrite et protège plusieurs espèces dont le Cèdre à qui il facilite la régénération.

Au vu de l'importance écologique de cette espèce, nous nous sommes intéressées à sa symbiose mycorhizienne. En effet 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 (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).

Malgré la valeur biogéographique du Genévrier Commun au niveau du 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, d'où notre étude comparative de la communauté ectomycorhizienne de trois populations de *Juniperus communis* dans le Parc National du Djurdjura.

Pour se faire, notre travail a été scindé en quatre parties :

Après des rappels bibliographiques (chapitre 1 et 2) sur la thématique, nous avons présenté dans le chapitre 3 le matériel et méthodes utilisés. Le chapitre 4 a porté sur l'inventaire, et la quantification de la communauté ectomycorhizienne du *Juniperus communis* situé dans les trois stations : Azrou N'Thour, Tirourda et Haizer. Et nous avons clôturé le travail avec une Conclusion.

CHAPITRE I :
*Généralités sur les
mycorhizes*

I. Les Mycorhizes :

Depuis leur extension dans l'écosystème terrestre, les plantes ont utilisé diverses stratégies d'adaptation. Parmi celles-ci, les systèmes racinaires ont établi des relations mutualistes avec des microorganismes telluriques, désignées sous le nom de mycorhizes. Ces dernières sont apparues sur terre il y a environ 400 millions d'années (Simon et *al.*, 1993). Les champignons impliqués dans ces associations sont des Basidiomycètes, Ascomycètes ou Zygomycètes (Wilcox, 1993).

En 1885, Albert FRANK, botaniste allemand, est le premier à avoir fait la première description de cette symbiose. Mycorhizes vient du grec : *mukés*, signifiant champignon et *rhiza*, racine. D'une part, la mycorhize satisfait les besoins du partenaire fongique en composés carbonés synthétisés par la plante hôte photosynthétique et d'autre part, elle permet à la plante hôte de bénéficier d'une meilleure nutrition minérale grâce au réseau d'hyphes extra-radiculaires constituant la phase extra matricielle qui s'étend bien au-delà de la zone du sol explorée par les racines (Smith et Read, 1997).

II. Les différentes formes d'associations mycorhiziennes :

Il existe plusieurs formes d'associations mycorhiziennes distinctes selon les structures formées par les espèces fongiques impliquées :

En 1969, Peyronel et *al.*, les ont divisés en trois : les ectomycorhizes, les endomycorhizes et les ectendomycorhizes.

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 huit groupes (**Figure 1**).

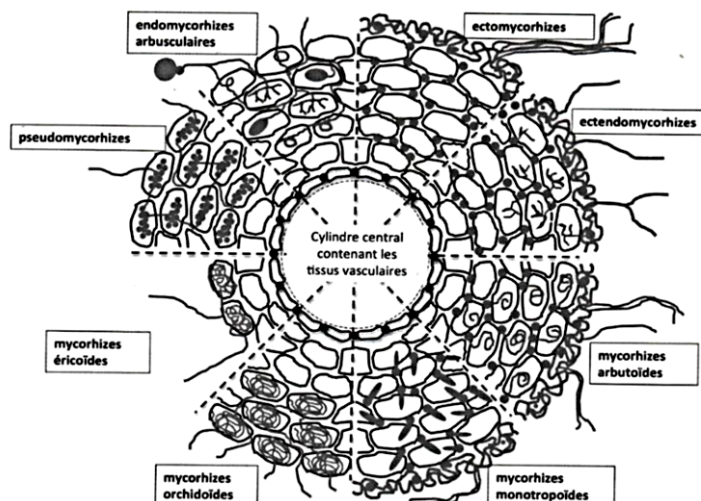


Figure 1: Représentation schématique des sections transversales des huit types de mycorhizes (Garbaye, 2013).

1. Ectomycorhizes :

Ce type de mycorhize concerne 13 à 15% des plantes vasculaires et se rencontre chez une grande majorité des Gymnospermes et un grand nombre d'Angiospermes Dicotylédones principalement chez les espèces ligneuses forestières. Les partenaires fongiques sont des champignons supérieurs généralement macroscopiques Ascomycètes et surtout Basidiomycètes (Harley et Smith, 1983; Smith et Read, 1997; Fortin *et al.*, 2008).

Selon Ratel (1999), la symbiose ectomycorhizienne est beaucoup plus récente que l'endomycorhize. Ce sont des formations superficielles importantes, elles sont faciles à observer chez les arbres forestiers à l'œil nu (Lanier *et al.*, 1976).

L'ectomycorhization est caractérisée par un manteau fongique qui engaine la racine, pouvant se prolonger dans le sol par un mycélium extramatriciel. Les hyphes de la partie interne du manteau s'insinuent entre les cellules corticales racinaires et forment un réseau dense appelé « Réseau de Hartig » (Jacquiot, 1978). Celui-ci 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 ; 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 (Garbaye et Guehl, 1997 ; Agerer et Rambold, 2004-2013).

Concernant l'aspect morphologique, les ectomycorhizes formées sur les racines courtes peuvent être simple ou ramifiées. Dans ce dernier cas leurs distributions le long des racines de

la plante connaissent de nombreuses variantes. En effet, en 1968 Boullard puis Agerer en 1988 ont distingué plusieurs distributions morphologiques (**Annexe 3**).

Les EcMs 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 2**) :

1. Uniforme et lache, 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. Ramarioïde, différenciée par des structures internes et il présente des hyphes gonflés aux extrémités et septés (MD) ;
5. Russuloïde, qui est un ensemble d'hyphes épaissies avec septa souvent incomplètement irrégulièrement répartis (MD) ;
6. Phlegmacioïde, avec quelques hyphes distribués de façon aléatoire un peu plus épais souvent noyées dans une matrice (MD) ;
7. Agaricoïde, hautement différenciée avec principalement au centre des gros hyphes qui révèlent des septa complètement à partiellement dissous ou même très différenciés (*Longue Distance*) ;
8. Boleticoïde, également très différenciée avec au centre des hyphes distincts et plus volumineux qui croissent tantôt vers l'origine tantôt vers l'extrémité du rhizomorphe souvent ramifiées. (LD)

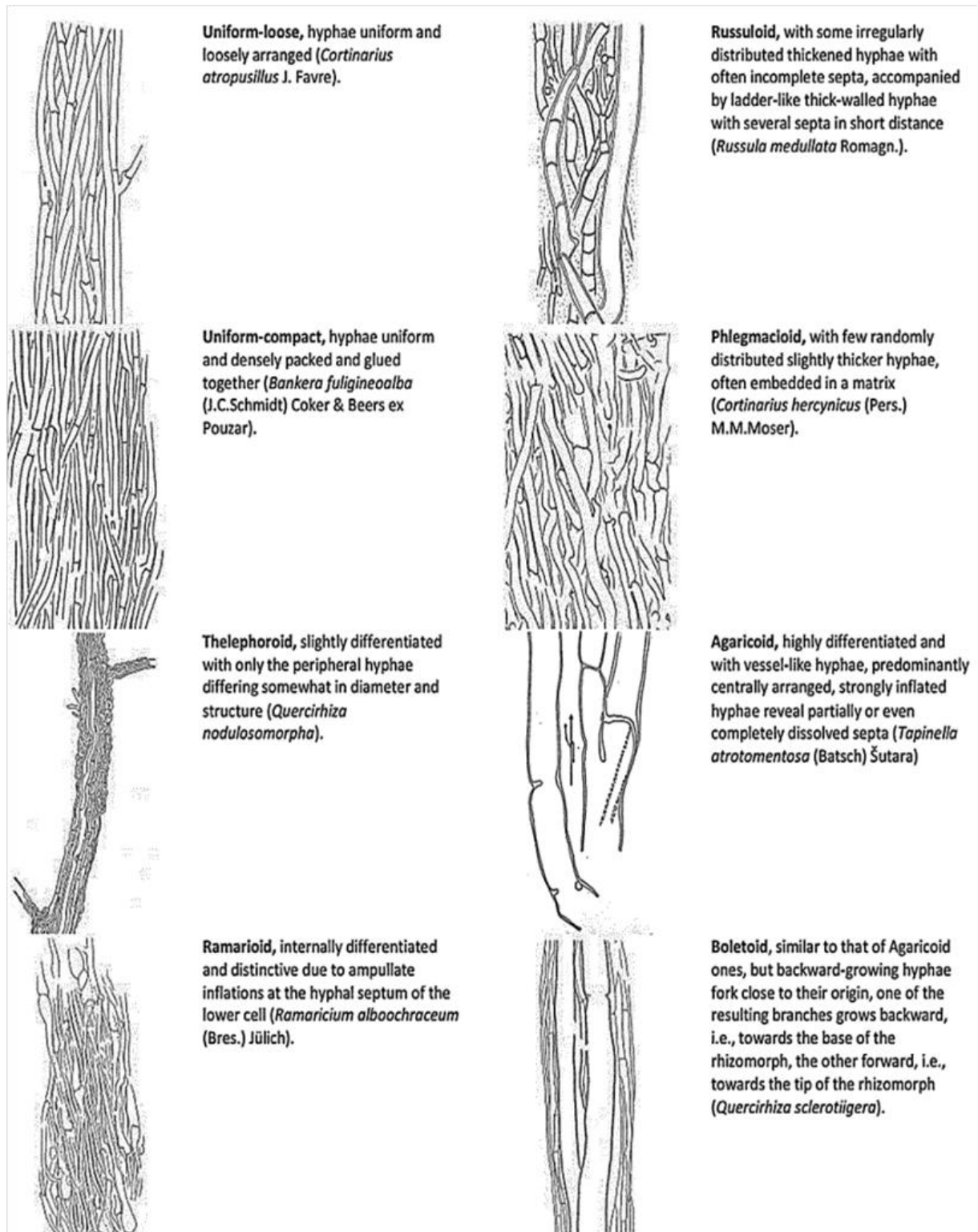


Figure 2 : Différents types de rhizomorphes selon Agerer (1999- 2006)

2. Endomycorhizes arbusculaires :

Les endomycorhizes sont apparus il y a 400 millions d'années permettant ainsi aux plantes de sortir de l'eau et de coloniser la terre. Selon Strullu (1991), les endomycorhizes sont plus

fréquentes ; elles se rencontrent aussi bien chez les Gymnospermes que les Angiospermes. En effet, elle concerne 74 % des espèces de ces derniers.

Les champignons endomycorhiziens sont essentiellement des Zygomycètes de l'ordre des Glomales (Smith et Read, 2008).

Le nom des endomycorhizes arbusculaires découle des structures qu'ils forment dans les cellules racinaires des plantes : arbuscules qui sont des structures finement ramifiées qui se forment dans une cellule et servent de site d'échange métabolique majeur entre la plante et le champignon.

Les associations endomycorhiziennes sont extérieurement peu visibles. Le champignon pénètre largement dans les cellules corticales des tissus de la racine (Davet, 1996). Les hyphes extraracinaires augmentent le volume de sol (eau et minéraux) accessible à la plante alors que les hyphes intraracinaires se propagent dans les espaces intercellulaires, se gonflent en vésicules selon leur génotype et forment des arbuscules intracellulaires créant une importante zone interface entre les cellules des deux partenaires, sites privilégiés d'échanges nutritifs. (Dalpé, 2005)

3. Ectendomycorhizes :

Les ectendomycorhizes caractérisées à la fois par la présence du manteau mycelien et le développement d'Hyphes inter et intracellulaires. Elles se rencontrent chez les Arbutacées, les Monotropacés et sont formées par des Basidiomycètes. (Mikola, 1948).

4. Pseudomycorhizes :

Les actuelles connaissances sur les pseudomycorhizes concernent beaucoup plus les plantes herbacées et ligneuses des zones alpines, tempérées et boréales que les plantes des régions tropicales. Ce sont pratiquement les seules symbioses racinaires que l'on rencontre dans les climats froids extrêmes. (Garbaye, 2013)

5. Mycorhizes éricoïdes :

Mycorhizes éricoïdes font partie de la division ascomycète (Read, 1996). Certains appartiennent aussi au sous embranchement des Basidiomycota (Robertson, 2008).

Les hyphes du champignon éricoïde occupent seulement la couche cellulaire externe, l'hypoderme. Le mycélium éricoïde forme un peloton qui remplit pratiquement toute la cellule (Morrissette, 2011).

Ces mycorhizes forment des symbioses qu'avec les plantes appartenant aux quatre sous-familles de la famille des *Ericaceae* suivantes : les *Ericoideae*, les *Cassiopoideae*, les *Vaccinioideae* et les *Styphelioideae* (Singh et Mukerji 2002 ; Cairney et Meharg 2003, Peterson et al. 2004; Smith et Read 2008).

