

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi – Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'Agronomie



MÉMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Option : Science du Sol

Thème

Approche comparative de la communauté ectomycorhizienne du chêne vert
(*Quercus ilex*) dans la Daïra de Larbaâ Nath Irathen et le Parc National de
Chrèa

Présenté par :

Boumrar Célia

Devant les jury :

| | | |
|--------------------------|-----------|---------------|
| Dr Harchaoui-Bournine .C | MCB-UMMTO | Présidente |
| Mme Dibi-Mezaour .N | MAA-UMMTO | Examinatrice |
| Dr Kadi Bennane .S | MCA-UMMTO | Promotrice |
| Dr Cherfouh .R | MCB-UMMTO | Co- promoteur |

Promotion 2023

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

**« A ma chère mère que Dieu bénisse son âme et
qu'elle repose en paix »**

**« A mon cher père et ma Belle-mère pour leurs
dévouement, leurs amours, leurs soutien moral et
financier et qui n'ont jamais cessé de me soutenir
, de formuler des prières à mon égard et de
m'épouler pour que je puisse atteindre mes
objectifs.»**

« A mes chères sœurs, Sonia , Hayat et Sarah

A mon cher frère Hicham

A ma tante Djamila et ma grand-mère Saadia

*Pour leurs aides et leurs conseils précieux tout le long de
mes études »*

« A ma meilleur ami ZAHRA

Qui était à mes cotés dans les moments déficiles »

**« A TOUTE L'EQUIPE DE LABORATOIRE
MYCHORHIZE »**

Remerciements

« Je remercie le bon Dieu , le tout puissant qui m'a donnée la force , la chance et le courage pour achever ce travail »

En premier lieu , je m'adresse mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont aidé et qu'ont contribué à l'élaboration de ce mémoire

Je tiens à remercier tout particulièrement ma promotrice Dr KADI BENNANE .S pour son soutien et ses encouragements.

Je tiens à remercier les membres de jury qui ont accepté d'examiner ce travail :

A Dr HARCHAOUI-BOURENINE qui me fait l'honneur de présider ce jury

A Mme MEZAOUR .N qui a bien voulu examiner ce travail .

A Mon Co-promoteur Mr CHERFOUH pour son aide et nous avoir accompagnés sur le terrain .

Son oublier l'ingénieur de Labo Mme BEDAD

Sommaire

| | |
|---|----|
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre I : Synthèse bibliographique | |
| I.1. Généralité sur les chênes..... | 4 |
| I.2. Présentation du chêne vert (<i>Quercus ilex</i>) | 4 |
| I.2.1. Définition | 4 |
| I.2.2.Taxonomie | 4 |
| I.3.Répartition écologique et géographique..... | 5 |
| I.3.1 Répartition écologique | 5 |
| I.3.2 Répartition géographique..... | 5 |
| I.3.2.1 Dans le monde | 5 |
| I.3.2.2 En Algérie | 5 |
| I.4.Caractéristiques botanique | 6 |
| I.5.La rhizosphère | 7 |
| I.6.Présentation des champignons | 7 |
| I.7. La symbiose mycorhizienne | 8 |
| I.8.Les principaux types de symbioses mycorhizienne | 8 |
| I.8.1. Les ectomycorhizes | 9 |
| I.8.1.A) La structure anatomique des ectomycorhizes..... | 10 |
| I.8.1. B) Typologie de rhizomorphes..... | 11 |
| I.8.1.C) Types d'exploration des ectomycorhizes..... | 12 |
| I.8.2. Les endomycorhizes | 13 |
| I.8.3. Les ectendomycorhizes | 14 |
| I.9. Rôle de la symbiose mycorhizienne..... | 14 |

| | |
|---|----|
| I.10. Ecologie des mycorhizes..... | 15 |
| I.10.1. Les facteurs climatiques | 15 |
| I.10.2. Les facteurs édaphiques | 16 |
| ChapitreII : Materiel et Méthodes | |
| II.1.Etude de milieu..... | 18 |
| II.1.1.Présentation de site d'étude..... | 18 |
| II.1.1.1 .Situation géographique de station d'Ait Aougacha..... | 18 |
| II.1.1.2.Situation géographique de station d'Ait Oumalou..... | 18 |
| II.1.1.3. Situation géographique de Parc National de Chréa..... | 19 |
| II.2. Sur le terrain | 20 |
| II.2.1. Choix des arbres à étudier | 20 |
| II.2.2. Prélèvement des échantillon | 20 |
| II.3.Travail au laboratoire..... | 20 |
| II.3.1. Description des ectomycorhizes..... | 20 |
| II.3.1.1. Nettoyage..... | 20 |
| II.3.1.2. Observation..... | 21 |
| II.3.1.3. Comptage | 21 |
| II.3.1.4. Observation microscopique | 22 |
| II.3.2. Préparation et observation des racines endomycorhizées..... | 22 |
| II.3.3. Description et comptage des spores | 23 |
| II.3.3.1. Extraction et isolement des spores..... | 23 |
| II.3.3.2. La centrifugation..... | 24 |
| II.3.3.3. Observation des spores..... | 24 |
| II.3.3.4. Identification de la forme et la couleur..... | 24 |

| | |
|---|----|
| II.3.3.5. Le comptage des spores..... | 24 |
| II.3.4.Paramètre chimique..... | 25 |
| II.3.4.1. pH du sol | 25 |
| II.3.4.2. Conductivité électrique | 25 |

Chapitre III: Résultat et discussions

| | |
|--|-----|
| III.1. Paramètres chimique du sol des stations d'étude..... | 28 |
| III.2. Endomycorhize | 28 |
| III.3. Statut ectomycorhizien | 30 |
| III.3.1. Les ectomycorhizes à exploration contact | 30 |
| III.3.2. Les ectomycorhizes à exploration courte distance | 31 |
| III.3.3. Les ectomycorhizes à exploration moyenne et longue distance | 34 |
| III.3.4. Les morphotypes communs entre les trois stations et les différents états de santé des arbres | 36 |
| III.3.5. Estimation de la colonisation ectomycorhizienne | 37 |
| III.3.6. Effet des variables écologiques sur la distribution de la communauté ectomycorhizienne chez le chêne vert | 38. |
| III.4. Spores..... | 39 |
| III.4.1. Description morphologique des spores..... | 39 |
| III.4.1.A). Spores isolées à partir du sol prélevé à Ait Aougacha | 39 |
| III.4.2.B). Spores isolées à partir du sol prélevé à Ait Oumalou..... | 42 |
| III.5. Discussion générale | 47 |

Conclusion générale et perspectives

Références bibliographiques

Annexes

Liste de figures :

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Distribution géographique du chêne vert (<i>Quercus ilex</i>) dans le bassin méditerranéen..... | 05 |
| Figure 2 : Distribution géographique du chêne vert (<i>Quercus ilex</i>) en Algérie..... | 06 |
| Figure 3 : Chêne vert..... | 07 |
| Figure 4 : Représentation schématique des sections transversales des huit types de mycorhizes..... | 09 |
| Figure 5 : coupe transversale d'une ectomycorhize..... | 10 |
| Figure 6 : différents types d'exploration selon Agerer .2001« 1 : Contacte ; 2 : Courte distance ; 3a, 3b, 3c : Moyenne distance ; 4 : Longue distance »..... | 13 |
| Figure7 : Situation géographique de la Station d'Ait Aouggacha..... | 18 |
| Figure 8 : Arbre incendié de la Station Ait Aouggacha. | 18 |
| Figure 9 : Situation géographique de la station Ait Oumalou..... | 18 |
| Figure 10: Image prise à Ait Oumalou..... | 18 |
| Figure 11: Situation géographique de la région d'étude le Parc National de Chréa.... | 19 |
| Figure12 : Méthode de nettoyage des racines..... | 20 |
| Figure 13 : La conservation des racines dans la solution FPA..... | 21 |
| Figure 14 : Observation des ectomycorhizes sous la loupe binoculaire..... | 21 |
| Figure 15 : Méthode de comptage des racines ectomycorhizées. | 21 |
| Figure 16 : Méthode de coupe à main levée des ectomycorhizes avec une lame de rasoir..... | 22 |
| Figure 17 : les différentes étapes de coloration et observation des endomycorhizes... | 23 |
| Figure 18 : Tamisage de sol. | 23 |
| Figure 19 : les étapes de la centrifugation..... | 24 |
| Figure 20 : comptage des spores..... | 24 |
| Figure 21: Mesure du pH de l'extrait aqueux de la solution du sol..... | 25 |
| Figure 22 : Méthode de mesure de la conductivité électrique..... | 26 |
| Figure 23 : Distribution de différentes stratégies d'exploration des ectomycorhizes chez le chêne vert en pourcentage dans les différentes stations étudiées. | 37 |
| Figure 24 : Distribution des variables et des individus de chêne vert selon les plans factoriels F1 et F2 de l'ACP..... | 39 |
| Figure 25 : forme des spores selon les stations d'Ait Oumalou et Ait Aouggacha. ... | 45 |
| Figure 26: la richesse sporal en fonction de la couleur et de diamètre dans les stations Ait Aouggacha et Ait Oumalou | 46 |

Liste des tableaux :

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Les caractéristiques géographiques et écologiques des trois stations..... | 19 |
| Tableau 2 : Conductivité électrique et pH moyennes des stations étudiés..... | 28 |
| Tableau 3 : Analyse de la variance de la colonisation des racines du chêne vert par les types exploratoires ECMs selon les stations et l'état sanitaire des arbres | 38 |
| Tableau 4 : La richesse sporal des sols des stations Ait Aouggacha et Ait Oumalou..... | 46 |

Liste des abréviations :

ECM : Ectomycorhize

ENDO : Endomycorhize

C : Contact

CD : Courte distance

LD : Longue distance

MLD : Moyenne longue distance

R : Rhizomorphe

%: Pourcentage

Fig.: Figure

Km: Kilomètre

mm: Millimètre

Ha: Hectare

C°: Degré Celsius

FAO: Food and Agriculture Organisation

CE: Conductivité électrique

LNI: Larbaa Nath Irathen

CA: Coupe Anatomique

PAC: Parc National de Chréa

Introduction générale

Introduction générale

Les chênes jouent un rôle très important dans la constitution de forêts méditerranéennes. Ils contribuent entre autres à la préservation de la biodiversité et à la survie de nombreuses espèces animales, la production d'oxygène ainsi que la conservation et l'amélioration des sols.

En Algérie, les chênes représentent un capital forestier ou ils couvrent près de 40% de la forêt Algérienne (Alatou ,1994), ce patrimoine est en régression continue dans la région méditerranéenne (FAO, 2013).

Cette régression et dégradation des chênes et à cause de :

- Surexploitation des milieux forestiers soit par :
 - ✓ Le défrichage ;
 - ✓ Le déboisement effectué pour satisfaire les besoins en bois de chauffage ;
 - ✓ Surpâturage causent un broutage excessif de la végétation et des jeunes semis empêche toute régénération et
 - ✓ La sécheresse due au changement climatique et qui cause aussi des incendies surtout dans la période d'été.

Malgré l'effort consenti par l'état et les services concernés par la protection des forêts, il ne reste pas moins que leurs efforts restent vains.

La majeure partie des espèces végétales ne peut se développer sans l'établissement d'une symbiose mycorhizienne fonctionnelle au sein de leur système racinaire (Smith et Read 2008). La symbiose mycorhizienne est une association entre les racines des végétaux et les champignons. Elles jouent un rôle essentiel à l'échelle cellulaire, végétal et éco-systémique.

Cette interaction entre le mycélium des champignons et les racines des plantes est considéré tels qu'une solution pour la réhabilitation des sols dégradés voir mort et permet la recolonisation des écosystèmes puisqu'elle améliore l'alimentation minérale et hydrique des plantes (Strullu 1999, Garbay 2013).

Le chêne vert (*Quercus ilex*) qui est un arbre forestier, ces glandes a une bonne valeur fourragère, il est donc utilisé pour la nourriture des animaux. Le bois du chêne vert est très dense, dure et compact. Il donne un très bon bois de chauffage et du charbon de bois.

Néanmoins, elle est une espèce menacée par les incendies notamment en Algérie.

D'autre part on s'intéresse aussi à la spore qui est une cellule capable de se développer de manière autonome et asexuée. Cette dernière résiste et peut survivre pendant plusieurs milliers d'année même dans les conditions défavorables.

Notre travail consiste d'une part à décrire la communauté ectomycorhizienne du chêne vert dans trois localités de la Kabylie Djurdjurienne et du Parc National de Chréa en fonction de la

Introduction générale

santé des arbres et les conditions écologiques (état incendie et malade) ; d'autres part la description des sols des stations de Ait Oumalou et Ait Aouggacha.

Pour ce faire le travail est scindé en trois chapitres :

Chapitre 1 : synthèse bibliographique

Chapitre 2 : matériel et méthodes ;

Chapitre 3 : résultats et discussion et

Conclusion.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I.1. Généralité sur les chênes :

Les chênes jouent un rôle important dans la constitution des forêts méditerranéennes. Les chênes sclérophylles se trouvent dans des écosystèmes subhumides par contre les chênes caducifoliés se rencontrent dans des écosystèmes humides ; mais aussi les chênes semi-caducifoliés se situent dans des écosystèmes humides (Quezel, 1974 in Bussotti et Grossoni, 1998).

En Algérie, les chênes (vert, liège, zeen et afares) représentent un capital forestier, ils couvrent des superficies environ 40 % du forêt Algérienne (Alatou, 1994).

La forêt de chêne « *Quercus* » en Algérie s'est implantée surtout du centre vers l'Est grâce aux conditions climatiques très favorables (Altitude, pluviométrie, température).

I.2. Présentation du chêne vert «*Quercus ilex* »:

I.2.1. Définition :

Le chêne vert du nom scientifique *Quercus ilex* est également nommé yeuse selon Sarir (2016). Le chêne vert est un arbre monoïque de moyenne dimension de 5 à 10 mètres de haut mais qui peut atteindre 20 mètres en milieu humide.

Quercus ilex est un chêne sempervirent qui constitue l'une des biocénoses les plus représentées dans le bassin méditerranéen (Koumiche 2016). Il occupe la seconde place et s'étend sur la frange nord à partir des piémonts sud de l'Atlas saharien (Ait Saada et al 2017).

C'est une essence méditerranéenne (Benia 2010). En Algérie cette essence couvre des dizaines de milliers d'hectares, mais la plupart d'entre eux se trouvent dans un état tellement dégradé qu'il serait préférable de parler de matorral de chêne vert (Boudy 1950).

I.2.2. Taxonomie :

La classification retenue est la suivante (Nixon, 1993) :

- Règne : plante
- Embranchement : Spermaphyte
- Sous- embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Sous classe : Archichlamyde
- Ordre : Fagales
- Famille : Fagacées
- Genre : *Quercus*
- Espèce : *Quercus ilex* L

I.3. Répartition écologique et géographique :

I.3.1 .Répartition écologique :

Le chêne vert est l'une des essences qui s'adapte aussi bien, aux conditions climatiques les plus vigoureuses qu'aux variantes pédologiques .Grace à son système racinaire puissant et rejets de souche, c'est une espèce frugale, xérophile plastique du point de vue climatique (Barbero et al .1992 ; Dahmani .1997).

I.3.2. Répartition géographique :

I.3.2.1. Dans le monde :

Le chêne vert est connue par sa rusticité et sa remarquable capacité d'adaptation aux conditions climatiques .Elle s'étend de l'Himalaya jusqu'en Bretagne, *Quercus ilex* constitue avec ses 3020000 ha l'un des arbres forestières les plus important de la région méditerranéenne, il est particulièrement abondant en Afrique du Nord notamment en Maroc et en Algérie et avec le pin d'Alep il constitue une partie importante du patrimoine forestier (Dahmani et Loisier ,2002) (Figure 1).

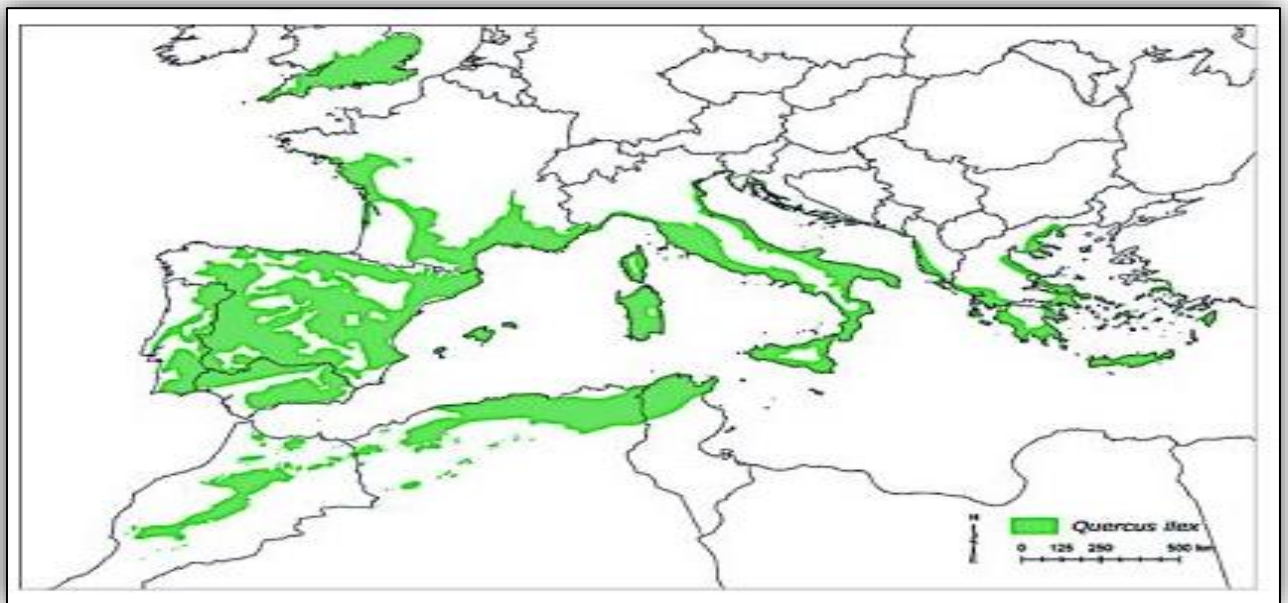


Figure 1 : Distribution géographique du chêne vert (*Quercus ilex*) dans le bassin méditerranéen (Martin-Luther University Hall-Wittenberg ,2006).

I.3.2.2. En Algérie :

Le chêne vert occupe une place importante dans la forêt algérienne .Il s'étend à toute l'Algérie du Nord, on les trouve par tout surtout dans la partie occidentale, allant de littoral à l'Atlas saharien et de l'Est à l'Ouest algérien .La yeuseraie couvre une grande superficie de

680 000 ha selon (Dahmani, 2002) (Figure 2) .Il joue un rôle de protection des sols avec le Thuya et le Genévrier et contre la désertification.