6. Mycorhizes orchidoïdes :

Toutes les orchidées forment obligatoirement des associations avec des champignons dans les premiers stades de leur développement. La plupart des champignons impliqués appartiennent au genre *Rhizoctonia*. (Smith et Read, 1997)

7. Mycorhizes monotropoïdes :

Les mycorhizes monotropoïdes possèdent des hyphes qui forment un réseau de Hartig dont certains pénètrent les cellules. Cette symbiose n'est formée que par un nombre limité de Basidiomycota. Elle est uniquement présente chez les espèces de plantes du genre *Monotropa* qui non- chlorophyllien et dépend donc totalement du champignon pour répondre à leurs besoins en carbone. (Smith et Read 2008 ; Fortin *et al.* 2015).

8. Mycorhizes arbutoïdes :

Les champignons associés aux mycorhizes arbutoïdes sont des Basidiomycètes. Les plantes qui leur sont associées appartiennent aux Arbutoïdées et Pyrolacées. Ses hyphes pénètrent les cellules formant des pelotons (Smith et Read, 1997).

III. Rôle des mycorhizes :

La première fonction attribuée aux mycorhizes est l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs, notamment l'absorption des éléments pour la croissance des plantes. (Bolan, 1991 ; Smith et Read, 1997).

La symbiose mycorhizienne améliore la nutrition minérale par l'absorption des éléments minéraux solubles présents en faible concentration et peu mobiles dans le sol, tel que le phosphate, l'ammonium, le cuivre, et le zinc (Hatch, 1937 ; Bjorkman, 1949 ; Read et Woods, 1969 ; Strullu, 1991).

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

Plusieurs auteurs signalent une diminution des dégâts dus aux agents phytopathogènes par les champignons mycorhiziens qui participent à l'élimination de substances toxique formées lors de la désinfection des sols par la chaleur (Lanier *et al.* 1976).

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)).

La présence de certains champignons mycorhiziens au niveau des racines permet aux plants de tolérer des températures extrêmes. En effet, Marx & Brayan (1975) ont montré la résistance de plantules de pins mycorhizées par *Pisolithus tinctorius* à la température de 47°C.

Les champignons peuvent avoir d'autres effets bénéfiques moins connus que ceux qui interviennent directement dans la nutrition des plantes, comme l'augmentation de l'assimilation du CO₂ par des douglas inoculés avec *Laccaria bicolor* (Guehl & Garbaye, 1990).

CHAPITRE II :

Généralités sur le Genévrier

Commun

I. Généralité sur le genre *Juniperus* :

Le genre *Juniperus* L., de la sous-famille des *Cupressoideae*, comprend environ 75 espèces (Adams, 2014). Selon Achak *et al.* (2009), c'est le deuxième genre le plus diversifié des conifères. Il a la répartition la plus large, par rapport aux autres genres de conifères, mais sa répartition est limitée dans l'hémisphère Nord, seulement en Afrique où certaines espèces traversent l'équateur (Mao *et al.*, 2010 ; Farjon et Filer, 2013).

Les genévriers sont des arbustes dioïques et anémophiles (Thomas *et al.*, 2007 ; Ormon *et al.*, 2010).

Six espèces, de répartition fort inégale, se rencontrent en Afrique du 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 Gast, 2011).

Le genre *Juniperus* L. est bien représenté en Algérie (Maire, 1952 ; Quézel & 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 arides : *J. oxycedrus* L. et *J. phoenicea* L. (Hafsi *et al.*, 2017). Selon l'UICN (Red List), actuellement (2022) le Genévrier Commun est classé « préoccupation mineure ».

En Algérie, le *Juniperus* est abondant sur les crêtes du Djurdjura (Quezel et Gast, 2011) dans un bioclimat humide froid à perhumide froid (Yahi, 2007 ; Meddour, 2012) et plus rare dans les Aurès et les Babors, où il se situe dans l'étage de la cédraie (Quezel et Gast, 2011).

Il exige beaucoup de lumière mais il est indifférent à la nature du sol : calcaire ou siliceux, sec ou humide. Cette particularité jointe au fait qu'il est extrêmement résistant au froid et à la sécheresse explique sa vaste répartition en latitude et altitude. (Busti et Mandin, 2010).

II. Description du Genévrier Commun :

Le *Juniperus communis*, est la seule espèce de *Juniperus* présente dans les deux hémisphères (Adams, 1998). En Algérie, son nom diffère selon les régions ; Taka en kabyle, Zimba en chawi, et Ara'ar en Arabe (Trabut, 1935).

Le Genévrier commun est une espèce dioïque qui possède des aiguilles piquantes (Quezel et Medail, 2003 ; Gaston et Douin, 1993). Elles offrent au-dessus (sur la partie supérieure) deux

bandes blanchâtres à peine séparées l'une de l'autre, et il possède également un port rampant (Gaston et Douin, 1993) (**Figure 3**).

Au printemps, les pieds mâles portent des petits cônes à l'aisselle des feuilles de l'année précédente. Le pollen, abondant, est disséminé par le vent. Les pieds femelles sont reconnaissables par des galbules en cours de développement. Elles apparaissent à l'extrémité des rameaux courts à l'aisselle des aiguilles. Les trois ovules, à l'aisselle des écailles supérieures du rameau, émettent une goutte micropylaire captant le pollen. Certains cônes sont tout de suite fécondés et se présentent en hiver, comme des galbules presque achevées, contenant 3 graines. Chez d'autres, la fécondation n'aura lieu qu'en été de l'année suivante. Cela explique les galbules de tailles différentes sur un même pied. Mais elles seront finalement toutes mûres en même temps, en automne de l'année suivant la pollinisation (Van Bol, 2007).

Les fleurs, se présentent sous la forme de très petit chatons à l'aisselle de feuilles vers le milieu de jeunes rameaux : mâles en petits sacs jaune clair; femelles constituées de 3 feuilles ovulifères portant chacune un ovule verdâtre. Le cône femelle devient charnu, les trois écailles portant les ovules deviennent concrescentes et molles: "baie" de Genièvre (Van Bol, 2007).

Les galbules (baies) et rameaux du *J.communis* ne sont pas toxiques contrairement à ceux des *Juniperus sabina*, *J. thurifera* et *J.Phenicea*. (Busti et Mandin, 2010).



Figure 3: Les feuilles et quelques galbules non encore mûr du Genévrier Commun. (Zeggane, 2022)

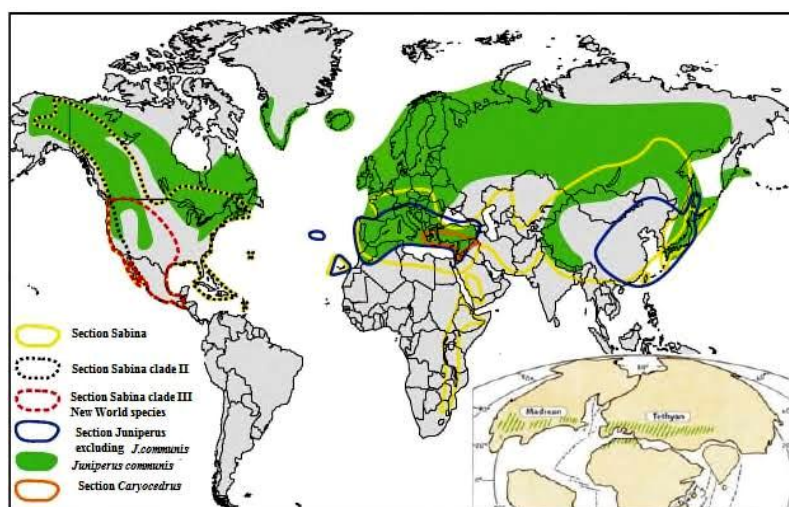
III. Taxonomie :

Tableau 1: Classification botanique du *Juniperus communis* (Small et Dentsch, 2001).

Règne	Plantae
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Gymnospermes
Classe	Coniférospides
Famille	Cupressaceae
Genre	<i>Juniperus</i>
Espèce	<i>Juniperus communis</i>

IV. Répartition géographique de *Juniperus communis* :

Juniperus communis est une espèce qui se trouve au niveau de l'Europe, en Asie occidentale jusqu'à l'Himalaya et en Amérique septentrionale (Maire, 1953). En Afrique du Nord, il est rencontré en Algérie, au Maroc et en Tunisie (Maatooq *et al.*, 1998; Mazur *et al.*, 2003) (Figure 4).

**Figure 4:** Carte représentant l'aire de répartition du *Juniperus communis* dans le monde (Mao *et al.*, 2010) in (Bouadam-Farhi, 2013).

V. Rôle écologique du Genévrier Commun:

Selon Negre (1950), *Juniperus communis* joue un rôle très important dans la dynamique de la végétation. Il fixe les blocs par le réseau de ses branchages, et constitue un sol en facilitant l'accumulation de poussières et de nombreux débris végétaux.

Il participe activement dans le processus d'installation du cèdre de l'Atlas par l'intermédiaire de successions progressives dans un système évolutif ordonné et directionnel (Mediouni et Yah, 1989).

Juniperus communis favorise le développement des jeunes semis de cèdre, et stimule leur croissance en créant un microclimat favorable à leur maintien (Mediouni et Yah, 1989).

VI. Effets et usage du Genévrier commun :

Le genévrier commun est un puissant antiseptique des voies urinaires. Remède efficace contre les cystites, mais ne doit pas être employé dans le cas d'insuffisance rénale. Le genévrier fortifie le système digestif, soulage les coliques et stimule l'activité de l'estomac (Iseran ,2001).

Par voie interne ou externe, il se révèle efficace dans le traitement des arthrites chroniques, de la goutte et des rhumatismes. En application, l'huile essentielle diluée calme les inflammations ; elle est censée favoriser le drainage des tissus sous-cutanés (Iseran ,2001).

Enfin, le genévrier stimule le flux menstruel (Iseran ,2001). En Algérie il est connu pour ses propriétés anti-diarrhéiques (Dob et Dahmane, 2008).

D'après Bonnier et Douin (1993), grâce à ses propriétés le Genévrier Commun est utilisé de différentes façons :

- Comme des haies ou des abris contre le vent ;
- Les feuilles et les sommités sont purgatives ;
- Comme condiment, il relève le goût des aliments ou des préparations notamment les sauces;
- Le bois compact et durable, sert à fabriquer les échelas (piliers), les manches, et il est utilisé aussi pour le chauffage.

CHAPITRE III :

Matériels et méthodes

I. Matériels et méthodes :

I. Présentation des stations d'étude

1. Station d'Azrou N Thour:

Le mont Azrou N'Thour, qui s'élève à 1 880 mètres d'altitude est situé sur le versant nord du Djurdjura (**Figure 5**) dans la commune d'Illilten, au sud-est de la wilaya de Tizi-Ouzou (**Tableau 2**).

Tableau 2: Localisation de la station Azrou N'Thour

	Coordonnées GPS	Altitude	Pente	Température (MEDDOUR, 2010)		Précipitation	Situation Bioclimatique (LARBI, 2015)
				m	°C		
Azrou N Thour	36°30'03"N 04°23'12"E	1880 mètres	50%	M	10,1°C	/	Humide
				M	13,4°C		
				T	11,7°C		

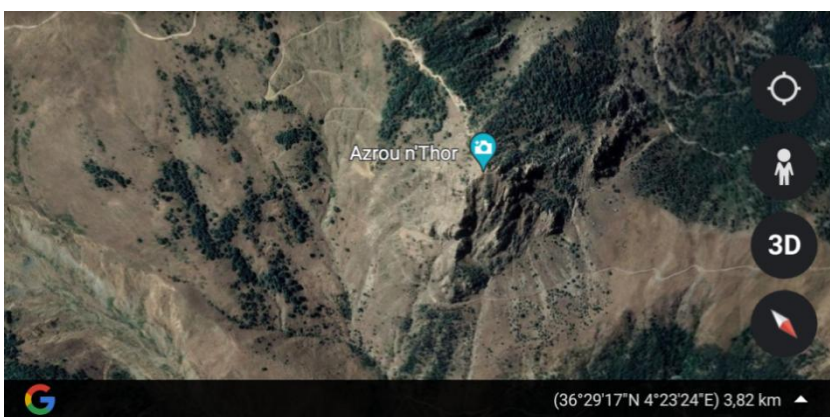


Figure 6: Situation géographique du peuplement de J.communis de la station Azrou N Thour (Google Earth, 2022)

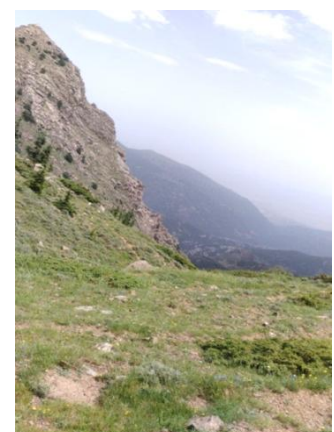


Figure 5: Terrain de la station d'Azrou N Thour (Zeggane, 2022).

2. Station de Tirourda:

Le col de Tirourda est un col de montagne situé dans le Nord de l'Algérie, à une altitude de 1 750 mètres. Il est situé à cheval entre les wilayas de Tizi-Ouzou et de Bouira. Tirourda est un village de haute Kabylie niché au pied du Djurdjura situé au sud d'Azrou Tidjer, et au sud-ouest d'Azrou N Thour. **(Figure 7) (Tableau 4)**

Tableau 3: Localisation de la station Tirourda

	Coordonnées GPS	Altitude	Pente	Température (MEDDOUR, 2010)		Précipitation	Situation Bioclimatique (LARBI, 2015)
Tirourda	36°28'27"N 04°20'35"E	1750 mètres	65%	m	10,1°C	/	Humide
				M	13,4°C		
				T	11,7°C		

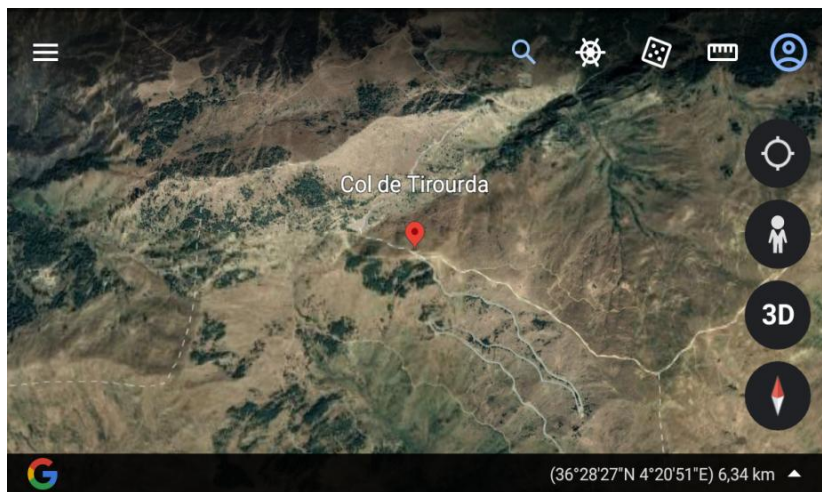


Figure 7: Station géographique du peuplement de *J. communis* de la station Tirourda (Google Earth, 2022)



Figure 8: Terrain de la station de Tirourda (Zeggane, 2022).

3. Station de Haizer :

Haizer est une commune située dans la wilaya de Bouira au pied du massif du Djurdjura.

C'est une station dégagée (**Figure 9**), elle se trouve sur le versant Nord, à l'extrême Ouest du Djurdjura, vers les 1990 m d'altitude avec une exposition NE (Toumi, 2015) (**Tableau 5**).

Tableau 4: Localisation de la station Haizer

	Coordonnées GPS	Altitude	Pente	Température (MEDDOUR, 2010)		Précipitation (MEDDOUR, 2010)	Situation Bioclimatique (AZIZEN, 2019)
				m	°C		
Haizer	36°27'33"N 04°01'02"E	1990 mètres	50%	m	9,4°C	987 mm	Perhumide
				M	14,3°C		
				T	11,8°C		



Figure 10: Localisation de la station de Haizer (Google Earth, 2022)



Figure 9: La station de Haizer (Zeggane, 2022)

II. L'échantillonnage :

Un échantillonnage aléatoire ciblé, effectué en été 2022, a permis de réaliser des prélèvements autour de seize arbres au niveau des trois stations.

Autour de chaque arbre, quatre à cinq prélèvements de sol et de racines (**Figure 11- (A)**) sont effectués sous le houppier de l'arbre à une profondeur de 20 à 30 centimètre (**Figure 11- (B)**). Les mottes de terre contenant les racines sont mises dans des sachets en plastique étiquetés puis conservés au réfrigérateur à une température de 4°C pendant quelques jours avant de conserver les racines dans du FPA. (**Figure 11- (C)**)



Figure 11: Photo montrant les différentes étapes de l'échantillonnage.

III. Mesure de la température du sol:

La température du sol lors des prélèvements est enregistré sous le houppier de chaque arbre à 10 cm de profondeur à l'aide d'un thermomètre de terrain de marque Hanna.

IV. Le pH du sol :

10 g de terre est mis dans un bêcher, et est mélangé à 25ml d'eau distillée. Le tout est agité pendant 10min puis le mélange est laissé au repos pendant 2 heures avant d'être mesuré par le pH-mètre de marque PHS-W (**Figure 12**).

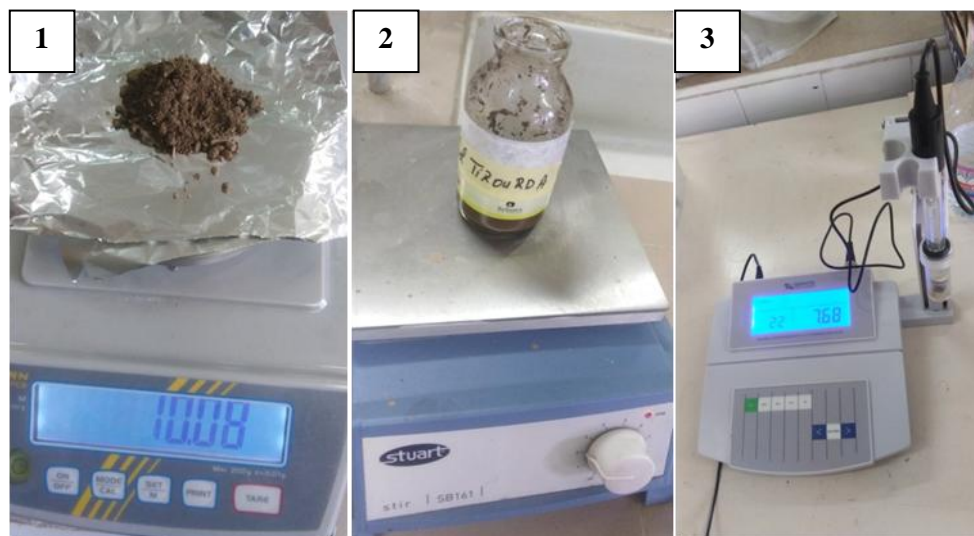


Figure 12: Les différentes étapes de la mesure du pH du sol.

V. Description des ectomycorhizes :

Les racines sont lavées et observées au frais sous loupe binoculaire OPTIKA (GX 40) (**Figure 13**). Nous avons entrepris la description des différents morphotypes ectomycorhiziens en se basant sur les critères suivant : la forme (**Annexe 5**), la distribution (**Annexe 2**), la texture du manteau observés à la loupe binoculaire (**Annexe 6**) et la stratégie d'exploration.

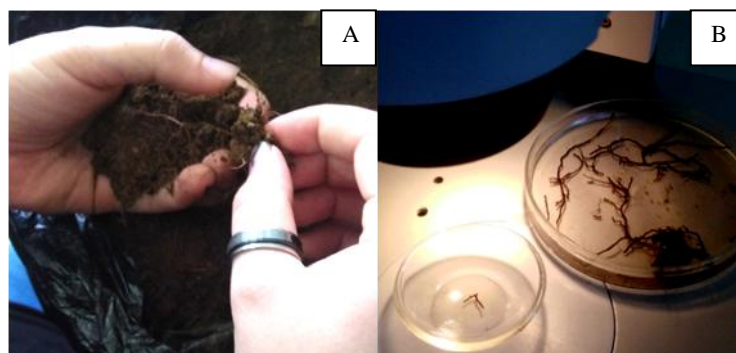


Figure 13: Sélection et observation des racines.

Toutes les mycorhizes déterminées sont isolées et conservées dans un fixateur : FPA, qui est constitué de : Formol (3%), Acide propénoïque (5%) et Ethanol à 70° (96%) (**Figure 14**).



Figure 14: Photo représentant des EcM conservées dans du FPA.

VI. Estimation de la colonisation mycorhizienne :

Le comptage est réalisé selon la Gridline intersect method de Giovanetti et Mosse (1980). 20 à 30 cm de longueur de racine, sont réparti au hasard dans une boîte de pétri quadrillée (**Figure 15**). Le comptage a été réalisé 3 fois pour chaque arbre des différentes stations. La moyenne ainsi obtenue exprime le pourcentage d'ectomycorhization par longueur racinaire.

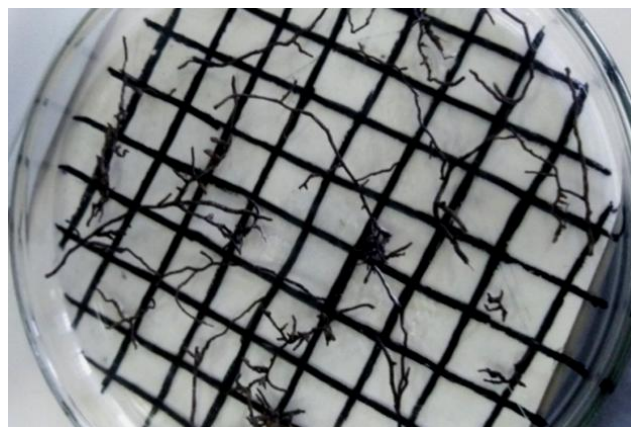


Figure 15: Photo représentant des fragments de racines sur une boîte de pétri quadrillée.

VII. Indice de Jaccard :

L'indice de Jaccard permet une comparaison entre deux sites ; car il évalue la ressemblance entre deux relevés en faisant le rapport entre les espèces communes aux deux relevés et celles propres à chaque relevé. Cet indice I_j varie de 0 à 1 et ne tient compte que des associations positives.

Lorsque cet indice est supérieur ou égale (\geq) à 50% la communauté ectomycorhizienne est homogène et quand c'est inférieur à 50% la communauté est hétérogène.

Formule : $I_j = C / (C + S_1 + S_2) \times 100$ avec :

C: Taxons communs

S_1 : Taxons spécifiques à la station 1

S_2 : Taxons spécifiques à la station 2

VIII. Description anatomique des EcM communes :

Pour chaque population, nous avons inventorié les différents morphotypes ectomycorhiziens. L'observation et l'analyse de la totalité des morphotypes des trois populations du Genévrier commun, a permis de distinguer : la richesse morphotypique commune et les la richesse spécifique de chaque population suivant les conditions du milieu.

La description des EcMs communes aux stations est complétée par une description anatomique.

Des coupes réalisées à main levée sont colorées au bleu de lactophenole, et sont montées entre lame et lamelle pour des observations et des descriptions au microscope optique *Leica* au grossissement x 400.

IX. Analyses statistiques :

Les résultats obtenus sont soumis à des statistiques descriptives, une analyse de la variance ANOVA (au seuil de $P=0.05$) grâce au logiciel R. Et une analyse en composante principale (ACP) est réalisée à l'aide du logiciel Stat Box 6, afin de déterminer l'effet des facteurs écologiques (T° , pH) et topographiques (pente, altitude), sur la colonisation symbiotique ectomycorhizienne.

CHAPITRE IV :

Résultats et discussion

I. Les caractéristiques édaphiques des stations d'étude :

Les différents caractères édaphiques des stations sont consignés dans le **tableau 5**

Tableau 5: Caractéristiques édaphiques des stations d'étude.

	Azrou N Thour	Tirourda (Nord-Est)	Haizer (Nord-Ouest)
Température (°C)	14.38	18.35	13.66
pH du sol	7.11	7.52	6,72
Hygrométrie (g/m³)	45.31	49.15	/

Les températures du sol enregistrées diffèrent entre les stations. En effet, la température la plus faible est notée au niveau de Haizer avec une valeur de 13.66°C, au niveau d'Azrou N Thour elle est à 14.38°C et la température la plus élevées d'une valeur de 18.35°C est notée au niveau de Tirourda.

Le pH de la station d'Azrou N Thour est neutre (pH=7,11). Dans la station de Tirourda le pH est légèrement basique (pH=7.52), tandis qu'au niveau de Haizer il est légèrement acide (pH=6.72).

II. Estimation de l'âge des arbres :

Juniperus communis étant une espèce acaule, les arbustes sont étalés. De ce fait, la mesure de la longueur et de la largeur des sujets a permis d'obtenir le **tableau 6**.

Tableau 6: Longueur, largeur et estimation de l'âge des sujets des stations d'étude

Station	Arbre	Longueur	Largeur	Estimation
Azrou N Thour	A1	5.28 m	3.79 m	Jeune
	A2	7.35 m	5.65 m	Jeune
	A3	7.14 m	5 m	Jeune
	A4	5.35 m	2.58 m	Jeune
Tirourda	T1	16.12 m	4.71 m	Âge avancé
	T2	7.93 m	5.46 m	Jeune
	T3	4.05 m	3.20 m	Jeune
Haizer	H1	>15 m	>15 m	Âge avancé
	H2	>15 m	>15 m	Âge avancé
	H3	>15 m	>15 m	Âge avancé
	H4	>15 m	>15 m	Âge avancé
	H5	>15 m	>15 m	Âge avancé

III. Etude morphologique des ectomycorhizes du *Juniperus communis* :

Le tableau ci-dessous représente la richesse morphotypique des différentes stations : Azrou N Thour, Tirourda et Haizer, les ectomycorhizes communes à deux stations étudiées, ainsi que l'indice de similarité.