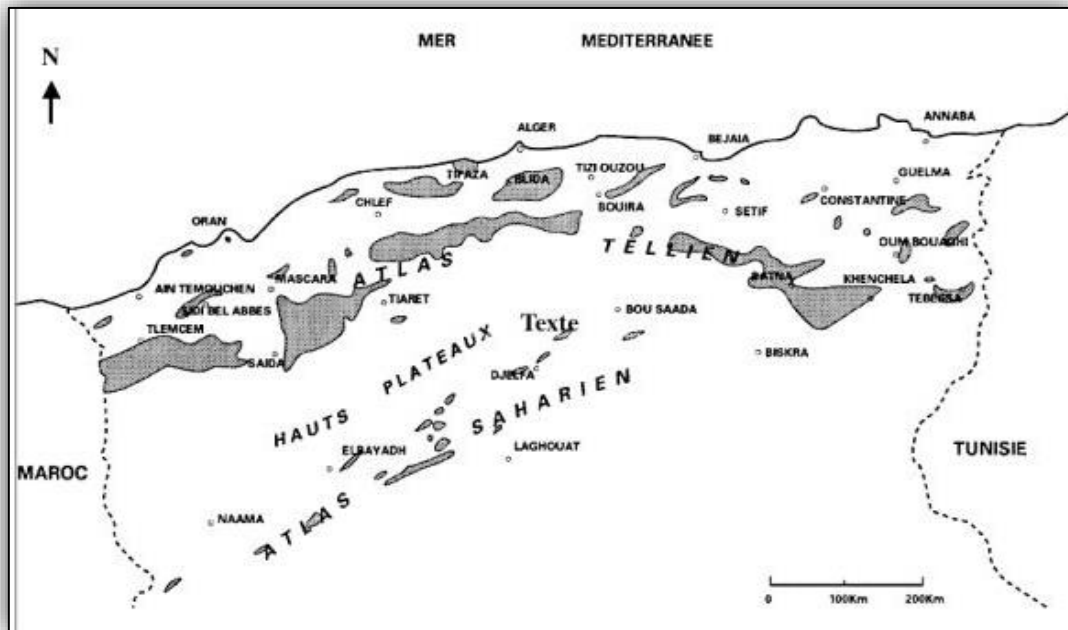


Figure 2 : Distribution géographique de *Quercus ilex* en Algérie (Barry et al .1976)

I.4 .Caractéristiques botanique :

Le chêne vert (*Quercus ilex*) est une espèce très polymorphe qui se distingue du chêne liège (*Quercus suber*) par son écorce.

a) Racine :

L'arbre a un enracinement pivotant, profond et bien développé, pouvant atteindre 10 mètre de profondeur et des racines latérales, traçantes et drageonnâtes, ce qui est particulièrement bénéfique dans les régions méditerranéennes où les précipitations peuvent être irrégulières et les périodes de sécheresse fréquentes .

b) Taille :

Quercus ilex a une hauteur moyenne de 8 à 15 m et peut atteindre jusqu'à 20 mètre de hauteur et de 2 à 3m de tour dans certaines régions (RAMEAU et al .1989 : AMAT et al .2008 : RAMEAU et al .2008) (Figure 3).



Figure 3 : Chêne vert (Boumrar ,2023)

I.5. Présentation des champignons :

Les champignons = Fungi = mycètes (mukes = champignon) représentent l'un des plus importants groupes d'organismes sur terre qui jouent un rôle clé dans un grand nombre d'écosystèmes (Mueller et Schmit, 2007). Ce sont des organismes eucaryotes unicellulaire ou pluricellulaire à mode de reproduction sexuée ou asexuée ils sont dépourvus de chlorophylle et sont tous hétérotrophes (Carlile et Watkinson ,1994 ; Redecker ,2002). Ils ne peuvent pas faire de photosynthèse, Ces organismes sont très importants et vivent en relation avec d'autres organismes selon plusieurs manières :

- **Saprophytes :** Ils prélèvent leurs nutriments à partir de matières organiques en décomposition. Ils sont très importants en tant que décomposeurs et recycleurs de matières mortes.
- **Parasites :** leurs nutriments proviennent de la matière vivant
- **Symbiose :** Ces mycètes obtiennent leurs nutriments grâce à un autre organisme, leur procurant en retour certains bénéfiques.

Ce type d'association est essentiel pour les végétaux ,90% des plantes seraient en symbiose avec ces champignons. Ces champignons sont appelés mycorhizes.

I.6. La symbiose mycorhizienne :

Désignée sous le vocable de mycorhize dès 1885 par FRANK suite aux recherches effectuées au 19^{ème} siècle, la symbiose mycorhizienne est définie par la nomination d'association symbiotique entre les racines des plantes et certains champignons du sol.

La présence de mycorhizes est donc un phénomène général chez les plantes à l'exception de quelques familles comme les *Brassicaceae*, les *Caryophyllaceae*, les *Cyperaceae*, les *Juncaceae*, les *Chenopodiaceae* et les *Amaranthaceae* qui présentent très peu d'associations mycorhiziennes (Strullu ,1991 ; Norman et al ,1995). Leur impact est primordial dans tout ou partie du cycle de la plante, surtout, mais non exclusivement, pour la nutrition .Le champignon profite des ressources carbonées synthétisées par la plante via la photosynthèse et qui sont indispensables à son métabolisme et sa fructification. En retour, les hyphes fongiques améliorent la nutrition hydrique et minérale de la plante hôte grâce à l'augmentation du volume de sol prospecté et à la production de divers enzymes extracellulaires (protéinases, phosphatases, etc.) susceptibles de mobiliser des éléments nutritifs à partir de composés complexes du sol (Manjunath et al ,1989 .Leyval et Berthelin ,1993. Gobate et al ; 2003).

I.7. Les principaux types de symbioses mycorhizienne :

D'après la morphologie de l'organe résultant de l'association plante-symbiote fongique, huit différents types de mycorhizes sont distingués. Cependant les mycorhizes à arbuscules, les mycorhizes orchidoïdes, les ectendomycorhizes et les ectomycorhizes sont les plus fréquentes et les plus étudiées (Figure 4).

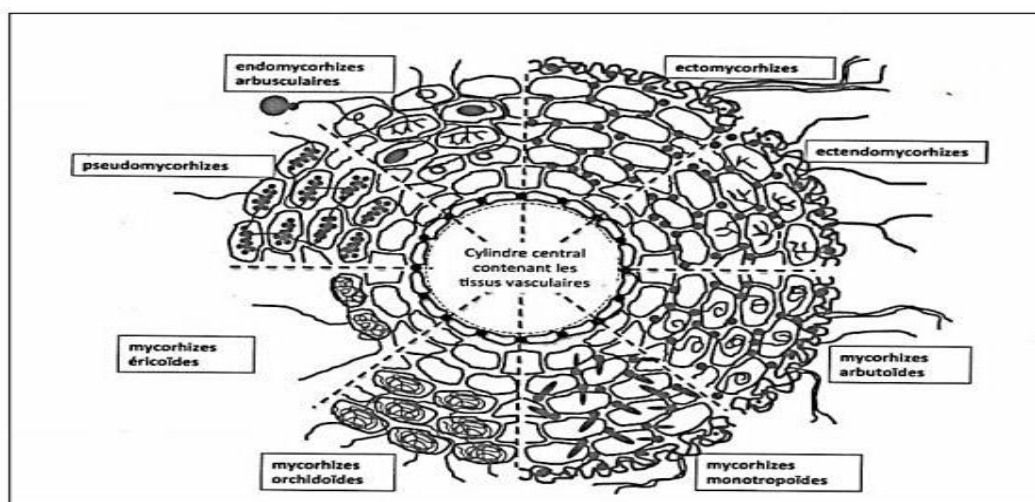


Figure 4 : Représentation schématique des sections transversales des huit types de mycorhizes classée par Garbaye (2013)

I.8.1 Les Ectomycorhizes :

Les champignons ectomycorhiziens du grec *ektos* signifiant à l'extérieur, se développent essentiellement autour de la racine, en formant un manchon mycélien nommé le manteau à partir duquel se développent des hyphes de dénomination réseau de Hartig qui s'insèrent entre les cellules corticales de la racine (Duponnois et *al.* 2003). Ce type d'association est principalement représenté chez les essences forestières des régions tempérées, méditerranéennes et boréales. Le développement de ce dernier contribue à augmenter considérablement la surface du contact entre le champignon et les cellules racinaires. Les interfaces qui unissent les deux partenaires, sont impliquées dans les échanges réciproques de la symbiose (Daxheimen et Pargney, 1991). En direction du sol, le manteau émet des filaments isolés ou organisés en faisceaux, parfois visible à l'œil nu, qui explorent le sol à grande distances plus connu sous le nom de phase extramatriciel composée d'hyphes simples, et rhizomorphes (Drenou, 2006) (Figure 5).

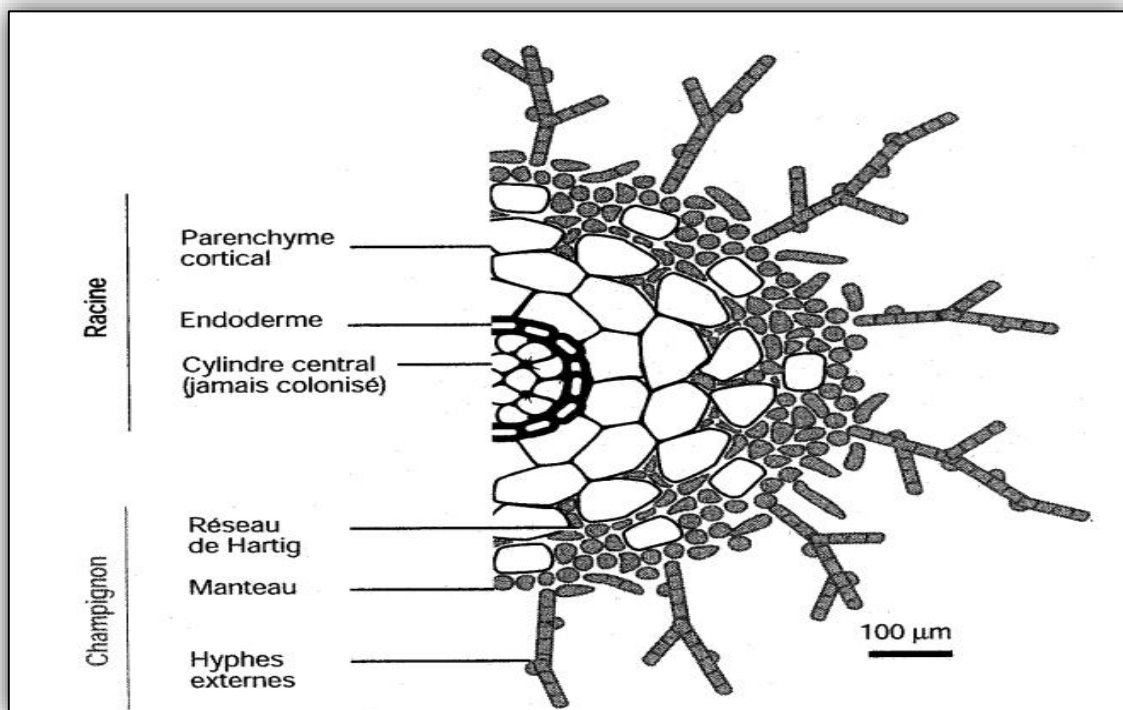


Figure 5 : Coupe transversale d'une ectomycorhize (Anonyme, 1)

I.8.1.A) La structure anatomique des ectomycorhizes :

- Le manteau fongique :

C'est un feutrage plus au moins dense de filaments, qui recouvre toute la racine courte, la protège et accumule des réserves (Garbaye, 1990).

Le manteau est constitué d'hyphe. Le cas le plus général est représenté par l'existence d'un plectenchyme à hyphes libre à l'extérieure et d'un hyphe plectenchyme à hyphe soudées à l'intérieure. Les hyphes de surface de mycorhize sont peu ramifiés ; certaines apparaissent aplaties (Strullu, 1991).

- **Le réseau de Hartig :**

Le mycélium pénètre dans le cortex de la racine, mais reste toujours intercellulaire. Il colonise une ou plusieurs couches de cellules corticales, sans jamais atteindre l'endoderme. Les échanges entre le champignon et l'arbre-hôte se font au niveau de ces hyphes intercellulaires qui forment une structure appelée réseau de Hartig (Le Tacon et Selosse, 1997). Chez les associations formées par les Angiospermes, une à deux couche de cellules racinaires est en contact avec le champignon ; celles-ci, sont allongées dans le sens radial, le réseau de Hartig entre en contact avec plusieurs couches de cellules corticales arrondies (Strullu, 1991).

- **Phase extra-matricielle :**

Le réseau extra matriciel constitue une partie importante du système mycorhizien car il permet une exploration des différentes ressources sur une grande distance de la racine (Nicolsons, 1959 ; Mosse, 1981 ; Garbaye et Guehl, 1997 ; Menkis, 2005). Les hyphes extra-matriciels peuvent être simples ou rassemblés en cordons linéaires appelés les rhizomorphes (Dommergues et *al.* 1999). Agerer (1991) et ique Unestam et Sun (1995) proposent une typologie morphologique et fonctionnelle du mycélium externe des ectomycorhizes avec deux types principaux :

- ✓ **Le premier type Hydrophile :** est caractérisé par des hyphes individuels capables d'absorber l'eau sur toute leur longueur et revêtues d'un film liquide lorsque le sol n'est pas trop sec. Ce type de stratégie, surtout efficace dans les sols relativement humides, concerne un assez petit nombre de champignons tels que *Hebeloma spp*, *Laccaria spp*, *Cenococcum geophilum* ou *Thelephora terrestris*.

- ✓ **Le deuxième type hydrophobe** : est caractérisé par des hyphes hydrophobes sur toute leur longueur à l'exception des extrémités ; ces hyphes sont plus ou moins structurés qui se ramifient dans les zones du sol les plus riches en eau et en éléments nutritifs conduisant l'eau par voie interne.

Les ectomycorhizes présentant ce mode de conduction de l'eau sont très nombreux ; parmi les plus communs dans les forêts les espèces *Boletus spp.* (Garbaye et Guehl, 1997).

I.8.1. B) Typologie des rhizomorphes :

Une typologie complète des structures de rhizomorphes a été publiée en 1991 par Agerer, qui inclut les aspects ontogénétiques en 1999. Huit types de rhizomorphes peuvent être distingués (Agerer 1999, 2006 ; Agerer et Iosifidou 2004).

- ✓ Uniforme et lâche, composée d'hyphes végétatifs d'aspect ordinaire ;
- ✓ Uniforme compact, qui possède des hyphes uniformes et densément agglutinés ;
- ✓ Thelephroïde avec peu d'hyphes différenciés ;
- ✓ Ramariode, différenciée par des structures internes et présentes des hyphes gonflés aux extrémités et septées ;
- ✓ Russuloïde qui est un ensemble d'hyphes épaissies avec septa souvent incomplète irrégulièrement répartis ;
- ✓ Phlegmacioides avec quelques hyphes distribués de façon aléatoire un peu plus épais souvent noyées dans une matrice ;
- ✓ Agaricoïde, hautement différenciée avec principalement au centre des gros hyphes qui révèlent des septa complètement à partiellement dissous ou même très différenciés et Boletoid également très différenciée avec au centre des hyphes distincts et plus volumineux qui croissent tantôt vers l'extrémité du rhizomorphes souvent ramifiées.

En fin de vie de l'ectomycorhize, les rhizomorphes vieillissants s'agrègent pour former des cordes et le mycélium diffus tend à disparaître par autolyse. C'est un processus économique en énergie qui permet au champignon de se propager sur de grandes distances en recyclant ses ressources internes et ainsi de se maintenir dans des zones susceptibles de s'enrichir en nutriments (Donnelly et al., 2004).

I.8.1.C) Types d'exploration des ectomycorhizes :

Les ectomycorhizes peuvent différer par leur capacité d'absorption et de transfert des nutriments (Burgess et al.1993) et par leur capacité à favoriser la croissance des arbres (Burgess et al.1994). Cette efficacité dépend non seulement de l'étendue de la colonisation des racines, mais aussi du développement des hyphes dans le sol (Colpaert et al ; 1992, Thomson et al ; 1994).

Le mycélium extra matriciel produit par les champignons ectomycorhiziens varie d'un petit nombre d'hyphes sur quelques mm à de très développés sur des dizaines d'ECMs. C'est le cas des lactaires et des russules qui forment des mycorhizes lisses alors que d'autres comme *Pisolithus tinctorius* ou *Suillus bovinus* forment des mycorhizes présentant un réseau très important d'hyphes extra matriciels pouvant se développer sur des distances de plusieurs dizaines de centimètres (Agerer, 2001 ; Rousseau et al ,1994).

La distribution et la différenciation du mycélium peuvent être utilisées pour distinguer les types d'exploration chacun pouvant représenter une stratégie distincte d'exploration des substrats dist (Agerer, 2001) (Figure 6).

- **Type d'exploration contact (C) :** Ce type est représenté par des ectomycorhizes à manteau lisse avec seulement quelques ornements en surface.
- **Type d'exploration à courte distance (CD) :** Ces ectomycorhizes sont caractérisés par une enveloppe volumineuse d'hyphes émanant, mais les rhizomorphes ne sont pas formés. Dans ce groupe les espèces du genre *Cenococcum* et la majorité des espèces ectomycorhizienne Ascomycètes, du genre *Tuber* à longue cystide et des Basidiomycète.
- **Type d'exploration à moyenne distance (MD) :** les ectomycorhizes de ce type forment des rhizomorphes et est divisé en trois sous types :
 - ✓ **Sous type franges :** les champignons forment souvent des hyphes en éventails et des rhizomorphes émanant qui se ramifient et s'interconnectent de manière répétée. Les surfaces des rhizomorphes sont fréquemment velues avec des hyphes émanant avec un contact prolongé avec le sol. Les rhizomorphes sont de type A (Uniforme et lâche) et exceptionnellement de type C et D (Thelephoroïde, ramarioïde, et phlegmarioïde).

- ✓ **Sous type feutré :** les champignons forment des nattes qui peuvent généralement occuper de grandes surfaces. Les mycorhizes individuels n'ont qu'un champ d'exploration assez limité et leurs rhizomorphes sont indifférenciés ou légèrement différenciés de type A, C et exceptionnellement de type D.
- ✓ **Sous type régulier :** tous les rhizomorphes sont indifférenciés, légèrement ou très rarement différenciés en interne. Avec un noyau central d'hyphes épais. Les manteaux ectomycorhiziens semblent plutôt lisses avec presque aucun ou seulement quelques hyphes émanant. Les rhizomorphes appartiennent au type B (Uniforme compact) exceptionnellement les rhizomorphes sont formés du type E (Russuloïde).
- **Type d'exploration à longue distance (LD) :** les ectomycorhizes de ce groupe sont plutôt lisses avec des rhizomorphes peu nombreux mais fortement différenciés de type F (Boleïde). Ces derniers sont très différenciés avec des hyphes centraux (vessel-like) de diamètre plus gros permettant une plus grande efficacité de transport de l'eau et de nutriments. Les ectomycorhizes appartenant à ce type peuvent être faiblement ramifiés (monopodial, coralloïdes et tuberculeux).

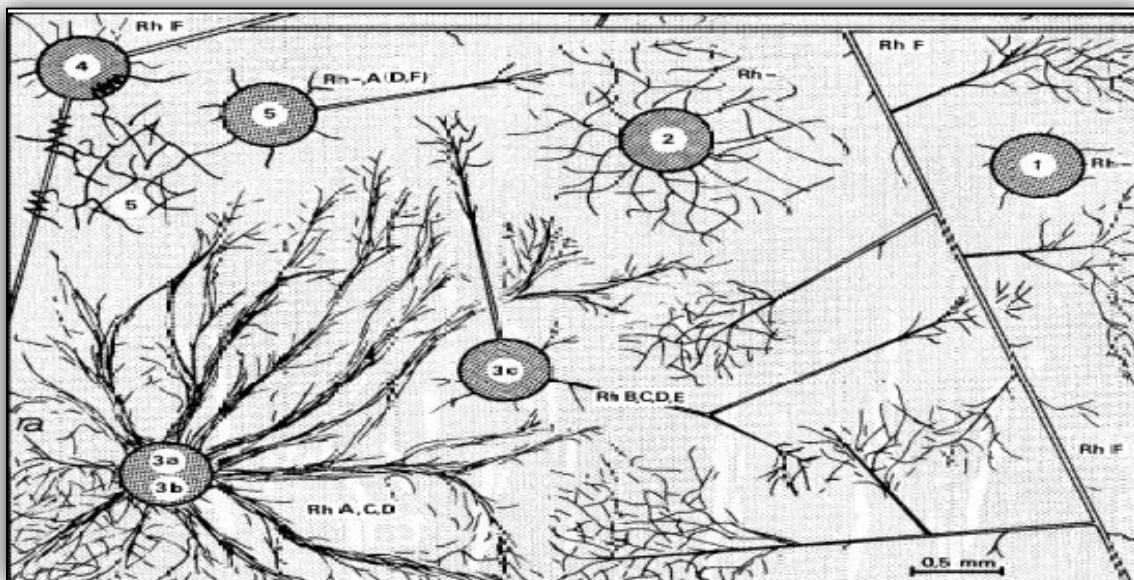


Figure 6 : différents types d'exploration selon Agerer .2001

« 1 : Contacte ; 2 : Courte distance ; 3a, 3b, 3c : Moyenne distance ; 4 : Longue distance »

I.8.2. Les Endomycorhizes :

(Du grec endon : à l'intérieur) sont caractérisées par l'absence de manchon mycélien externe et par la pénétration des hyphes fongiques dans les cellules corticales. On rencontre :

- ✓ **Les Endomycorhizes des Orchidées :** Formées par des Basidiomycètes et les Endomycorhizes des Ericacées associées aux Ascomycètes (Les pezizaceae). Dans ces deux cas le mycélium forme des pelotons à l'intérieur des cellules du parenchyme cortical.
- ✓ **Les Endomycorhizes des Cistacées :** ou les pénétrations endocellulaires ont une forme coralloïde. Les champignons symbiotiques impliqués appartiennent aux Ascomycètes hypogés (les Terfeziaceae)
- ✓ **Les mycorhizes a vésicules et arbuscules :** formées par des champignons inférieurs et qui concernent environ 80% des espèces végétales (Barea et Honrubia, 1993) .Ces associations doivent leur nom aux structures fongiques résultant des hyphes intracellulaires qui se ramifient intensément à l'intérieur des cellules du cortex racinaire pour former des structures appelées arbuscules. Ces hyphes peuvent former des vésicules (Bonfante – Fasolo, 1984).