Tableau 7: Indice de similarité (Jaccard) de la communauté ectomycorhizienne au niveau de trois stations : Azrou N Thour, Tirourda et Haizer

	Richesse morpho-typique spécifique	Richesse morpho-typique totale par station	Richesse morpho-typique par arbre	EcMs communes entre deux stations	EcMs commun	Richesse morpho-typique totale	Indice de Jaccard
Azrou N Thour	9	15	6.5	2 (A + H)	3	33	8.33% (A+H)
Tirourda	2	9	3,67	1 (A + T)			8,33% (A+T)
Haizer	13	21	7	3 (T + H)			16.67% (T+H)

L'observation des racines du Genévrier commun des trois stations révèle la présence de trente trois (33) morphotypes ectomycorhiziens avec une richesse morphotypique de : quinze (15) morphotypes au niveau d'Azrou N Thour, neuf (9) morphotypes au niveau de Tirourda et enfin vingt-et-un (21) au niveau de Haizer. Elle a également révélé que trois (3) morphotypes sont communs aux trois populations (**Tableau 7**).

A partir du tableau nous remarquons que dans tous les cas de figure l'indice de Jaccard est inférieur à 50 % ce qui nous permet de dire que la communauté EcM est hétérogène.

IV. La description des ectomycorhizes communes :

Morphotype 6 : La mycorhize marron et simple avec une forme droite, possède une phase extramatricielle en feutrage, (**Figure 16, a**). La stratégie d'exploration est de type *Moyenne Longue Distance* (MLD). L'observation microscopique des coupes anatomiques montre un manteau fin et les hyphes du Réseau de Hartig (RH) de type F (**Annexe 1**) s'étalant sur plus de trois couches de cellules (**Figure 16, b**).

Morphotype 12 : Mycorhize de couleur marron, et simple avec une forme courbée est lisse. La stratégie d'exploration est de type *Contact* (**Figure 16, c**). En coupe transversale (**Figure 16, d**), le Réseau de Hartig (RH) est de type G (**Annexe 1**).

Morphotype 21 : La mycorhize de couleur marron est simple, et avec une forme droite et lisse. La stratégie d'exploration est de type *Contact* (**Figure 16, e**).

L'observation microscopique des coupes anatomiques montre un manteau fin les hyphes du Réseau de Hartig (RH) de type E (**Annexe 1**) s'étalant sur plus de trois couches de cellules (**Figure 16, f**).

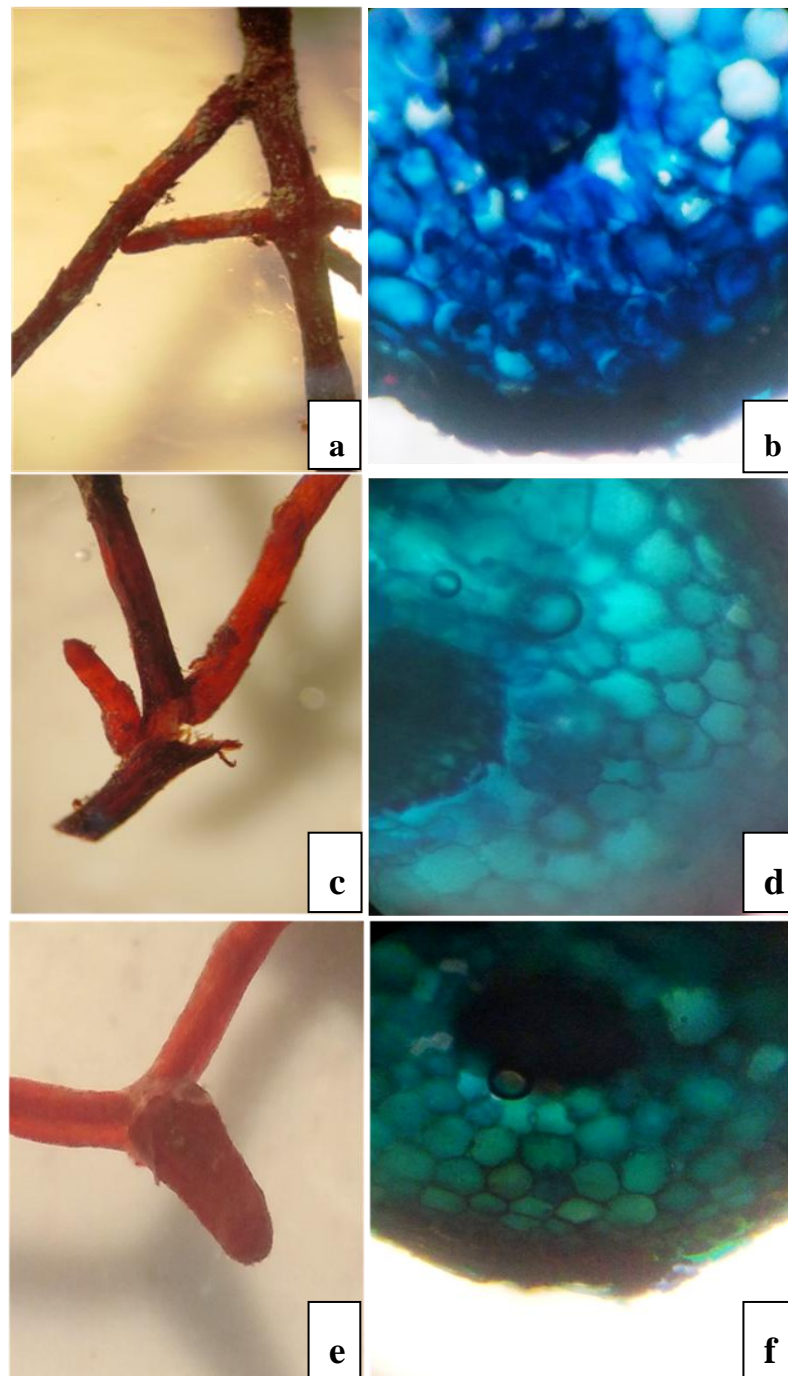


Figure 16: Observations des différentes ectomycorhizes communes

(a) : Morphotype 6 à la loupe binoculaire G X 40. (b) : Coupe anatomique transversale du morphotype 6 observée au microscope G X 400. (c) : Morphotype 12 à la loupe binoculaire G X 40. (d) : Coupe anatomique transversale du morphotype 12 observée au microscope G X 400. (e) : Morphotype 21 à la loupe binoculaire G X 40. (f) : Coupe anatomique transversale du morphotype 21 observée au microscope G X 400.

V. Les ectomycorhizes spécifiques à Azrou N Thour :

Morphotype 2 : La mycorhize de couleur marron et simple possède une forme courbée et une phase extramatricielle en feutrage. La stratégie d'exploration est de type *Longue Distance* (LD) (**Figure 17, a et b**).

Morphotype 3 : La mycorhize verte et simple avec une forme droite, possède une phase extramatricielle granulée. La stratégie d'exploration est de type MLD (**Figure 17, c**).

Morphotype 4 : La mycorhize de couleur noire et simple avec une forme droite possède une phase extramatricielle granulée. La stratégie d'exploration est de type MLD, car les hyphes se rejoignent (anastomose) (**Figure 17, d**).

Morphotype 5 : La mycorhize noire, simple avec une forme droite possède une phase extramatricielle granulée. La stratégie d'exploration est de type *Moyenne Distance* (MD) (**Figure 17, e et f**).

Morphotype 7 : La mycorhize de couleur marron et simple avec une forme droite possède une phase extramatricielle en feutrage. La stratégie d'exploration est de type LD (**Figure 17, g et h**).

Morphotype 9 : La mycorhize marron, simple avec une forme droite possède une phase extramatricielle en feutrage. La stratégie d'exploration est de type MD (**Figure 17, i et j**).

Morphotype 10 : La mycorhize de couleur verte et simple avec une forme droite, possède une phase extramatricielle granulée. La stratégie d'exploration est de type *Contact* (**Figure 17, k**).

Morphotype 14 : Mycorhize de couleur noire et blanche avec une distribution perlée et une forme droite, est lisse. La stratégie d'exploration est de type *Contact* (**Figure 17, l**).

Morphotype 15 : La mycorhize noire simple avec une forme droite possède une phase extramatricielle granulée. La stratégie d'exploration est de type LD (**Figure 17, m et n**).

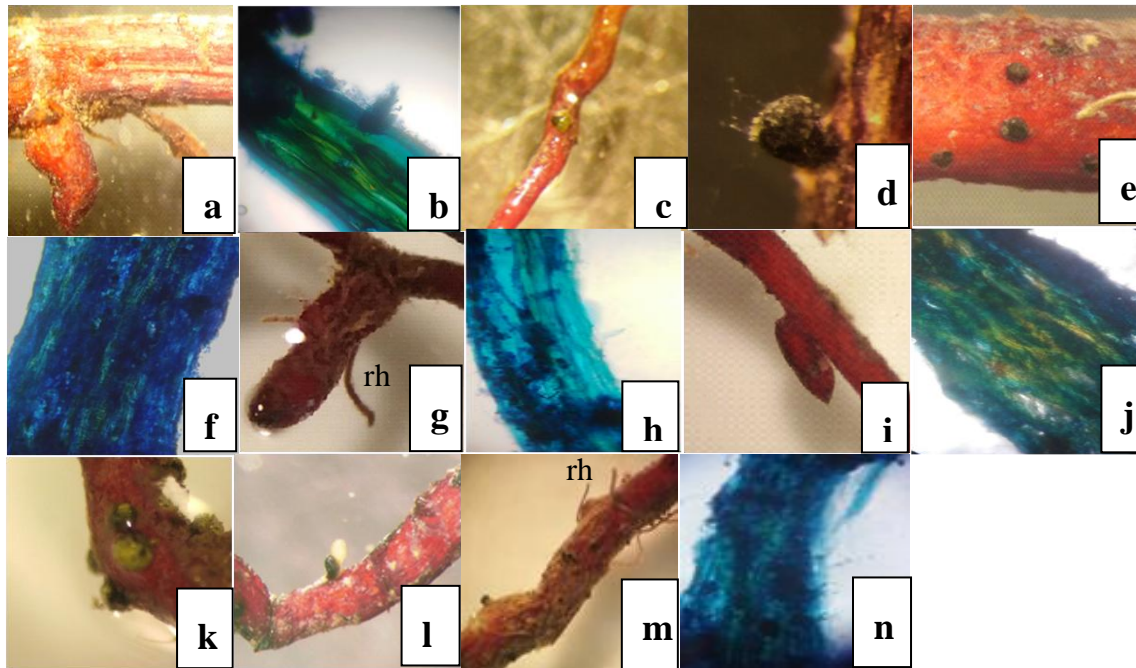


Figure 17: Les différentes ectomycorhizes spécifiques à la population de *Juniperus communis* de la station Azrou N Thour

rh: Rhizomorphe. **(a)** : Morphotype 2 à la loupe binoculaire G X 40. **(b)** : Rhizomorphe (Agaricoïde) du morphotype 2 au microscope binoculaire G X 400. **(c)** : Morphotype 3 à la loupe binoculaire G X 40. **(d)** : Morphotype 4 à la loupe binoculaire G X 40. **(e)** : Morphotype 5 à la loupe binoculaire G X 40. **(f)** : Rhizomorphe (Uniform loose) du morphotype 5 au microscope binoculaire G X 400. **(g)** : Morphotype 7 à la loupe binoculaire G X 40. **(h)** : Rhizomorphe (Boletoid) du morphotype 7 au microscope binoculaire G X 400. **(i)** : Morphotype 9 à la loupe binoculaire G X 40. **(j)** : Rhizomorphe (Phlegmacioid) du morphotype 9 au microscope binoculaire G X 400. **(k)** : Morphotype 10 à la loupe binoculaire G X 40. **(l)** : Morphotype 14 à la loupe binoculaire G X 40. **(m)** : Morphotype 15 à la loupe binoculaire G X 40. **(n)** : Rhizomorphe (Agaricoïde) du morphotype 15 au microscope binoculaire G X 400.

VI. Les ectomycorhizes spécifiques à Tirourda :

Morphotype 19 : La mycorhize marron ramifiée avec une forme courbée, possède une phase extramatricielle cotonneuse. La stratégie d'exploration est de type MLD (**Figure 18, a**).

Morphotype 20 : La mycorhize de couleur marron simple possède une forme courbée et une phase extramatricielle cotonneuse. La stratégie d'exploration est de type MLD (**Figure 18, b**).