I.8.3. 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).

I.9. Rôles de la symbiose mycorhizienne :

La symbiose mycorhizienne joue un rôle très important dans :

- le prélèvement et le transport vers la plante des éléments minéraux nutritifs très peu mobiles dans le sol comme le phosphore (Duponnois et al ; 2005 ; Lambers et al ; 2008). En fonction du pH du sol, cet élément se retrouve en grande partie immobilisé

par le fer, l'aluminium ou le calcium sous des formes difficilement accessibles par les plantes (Hinsinger, 2001). L'exploration du volume du sol par le mycélium extramatriciel et sa capacité à mobiliser des éléments nutritifs à partir des minéraux primaires favorisent la nutrition phosphatée des plantes (Manjunath et al, 1989. Landeweert et al ,2001). Cette amélioration de la nutrition minérale des plantes concerne également d'autres macro éléments (N, K) et oligo éléments (B, Cl, Br, Cu, Co, Fe, Mo, Mn, Ni, Si, Zn) (Duponnois et Ba, 1999. He et Nara ; 2007).

- la décomposition et la minéralisation de la matière organique tellurique et mobilisent les nutriments au bénéfice de la plante hôte (Gobat et al, 2003 ; Lambers et al, 2008).
- L'amélioration de la nutrition hydrique des plantes grâce à la symbiose mycorhizienne a également été déterminée et cet effet « mycorhize » est attribué à une meilleure utilisation de l'eau par la plante en raison du volume de sol exploré par les hyphes mycéliens (Garbaye, 2000 ; Auge, 2001).
- De nombreux résultats de recherche attribuent à la symbiose mycorhizienne un effet bioprotecteur via une réduction de l'effet pathogène de certains agents phytoparasites (Duponnois et Cadet ,1994 ; St –Arnaud et al ,1997) et une meilleure tolérance des plantes mycorhizées aux stress induits par les éléments traces métalliques ou par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (Leyval et Joner ,2001 . Jonert et Leyval, 2003). Parallèlement, une nette amélioration de la structure du sol a souvent été observée en présence des mycorhizes.
- Le vaste réseau d'hyphes extramatriciels et leur capacité à produire des molécules agrégantes comme la glycoprotéine nommée glomaline, dans le cas de la symbiose mycorhizienne à arbuscules, permet une meilleure stabilisation du sol par la formation des agrégats beaucoup plus stable (Rilling et Steinberg ; Lovelock et al ; 2004.Rilling et Mummey, 2006).
- Les travaux de plusieurs chercheurs ont démontré l'importance de la mycorhization dans le domaine de la sylviculture (qui est la culture des arbres forestiers et la gestion des forêts, elle constitue le domaine d'application privilégié des symbioses mycorhizienne qui contribuent à l'amélioration de la production végétale) ; la présence

de ces associations symbiotiques favorise la régénération naturelle et améliore le taux de reprise ainsi que la croissance des plantes (Foucard ,1994).

I.10. Ecologie des mycorhizes :

La mycorhization est sous la dépendance de nombreux facteurs climatiques, de la nature de la végétation et des interactions qui existent entre les champignons symbiotiques et la micro flore du sol.

I.10.1.Les facteurs climatiques :

La lumière agit sur la symbiose mycorhizienne par sa durée et son intensité. Il a été démontré qu'une diminution de l'éclairement provoquait une diminution de l'infection mycorhizienne (Fergusson et Menge, 1982 ; Graham et *al* ,1982 ; Tester Sonetal, 1988 in Plenchette, 1991).

Les champignons mycorhiziens ont des exigences de température du sol propres à leur assurer un bon développement .En général, les champignons poussent mieux environs de 20° C. L'infection endomycorhizienne et la production de spores sont stimulés par une élévation de la température, jusqu'aux environs de 30° C (Futan et Fortin ,1973).

Les spores peuvent résister à des températures extrêmes, mais la variation de températures n'est pas un facteur favorable à un développement maximum de la symbiose (Plenchette, 1991)

Les mycorhizes ont deux périodes d'activité intense, au printemps et en automne (Boudegra ,1989) .Duddrige et *al* (1980) signale que la mycorhization est plus importante en période humide.

I.10.2.Les facteurs édaphiques :

Contrairement aux sols riches en humus, les sols calcaires sont en général peu favorables à la formation des mycorhizes (Boullard, 1968) .Divers résultats permettent de penser que le rôle des champignons mycorhiziens est essentiel dans le mécanisme d'adaptation aux sols calcaires.

Les sables sont peu favorables aussi bien pour les ectomycorhizes que pour les endomycorhizes. Les mycorhizes ne sont nombreuses que si la teneur en colloïdes est assez élevée (Dommergues et Mangenot, 1970).

La mycorhization ne s'effectue généralement que dans les sols bien aérés ou la teneur en oxygène est d'environ 20%, c'est-à-dire voisine de celle de l'atmosphère aérienne.

Dans les profondeurs où la teneur en oxygène est basse, la mycorhization ne s'effectue pas. De ce fait les champignons mycorhiziens se rencontrent surtout dans les horizons superficiels (Dommergues et Mangenot, 1970).

Les ectomycorhizes sont favorisées par une pluviosité assez élevée et sur certains sols à texture grossières, une sécheresse estivale prolongée peut entraîner leur mort. Il n'en reste pas moins que les mycorhizes ont été rencontrés dans des sols très secs. De plus, les agents des ectomycorhizes diffèrent, pour une même essence, suivant l'humidité du milieu ; les champignons mycélium hyalin sont favorisés aux dépens des mycorhizes noirs à *Cenocuccum* graniforme. Le développement de celui-ci est stimulé par des phénomènes de dessiccation périodique. Mais, il peut aussi arriver que les mycorhizes noirs abondent dans un sol bien pourvu en eau.

La mycorhization est meilleure dans les sols légèrement acides, qui conviennent mieux aux champignons. L'optimum se situe entre pH 4 et pH 6 (Dommergues et Mangenot, 1970). Les ectomycorhizes se développent sur des milieux de pH 3 à pH 7,5. Mais c'est là une indication de tendance et non une règle générale. La matière organique constitue un des facteurs les plus importants pour la formation des mycorhizes. Aucun effet direct de la matière organique du sol n'a pu être démontré. Cependant, d'après Melin (1954, Le tacon, 1985), la matière organique du sol peut contenir des substances stimulantes à la fois la croissance du champignon et de la plante en facilitant l'établissement de la symbiose.

Chapitre II
Matériel et méthodes

II.1. Etude du milieu :

II.1.1: présentation de site d'étude :

Les échantillons de sol que nous avons utilisés dans cette étude, ont été collectés en Mars et juin 2023, dans deux régions d'Algérie : Larbaa Nath Irathen (Ait Oumalou et Ait Aouggacha) et le Parc National de Chréa .

II.1.1.1: Situation géographique de la station d'Ait Aouggacha :

La station d'Ait Aouggacha se situe dans la zone montagneuse de la grande Kabylie. Elle se situe à 4Km de la région de Larbaa Nath Irathen et de 30 Km de Tizi Ouzou, elle est limitée au Nord par la région d'Ait Oumalou, au Sud par la région d'Ain El Hammam, à l'Est par la région de Mekla et à l'Ouest par la région de Larbaa Nath Irathen (B.N.E.D.E.R. (1995) (Figure 7). Au niveau de cette station, nous avons prélevé des racines de trois arbres incendiés en 2021 (Figure 8).

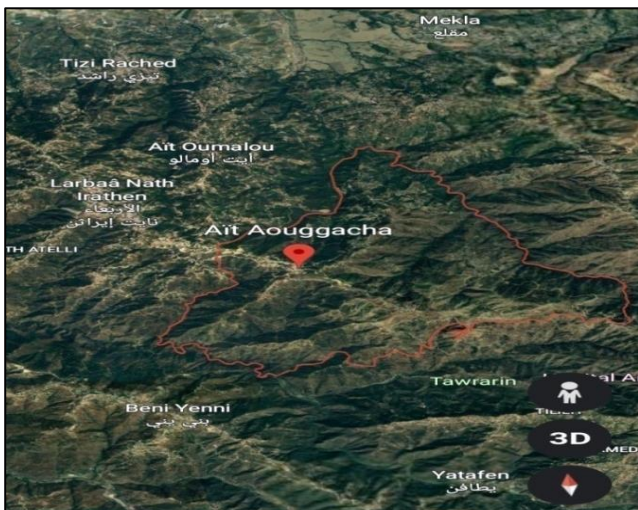


Figure 7 : Situation géographique de la station D'Ait Aouggacha (Google Earth 2023)



Figure 8 : Arbre incendié de la station Ait Aouggacha (Boumrar, 2023)

II.1.1.2: Situation géographique de la station d'Ait Oumalou :

La station d'Ait Oumalou est limitée au Nord par la commune de Tizi Rached, à l'est par les communes de Mekla et Ait Aouggacha .A l'Ouest par les communes de Larbaa Nath Irathen et de Tizi Rached ; au Sud par les communes de Larbaa Nath Irathen et Ait Aouggacha (Figure 9).



Figure 9 : Situation géographique de La station d'Ait Oumalou (Google Earth)



Figure 10 : image prise à Ait Oumalou (Boumrar 2023)

II.1.1.3: Situation géographique de Parc National de Chréa :

Le parc National de Chréa est situé à 50Km au sud d'Alger dans la Wilaya de Blida. À 1550 m d'altitude .Nous avons observé un peuplement bien venant de chêne vert en mélange avec du Genévrier commun.



Figure 11: Situation géographique de Parc National de Chréa (Google Earth 2023)

Les caractéristiques situationnelles des trois stations d'étude sont assignées au niveau de tableau 1

Tableau 1 : les caractéristiques géographiques et écologiques de chaque station

| coordonnées stations | Coordonnées géographiques | Altitude | Pente | Température du mois de prélèvement | Précipitation/an | Situation bioclimatique |
|-------------------------|-----------------------------------|----------|-------|------------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Ait Aougacha | 36°37'04'' Nord 4° 13'57'' Est | 957 m | 45% | 15°C | 77mm/an | Climat méditerranéen avec été chaud |
| Ait Oumalou | 36°39'6'' Nord 4°13'19'' Est | 740m | 50% | 15°C | 77mm/an | Climat méditerranéen avec été chaud |
| Parc National de Chréa | 36°24'00'' Nord 2°52'00'' Est | 1550 m | 40% | 11°C | 1400mm/an | Climat méditerranéen chaud et tempéré |

II.2. Sur le terrain

II.2.1. Choix des arbres à étudier :

Dans le cadre de l'étude de la communauté symbiotique mycorhizienne du chêne vert, les racines de 14 arbres dans les stations d'Ait Oumalou, Ait Aougacha (Daïra de Larbaa Nath Irathen) et le Parc National de Chréa ont été étudiées.

- 3 arbres incendiés en 2021 dans la station d'Ait Aougacha ;
- 6 arbres dans la station Ait Oumalou, ont été choisis selon leurs états de santé soit 3 arbres sains et 3 arbres malades (attaque phytophage) ;
- 5 arbres sains au niveau de Parc National de Chréa

Les prélèvements de racines ont été réalisés pendant le mois de Mars pour les deux premières stations et pendant le mois de juin concernant la dernière des stations.

II.2.2. Prélèvement des échantillons :

La récolte des échantillons des racines sur les quatre points cardinaux a été réalisée à une profondeur de 20 à 30 centimètres avec une quantité du sol pour conserver les racines.

Chaque échantillon prélevé est mis dans un sachet en plastique étiqueté portant le numéro de l'arbre et la date de prélèvement. Les échantillons sont entreposés au laboratoire et conservés au réfrigérateur à 4°C.

II.3. Travail au laboratoire :

II.3.1. Description des ectomycorhizes :

II.3.1.1. Nettoyage :

Les racines sont lavées délicatement avec de l'eau de robinet pour les séparer des particules de sol sans altérer leur morphologie (Figure 12).



Figure12 : Méthode de nettoyage des racines (Boumrar, 2023)

II.3.1.2. Observation

Elle se fait à la loupe binoculaire, les ectomycorhizes observées sont classées selon la couleur, la distribution, la forme, la phase extra matricielle, la présence et l'absence de rhizomorphes et la stratégie d'exploration selon la classification d'Agerer 2001. Toutes les ectomycorhizes déterminées sont isolées et conservées dans un fixateur FPA « Formol (3%), Acide propionique (5%) et Ethanol à (70%) » (Figure 13 ,14).



Figure 13 : La conservation des racines dans la solution FPA (Boumrar, 2023)



Figure 14 : Observation des ectomycorhizes sous la loupe binoculaire (Boumrar, 2023)

II.3.1.3. Comptage

Afin de réaliser l'estimation de la colonisation des racines par les champignons ectomycorhiziens, nous avons utilisé un échantillon représentatif de 30 cm de racine pour chaque arbre coupée en 2cm et disposées dans des boîtes de pétri préalablement quadrillé par des carré de 1cm² (Figure 15). A l'aide d'une loupe binoculaire, les racines qui croisent l'une des lignes de quadrillage sont observées afin de déterminer si elles sont mycorhizes ou non au niveau de l'intersection (Martin ,1998) ;

Le comptage à été effectué trois fois afin de minimiser les risques d'erreur. Nous avons ensuite calculé la moyenne pour chaque arbre.

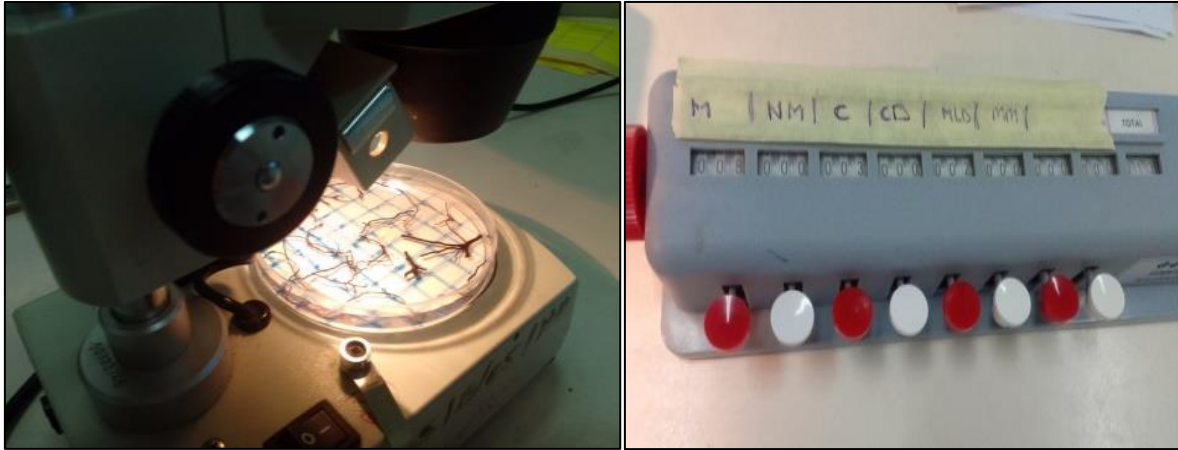


Figure 15 : Méthode de comptage des racines ectomycorhize (Boumrar, 2023)

II.3.1.4. Observation microscopique

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

- ✓ Le choix des ECM commune entre les deux stations ;
- ✓ Mettre le mycorhize transversalement dans du polyester ;
- ✓ Faire des coupes fines du la mycorhize à l'aide d'une fine lame de rasoir de manière à pouvoir isoler des coupes relativement fines pour observer le réseau de Hartig et le manteau fongique (Figure 16);
- ✓ Coloration avec bleu de lactophénol ;
- ✓ Rajouter des gouttes de lactoglycerol ;
- ✓ Transposer les coupes entre lame et lamelle ;
- ✓ Observer sous la loupe binoculaire.



Figure 16 : Méthode de coupe à main levée des ectomycorhizes avec une lame de rasoir (Boumrar, 2023)

II.3.2. Préparation et observation des racines endomycorhizées :

Pour l'observation des endomycorhizes, les racines de 9 arbres sont prélevées au hasard et soumises au traitement de philips et Hayman (1970) :

- ✓ Les racines préalablement lavées sont placées au bain marie à chauffer pendant 4 heures dans des tubes à essai rempli de potasse (KOH) à 10% pour vider les cellules de leurs contenus cellulaires ;
- ✓ Les racines subissent un rinçage à l'eau distillée et ont été entreposé dans l'eau oxygénée H₂O₂ pendant 20 à 30 minutes suivies d'un rinçage avec l'eau distillée ;
- ✓ Les racines sont neutralisées par un passage à l'acide lactique à 1% pendant 5 minutes ;
- ✓ Puis colorées au bleu Trypan à 0,03% pendant 10 à 15 minutes ;
- ✓ Un dernier rinçage à l'eau distillée permet d'avoir des racines bien vidées et colorées pour l'observation (Figure 17) ;
- ✓ Les fragments de 2cm de longueur pour chacun, ils ont été disposés parallèlement entre lame et lamelle, dans une goutte de glycérol ;
- ✓ L'observation sur un microscope photonique au grossissement 40.

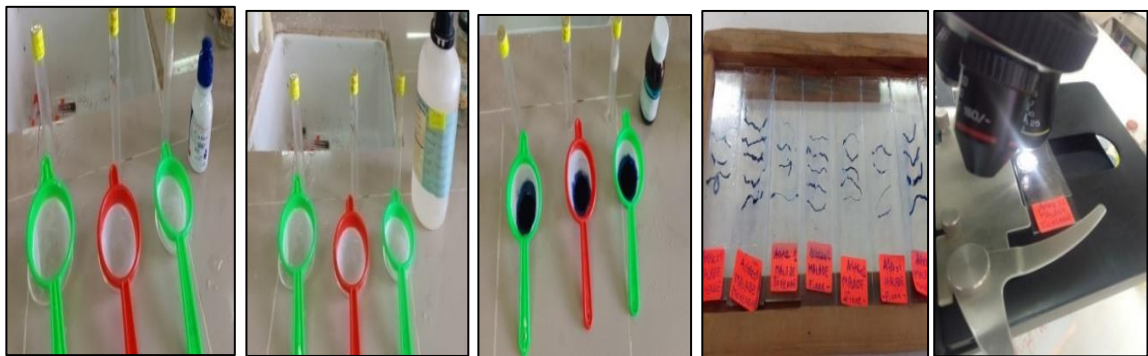


Figure 17 : Les différentes étapes de coloration et observation des endomycorhizes (Boumrar, 2023)

II.3.3. Description et comptage des spores :

II.3.3.1. Extraction et isolement des spores :

La technique consiste à déposer un échantillon de sol de 10g sur une série de tamis (250 μ m, 200 μ m, 150 μ m, 100 μ m, 50 μ m) superposés .L'échantillon est soumis à un filet d'eau coulant délicatement à travers les tamis jusqu'à l'obtention d'une eau claire (Figure 18).