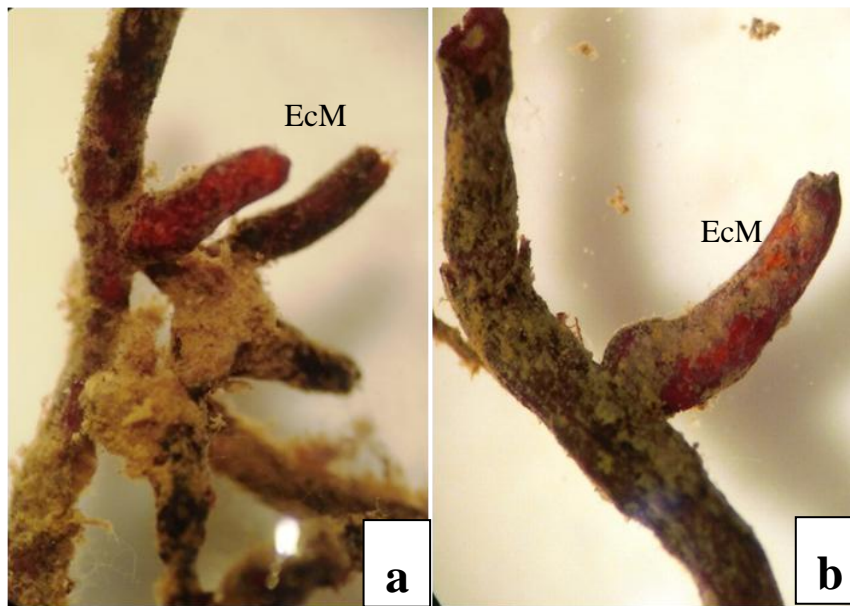


Figure 18: Les différentes ectomycorhizes spécifiques à la population de *Juniperus communis* de la station Tirourda

(a) : Morphotype 19 à la loupe binoculaire G X 40. (b) : Morphotype 20 à la loupe binoculaire G X 40.

VII. Les ectomycorhizes spécifiques à Haizer :

Morphotype 8 : La mycorhize marron ramifiée avec une forme courbée possède une phase extramatricielle en feutrage. La stratégie d'exploration est de type MLD (**Figure 19, a**).

Morphotype 22 : La mycorhize de couleur marron simple, avec l'apex plus large que la base, est lisse. La stratégie d'exploration est de type *Contact* (**Figure 19, b**).

Morphotype 23 : La mycorhize marron simple à noduleuse avec une forme droite est lisse. La stratégie d'exploration est de type *Contact* (**Figure 19, c**).

Morphotype 24 : La mycorhize de couleur marron avec une distribution racémeuse à noduleuse et un apex plus large que la base est lisse. La stratégie d'exploration est de type *Contact* (**Figure 19, d**).

Morphotype 25 : La mycorhize marron possédant une distribution racémeuse à noduleuse et une forme droite est lisse. La stratégie d'exploration est de type *Contact* (**Figure 19, e**).

Morphotype 26 : Mycorhize marron ramifiée, avec une forme droite est lisse. La stratégie d'exploration est de type *Contact* (**Figure 19, f**).

Morphotype 27 : Mycorhize de couleur marron noduleuse possédant une forme droite, est lisse. La stratégie d'exploration est de type *Contact*(**Figure 19, g**).

Morphotype 28 : La mycorhize marron avec une distribution monopodiale pyramidale et une forme droite est lisse. La stratégie d'exploration est de type *Contact* (**Figure 19, h**).

Morphotype 29 : La mycorhize de couleur marron possédant une distribution monopodiale pennée et une forme droite, est lisse. La stratégie d'exploration est de type *Contact* (**Figure 19, i**).

Morphotype 30 : Mycorhize marron ramifiée avec un apex plus large que la base, est lisse. La stratégie d'exploration est de type *Contact* (**Figure 19, j**).

Morphotype 31 : La mycorhize marron ramifiée avec une forme sinueuse, possède une phase extramatricielle en feutrage. La stratégie d'exploration est de type *Moyenne Distance (MD)* (**Figure 19, k et l**).

Morphotype 32 : La mycorhize marron ramifiée avec une forme droite possède une phase extramatricielle en feutrage. La stratégie d'exploration est de type MD (**Figure 19, m et n**).

Morphotype 33 : La mycorhize de couleur marron simple avec une forme sinueuse possède une phase extramatricielle en feutrage. La stratégie d'exploration est de type MD (**Figure 19, o et p**).



Figure 19: Les différentes ectomycorhizes spécifiques à la population de *Juniperus communis* de la station Haizer

(a) : Morphotype 8 à la loupe binoculaire G X 40. (b) : Morphotype 22 à la loupe binoculaire G X 40. (c) : Morphotype 23 à la loupe binoculaire GX 40. (d) : Morphotype 24 à la loupe binoculaire G X 40. (e) : Morphotype 25 à la loupe binoculaire GX 40. (f) : Morphotype 26 à la loupe binoculaire G X 40. (g) : Morphotype 27 à la loupe binoculaire G X 40. (h) : Morphotype 28 à la loupe binoculaire G X 40. (i) : Morphotype 29 à la loupe binoculaire GX 40. (j) : Morphotype 30 à la loupe binoculaire G X 40. (k) : Morphotype 31 à la loupe binoculaire G X 40. (l) : Rhizomorphe (Uniform compact) du morphotype 31 au microscope binoculaire G X 400. (m) : Morphotype 32 à la loupe binoculaire GX 40. (n) : Rhizomorphe (Uniform Loose) du morphotype 32 au microscope binoculaire GX 400. (o) : Morphotype 33 à la loupe binoculaire GX 40. (p) : Rhizomorphe (Uniform Loose) du morphotype 33 au microscope binoculaire GX 400.

VIII. Estimation de la colonisation ectomycorhizienne :

La figure et le tableau ci-dessous montrent le pourcentage de mycorhization des différentes populations étudiées.

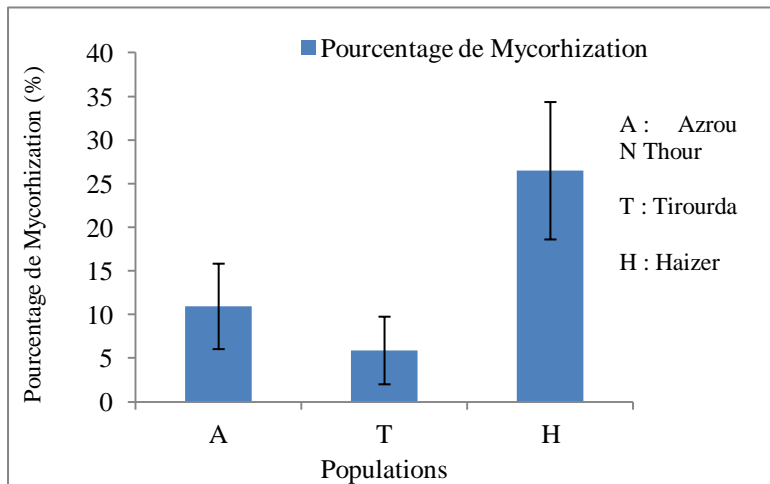


Tableau 8: Pourcentage de mycorhization par station

Stations	Pourcentage de Mycorhization	Ecart-type
A	10,95%	4,89
T	5,89%	3,87
H	26,49%	7,87

Figure 20: Pourcentage d'ectomycorhization par population

La quantification de la colonisation ectomycorhizienne du Genévrier commun des stations d'étude a révélée un pourcentage d'ectomycorhization : de 10.95 dans la station Azrou N Thour, de 5.89 dans la station de Tirourda et de 26,49 dans la station de Haizer. Notons que le pourcentage le plus élevé est enregistré dans la station de Haizer (**Tableau 8**), (**Figure 20**).

Tandis que le **tableau 9** et le **figure 21** montrent le pourcentage de mycorhization par arbre

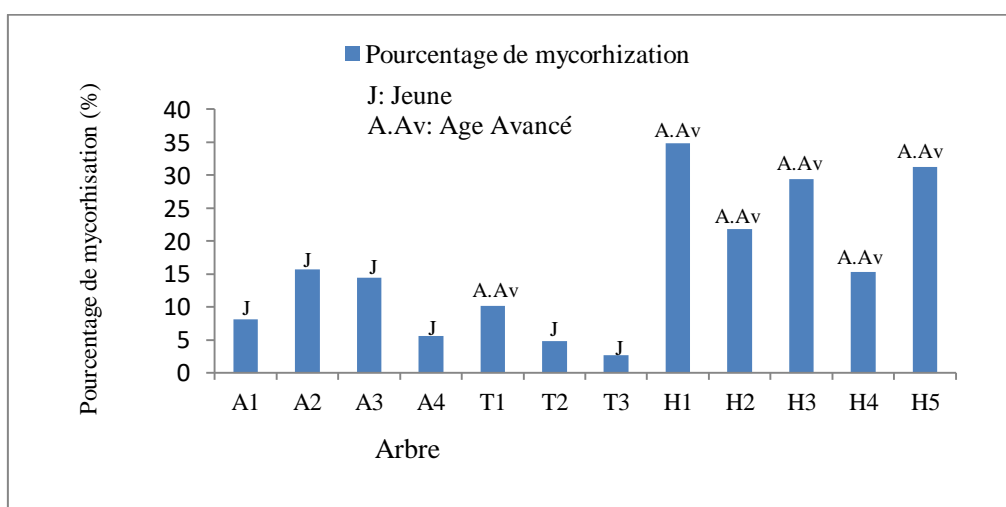


Figure 21: Pourcentage de mycorhization par arbre.

Tableau 9: Pourcentage de mycorhization par arbre et estimation de l'âge

Arbre	Longueur de racine mycorhizé (%)	Estimation de l'âge
A1	8,08%	Jeune
A2	15,72%	Jeune
A3	14,41%	Jeune
A4	5,57%	Jeune
T1	10,20%	Âge avancé
T2	4,79%	Jeune
T3	2,69%	Jeune
H1	34,81%	Âge avancé
H2	21,80%	Âge avancé
H3	29,35%	Âge avancé
H4	15,26%	Âge avancé
H5	31,23%	Âge avancé

En effet le **tableau 9** montre que plus l'arbre est âgé, plus le taux d'ectomycorhize est plus important (**Figure 21**).

La **figure 22** et le **tableau 10** ci-dessous montrent respectivement l'estimation de la colonisation ectomycorhizienne des trois stations en fonction du Type Exploratoire, et le pourcentage des différents types d'exploration au niveau des stations : Azrou N Thour, Tirourda, Haizer.

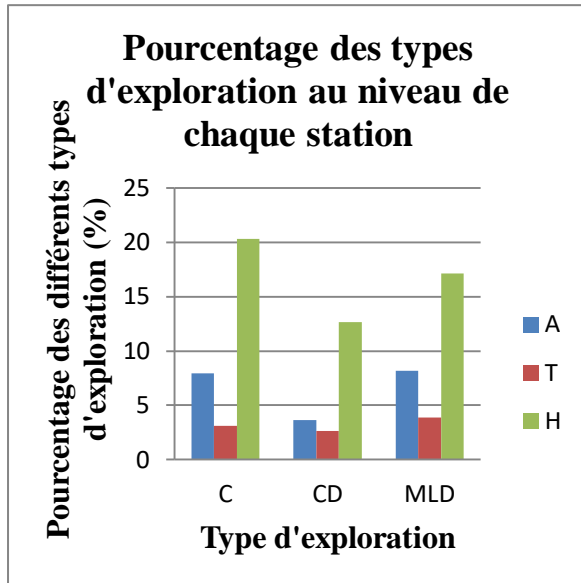


Figure 22: Pourcentage des différents types d'exploration au niveau des stations : Azrou N Thour, Tirourda, Haizer

Tableau 10: Estimation de la colonisation ectomycorhizienne des trois stations en fonction du Type Exploratoire

(C : Contact, CD : Courte Distance, MLD : Moyenne ou Longue Distance)

Station	Pourcentage (%)		
	C	CD	MLD
Azrou N Thour (A)	7,91	3,66	8,16
Tirourda (T)	3,11	2,66	3,88
Haizer (H)	20,26	12,66	17,13

L'estimation de la colonisation mycorhizienne selon les types d'exploration (**Tableau 10**) a révélé un pourcentage élevé de TE *Moyenne et Longue Distance* (8.16%) au niveau d'Azrou N Thour ainsi qu'au niveau de Tirourda d'une valeur de 3.88%. Tandis qu'au niveau de Haizer le pourcentage le plus élevé concerne le type exploratoire *Contact*, 20.26% (**Figure 22**).