Le surnageant du sol ainsi obtenu est par la suite, récupérés à l'aide d'une pissette dans des tubes à essai étiquetés.



Figure 18 : Tamisage de sol (Boumrar, 2023)

II.3.3.2. La centrifugation :

Le surnageant des tubes à essais sont versés dans les tubes à centrifugation puis amenés à 10ml avec une solution de saccharose à 20 % .La suspension ainsi obtenue est centrifugée à 3000tours /min pendant 10min (Figure 19).



Figure 19 : Les étapes de la centrifugation (Boumrar, 2023)

II.3.3.3. Observation des spores :

Après la centrifugation ; nous passons à l'observation sous microscope optique au grossissement 40 (les spores qui n'ont pas été bien visibles sous le microscope nous les avons soumises au réactif de Meltzer ensuite nous les avons légèrement écrasés entre la lame et lamelle afin de pouvoir bien déterminer leurs structures (paroi, suspenseurs, surface ...)

II.3.3.4. Identification de la forme et la couleur :

En se rapportant au site INVAM (international culture of vesicular, arbuscular mycorrhizal fungi : <https://invam.wvu.edu/>) ,la forme des spores et la couleur est décrite suivant le code couleur définit par la formule exprimée en pourcentage de Cyan(bleu),Magenta(rouge), Yellow (jaune),(Black) noire (Annexe 9) .

II.3.3.5. Le Comptage des spores :

La méthode de comptage direct sous loupe binoculaire du nombre de spores présentes dans 10g de sol par classe de diamètre des spores a été réalisée (Figure 20).



Figure 20 : Comptage des spores (Boumrar, 2023)

II.3.4. Paramètres chimiques :

II.3.4.1. pH du sol :

Le pH du sol est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité des sols. Le pH de la solution du sol est considéré comme l'une des principales variables exprimant les propriétés chimique des sols. Cette caractéristique contrôle de nombreux processus chimiques telle que la solubilité des éléments, par conséquent la nutrition minérale des plantes (Soltner, 2004).Ce potentiel hydrogène affecte spécifiquement la disponibilité des éléments nutritifs des plantes, en contrôlant les formes chimique des nutriments (Kabata – Pendias, 2011) (Figure 21).

Mode opératoire pour la détermination du pH du sol :

La mesure du pH est faite à l'aide d'un pH –mètre selon le mode opératoire suivant :

- ✓ Peser 20g de sol (terre fine <2mm) dans un bécher de 100 ml ;
- ✓ Ajouter 50 ml d'eau distillé, selon le rapport solide /liquide de 1/ 2,5 ;
- ✓ Agiter avec un agitateur pendent 2h ;

- ✓ Effectuer la mesure après stabilisation de la valeur affichée.



Figure 21: Mesure du pH de l'extrait aqueux de la solution du sol (Boumrar, 2023)

II.3.4.2. Conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une solution est la mesure de la capacité des ions à transporter le courant électrique. La conductivité d'une solution dépend de la concentration des ions présents et de leur vitesse de migration sous l'influence de la force électromotrice appliquée. Plus l'électrolyte est dilué, plus la conductivité diminue, car il y a moins d'ions par volume de solution pour assurer le transport du courant (Figure 22).

La conductivité d'une solution est définie comme l'inverse de la résistance. Sa mesure s'effectue par l'utilisation d'une cellule de conductivité couplée à un conductimètre, et la conductivité s'exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$, mS/cm ou Ds/m .

Mode opératoire pour la détermination de la conductivité électrique :

- ✓ Peser 10g de sol terre fine préalablement séché ;
- ✓ Ajouter 50 ml d'eau distillé dans un bécher 100ml, le rapport sol /eau à respecter est 1/5 ;
- ✓ Agiter chaque 15 min pendant 2h ;
- ✓ Transvaser le liquide dans un bécher de 50ml ;
- ✓ Faire la mesure de la CE.



Figure 22 : Méthode de mesure de la conductivité électrique (Boumrar, 2023)

Chapitre III: Résultats et discussion

III. Résultats :

III.1. Paramètres chimiques du sol des stations d'étude :

Les différents paramètres chimiques du sol des stations d'étude mesurée au niveau du laboratoire permettent de caractériser le sol des stations de chêne vert étudié. Le pH moyen des sols forestiers des stations étudiés d'Ait Aouggacha, Ait Oumalou et Chréa est respectivement de 7,34 et 7,08 et 6,96 (Tableau 2) et qui sont qualifiés de pH neutre (voire Annexe 4).

Les résultats obtenus par Amaouz et Manseur (2023) de l'analyse de la CE de l'extrait aqueux rapport 1/5 montrant que les valeurs de la station d'Ait Aouggacha est 57,81 μ S/cm, Ait Oumalou est 68,12 μ S/cm.

La station de Chréa a une valeur de 35,5 μ S/cm,

Comparant les trois stations, nous constatons que la moyenne de la CE de la station Ait Oumalou (68,125 μ S /cm) est plus élevée que celle d'Ait Aouggacha (57,81 μ S/cm) est celle de Chréa (35,5 μ S/cm).

Tableau 2 : Conductivité électrique et pH moyennes des stations étudiés.

| Station | Ait Aouggacha | Ait Oumalou | Chréa |
|---------------------------------------|---------------|-------------|-------|
| Paramètre chimique | | | |
| pH du sol | 7,34 | 7,08 | 6,96 |
| Conductivité électrique (μ S/cm) | 57,81 | 68,12 | 35,5 |

III.2. Endomycorhize:

Lors de notre étude concernant le chêne vert (*Quercus ilex .L*) les racines traitées selon la méthode de Phillips et Hayman ont révélé l'absence de structure endomycorhiziennes (planche 1).

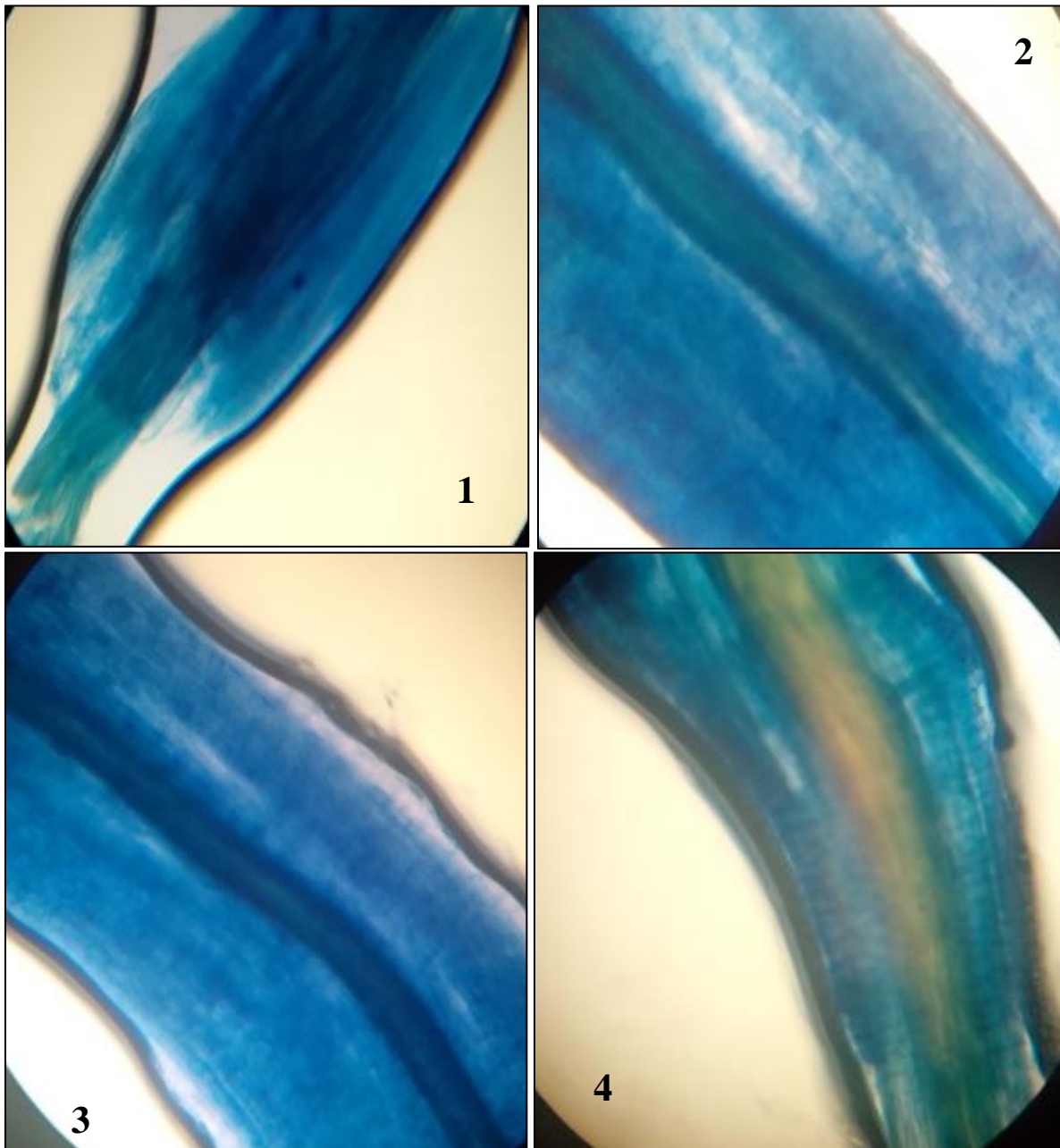


Planche 1 : Racine colorées au bleu Trypan avec absence d'endomycorhizes (fig .1 : racine d'un arbre sain, fig.2 : racine d'un arbre malade, fig.3 : racine d'un arbre sain, fig.4 : racine d'un arbre incendié).

III.3.Statut ectomycorhizien :

Tableau 3 : La richesse morphotypique des ectomycorhizes de chêne vert dans les stations étudiées

| Station | ECMs « C » | ECMs « CD » | ECMs « MLD » | ECMs communes | Total |
|-------------------------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|-------|
| Ait Aouggacha | 5 | 23 | 0 | | 28 |
| Ait Oumalou | 4 | 56 | 43 | 3 | 103 |
| Parc National de Chr ea | 0 | 18 | 6 | | 24 |

L'observation de plusieurs racines courtes issus de 14 arbres des stations d'étude de l'année 2023, a permis d'inventorier 40 Morphotypes ectomycorhiziens chez le chêne vert (*Quercus ilex L*) selon les diff erents  tats des arbres avec une richesse morphotypique spécifique de 28 morphotypes au niveau d'Ait Aouggacha ,103 morphotypes au niveau d'Ait Oumalou et 24 morphotypes au niveau du Parc National de Chr ea .Elle également r v l  3 morphotypes communes entre les 3 Stations.

Nous avons distingué selon les caractéristiques morphologiques et anatomiques établies par Agerer (1987-2008) trois groupes selon le mode d'exploration du sol tels qu'établis par Agerer (2001) : « le type d'exploration contact (C), courte distance (CD), moyenne et longue distance (MLD) ».

III.3.1 : Les ectomycorhizes à exploration contact :

Ce groupe a observé une richesse morphotypique de 4 ectomycorhizes ;

ECM 37 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur orange à la forme courbée présentant une texture lisse du manteau (fig 1).

ECM 38 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur orange clair à la forme droit présentant une texture lisse du manteau (fig 2).

ECM 39 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur marron foncé à la forme droit présentant une texture lisse du manteau (fig 3).

ECM 40 : qui correspond à une ectomycorhize monopodial pennée de couleur marron à la forme perlée présentant une texture lisse du manteau (fig 4).

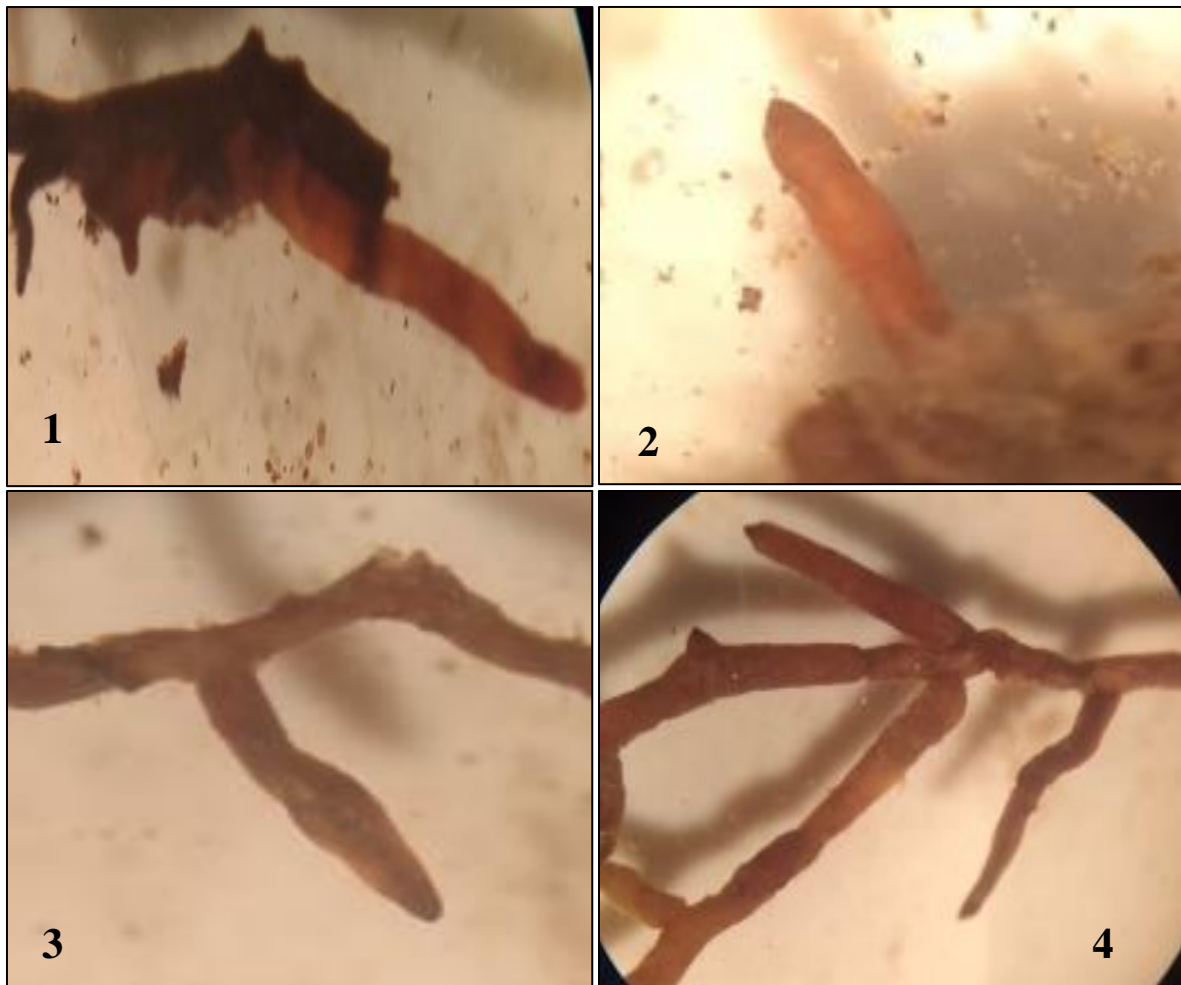


Planche 2 : les différents types d'ectomycorhizes à exploration contact du chêne vert (fig 1 : ECM 37, fig 2 : ECM 38, fig 3: ECM 39, fig 4: ECM 40)

III.3.2. Les ectomycorhizes à exploration courte distance :

Ce groupe à observé une richesse morphotypique de 24 ectomycorhizes ;

ECM 13 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur noir à forme droite présentant un manteau externe à texture en dense ficelle (fig 1).

ECM 14 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur marron foncé à la forme sinueuse, présentant une texture dense ficelle (fig 2).

ECM 15 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur marron foncé à la forme courbée présentant une texture dense ficelle (fig 3).

ECM 16 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur marron à la forme sinueuse présentant une texture dense ficelle (fig 4).

ECM 17 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur noir à la forme courbée présentant une texture dense ficelle (fig 5).

ECM 18 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur marron à la forme sinueuse présentant une texture dense ficelle (fig 6).

ECM 19 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur marron clair à la forme courbé présentant une texture dense ficelle (fig 7).

ECM 20 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur marron clair à la forme courbée présentant une texture cotonneuse (fig 8).

ECM 21 : qui correspond à une ectomycorhize monopodial pennée de couleur noir foncé à la forme droit présentant une texture dense ficelle (fig 9).

ECM 22 : qui correspond à une ectomycorhize monopodiale pennée de couleur marron foncé à la forme sinueuse présentant une texture dense ficelle (fig 10).

ECM 23 : qui correspond à une ectomycorhize monopodial pennée de couleur marron foncé à la forme perlée présentant une texture dense ficelle (fig 11).

ECM 24 : qui correspond à une ectomycorhize irrégulière pennée de couleur marron à la forme sinueuse présentant une texture dense ficelle (fig 12).

ECM 25 : qui correspond à une ectomycorhize coralloïde de couleur noir à la forme courbé présentant une texture dense ficelle (fig 13).

ECM 26 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur marron à la forme apex plus large que la base présentant une texture dense ficelle (fig 14).

ECM 27 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur marron clair à la forme courbé présentant une texture dense ficelle (fig 15).

ECM 28 : qui correspond à une ectomycorhize irrégulière pennée de couleur marron à la forme sinueuse présentant une texture dense ficelle (fig 16).

ECM 29 : qui correspond à une ectomycorhize monopodial pennée de couleur noir à la forme courbé présentant une texture dense ficelle (fig 17).

ECM 30 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur noir à la forme apex plus large que la base présentant une texture dense ficelle (fig 18).

ECM 31 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur orange à la forme courbée présentant une texture dense ficelle (fig 19).

ECM 32 : qui correspond à une ectomycorhize monopodial pennée de couleur marron foncé à la forme sinueuse présentant une texture dense ficelle (fig 20).

ECM 33 : qui correspond à une ectomycorhize monopodial pennée de couleur noir à la forme courbé présentant une texture dense ficelle (fig 21).

ECM 34 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur orange à la forme irrégulière pennée présentant une texture dense ficelle (fig 22).

ECM 35 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur orange à la forme droite présentant une texture dense ficelle (fig 23).

ECM 36 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur noir à la forme droit présentant une texture dense ficelle (fig 24).



Planche 3 : les ectomycorhizes du chêne vert à exploration courte distance (fig 1 : ECM 13 , fig 2 : ECM 14 ,fig 3 : ECM 15 , fig 4 :ECM 16 , fig 5 : ECM 17 , fig 6 : ECM 18 ,fig 7 : ECM 19 , fig 8 : ECM 20, fig 9 : ECM 21, fig 10 : ECM 22,fig 11 : ECM 23, fig 12 :ECM 24 , fig 13 : ECM 25,fig 14 : ECM 26,fig 15 :ECM 27,fig 16 : ECM 28,fig 17 :ECM 29, fig 18 : ECM 30, fig 19 : ECM 31, fig 20 : ECM 32 ,fig 21 :ECM 33, fig 22 : ECM 34 ,fig 23 : ECM 35,fig 24 : ECM 36)

III.3.3. Les ectomycorhizes à exploration moyenne et long distance:

Ce groupe à observé une richesse morphotypique de 12 ectomycorhizes ;

ECM 1 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur marron foncé à la forme courbé présentant une texture dense ficelle du manteau (fig 1).

ECM 2 : qui correspond à une ectomycorhize monopodial pennée de couleur marron foncé à la forme courbé présentant une texture dense ficelle du manteau (fig 2).

ECM 3 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur noir à la forme courbé présentant une texture cotonneuse du manteau (fig 3).

ECM 4 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur noir ; à la forme courbé, une texture dense ficelle du manteau (fig 4).

ECM 5 : qui correspond à une ectomycorhize irrégulière pennée de couleur marron à la forme courbé présentant une texture dense ficelle du manteau (fig 5).

ECM 6 : qui correspond à une ectomycorhize monopodial pennée de couleur noir à la forme courbé présentant une texture dense ficelle du manteau (fig 6).

ECM 7 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur marron foncé clair à la forme courbée présentant une texture dense ficelle du manteau (fig 7).

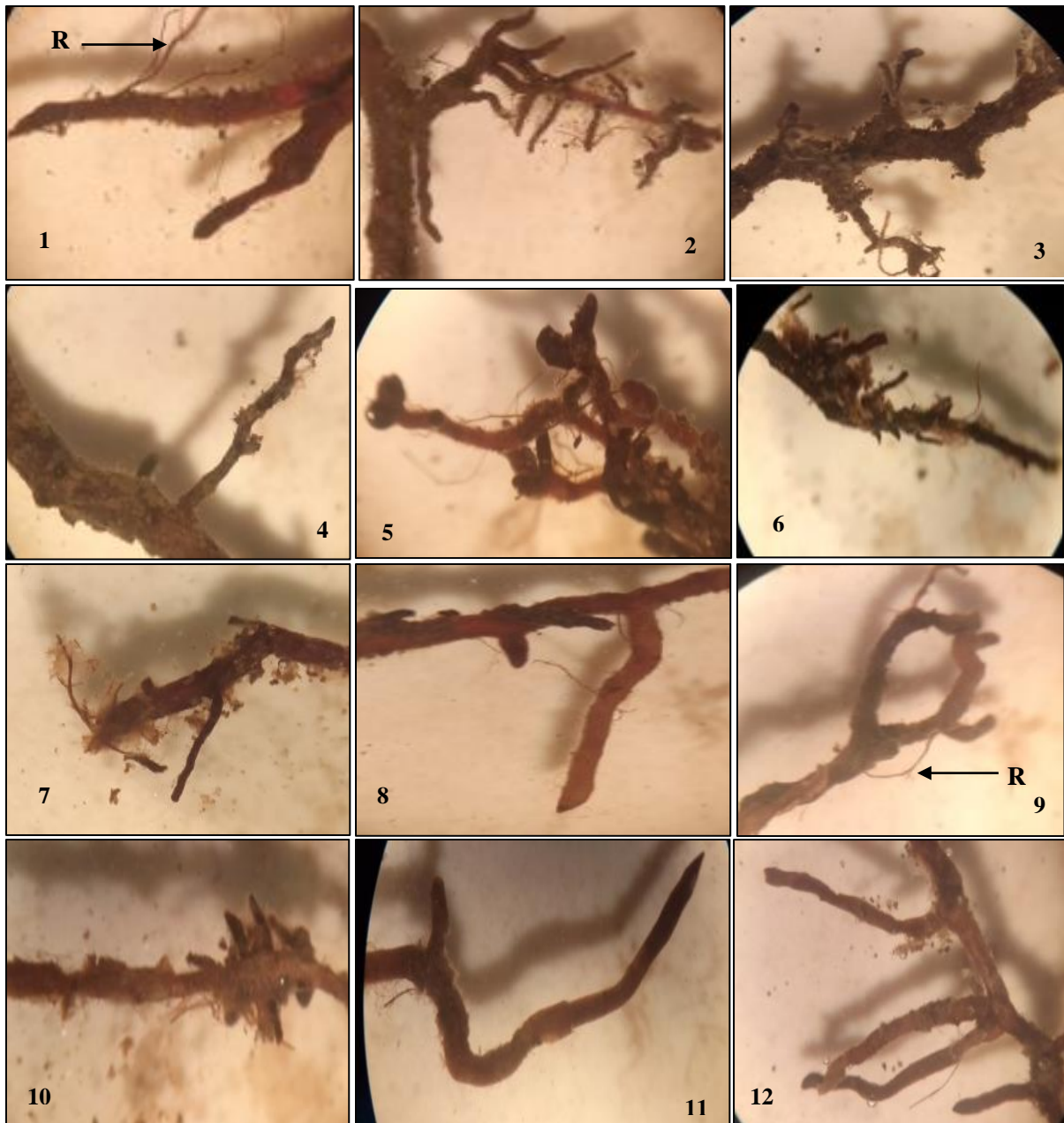
ECM 8 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur marron clair à la forme courbée présentant une texture dense ficelle du manteau (fig 8).

ECM 9 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur noir à la forme courbé présentant une texture dense ficelle (fig 9).

ECM 10 : qui correspond à une ectomycorhize monopodial pennée de couleur noir à la forme droit présentant une texture dense ficelle (fig 10).

ECM 11 : qui correspond à une ectomycorhize simple de couleur noir à la forme sinueuse présentant une texture dense ficelle (fig 11).

ECM 12 : qui correspond à une ectomycorhize irrégulière pennée de couleur marron foncé à la forme sinueuse présentant une texture dense ficelle du manteau (fig 12).

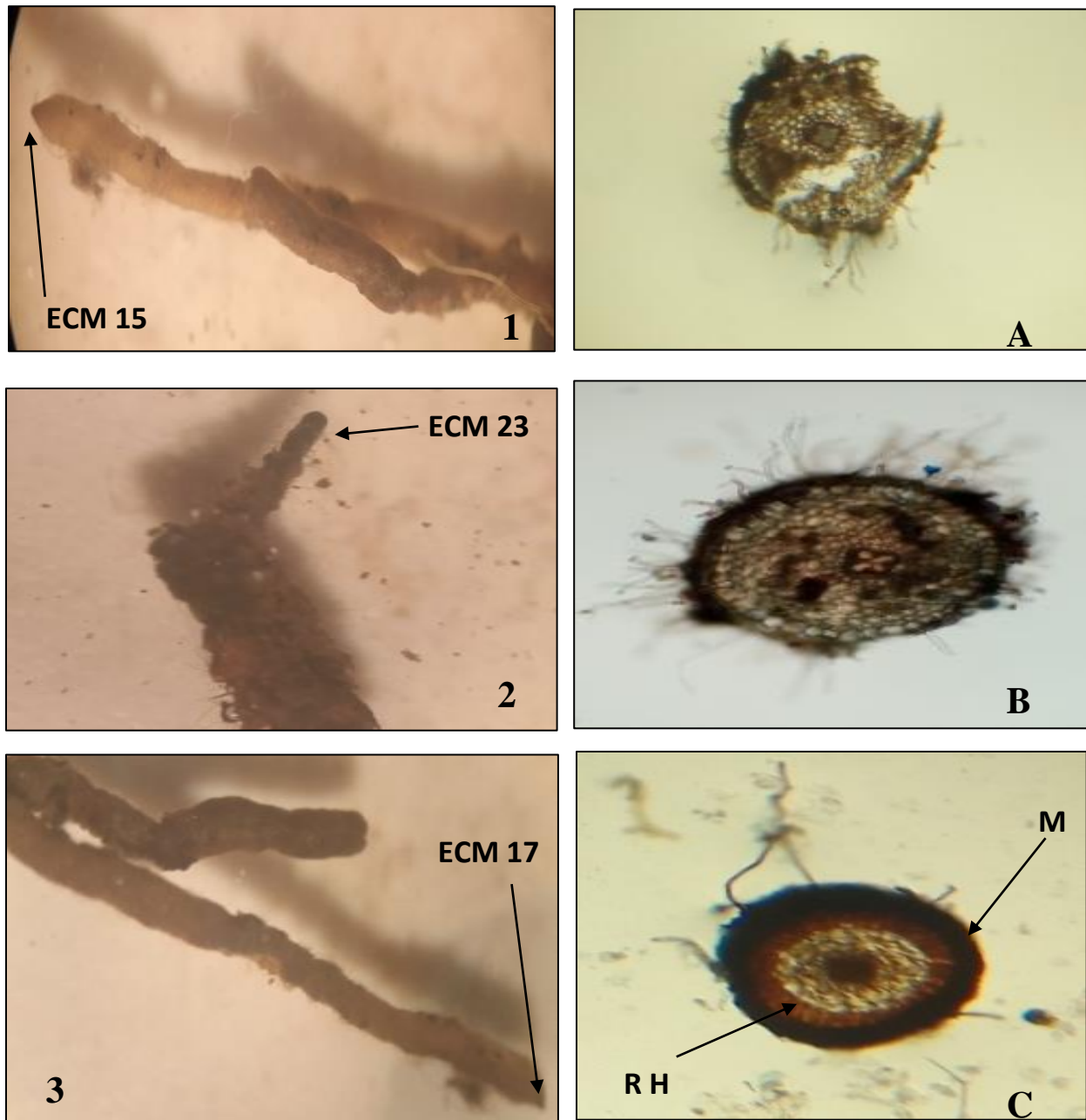


R: Rhizomorphe

Planche 4 : Les ectomycorhizes du chêne vert à exploration moyenne et longue distance (fig 1 :ECM 1,fig 2 :ECM 2 ,fig 3 : ECM 3, fig 4 :ECM 4,fig 5 : ECM 5, fig 6 :ECM 6,fig 7 : ECM 7,fig 8 :ECM 8,fig 9 : ECM 9, fig 10 : ECM 10 , fig 11 : ECM 11, fig 12: ECM 12)

III.3.4 : Les morphotypes communs entre les trois stations et les différentes étapes de santé des arbres:

L'analyse des morphotypes observées a permis de noter la présence de 3 morphotypes ectomycorhiziens communs aux différents sujets étudiés, avec un type exploratoire courte distance (CD) pour tous les ectomycorhizes communs (planche 5).



M : Manteau, RH : Réseau de Hartig
Planche 5: Coupe anatomique d'ectomycorhizes observée sous microscope optique au grossissement 400 (fig. 1 : ECM 15, fig A : CA d'ECM 15 ; fig 2 : ECM 23, fig B : CA d'ECM 23 ; fig 3 : ECM 17, fig C : CA d'ECM 17)

III.3.5. Estimation de la colonisation ectomycorhizienne :

Tableau : le taux de mycorhization par arbre de la station d'Ait Aougacha

| Station | M% |
|-----------|------|
| arb 1 inc | 0,80 |
| arb 2 inc | 0,77 |
| arb 3 inc | 0,45 |

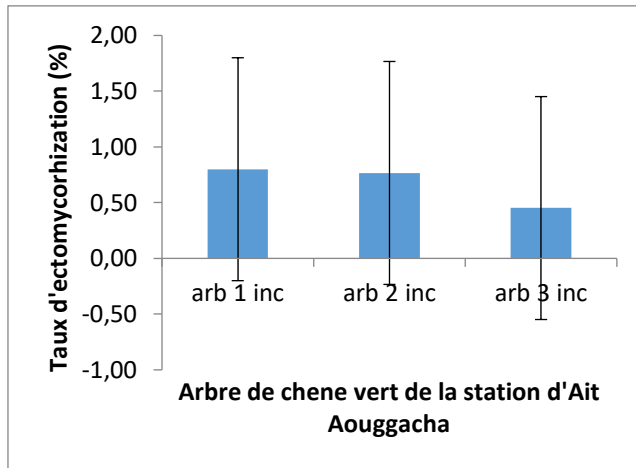


Figure : le taux d'ectomycorhization par arbre de la station d'Ait Aougacha

Le tableau et la figure montrent que le taux d'ectomycorhization de l'arbre 1 inc est plus élevé que les autres arbres

Tableau : Taux d'ectomycorhization par stratégie d'exploration de la station d'Ait Aougacha incendié

| Stations | C% | CD% | MLD% |
|------------------|-------|-------|-------|
| Ait Aougacha inc | 35,30 | 55,93 | 16,99 |

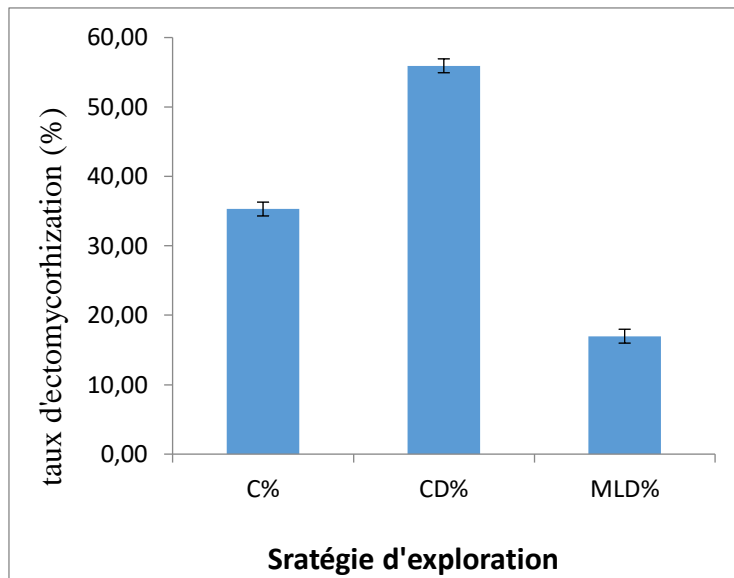


Figure : Le taux d'ectomycorhization par stratégie d'exploration de la station d'Ait Aougacha

Le résultat obtenu de du taux d'ectomycorhization par stratégie d'exploration de la station d'Ait Aougacha inc révèle un pourcentage de TE courte distance est plus élevé par apport aux autres stratégies d'explorations

Tableau : le taux de mycorhization par arbre de la station d'Ait Oumalou sain

| Station | M% |
|------------|------|
| arb 1 Sain | 0,38 |
| arb 2 Sain | 0,42 |
| arb 3 Sain | 0,21 |

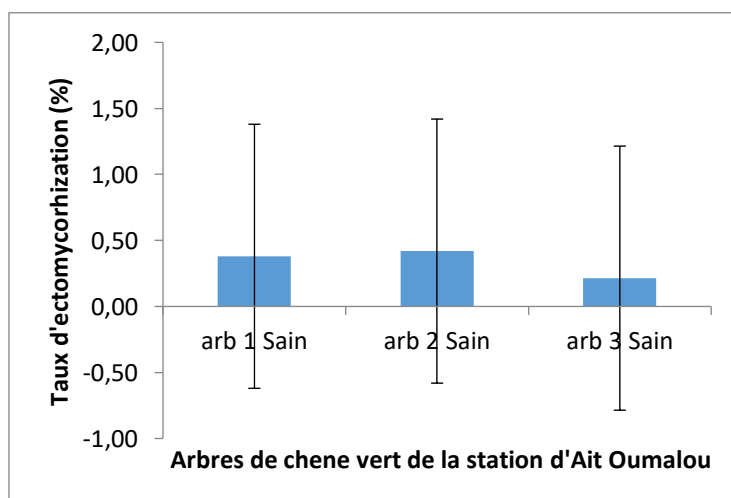


Figure : Le taux de d'ectomycorhization par arbres de la station d'Ait Oumalou

La figure montre que le taux d'ectomycorhization est relativement identique pour tous les arbres sains

Tableau : Le taux de mycorhization par stratégie d'exploration de la station d'Ait Oumalou sain

| Stations | C% | CD% | MLD% |
|------------------|------|-------|-------|
| Ait oumalou sain | 6,20 | 30,14 | 55,83 |

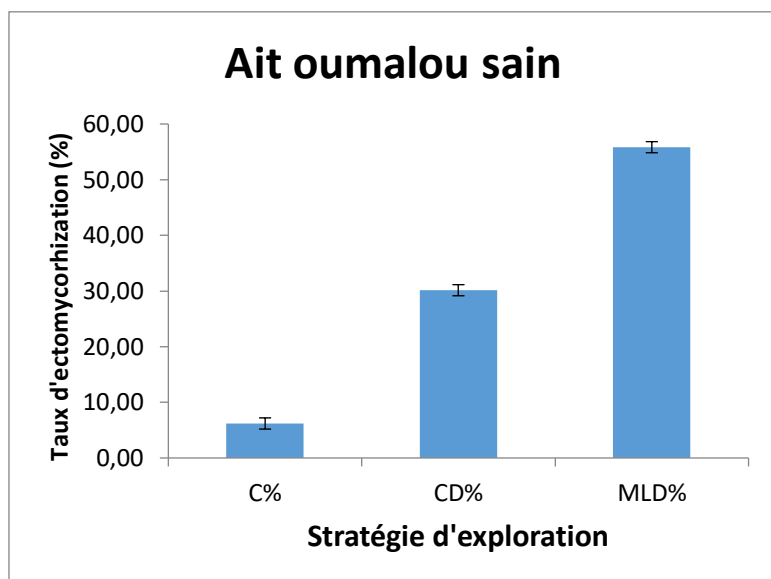


Figure : Le taux d'ectomycorhization par stratégie d'exploration de la station d'Ait Oumalou

Le résultat obtenu du taux d'ectomycorhization par stratégie d'exploration de la station d'Ait Oumalou sain présente un pourcentage plus élevé pour le type exploratoire moyenne et longue distance suivi du TE courte distance, alors que le pourcentage le plus faible concerne le TE contact.

Tableau : Le taux de mycorhization par arbre de la station d'Ait Oumalou malade

| Station | M% |
|--------------|------|
| arb 1 malade | 0,29 |
| arb 2 malade | 0,41 |
| arb 3 malade | 0,29 |

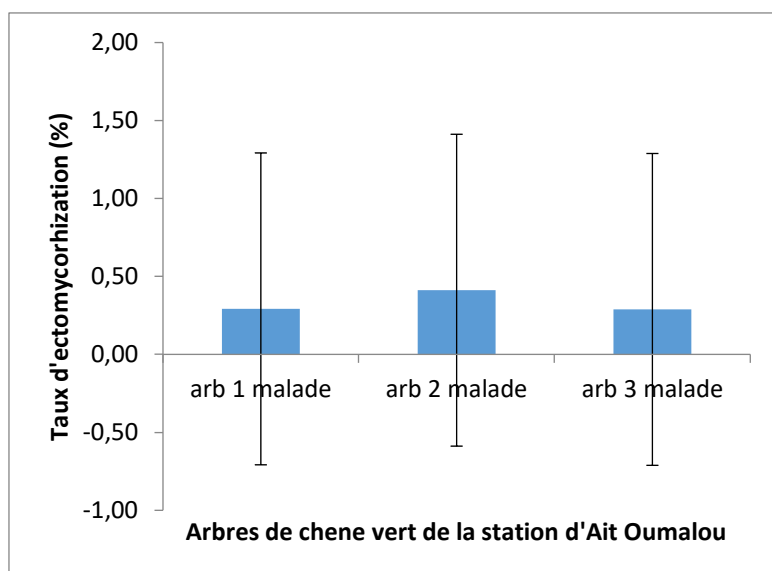


Figure : Le taux de mycorhization par arbre de la station d’Ait Oumalou

La figure montre que le taux de mycorhization enregistré est relativement identique

Tableau : Le taux de mycorhization par arbre de la station Ait Oumalou

| Stations | C% | CD% | MLD% |
|--------------------|------|-------|-------|
| Ait Oumalou malade | 3,81 | 32,54 | 63,65 |

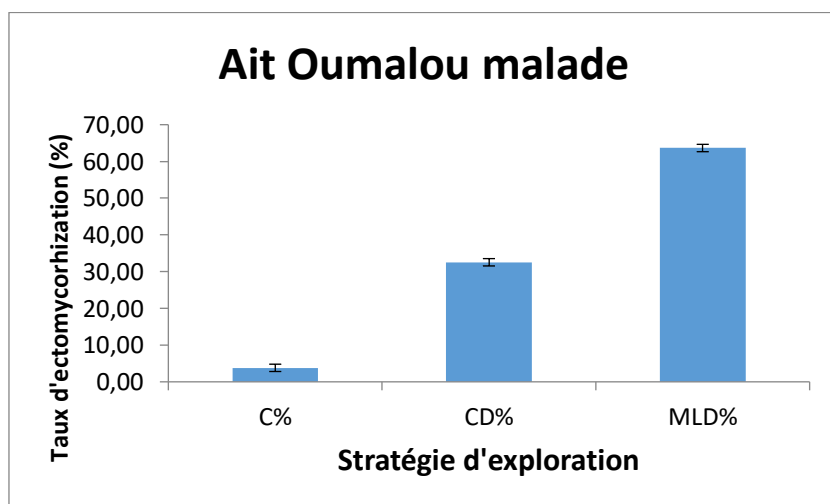


Figure : Le taux d’ectomycorhization par stratégie d’exploration

Le résultat obtenu du taux d’ectomycorhization par stratégie d’exploration de la station d’Ait Oumalou sain présente un pourcentage plus élevé pour le type exploratoire moyenne et longue distance suivi du TE courte distance, alors que le pourcentage le plus faible concerne le TE contact.