IX. Analyses statistiques :

Le tableau suivant montre les résultats du test ANOVA :

Tableau 11: Test ANOVA

	Azrou N Thour (AT)	Haizer (H)	Tirourda (T)	P value	
TE Contact	7.91 ±2.73 (a)	20.26 ±8.91 (b)	3.11 ±2.49 (a)	0.009	**
TE Courte Distance	3.66 ±2.53 (a)	12.66 ±5.67 (b)	2.66 ±2.08 (a)	0.012	*
TE Moyenne Longue Distance	8.16 ±6.38 (a)	17.13 ±9.15 (a)	3.88 ±2.14 (a)	0.071	Non significative
Non mycorhizé	177.49±27.77 (a)	189.26±25.27 (a)	168.22±16.41 (a)	0.511	Non significative
Température	14.37 ±0.56 (ab)	13.66±2.71 (a)	18.35 ±0.91 (b)	0.020	*
pH	7.11 (b)	6.72 (a)	7.52 (c)	0	***
Pente	0.50 (a)	0.50 (a)	0.65 (b)	0	***
Altitude	1880 (b)	2080 (c)	1750 (a)	0	***

Les résultats obtenues et soumis au test de l'ANOVA (**Tableau 11**) révèlent une différence hautement significative ($p=0.009$) pour le type exploratoire *Contact* et une différence significative ($p=0.012$) pour le type exploratoire CD au niveau des trois stations. Par contre pour la stratégie MLD aucune différence n'est enregistrée au niveau des stations étudiées.

Ils révèlent également une différence significative ($p=0.020$) pour la température et une différence très hautement significative ($p=0$) pour le pH, la pente et l'altitude au niveau des trois stations étudiées.

a- Type d'exploration Contact :

Il y'a une différence significative entre les deux stations : Haizer et Azrou N Thour ($p=0.0397$), ainsi qu'entre Tirourda et Haizer ($p=0.0112$). Cependant aucune différence n'est notée entre les stations : Azrou N Thour et Tirourda ($p=0.5919$). (**Annexe 5**)

b- Type d'exploration Courte Distance :

Une différence significative est notée entre les deux stations : Haizer et Azrou N Thour ($p=0.0254$), ainsi qu'entre Tirourda à Haizer ($p=0.0233$). Mais aucune différence n'a été notée entre Azrou N Thour et Tirourda ($p=0.9472$). (**Annexe 5**)

c- Température :

Une différence significative est notée entre les deux stations : Haizer et Tirourda ($p=0.0193$), mais aucune n'a été notée entre Azrou N Thour et Tirourda ($p=0.0529$) ainsi qu'entre Haizer et Azrou N Thour ($p=0.8415$). (**Annexe 5**)

d- pH :

Une différence hautement significative est notée entre les trois stations : Haizer, Tirourda, et Azrou N Thour ($p=0$). (**Annexe 5**)

e- Pente :

Il y'a une différence hautement significative entre les deux stations : Tirourda et Haizer ($p=0$), ainsi qu'entre Azrou N Thour et Tirourda ($p=0$). Cependant aucune différence n'est notée entre les stations : Azrou N Thour et Haizer ($p=0.513$). (**Annexe 5**)

f- Altitude :

Une différence hautement significative est notée entre les trois stations : Haizer, Tirourda, et Azrou N Thour ($p=0$). (**Annexe 5**)

X. Analyse en composantes principales :

Le tableau 12 montre les corrélations entres les différentes variables de l'étude tandis que la figure 22 montre le cercle de corrélation globale.

Tableau 12: Matrice de corrélations entre les variables de l'étude (2022)

	NM	C	CD	MLD	T°	ALT	Pente	pH
NM	1	0,69	0,52	0,32	-0,40	0,37	-0,30	-0,37
C	0,69	1	0,88	0,60	-0,56	0,80	-0,55	-0,78
CD	0,52	0,88	1	0,72	-0,60	0,76	-0,44	-0,72
MLD	0,32	0,60	0,72	1	-0,63	0,66	-0,48	-0,65
T°	-0,40	-0,56	-0,60	-0,63	1	-0,66	0,75	0,70
ALT	0,37	0,80	0,76	0,66	-0,66	1	-0,77	-0,99
Pente	-0,30	-0,55	-0,44	-0,48	0,75	-0,77	1	0,85
pH	-0,37	-0,78	-0,72	-0,65	0,70	-0,99	0,85	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil $\alpha=0,05$ (test bilatéral)

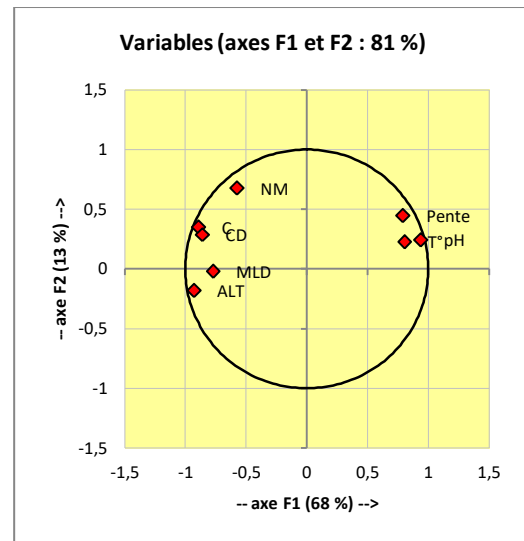


Figure 23: Le cercle de corrélation globale.

L'analyse en composante principale (ACP) exécutée sur les paramètres étudiés : les racines non mycorhizées (NM), les types d'explorations (C : *Contact*, CD : *Courte Distance*, MLD : *Moyenne et Longue Distance*), la température (T°), l'altitude (ALT), la pente et le pH ; a permis de faire ressortir les différentes corrélations qui existent entre les paramètres. Une corrélation positive hautement significative est notée entre le type d'exploration *contact* et l'altitude ($r=0.80$), et une corrélation négative hautement significative entre le même type d'exploration et le pH ($r=-0.78$).

Des corrélations négatives hautement significatives entre le type exploratoire *Courte Distance* et la température ainsi que le pH sont relevés qui respectivement sont de $r= -0.60$, $r= -0.72$, et une corrélation positive hautement significative entre le type d'exploration *Courte Distance* et l'altitude ($r= 0.76$). De même sont observés entre le TE *Moyenne et Longue Distance* et la température, l'altitude et le pH qui respectivement sont de $r= -0.63$, $r= -0.65$ et $r=0,66$.

Plan factoriel :

La **figure 24** présente la Projection des individus et variables de références sur le plan factoriel (1*2).

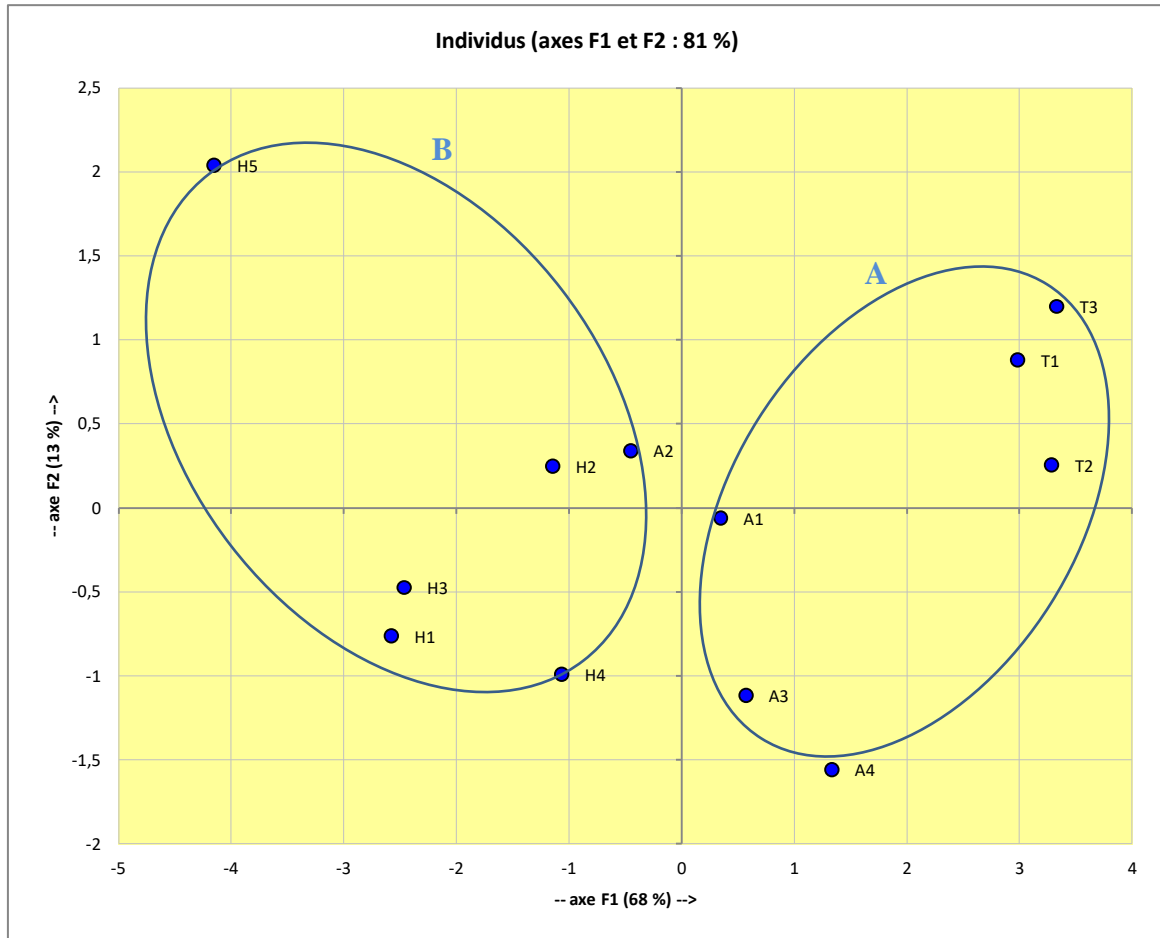


Figure 24: Projection des individus et variables de références sur le plan factoriel (1*2).

A partir de la représentation du plan factoriel, la disposition des individus par rapport aux variables permet de distinguer deux groupes A et B.

Groupe A : représente la partie positive de l'axe F1. Il se caractérise par une pente, pH et températures édaphiques élevés, avec un taux de colonisation ectomycorhizienne moyen.

Groupe B: représente la partie positive de l'axe F2. Il se caractérise par une forte altitude et une bonne colonisation ectomycorhizienne.

XI. Discussion :

L'étude de la symbiose ectomycorhizienne du *Juniperus communis*, au niveau de trois stations Azrou N Thour (Tikjda), Tirourda (Tikjda) et Haizer (Tala Guilef), a permis de répertorier trente trois (33) morphotypes ectomycorhiziens pour la saison d'été 2022. Parmi ces morphotypes, trois sont communs aux trois peuplements.

Les morphotypes observés présentent diverses couleurs : Vertes, Noires, Marrons Orangés, Oranges ; diverses distributions : Simple, Ramifié, Simple à noduleuse, Racémeuse à Noduleuse, Noduleuse, Monopodiale pyramydale, monopodiale pennée. La phase extramatricielle présente différents aspects : granulé, en feutrage, cotonneux ou bien lisse.

L'étude anatomique des ectomycorhizes communes a montré un réseau de Hartig de type F, G et E s'étalant sur plusieurs couches de cellules. Selon Dexheimer (1997), le réseau de Hartig est le siège d'échanges de nutriments entre les deux partenaires (Racine-Champignon).

L'estimation de la colonisation ectomycorhizienne a montré le pourcentage le plus élevé en EcM dans la station de Haizer, caractérisée par les sujets les plus âgés par rapport aux deux autres stations. En effet, selon Sanguin et al(2013), la présence de la structure mycorhizienne a été détectée quelque soit l'âge des individus et il a pu démontrer que l'intensité de l'ectomycorhization des racines augmentait avec l'âge.

L'estimation de la colonisation ectomycorhizienne montre une forte présence du type exploratoire *Contact* au niveau de Haizer.

Selon les travaux d'Agerer, 2006, les EcM adoptant une stratégie d'exploration *Contact* présentent un manteau lisse alors que les ectomycorhizes possédants un type exploratoire Courte Distance ou Moyenne Longue Distance possèdent respectivement des hyphes et des rhizomorphes qui se développent sur une distance considérable dans le sol.

L'ACP montre que le pH des sols des stations échantillonnées semble influencer négativement sur les champignons ectomycorhiziens. En effet d'après Selosse (2008) les champignons ectomycorhiziens préfèrent les sols acides. Ce qui concorde avec nos résultats qui révèlent un taux d'ectomycorhization le plus élevés dans la station de Haizer à sol légèrement acide.

L'analyse en composante principale a également révélé que la température influence négativement sur les ectomycorhizes adoptant une stratégie d'exploration courte distance et moyenne ou longue distance. Tandis que l'altitude influence positivement sur les champignons ectomycorhiziens et ce peu importe le type exploratoire. En effet, la présence des ectomycorhizes permet principalement à la plante hôte de mieux utiliser les ressources du milieu en fonction du stade d'évolution du couvert arboré mais également au cours de la

saison en fonction des conditions climatiques (Vander Heijden et Vosatka 1999, Vander Heijden 2001).