Tableau : Le taux de mycorhization par arbre de la station de Chréa

| Station | M% |
|-------------|------|
| arb 1 chrea | 0,48 |
| arb 2 chrea | 0,07 |
| arb 3 chrea | 0,41 |
| arb 4 chrea | 0,52 |
| arb 5 chrea | 0,50 |

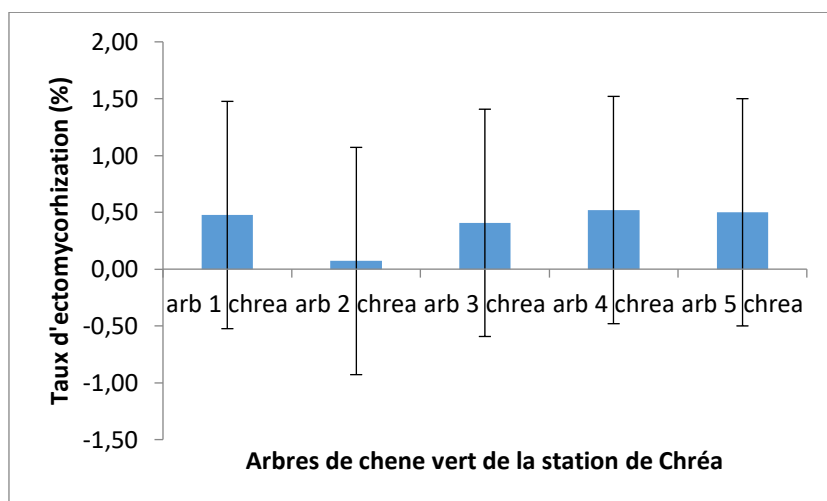


Figure : Le taux de mycorhization par arbre de la station de Chréa

La figure montre que le taux de mycorhization enregistré est relativement identique

| Stations | C% | CD% | MLD% |
|----------|------|-------|------|
| Chréa | 0,00 | 91,27 | 1,67 |

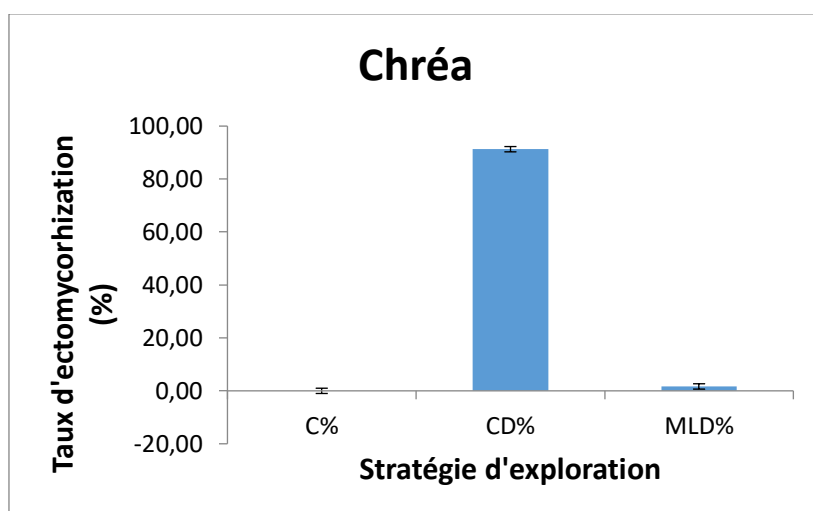


Figure : Le taux d'ectomycorhization par stratégie d'exploration

Le résultat obtenu du taux d'ectomycorhization par stratégie d'exploration de la station de Chréa présente un pourcentage plus élevé pour le type exploratoire courte distance

L'analyse de la colonisation des racines par les champignons mycorhizien a permis de quantifier un pourcentage élevé d'ectomycorhize de type d'exploration moyenne et longue distance (MLD) à hauteur de 64% au niveau d'Ait Oumalou chez les sujets malades .A contrario, chez les racines des arbres ains au niveau de la station du PN de Chréa le pourcentage observé n'excède guère 2% de l'ensemble des ECMs inventoriées type exploratoire Moyenne longue Distance pour laquelle nous avons noté une différence très hautement significatif ($p= 0,000102$) avec une plus grande richesse chez les arbres malades suivi par les arbres incendiés (Figure 23 ,Tableau 3) .

Le taux des ECMs CD a observé des valeurs très élevées avec un pourcentage de 98% chez les racines d'arbres de la station de Chréa comparativement aux arbres des autres stations .Le type d'exploration contact (C) est présent avec un faible pourcentage chez les racines des arbres avec taux respectifs de 4% et 7% chez les arbres malades et sain (Ait Oumalou) ,et de 32% chez les arbres incendiés de la station d'Ait Aougacha et il est absent chez les arbres sains de la station de Chréa .Cependant l'analyse de la variance n'a révélé aucune différence significative (Tableau 3).

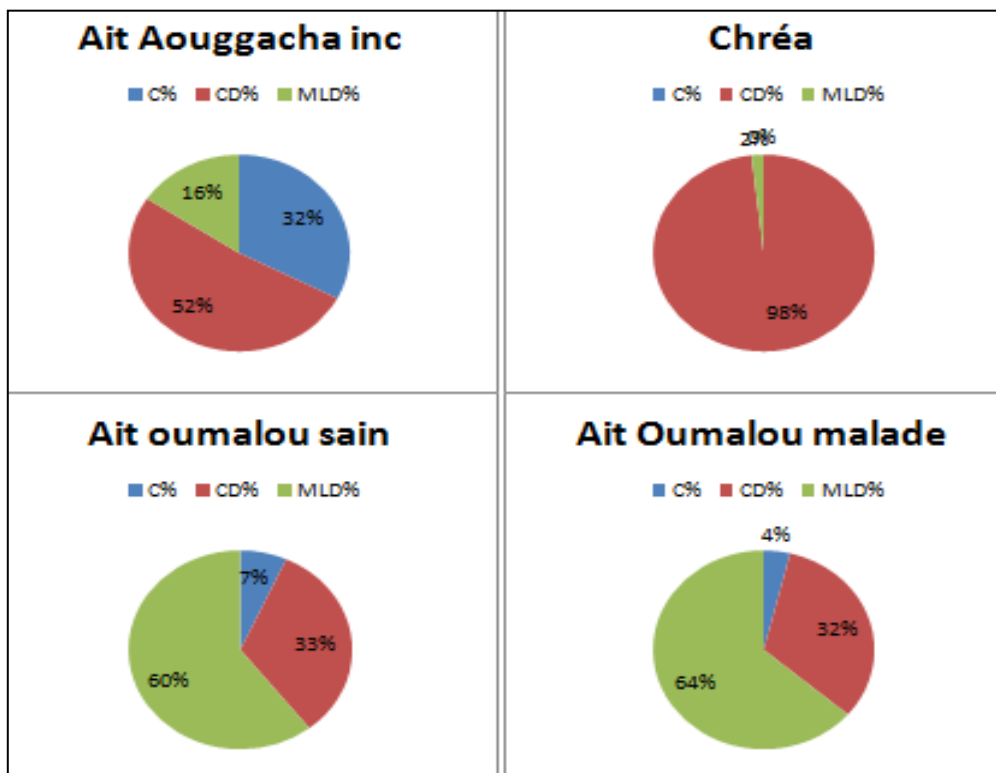


Figure 23 : Distribution des différentes stratégies d'exploration des ectomycorhizes chez le chêne vert en pourcentage dans les différentes stations étudiées

Tableau 3 : Analyse de la variance de la colonisation des racines du chêne vert par les types exploratoires ECMs selon les stations et l'état sanitaire des arbres ;

| | Chrèa | Ait Aouggacha incendie | Ait Oumalou malade | Ait Oumalou sain | P value | Différence significative |
|-------------------------------|-------|------------------------|--------------------|------------------|----------|--------------------------|
| Contacte (C) | a | a | a | a | 0,713 | Non significative |
| Courte Distance (CD) | a | a | a | a | 0,534 | Non significative |
| Moyenne Longue Distance (MLD) | a | b | c | bc | 0,000102 | *** |
| Non mycorhizé | a | a | a | a | 0,0527 | Non significative |

*** : Très hautement significatif

III .3.6.Effet des variables écologiques sur la distribution de la communauté ectomycorhizienne chez le chêne vert.

Pour nous permettre de comprendre la distribution et la richesse des arbres en partenaire fongique ectomycorhiziens et analyser l'influence des facteurs écologiques et l'état de santé des arbres sur cette dernière, nous avons réalisé une analyse en composante principales (ACP). Cette dernière a été exécutée sur les paramètres étudiés suivantes : les racines non mycorhizées (NM), les types d'exploration (C :contacte, CD :courte distance, MLD :moyenne et longue distance), la précipitation, le pH, la température, la pente, l'altitude et l'exposition ; a permis de faire ressortir des différentes corrélations qui existent entre les paramètres .

Des corrélations positives et hautement significatives ont été notées entre la colonisation en ECMs MLD et la précipitation et les ECMs MLD et la pente avec respectivement des valeurs de $r = 0,76$ et $r = 0,83$ attestant de l'influence de la disponibilité de l'eau dans la présence en grand nombre des ECMs MLD chez les racines du chêne vert .A l'inverse nous avons enregistré des corrélations négatives et hautement entre la colonisation en ECMs MLD et les facteurs écologique à savoir :la température ,le ph du sol , l'altitude et l'exposition

respectivement de l'ordre de $r = -0,76$, $r = -0,88$, $r = -0,73$. En effet, l'analyse en composante principale (ACP) a permis d'individualiser trois groupes homogènes d'individus appartenant à la même station faisant soit le groupe d'arbre appartenant à la station Ait Oumalou, Ait Aouggacha et Chréa (Figure 24).

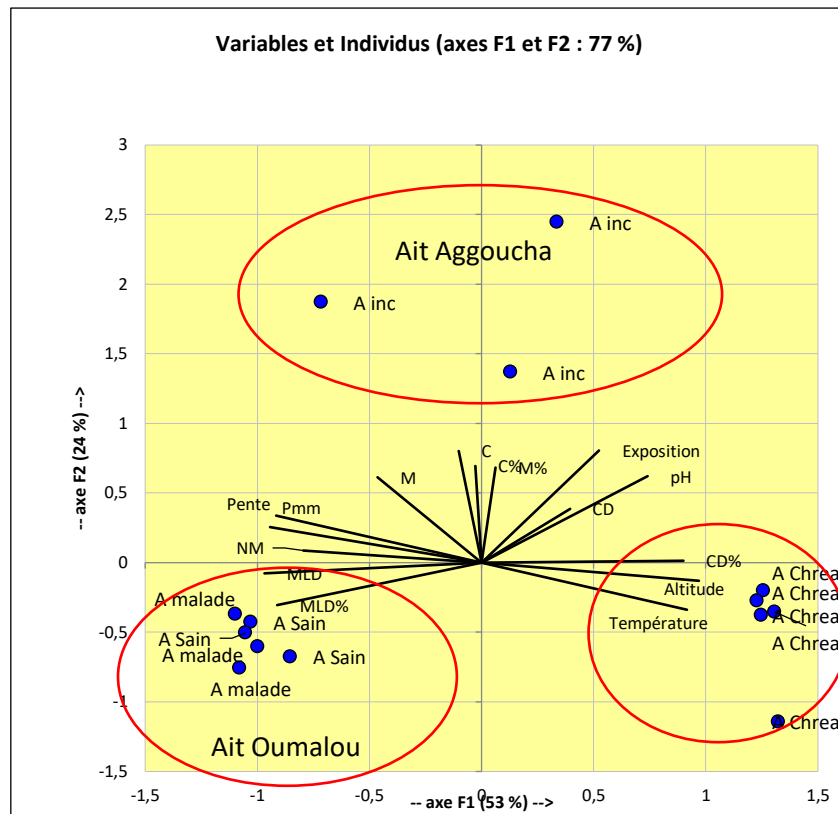


Figure 24 : Distribution des variables et des individus de chêne vert selon les plans factoriels F1 et F2 de l'ACP

III.4. Description morphologique des spores :

III.4.1. Spores isolées à partir du sol prélevé à Ait Aouggacha :

L'observation des spores dans la station d'Ait Aouggacha montre la présence de 22 morphotypes.

Morphotypes sporales de classe de diamètre égale ou supérieur à 2mm :

Morphotype 1 : la spore est de couleur grise et de forme sphérique (fig1) ;

Morphotype 2 : la spore est de couleur noire et de forme fusiforme (fig 2) ;

Morphotype 3 : la spore est de couleur 0 % Cyane / 40% Magenta /60 % Yellow /0% Black (Annexe 9) et de forme anguleuse(fig 3) ;

Morphotypes sporales de classe de diamètre entre]2mm et 250µm[:

Morphotype 4 : C'est une spore rugueuse de couleur grise et de forme réniforme (fig 4) ;

Morphotype 5 : la spore est de couleur grise foncé et de forme ovoïde (fig 5) ;

Morphotype 6 : la spore est de couleur grise, de forme anguleuse(fig 6) ;

Morphotype 7 : la spore est de couleur noire,de forme sphérique (fig 7) ;

Morphotype 8 : la spore est de couleur 0% Cyane / 10 %Magenta /20% Yellow / 0% Black (Annexe 9) de forme ellipsoïde (fig 8) ;

Morphotype 9 : la spore est de couleur 0% Cyane / 20% Magenta / 60% Yellow / 0% Black (Annexe 9) de forme fusiforme(fig 9).

Morphotypes sporales de classe de diamètre] 250µm et 200µm [:

Morphotype 10 : la spore est de couleur 0% Cyane / 10% Magenta / 30 % Yellow/ 10 Black (Annexe 9)de forme noduleuse (fig 10) ;

Morphotype 11 : la spore est de couleur grise, de forme anguleuse(fig 11) ;

Morphotype 12 : la spore est de couleur noir, de forme larmiforme (fig 12) ;

Morphotype 13 : la spore est de couleur noire avec une réniforme (fig 13) ;

Morphotype 14 : la spore est de couleur 20 % Cyane / 40% Magenta/ 100% Yellow / 0 %Black (Annexe 9), de forme anguleuse (fig 14) ;

Morphotype 15 : la spore est de couleur grise, de forme noduleuse (fig 15) ;

Morphotype 16 : la spore est de couleur grise, de forme anguleuse (fig 16) ;

Morphotype 17 : la spore est de couleur noire, de forme globuleuse (fig 17) ;

Morphotype 18 : la spore est de couleur grise, de forme cylindrique (fig 18) ;

Morphotype 19 : la spore est de couleur grise, de forme anguleuse (fig 19) ;

Morphotype 20 : la spore est de couleur noire, de forme globuleuse (fig 20).

Morphotypes sporales de classe de diamètre entre]100µm et 50µm[:

Morphotype 21 : la spore est de couleur 0%Cyane /40% Magenta /100% Yellow/ 10% Black (Annexe 9), de forme noduleuse (fig 21) ;

Morphotype 22 : la spore est de couleur 60% Cyane / 80% Magenta / 70% Yellow / 10% (Annexe 9) Black, de forme fusiforme (fig 22).

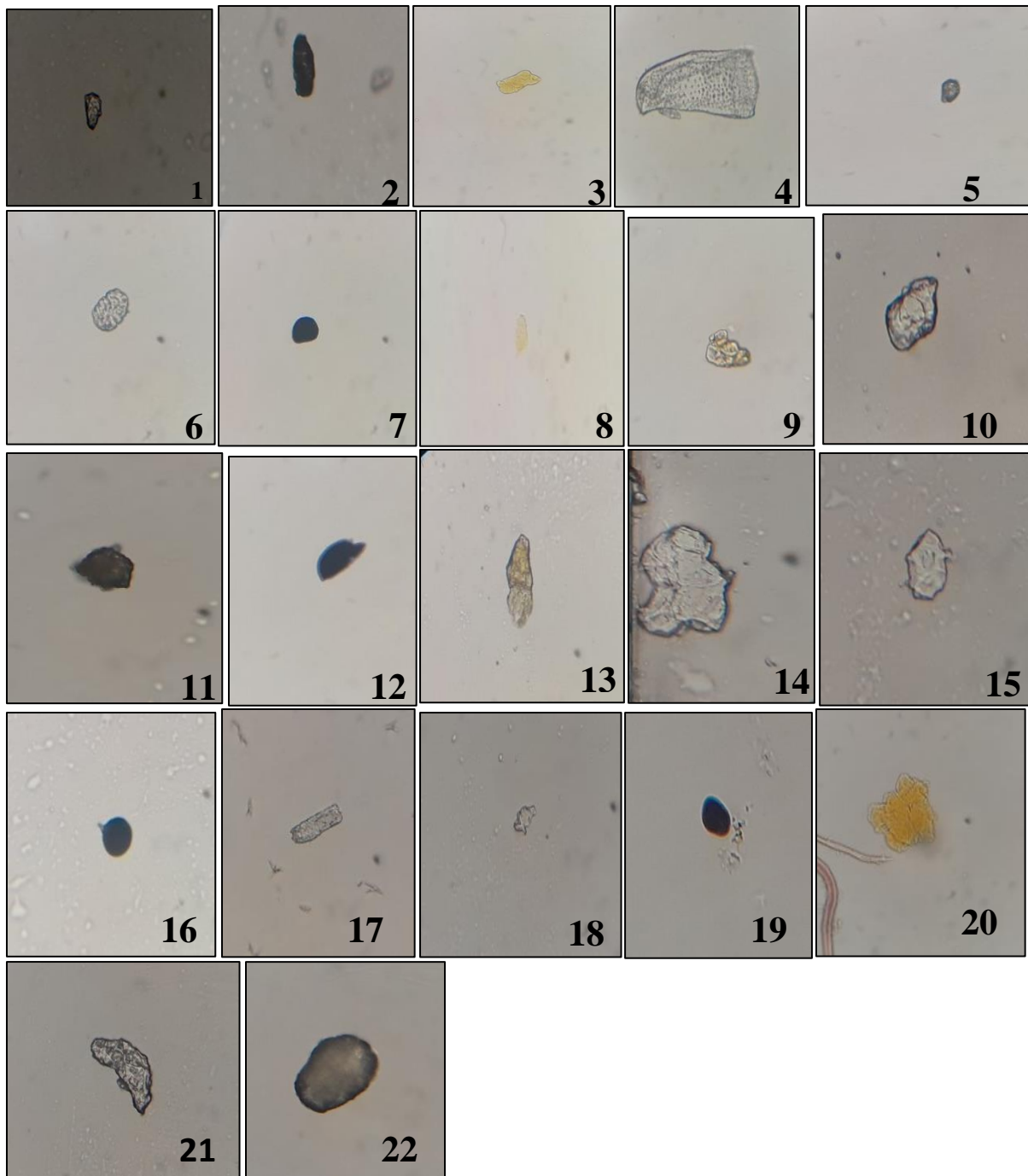


Planche 6 : Différentes morphotypes des spores de la station de Larbaa Nath Irathen (fig 1 : morphotype 1, fig 2 : morphotypes 2 , fig 3 : morphotype 3, fig 4 : morphotype 4, fig 5 :morphotype 5 , fig 6 : morphotype 6 , fig 7 :morphotype 7, fig 8 :morphotype 8 , fig 9 : morphotype 9, fig 10 : morphotype 10 , fig 11 : morphotype 11, fig 12 :morphotype 12 , fig 13 : morphotype 13, fig 14 : morphotype 14 , fig 15 : morphotype 15, fig 16 : morphotype 16 , fig 17 : morphotype 17, fig 18: morphotype 18 ,fig 19 : morphotype 19 , fig 20 : morphotype 20, fig 21 : morphotype 21 , fig 22 : morphotype 22

III.4.2. Spores isolées à partir du sol prélevé dans la station d'Ait Oumalou :

L'observation des spores dans la station d'Ait Oumalou montre la présence de 26 morphotypes.

Morphotypes sporales de classe de diamètre égale ou supérieur à 2mm :

Morphotype 1: la spore est de couleur grise, de forme fusiforme (fig 1) ;

Morphotype 2 : la spore est de couleur grise, de forme phaséoliforme (fig 2) ;

Morphotype 3: la spore est de couleur grise, de forme anguleuse (fig 3) ;

Morphotype 4: la spore est de couleur grise, de forme amygdaliforme (fig 4) ;

Morphotype 5: la spore est de couleur grise, de forme anguleuse (fig 5) ;

Morphotype 6 : la spore est de couleur 20% Cyane / 60% Magenta / 100% Yellow/ 0 % (Annexe 9) Black avec une forme globuleuse (fig 6) ;

Morphotype 7 : la spore est de couleur noire, de forme noduleuse (fig7) ;

Morphotype 8 : la spore est de couleur grise, de forme amygdaliforme (fig 8) ;

Morphotype 9 : la spore est de couleur grise, de forme ellipsoïde (fig 9) ;

Morphotype 10 : la spore est de couleur noire, de forme anguleuse (fig 10) ;

Morphotype 11 : la spore est de couleur 60% Cyane / 60% Magenta / 70% Yellow / 10% Black (Annexe 9) avec une forme globuleuse(fig 11) ;

Morphotype 12 : la spore est de couleur noire, de forme globuleuse (fig 12) ;

Morphotype 13 : la spore est de couleur grise, de forme ellipsoïde (fig 13) ;

Morphotype 14 : la spore est de couleur noire, de forme ellipsoïde (fig 14) ;

Morphotype 15 : la spore est de couleur grise, de forme cylindrique (fig 15) ;

Morphotypes sporale de classe de diamètre] 2m - 250µm [:

Morphotype 16 : la spore est de couleur grise, de forme ovoïde (fig 16) ;

Morphotype sporale de classe de diamètre] 250µm-200µm [:

Morphotype 17 : la spore est de couleur grise, de forme allantoïde (fig 17) ;

Morphotype 18: la spore est de couleur noire, de forme globuleuse (fig 18) ;

Morphotype 19 : la spore est de couleur grise, de forme fusiforme (fig 19).

Morphotype sporale de classe de diamètre] 200µm-150µm [:

Morphotype 20 : la spore est de couleur 20% Cyane / 20% Magenta / 20% Yellow/ 0% Black (Annexe 9) avec une forme noduleuse (fig 20) ;

Morphotype 21 : la spore est de couleur grise, de forme phaséoliforme (fig 21) ;

Morphotype 22 : la spore est de couleur grise, de forme pruniforme (fig 22).

Morphotype sporales de classe de diamètre] 150µm-100µm [:

Morphotype 23 : la spore est de couleur grise, de forme naviculaire (fig 23) ;

Morphotype 24 : la spore est de couleur grise, de forme pruniforme (fig 24) ;

Morphotype 25 : la spore est de couleur grise, de forme réniforme (fig 25) ;

Morphotype 26 : la spore est de couleur grise, de forme ovoïde (fig 26).

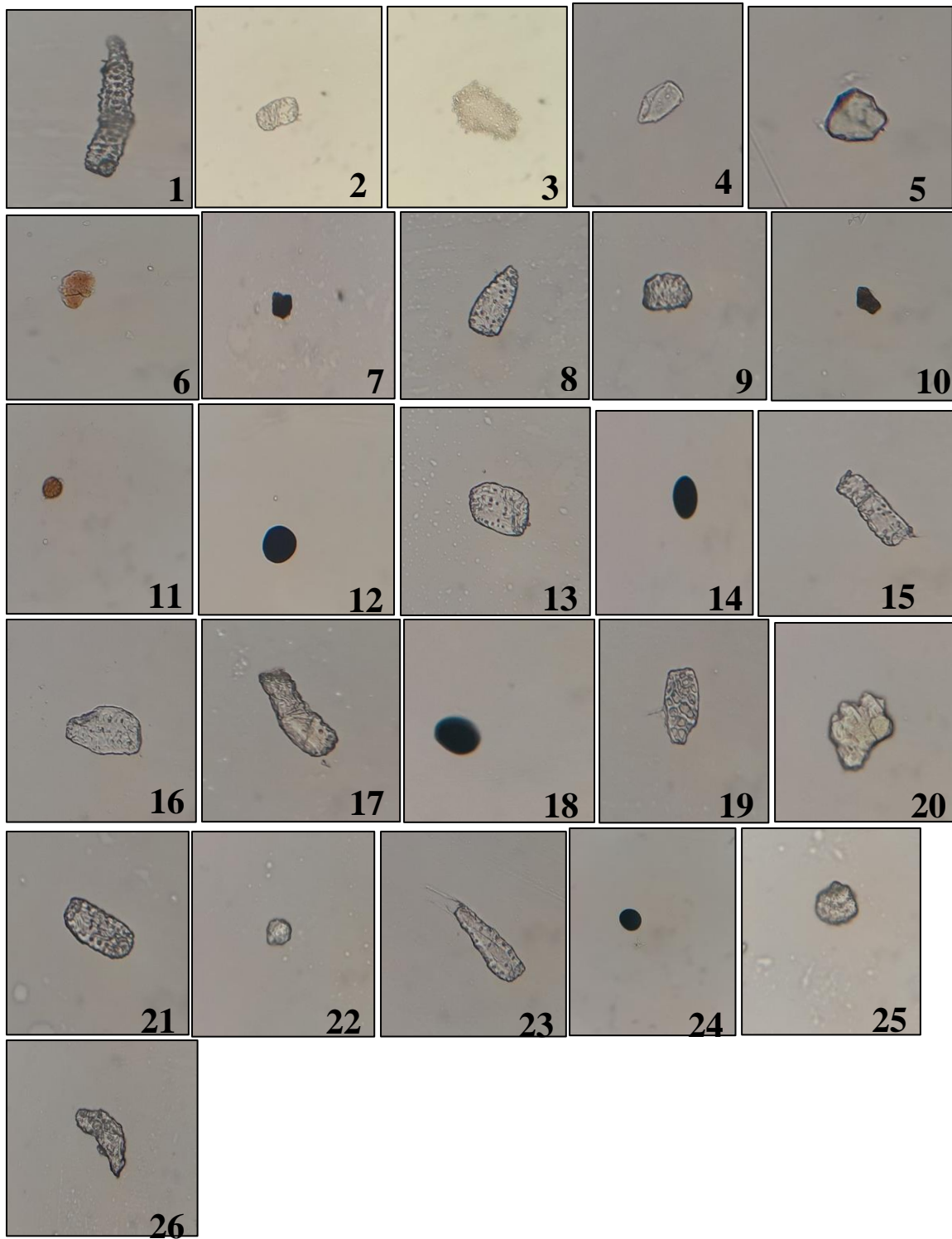


Planche 7 :Différentes morphotypes des spores de la station Ait Oumalou(fig 1 : morphotype 1, fig 2 : morphotypes 2 , fig 3 : morphotype 3, fig 4 : morphotype 4, fig 5 :morphotype 5 , fig 6 : morphotype 6 , fig 7 :morphotype 7, fig 8 :morphotype 8 , fig 9 : morphotype 9 , fig 10 : morphotype 10 , fig 11 : morphotype 11, fig 12 :morphotype 12 , fig 13 : morphotype 13, fig 14 : morphotype 14 , fig 15 : morphotype 15, fig 16 : morphotype 16 , fig 17 : morphotype 17, fig 18: morphotype 18 ,fig 19 : morphotype 19 , fig 20 : morphotype 20, fig 21 : morphotype 21 , fig 22 : morphotype 22, fig 23 : morphotype 23 , fig 24 : morphotype 24, fig 25 : morphotype 25 , fig 26 : morphotype 26)

La distribution de richesse des sols en spores selon les formes (Annexe a permis d'enregistrer une richesse sporale importante dans le sol de la station d'Ait Aougacha incendié en 2021 comparativement au sol de la station d'Ait Oumalou .Nous avons inventorié une variété de 11 formes sporales chez les deux stations étudié avec un nombre élevé de la forme globuleuse dans le sol de la station d'Ait Aougacha et anguleuse dans le sol de Ait Oumalou .C'est spores sont suivies par les spores de forme noduleuse et cylindrique dans le sol de la station d'Ait Oumalou .Les spores de forme fusiforme n'a pas été observé dans le sol incendié d'Ait Aougacha probablement son incapacité à résister au température des incendies (Figure 25).

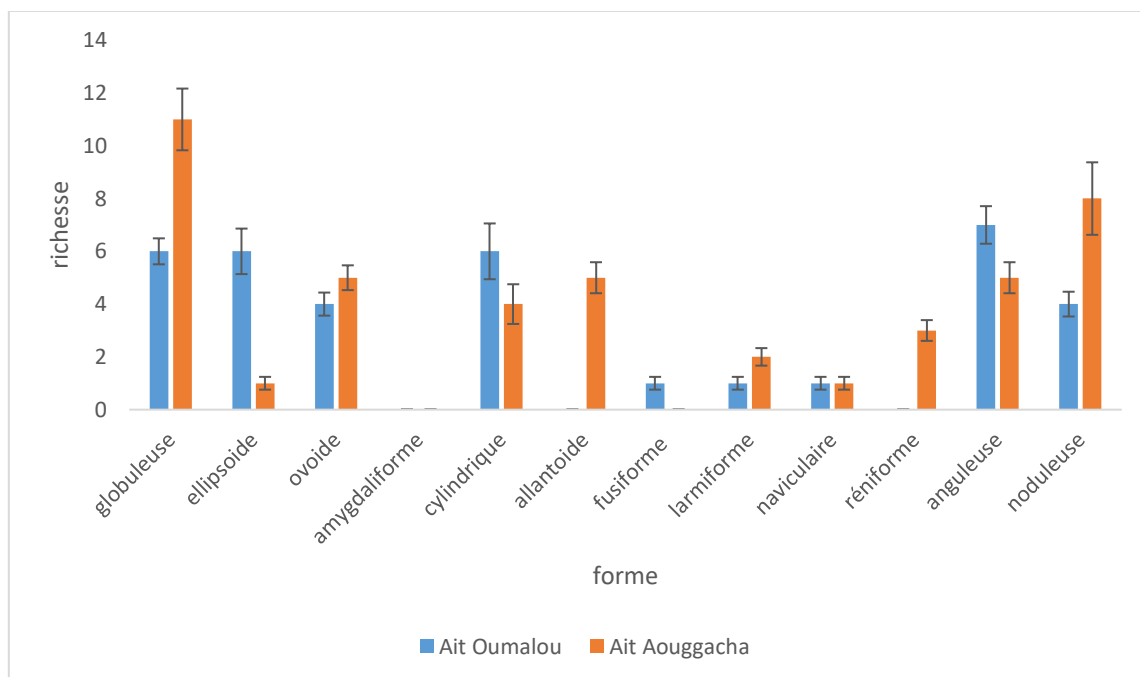


Figure 25 : Distribution des différentes formes des spores selon les stations d'Ait Oumalou et Ait Aougacha sous yeuseraie

La comparaison de la richesse sporale entre les sols des stations a révèlè une plus grande richesse de spores de couleur Blanche à l'exception des classes 200 μ m ,100 μ m et 50 μ m. Cependant, les spores de couleur jaune ont été enregistré avec une richesse moyenne de spores dans presque tous les diamètres et enfin les spores de couleur marron ont été présentent seulement dans les diamètres de 2mm et 250 μ m (Figure 26).

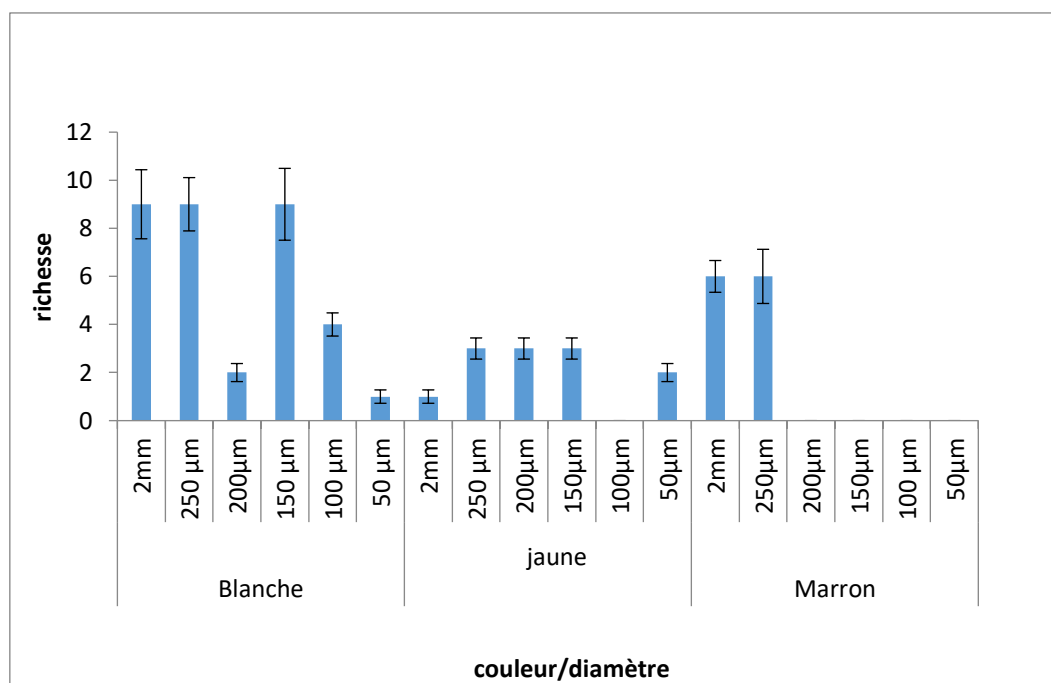


Figure 26: la richesse sporal en fonction de la couleur et de diamètre dans les stations Ait Aougacha et Ait Oumalou

Tableau 4: La richesse sporal des sols des stations Ait Aougacha et Ait Oumalou,

Les résultats obtenus montrent une richesse sporal dans les stations Ait Aougacha et Ait Oumalou avec une richesse total des deux stations de nombre 48 morphotypes

| Station | Ait Aougacha | Ait Oumalou |
|----------------------|--------------|-------------|
| Richesse sporal | | |
| Richesse totale | 48 | |
| Richesse par station | 22 | 26 |
| Spores en 2mm | 3 | 15 |
| Spores en 250µm | 6 | 1 |
| Spores en 200µm | 5 | 1 |
| Spores en 150µm | 4 | 3 |
| Spores en 100µm | 2 | 4 |
| Spores en 50µm | 2 | 1 |

III. 5 Discussion générale :

L'étude du statut ectomycorhizien, du chêne vert, au niveau des stations Ait Aouggacha, Ait Oumalou et le Parc National de Chréa a permis de répertorier 40 morphotypes ectomycorhiziens pour la saison estivale de l'année 2023 ; parmi ces morphotypes trois sont communs dans tous les arbres des différentes stations. A titre comparatif aux résultats obtenus par Adafer et Kahia (2020) sur la même espèce (*Quercus ilex L*) dans la forêt de Darna rapportent la présence de 63 morphotypes.

Nous avons enregistré, chez tous les arbres une colonisation moyenne des racines courtes. Selon les travaux d'Agerer, 2006 les ectomycorhizes appartiennent à différents types d'exploration : contact, courte distance ou moyenne et longue distance.

Les morphotypes observés présentent diverses couleurs : marron, noire, jaune, orange ; diverses distributions : simple, monopodiale penné, irrégulière penné, monopodiale pyramidale, coralloïde. La phase extra matricielle présente différents aspects : dense ficelle, cotonneuse, laineuse ou bien lisse.

La présence faible des ectomycorhizes dans les stations étudiées est probablement due aux facteurs environnementaux. En effet lors de nos sorties, nous avons constaté des incendies au niveau de la station d'Ait Aouggacha (incendie 2021) et une attaque phytophage au niveau de la station d'Ait Oumalou. Selon plusieurs auteurs (Abbott et Robsen, 1991, Sieverding, 1991, Habie et al., 1992) les champignons mycorhiziens peuvent être affectés par plusieurs facteurs environnementaux adverses : feux, changement de température de sol.

Le feu est un facteur majeur de perturbation des écosystèmes, il détruit la végétation et la biomasse forestière (FAO), ce qui veut dire une végétation morte, une dégradation de la structure du sol (pas de litière, pas de MO, pas de biologie de sol, pas d'aération de sol, ...) donc une diminution voire absence des partenaires fongiques ectomycorhiziens.

Les sols étudiés présentent un pH variant de (6,96 ; 7,08 ; 7,34). Ceci montre que les sols des stations étudiées sont d'un pH neutre. Ceci a une influence négative sur la richesse de la communauté ectomycorhizienne du chêne vert. Selon Dommergues et Mangenot (1998) la mycorhization est meilleure dans les sols légèrement acides. Les résultats obtenus de la détermination de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 des sols des deux stations présentent des valeurs très faibles (51,81 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 68,12 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 35,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ceci montre que les sols forestiers étudiés sous chêne vert ne sont pas salins et cette caractéristique témoigne de l'absence de contrainte de salinité dans ce milieu.

L'estimation de la colonisation ectomycorhizienne a montré la plus importante colonisation des racines de chêne vert incendiés par les ECMs contact avec un taux de 52% .Ces résultats suggèrent qu'après incendie, les arbres sollicitent les champignons ectomycorhiziens de type exploratoire contact pour leur moindre cout énergétique afin de dépasser la situation de crise (Agerer ,2006).

Nous avons ,également ,noté le taux élevé de la colonisation par les ECMs de type exploratoire courte distance chez tous les arbres notamment aux niveau de la station de Chréa qui a observé un taux de 98% .En effet d'après Selousse (2008),les champignons ectomycorhiziens préfère les sols acides.Ce qui explique la quantification faible des ectomycorhizes notamment du type exploratoire MLD dans la station de Chréa.

L'ACP a également révélé que la température influence négativement l'installation des ectomycorhizes à stratégie d'exploration Moyenne et Longue Distance.

A la lumière des résultats obtenus lors de notre recherche, nous avons relevé que les champignons ectomycorhiziens adaptés aux facteurs environnementaux adverses sont ceux formant des ECMs de type d'exploration courte distance car il existe dans toutes les stations pour toutes les conditions.

L'étude concernant les spores extraites dans les différents sols étudiés des stations d'Ait Aougacha et Ait Oumalou a permis d'inventorier 48 morphotypes dans les deux stations étudiée dont 22 morphotypes de la station d'Ait Aougacha et 26 morphotypes de la station d'Ait Oumalou.

Les résultats obtenue et soumis au teste de l'ANOVA révèlent l'absence total de différence entre les deux sols ; cela signifie que la richesse des sols est identique.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale et perspectives

L'étude des ectomycorhizes de chêne vert (*Quercus ilex*) dans les stations de Ait Aougacha, Ait Oumalou et le Parc National de Chréa a révélé la présence de 40 morphotypes différents avec des différents groupes fonctionnels d'explorations, dont 3 sont communs aux stations étudiées.

Une richesse morphotypique élevée est notée au niveau de la station de Chréa avec un taux d'ECM ayant une stratégie d'exploration Courte Distance assez important contrairement aux autres stations.

L'ACP nous a révélé une corrélation positive entre les différentes stratégies d'exploration des mycorhizes et l'altitude, les précipitations et la pente ainsi qu'une corrélation négative entre ces dernières et la température, le pH et l'exposition.