Conclusion générale

Notre étude comparative de la communauté ectomycorhizienne de trois populations de *Juniperus communis* dans le Parc National du Djurdjura a révélé la présence de 33 morphotypes différents, dont 3 sont communs aux stations étudiées.

Une richesse morphotypique élevée est notée au niveau de Haizer en plus d'un taux d'EcM ayant une stratégie d'exploration *Contact* assez importante contrairement aux deux autres stations.

L'estimation de la colonisation mycorhizienne a montré que plus l'arbre est âgé plus le taux d'ectomycorhize est important.

L'ACP nous a révélé une corrélation positive entre l'altitude et les différentes stratégies d'explorations des mycorhizes ainsi qu'une corrélation négative entre ces dernières et la température et le pH du sol.

Pour confronter nos résultats, et compléter nos données, il serait intéressant de multiplier les travaux autour de cette espèce qui joue un rôle important dans le processus d'installation du cèdre de l'Atlas.

Références bibliographiques

Références bibliographique

- ◆ Achak N., Romane A., Alifriqui M., Adams R.,. *Chimical Studies of Leaf Essentiel Oils of Three Species of Juniperus From Tensift Al Harouz – Marrakeche Region (Morocco)*. *J. of Ess. Oil. Res.* Vol. 21: 337-341. 2009.
- ◆ Adams R. *Junipers of the world: The genus Juniperus 3rd Edition*. Trafford rev,Ouvrage. 426 p. 2011.
- ◆ —. *The leaf essential oils and chemotaxonomy of Juniperus sect. Juniperus*.*Biochemical Systematics and Ecology* 26: 637- 645. 1998.
- ◆ ADAMS, R.P. — *Junipers of the World: the genus Juniperus*. Trafford Publishing Co., Bloomington. 2014.
- ◆ BELLAKHDAR J. *La pharmacopée marocaine traditionnelle, Médecine arabe ancienne et savoirs populaires, préface de J.-M. Pelt, Paris, Ibis Press, 1997, 764 p. 1997.*
- ◆ Bjorkman E. *The ecological significance of the ectotrophic mycorrhizal association in forest trees*. *Sven. Bot. Tdskr.*, 43, 223p. 1949.
- ◆ Bolan, N.S. *A critical review of the role of mycorrhizal fungi in the uptake ofphosphorus by plants*. *Plant & Soil*, 134: 189-207. 1991.
- ◆ Bonnier G. et Douin R. *La grande flore en couleur de Gaston Bonnier*. Edition Belin,Paris, 1990. : 1354-1355. 1993.
- ◆ Bouadam-Farhi B. *Caractérisation morphologique et biochimique de l'espèce Juniperus sabina L. au niveau du Parc National du Djurdjura, Algérie*. *Mém. Mag. Biologie.Univ. Béjaia*. 68 p. 2013.
- ◆ Boullard B. *Les mycorhizes*. Ed Masson et cle. Paris., 135p. 1968.
- ◆ Busti D. et Mandin JP. *Le Genévrier de Phénicie parmi les genévriers de France*. mars 2010.
- ◆ Cairney & Meharg. *Ericoid mycorrhiza: a partnership that exploits harsh edaphic conditions*. 2003.
- ◆ Dalpé Yolande. *L'écologie des champignons*. 2005.
- ◆ Davet P. *Vie microbienne du sol et production végétale*. 1ère édition, INRA, Paris. 1996.
- ◆ Dexheimer J. *Etude structurale et fonctionnelle des interfaces entre le champignon et la plante-hôte*. *Revue forestière française, AgroParisTech.*, 1997.

Références bibliographique

- ◆ *Dob, T., Dahmane, D., Chelghoum, C.,. Chimical Composition of the essential oil of junipérus phoenicea L.from Algeria.journal of essential oil. 20 (1):15-20. 2008.*
- ◆ *DuchesneL. C., Peterson R.L. & Ellis B.E.,. Pine root exudatesstimulate the synthesis of antifungal compounds by the ecotomycorrhizal fungus Paxillus involutus. New Phytol.,108 : 471-476. 1988.*
- ◆ *Farjon A., & Filer D.,. An Atlas of the World's Conifers. 2013.*
- ◆ *Fitter A.H. Implication for functioning under natural conditions. Experientia 47(1991) 350-355. 1991.*
- ◆ *Fortin J. A., Plenchette C. and Piché Y.,. Les mycorhizes. La nouvelle revolution verte. MultiMonde Quac. (Eds.), Quebecs, 131 p. 2008.*
- ◆ *Francis R. & Read D. J. The contribution of mycorrhizal fungi to the determination of plant community structure. In : A. D. robson, Abott L K (eds.). Management of mycorrhizas in Agriculture, Horticulture and Forestry. Kluwer Academic Publishers, pp. 11-26. 1994.*
- ◆ *Frank B. Uber die auf Wurzelsymbiose breuhende Ernahrung gewisser baume durch unterirdische Pizle. Ber. Derntsch. Bot. Ges ., 3 : 128-145. 1885.*
- ◆ *Garbaye J. La symbiose mycorhizienne. Synthése edit-Quae. 251p. 2013.*
- ◆ *Gay G. & Gea L. Rôle de l'auxine fongique dans la formation des ectomycorhizes. Acta. Bot. Gall. 141 : 1-6. 1994.*
- ◆ *Gay G. Rôle des hormanes fongiques dans les associations des ectomycorhizes. Cryptogam.Mycol., 9 (3) : 211-219. 1988.*
- ◆ *Giovanetti M. et Mosse B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots,. 1980.*
- ◆ *Guehl J.M. & Garbaye J. The effects of ectomycorrhizal status on carbon dioxide assimilation capacity, water-use efficiency and response to transplanting in seeding of Pseudostuga menziesii (Mird) Franco. Annales des sciences Forestières, 47 : 551-563. 1990.*
- ◆ *Hafsi.Z, et al. Étude de la variabilité morphologique (aiguilles, galbules) du complexe spécifique Juniperus oxycedrus L., le Génévrier oxycèdre, au sein de sept populations d'Algérie. 2017.*
- ◆ *Hamza N. Application des mycorhizes arbusculaires en culture maraîchère cas de la pastèque (Citrullus lanatus). Thèse de Magister, Université Ferhat Abbas Sétif. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie., 54 p. 2014.*

Références bibliographique

- ◆ Harley J. L. *The biology of mycorrhiza. Plant Science Monographs, Leonard Hill (eds.), London, 334 p. 1969.*
- ◆ Harley J.L., and Smith S.E.,. *Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, Londres, New York, 483p. 1983.*
- ◆ Hatch A. B. *The physical basis of mycotrophy in the genus Pinus. Black Rock For. Bull., 6 : 1-168. 1937.*
- ◆ Hodge A., Alixander I. J. & Gooday G. W.,. *Chitinolytic activitie of Eucalyptus pilularis and Pinus sylvestris root systems challenged with mycorrhizal and pathogenic fungi. New phytol., 131 : 255-261. 1995.*
- ◆ Isserin P., Masson M.,. *Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins. 2éme édition de VUEF, Hong-Kong:p.8. 2001.*
- ◆ JAKOBSEN I. *Transport of phosphorus and carbon in arbuscular Mycorrhizas. In: Mycorrhizas: Structure, function, molecular biology and biotechnology. Spinger 305-332. 1995.*
- ◆ Jaquiot. *Écologie des champignons forestiers. 1978.*
- ◆ Kadi-Bennane. S. *Les ectomycorhizes du chêne liège : Effet des facteurs environnementaux. 2016.*
- ◆ Lanier L., Bondoux P., & Bellemere A.,. *Mycologie et pathologie forestière. Tome I :Mycologie foretière. Masson (eds.), Paris, 487p. 1976.*
- ◆ LARBI R. *Analyse de la diversité floristique et de la phytodynamique de la série de végétation à Cedrus atlantica au Djurdjura Centro-méridional (Secteur de Tikjda), . 2015 .*
- ◆ Le Tacon F. *La maitrise des associations mycorrhiziennes en pépinières forestières. 249p. 1985.*
- ◆ Maatooq et al. *Flavonoid From Cupressaceae Plants. Natural product Sciences. 4(2) :9-14. 1998.*
- ◆ Maire R. *Flore de l'Afrique du Nord. Encyclopédie biologique. Volume 01. Ed.Paul Lechevalier, Paris, 366 p. 1952.*
- ◆ MAO, K., HAO G., LIU, J., ADAMS, R.P. & MILNE, R.I.,. — *Diversification and biogeography of Juniperus (Cupressaceae): variable diversification rates and multiple intercontinental dispersals. New Phytol., 188: 254-272. 2010.*

Références bibliographique

- ◆ Marx D. H., & Brayn W.C. & Cordell C. E., *Survival and growth of pine seedlings with Pisolithus ectomycorrhizae after two years on reforestation sites in North Carolina and Florida.* 1977.
- ◆ Marx D. H., & Brayn W.C., *Growth and ectomycorrhizal developpement of loblolly pine seedlings in funigated soil infested with the fungal symbiont Pisolithus tinctorius.* . 1975.
- ◆ Mazur et al. *Morphological variability of Juniperus pheonicea (Cupressaceae) from three distant localities on Ibrian peninsula. Acta Asocietatis Botanicorum Poloniae.* 72(1): 71- 78. 2003.
- ◆ Meddour R. *Bioclimatologie, phytogeographie et phytosobiologie en Algérie. Exemple des groupements foréstiérs et preforestier de la Kabylie djurjurenne.*Thèse de Doctorat, 94-97. 2010.
- ◆ Mediouni K., Yahi N., *Etude structurale de la série du cèdre à Aït-Ouabane.* 1989.
- ◆ Mikola, P. *On the physiology and ecology of Cenococcum graniforme. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae,* 36: 1-104. 1948.
- ◆ Morrissette. N. *Les mycorhizes éricoïdes : un potentiel biotechnologique pour favoriser l'établissement de plants de bleuet sur les sites perturbés par l'exploitation des sables bitumineux en forêt boréale canadienne.* 2011.
- ◆ Moser M. & Haselwander K. *Ecophysiology of mycorrhizal symbiosis. In : Encyclopedia of plant physiology, New Series, Eds O. L. lange. P. S. Nobel, C. B. Osmond and H. Ziegler. Spiringer, Berlin-Heidelberg-New York, 12 :p. 392-421.* 1983.
- ◆ Negre R. *Contribution à l'étude phytosociologique de l'Oisans: La Haute vallée du.* 1950.
- ◆ Peterso R. L., Massicotte H. B., Melville L. H. *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology.*CABI Publishing, Wallingford, UK. 2004.
- ◆ Peterson R.L. *Ultrastructural localization of heavy metals in the extrardical mycelium an spores of the arbuscular mycorrhizal fungus Glomus intraradices. Canadian journalof Microbiology,* 54: 103-110. 2008.
- ◆ PORTES L. « *Fours à cade, fours à poix dans la Provence littorale* », *Les Alpes de Lumière*,104, Salagon-Mane 1990, p. 56. 1993.
- ◆ Quezel P. et Medail F. *Que faut-il entendre par "forêts méditerranéennes".Forêt méditerranéennes*T. XXIV. N°1. pp:11-30. 2003.
- ◆ Quezel P., Gast M., *Genévrier. Encyclopédie Berbère, V.20: 3016-3023.* 2011.

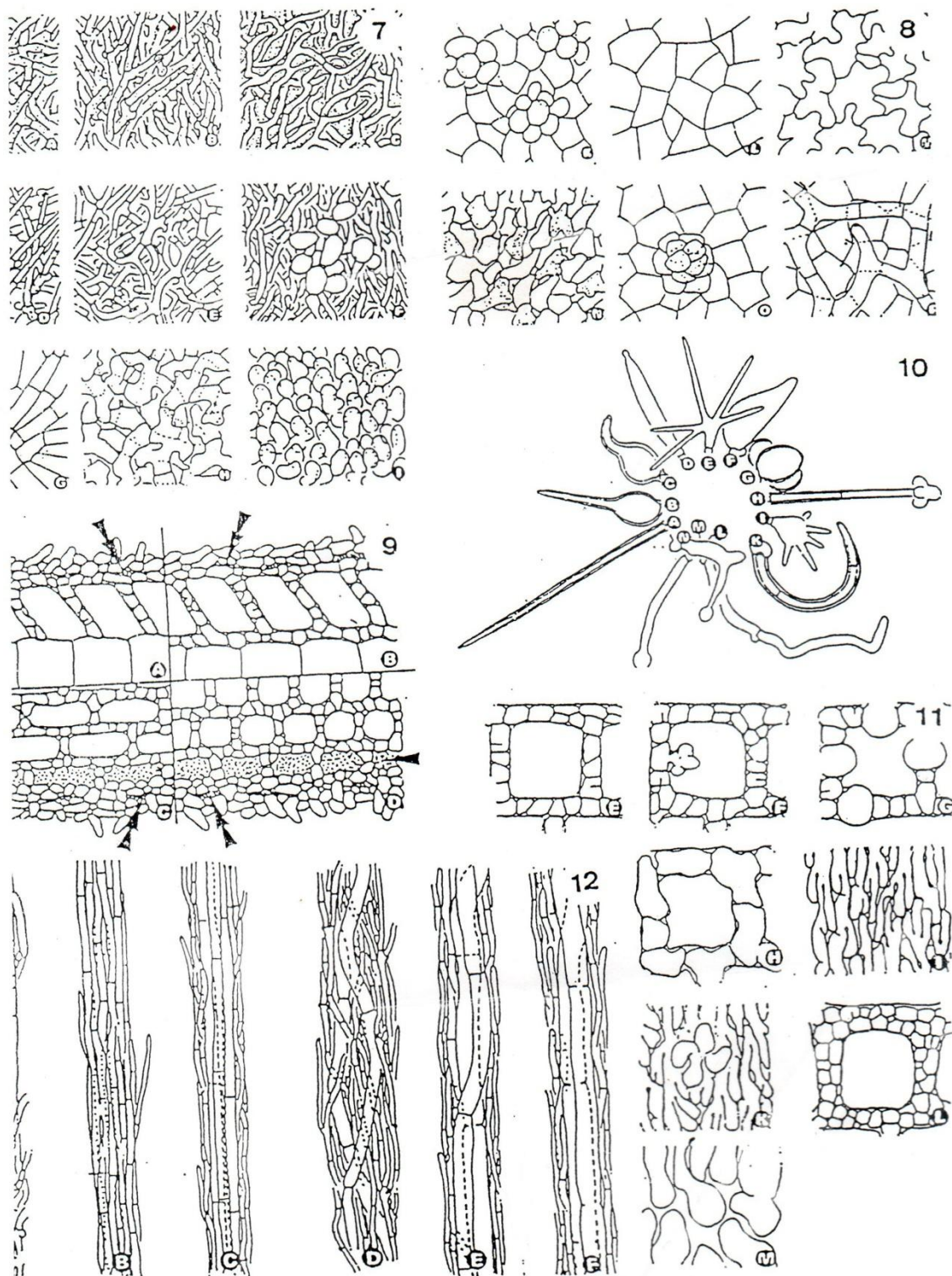
Références bibliographique

- ◆ *Quezel P., SANTA S., Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. 1962.*
- ◆ *Reid C.P.P. & Woods F.W. Translocation of C14-labelled compounds in mycorrhiza and its implications in interpreting nutrient cycling. Ecology, 50 : 179-181. 1969.*
- ◆ *Schippers B., Bakker A. W. & Bakker A.H.M., Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. Ann. Rev. Phytopathol.,25 : 339-358. 1987.*
- ◆ *Simon et al. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. 1993.*
- ◆ *Singh R, Adholeya A, Mukerji KG., Mycorrhiza in control of soil borne pathogens. Mycorrhizal Biology: . 2000.*
- ◆ *Small E., Dentsch, G., Nos jardins de pays froids. Ed : CNRC.Pp :90. 2001.*
- ◆ *Smith S.E. & Read DJ. Mycorrhizal symbiosis. Second edition. Academic Press ; Harcourt Brace and Compan y Publishers, 605p. 1997.*
- ◆ *Smith SE, Read DJ. Mycorrhizal Symbiosis. 3rd edition. London, UK: Academic Press. 2008.*
- ◆ *Strullu D.G. Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées. Lavoisier (eds.). Paris, 250p. 1991.*
- ◆ *Tedersoo et al. Ectomycorrhizal lifestyle in fungi: global diversity, distribution, and evolution of phylogenetic lineages. 2010.*
- ◆ *Toumi. A. Etude structurale et cartographique de Juniperus communis et Juniperus sabina au Djurdjura. 2015.*
- ◆ *Trabut Louis Charles. Répertoire des noms indigènes des plantes spontanées, cultivées et utilisées dans le nord de l'Afrique. Alger. 355 p. (Collection du centenaire de l'Algérie. Flore du nord de l'Afrique). 1935.*
- ◆ *Van Bol. Jardin Des Plantes à Couleurs, éditeur responsable : secrétaire communal. P 68. 2007.*
- ◆ *Van Der Heijden et Vosatko. Mycorrhizal associations of Salix repens L. communities in succession of dune ecosystems. II. Mycorrhizal dynamics and interactions of ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal fungi. 1999.*
- ◆ *Van Der Heijden. Measuring it Core Capabilities for Electronic Commerce. 2001.*
- ◆ *Yahi N. Les cedraies d'Algérie . 2007 .*

Webographie

- ◆ *DEtermination of EctoMYcorrhizae.* www.Deemy.de
- ◆ *La dépêche de Kabylie : « Au mont sacré d'Azrou n'Thor ».*
<https://www.depechedekabylie.com/national/166102-au-mont-sacre-dazrou-nthor/>
- ◆ *La dépêche de Kabylie : « Tirourda, un village de résistants ».*
<https://www.depechedekabylie.com/national/166339-tirourda-un-village-de-resistants/>
- ◆ *Mapcarta : « Col de Tirourda »* <https://mapcarta.com/fr/17297508>
- ◆ *Tout savoir sur les mycorhizes : Bénéfices, application et recherche :*
<https://www.mykepro.com/mycorhizes-benefices-application-et-recherche.aspx>

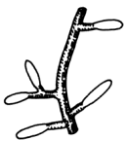






Annexe





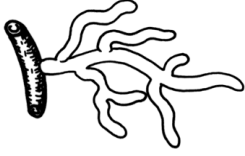



caractères microscopiques des ectomycorhizes, d'après Agerer (1991).
 schematic drawings of different mantle types in surface view (différents types de structure du manteau fongique).
 : plectenchymatous mantles (manteaux plectenchymateux).
): pseudoparenchymatous mantles (manteaux pseudoparenchymateux).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

Annexe 1 : Caractères microscopiques des ectomycorhizes d'après Agerer (1991)

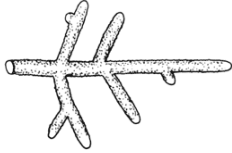



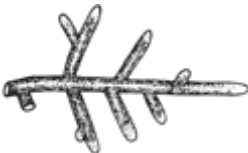

Annexe 2 : Différentes forme de distributions des ectomycorhizes (www.Deemy.de).

	Simple	<ul style="list-style-type: none"> • La mycorhize 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 mycorhizes 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"> • Mycorhizes 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 mycorhizes 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 3 : Différentes formes des pointes des ectomycorhizes (www.Deemy.de).

	<p>Droite</p>
	<p>Courbée</p>
	<p>Sinueuse</p>
	<p>Tortueuse</p>
	<p>Apex plus large que la base</p>
	<p>Perlée</p>





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

	<p>Granuleuse</p>
	<p>Laineuse</p>
	<p>Cotonneuse</p>
	<p>Denses ficelles</p>
	<p>En feutrage</p>
	<p>Lisse</p>

Annexe 5 : Linear Hypotheses

	P value											
	TE Contact		TE Courte Distance		Température		pH		Pente		Altitude	
Haizer-Azrou N Thour	0.0397	*	0.0254	*	0.8415	NS	0	***	0.513	NS	0	***
Tirourda-Azrou N Thour	0.5919	NS	0.9472	NS	0.0529	NS	0	***	0	***	0	***
Haizer-Tirourda	0.0112	*	0.0233	*	0.0193	*	0	***	0	***	0	***

Annexe 6 : Description des trente trois ectomycorhizes des trois stations étudiées

	EcMs communes aux trois populations
	EcMs spécifique à la station d'Azrou N Thour
	EcMs spécifique à la station de Tirourda
	EcMs spécifique à la station de Haizer

N°	Distribution	Ph.ext.mat	Explorat°	Couleur	Forme
EcM 1	Simple	Feutrage	CD	Marron	Droite
EcM 2	Simple	Feutrage	LD	Marron	Courbée
EcM 3	Simple	Granuleuse	MLD	Verte	Droite
EcM 4	Simple	Granuleuse	MLD	Noire	Droite
EcM 5	Simple	Granuleuse	MD	Noire	Droite
EcM 6	Simple	Feutrage	MLD	Marron	Droite

Annexe

EcM 7	Simple	Feutrage	LD	Marron	Droite
EcM 8	Ramifiée	Feutrage	MLD	Marron Orangé	Courbée
EcM 9	Simple	Feutrage	MD	Marron	Droite
EcM 10	Simple	Granuleuse	Contact	Verte	Droite
EcM 11	Simple	Lisse	Contact	Marron	Sinueuse
EcM 12	Simple	Lisse	Contact	Marron	Courbée
EcM 13	Simple	Feutrage	MLD	Marron	Sinueuse
EcM 14	Simple	Granuleuse	Contact	Noire et Blanc	Perlée
EcM 15	Simple	Granulé	LD	Noire	Droite
EcM 16	Simple	Feutrage	CD	Marron	Courbée
EcM 17	Simple	Feutrage	MLD	Marron	Courbée
EcM 18	Ramifiée	Feutrage	MLD	Marron	Droite
EcM 19	Ramifiée	Cotonneuse	MLD	Marron	Courbée
EcM 20	Simple	Cotonneuse	MLD	Marron	Courbée
EcM 21	Simple	Lisse	Contact	Marron	Droite

Annexe

EcM 22	Simple	Lisse	Contact	Marron	Apex plus large que la base
EcM 23	Simple à Noduleuse	Lisse	Contact	Marron	Droite
EcM 24	Racémeuse à Noduleuse	Lisse	Contact	Marron	Apex plus large que la base
EcM 25	Racémeuse à Noduleuse	Lisse	Contact	Marron	Droite
EcM 26	Ramifiée	Lisse	Contact	Marron	Sinueuse
EcM 27	Noduleuse	Lisse	Contact	Marron	Droite
EcM 28	Monopodiale pyramidale	Lisse	Contact	Marron	Droite
EcM 29	Monopodiale penné	Lisse	Contact	Marron	Droite
EcM 30	Ramifiée	Lisse	Contact	Marron	Apex plus large que la base
EcM 31	Ramifiée	Feutrage	MD	Marron	Sinueuse
EcM 32	Ramifiée	Feutrage	MD	Marron	Droite
EcM 33	Simple	Feutrage	MD	Marron	Sinueuse

Résumé

Dans le but de mieux connaître la communauté ectomycorhizienne de *Juniperus communis* dans la région de Tizi-Ouzou, une étude comparative a été réalisée sur trois populations du Genévrier Commun au niveau du Parc National du Djurdjura.

L'échantillonnage a été effectué durant l'été 2022. L'observation et l'étude morpho-anatomique selon la méthode d'Agerer (1987-2006) des trois populations du Genévrier Commun (Azrou N Thour, Tirourda et Haizer), a permis de distinguer 33 morphotypes ectomycorhiziens. Parmi ces trente trois morphotypes nous avons relevé la richesse morphotypique commune aux trois stations étudiées et la richesse spécifique de chaque population suivant les conditions du milieu.

Des coupes anatomiques ont été faites sur les morphotypes communs pour les trois stations.

Les résultats obtenus sont soumis au test de l'ANOVA qui a révélé une différence très hautement significative concernant la stratégie d'exploration de type *Contact* au niveau des trois stations.

Une analyse en composante principale (ACP) est réalisée, afin de déterminer l'effet des facteurs écologiques (T° , pH) et topographiques (pente, altitude), sur la colonisation symbiotique ectomycorhizienne.

Nous avons noté une corrélation positive entre l'altitude, la température et les différentes stratégies d'explorations des mycorhizes ainsi qu'une corrélation négative entre ces dernières et le pH neutre du sol.

Mots clés: *Juniperus communis*, symbiose mycorhizienne, ectomycorhizes, Azrou N Thour, Tirourda, Haizer.

Abstract

In order to better understand the ectomycorrhizal community of *Juniperus communis* in the region of Tizi-Ouzou, a comparative study was carried out on three populations of *Juniperus communis* in the Djurdjura National Park.

The sampling was carried out in the summer of 2022. The observation and the morpho-anatomical study according to the method of Agerer (1987-2006) of the three populations of *Juniperus communis* (Azrou N Thour, Tirourda and Haizer), allowed to distinguish 33 ectomycorrhizal morphotypes. Among these thirty three morphotypes we have noted the morphotypic richness common to the three studied stations and the specific richness of each population according to the environmental conditions.

Anatomical sections were made on the common morphotypes for the three stations.

The results obtained are submitted to the ANOVA test which revealed a very significant difference concerning the exploration strategy of the *Contact* type at the three stations.

A principal component analysis (PCA) was performed to determine the effect of ecological (T°, pH) and topographical (slope, altitude) factors on ectomycorrhizal symbiotic colonization.

We noted a positive correlation between altitude, temperature and the different mycorrhizae exploration strategies as well as a negative correlation between the latter and the neutral soil pH.

Key words: *Juniperus communis*, mycorrhizal symbiosis, ectomycorrhizae, Azrou N Thour, Tirourda, Haizer.