Les résultats obtenus de la détermination de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 des sols des deux stations présentent des valeurs très faibles (51,81 μ S/cm, 68,12 μ S/cm, 35,5 μ S/cm). Ceci montre que les sols forestiers étudiés sous chêne vert ne sont pas salins et cette caractéristique témoigne de l'absence de contrainte de salinité dans ce milieu.

Les sols étudiés présentent un pH variant de (6,96 ; 7,08 et 7,34). Ceci montre que les sols des stations étudiées sont d'un pH neutre.

Notre étude a permis de mettre en évidence la présence de différents morphotypes de spores au niveau des sols prélevés sous *Quercus ilex*, 48 morphotypes sont observés au niveau des sols de la station Ait Aougacha et Ait Oumalou.

Il serait intéressant d'élargir des travaux autour de cette espèce par une identification moléculaire d'ectomycorhizes. L'étude des communautés d'ECM du chêne vert est très complexe. Il est donc souhaitable d'approfondir cette étude en multipliant les stations et diversifiant les conditions écologiques.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- **ADAFER. L & KAHIA .C (2020)** : Contribution à la connaissance des effets des propriétés des sols sur les communautés mycorhizienne (Mémoire).UMMTO .
- **AGERER R (1987-2002)**: Color atlas of ectomycorrhiza .Schaibisch Gmund, Munch: Einhorn –verlag.
- **AGERER R. (1991)**: Characterization of ectomycorrhiza .In J .R .Norris .D.J .Read & a .K .Varma (eds) .experiments with mycorrhiza. Methods in microbiology.Acard .Press, 23:25-73.
- **AGERER R. (2001)**: Exploration types of ectomycorrhize.
- **ALATOU D (1994)** : Croissance rythmique du chêne liège et du chêne zeen .Première journée sur les végétaux ligneux – (Constantine 14 et 15 Novembre 1994).
- **B.N.E.D.E.R** : plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (P.D.A.E) de la commune d'Ait Aouggacha.
- **BELLABOD SOFIA & HAMEL LYDIA (2021- 2022)** : Approche comparative du comportement de quatre chênes élevés en pots et leurs communautés endomycorhiziennes soumis à différentes conditions de stress (Mémoire) UMMTO.
- **BOUDY P. (1955)** : Economie forestier .Nord –africaine .Ed .Larose .Paris .T4 .Description forestière de l'Algérie de la Tunisie 450p.
- **BOULLARD B (1968)**.Les mycorhizes .Ed Masson et cle.Paris .135p .
- **DAHMANI .M (1997)**. Le chêne vert en Algérie –Syntaxonomie, phytoécologie et dynamique des peuplements, thèse .Doct .Etat, Inst .Bio .USTHB, Alger. P 384.
- **DJAOUI MOUSSA (2015-2016)**: étude des mycorhizes du merisier (*prunus avium*) de la région de Beni Zmenzer, dans la Wilaya de Tizi –Ouzou (Mémoire) UMMTO.
- **DOMMERGUES ET MANGENNOT (1970)** : Ecologie microbienne du sol .Ed Masson & Cie ,796 p.

Références bibliographiques

- **FOTAN & FORTIN (1973):** Formation of ectomycorrhiza by endogoncal spore on allium under three Temperature regimes .NatCarr. 100: 476- 477.
- **FOUCARD JC. (1994) :** Les mycorhizes dans ; Filière pépinière (de la production à la plantation) .Ed .LAVOISIER 116-118 p.
- **FRANK AB (1877) :**Uber die biologischen Verhältnisse des thallus einiger Krustenflechten –Beitrage zur biologie der Pflanz en ,vol .2 , pp .123-200.
- **GARBAYE .J (2013):** La symbiose mycorhizienne .Synthèse edit –Quae .25 1p .2013.
- **GARBAYE .S & LONVOUD –FUNEL .A (1990).**Etude de la lyse de leuconostocoenos .OENO One, 24 (4), 157-166.
- **GARBAYE J. (1991):** Biological interactions in the mycorrhizosphere .Experientia, 47 (4), 370-375.
- **GARBAYE. J (1990) :** Les problèmes posés par la mycorhization contrôlée du chêne .Rev .For .Fr .XLII – 2.233 -239.
- **HACHEMI .Y & TAIBI. A (2020) :** Contribution à la connaissance des caractéristiques physico-chimique d'un sol forestier, cas de la forêt de Darna, commune d'Iboudraren (Mémoire) UMMTO.
- **HAMRIT HADJER & DERRI HANANE :** Champignons mycorhiziens chez les plantes : structures et rôles (Mémoire) UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF.
- **INVAM international culture of vesicular, arbuscular mycorrhizal fungi:**
<https://invam.wvu.edu/>
- **KADI- BENNANE .S :** Les ectomycorhizes du chêne liège : Effet des facteurs environnementaux (2016).

Références bibliographiques

- **KEPTI HAYET (2019):** Contribution à l'étude du statu endomycorhizien de *Tacus baccata* L. Dans trois stations de centre Algérien : cas de l'Akfadou ,Chrèa et Tikjda (Mémoire) UMMTO.
- **KOUMICHE F (2016) :** Effet de quelques traitements physiques sur la germination des glands et la croissance ultérieure des plantes de chêne vert (*Quercus ilex*). Mémoire de Master en foresterie, département des ressources forestière, Université de Tlemcen ,38 p.
- **LE TACON F (1997) :** Vers une meilleure prise en compte des champignons mycorhiziens dans la gestion forestière
- **LE TACON F, SELOSSE M.A (1994) :** La Place des symbioses mycorhiziennes dans l'évolution et la colonisation des continents par la vie .Acta Bot .Gallica ,141 (4) :405-419.
- **LYNCH J.M & LEIJ .F (1990):** Rhizosphere. John Wiley & Sons, Ltd.
- **LYNCH J.M .WHIPPS .J.M (1990):** Substrate flow in the rhizosphere. Plant and soil 129:1-10 p.
- **NEMOCHI SARA & OULEFKI LOUIZA (2016-2017):** étude de la rhizosphère de trois plantes dans quelques régions d'Algérie (Mémoire) Université A. Bejaia.
- **OTMANI HAYET & AKSIL ZAHIA (2015-2016):** Approche comparative du pouvoir endomycorhizogène de cinq sols forestiers UMMTO.
- **PHILIPS ET HAYMANE (1970) :** Improved procedures for clearing roots and straining parasitic and vesicular arbuscular mycorizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55 (1) :158-161.
- **SARIR .R (2016) :** Etude comparative de la croissance végétative et du développement de jeunes semis de trois espèces de chêne (chêne vert, chêne liège et

Références bibliographiques

chêne zeen) cultivés en pépinière .Thèse de master en protection des forets .Université de Tlemcen 59p.

- **SELOSSE M.A (2000):** la symbiose : Structure et fonction, rôle écologique et évolutif Ed, vuibert, Paris, 1954 p.
- **SMITH & READ DJ (1997):** Mycorrhizal symbiosis .Academic Press, San Diego, US, Ed .309 p.
- **SMITH SE & READ DJ (1997)** Mycorrhizal symbiosis .Second edition .Academic Press: Harcourt Brace and Company y publishers .605 p.
- **STRULLU D.G. (1991) :** Les emycorhizes des arbres et des plantes cultivées .Technique et Documentation –Lavoisier .Paris 3^{ème} Edition, paris ,25 p.
- **ZEGGANE MASSISSILIA :** Contribution à l'étude comparative de la communauté ectomycorhizienne de trois populations de *Juniperus communis* dans le Parc National de Djurdjura (Mémoire) UMMTO.

Annexes

Annexe 1 : Préparation de la potasse (KOH à 10 %) :

- Peser 10g de KOH
- Mettre dans un bécher
- Ajuster à 100 ml avec de l'eau distillé
- Faire agiter le tout avec un agitateur magnétique pendant 10min

Annexe 2 : Préparation de lactoglycérol :

- Un volume d'acide lactique
- Un volume de glycérol
- Un volume d'eau distillé

Annexe 3 : Préparation de FPA :

- Formol (3%),
- Acide propionique (5%)
- Ethanol à (70%).








Annexe 4: Classe des pH d'après CALVET et VILLEMIN (1986)

| pH | Qualification des sols |
|------------|-------------------------------|
| pH<5 | Fortement acide |
| 5<pH<6 | Franchement acide |
| 6<pH<6,5 | Légèrement acide |
| 6,6<pH<7,3 | Neutre |
| 7,4<pH<7,7 | Légèrement alcalin |
| Ph>7,8 | Alcalin |







Annexe 5 : Conductivité électrique selon DENIS BAIZE (2000)

| Classe | CE en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C | Qualité des sols |
|------------|--------------------------------------|------------------|
| Classe I | 0 à 500 | Non salé |
| Classe II | 500 à 1000 | Légèrement salé |
| Classe III | 1000 à 2000 | Salé |
| Classe IV | 2000 à 4000 | Très salé |
| Classe V | Plus de 4000 | Extrêmement salé |


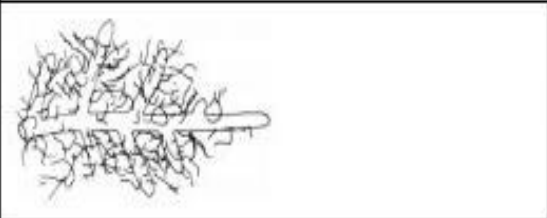

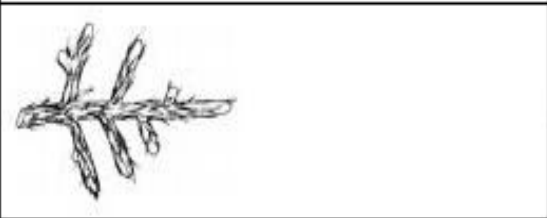
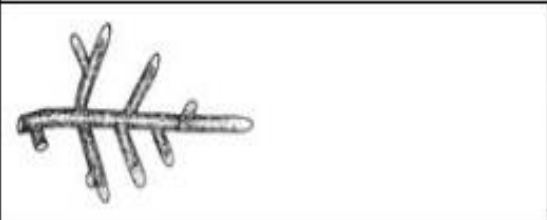
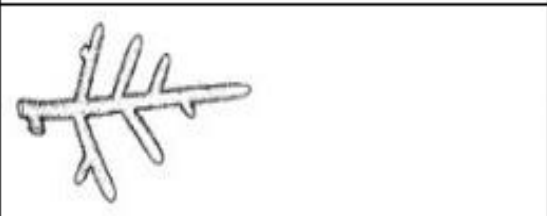
Annexe 6 : Différente forme de distributions (www.Deemy.de)

| | | |
|---|------------------------------------|--|
|  | 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 7 : Différentes formes des pointes des ectomycorhizes (www.Deemy.de)

| | |
|---|-----------------------------|
|  | Droite |
|  | Courbée |
|  | Sinueuse |
|  | Tortueuse |
|  | Apex plus large que la base |
|  | Perlée |

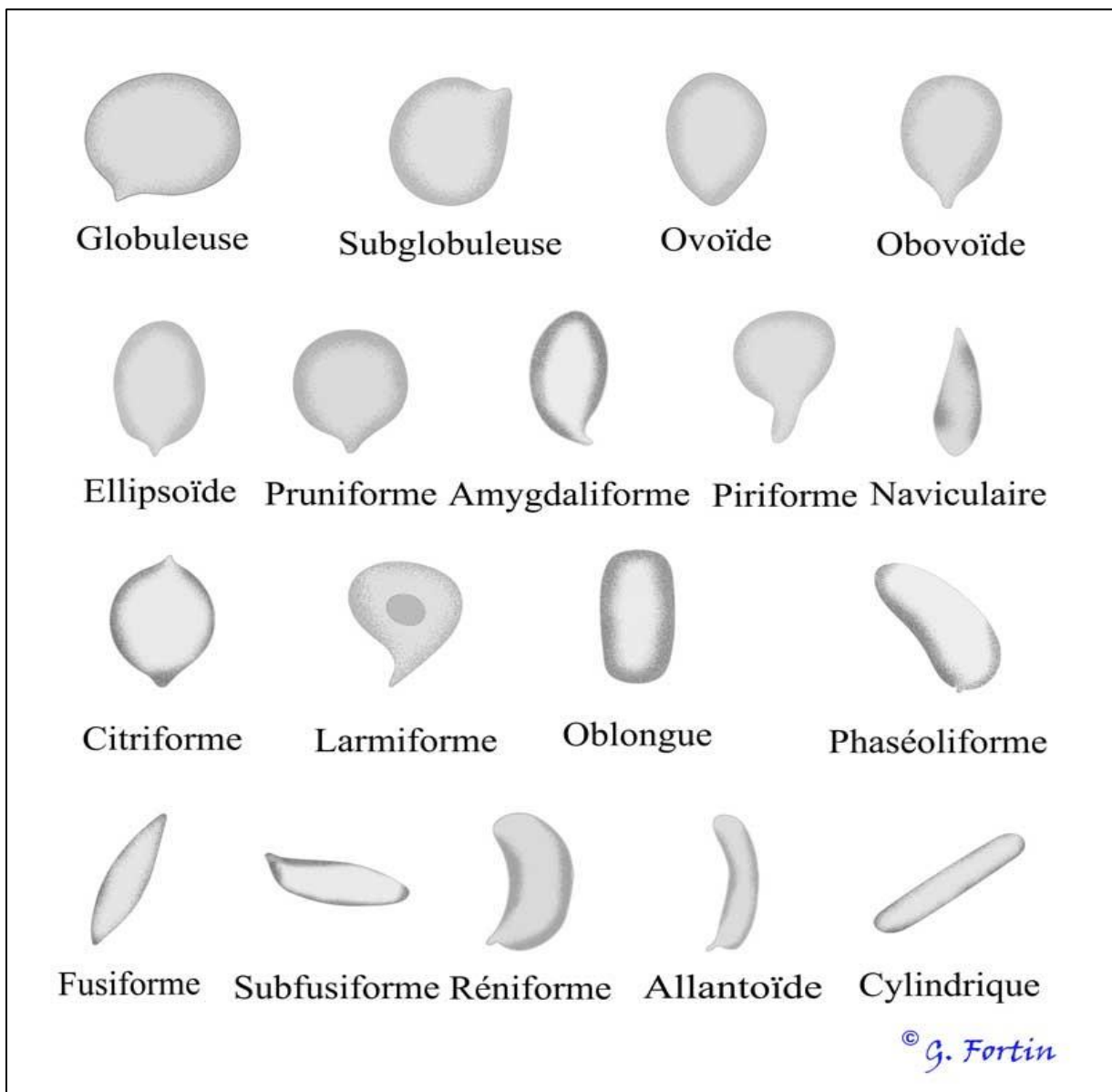
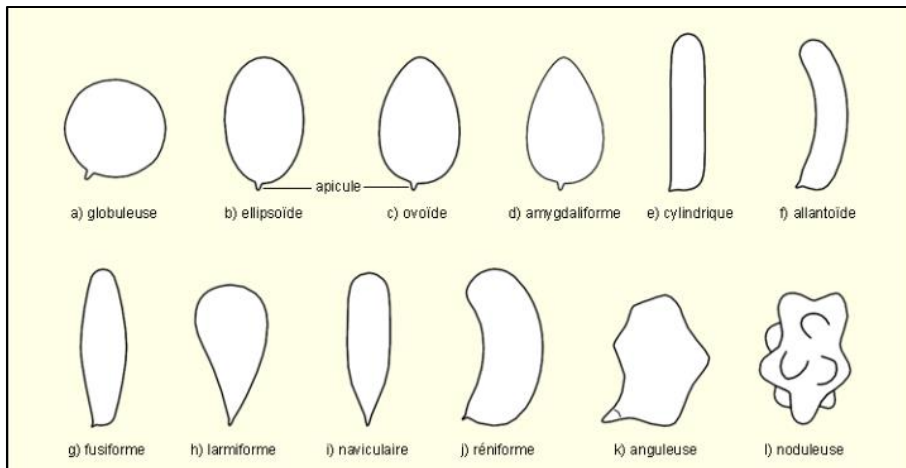
Annexe 8: Différentes formes du manteau des ectomycorhizes (www.Deemy.de)

| | |
|---|-----------------|
|  | Granuleuse |
|  | Laineuse |
|  | Cotonneuse |
|  | Denses ficelles |
|  | En feutrage |
|  | Lisse |

Annexe 9: INVAM



Annexe 10 : Formes de spores



Annexes

Annexe 11 : Matrice de corrélation entre les variables d'étude (2023)

| | M | M% | NM | C | C% | CD | CD% | MLD | MLD% | pH | Pmm | Température | Pente | Altitude | Exposition |
|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| M | 1 | 0,68 | 0,57 | 0,32 | 0,06 | -0,11 | -0,63 | 0,50 | 0,15 | 0,15 | 0,53 | -0,53 | 0,48 | -0,41 | 0,34 |
| M% | 0,68 | 1 | -0,08 | 0,17 | 0,03 | 0,42 | -0,11 | 0,00 | -0,21 | 0,54 | 0,13 | -0,13 | 0,07 | 0,02 | 0,65 |
| NM | 0,57 | -0,08 | 1 | 0,17 | 0,05 | -0,27 | -0,72 | 0,76 | 0,58 | -0,53 | 0,68 | -0,68 | 0,70 | -0,72 | -0,37 |
| C | 0,32 | 0,17 | 0,17 | 1 | 0,95 | 0,08 | -0,01 | -0,07 | -0,18 | 0,35 | 0,37 | -0,37 | 0,31 | -0,22 | 0,51 |
| C% | 0,06 | 0,03 | 0,05 | 0,95 | 1 | 0,23 | 0,16 | -0,16 | -0,17 | 0,28 | 0,31 | -0,31 | 0,26 | -0,19 | 0,41 |
| CD | -0,11 | 0,42 | -0,27 | 0,08 | 0,23 | 1 | 0,60 | -0,39 | -0,37 | 0,42 | -0,15 | 0,15 | -0,19 | 0,24 | 0,42 |
| CD% | -0,63 | -0,11 | -0,72 | -0,01 | 0,16 | 0,60 | 1 | -0,90 | -0,78 | 0,61 | -0,75 | 0,75 | -0,77 | 0,80 | 0,43 |
| MLD | 0,50 | 0,00 | 0,76 | -0,07 | -0,16 | -0,39 | -0,90 | 1 | 0,91 | -0,73 | 0,85 | -0,85 | 0,88 | -0,91 | -0,53 |
| MLD% | 0,15 | -0,21 | 0,58 | -0,18 | -0,17 | -0,37 | -0,78 | 0,91 | 1 | -0,88 | 0,76 | -0,76 | 0,82 | -0,88 | -0,73 |
| pH | 0,15 | 0,54 | -0,53 | 0,35 | 0,28 | 0,42 | 0,61 | -0,73 | -0,88 | 1 | -0,48 | 0,48 | -0,56 | 0,66 | 0,96 |
| Pmm | 0,53 | 0,13 | 0,68 | 0,37 | 0,31 | -0,15 | -0,75 | 0,85 | 0,76 | -0,48 | 1 | -1,00 | 1,00 | -0,97 | -0,21 |
| Température | -0,53 | -0,13 | -0,68 | -0,37 | -0,31 | 0,15 | 0,75 | -0,85 | -0,76 | 0,48 | -1,00 | 1 | -1,00 | 0,97 | 0,21 |
| Pente | 0,48 | 0,07 | 0,70 | 0,31 | 0,26 | -0,19 | -0,77 | 0,88 | 0,82 | -0,56 | 1,00 | -1,00 | 1 | -0,99 | -0,29 |
| Altitude | -0,41 | 0,02 | -0,72 | -0,22 | -0,19 | 0,24 | 0,80 | -0,91 | -0,88 | 0,66 | -0,97 | 0,97 | -0,99 | 1 | 0,42 |
| Exposition | 0,34 | 0,65 | -0,37 | 0,51 | 0,41 | 0,42 | 0,43 | -0,53 | -0,73 | 0,96 | -0,21 | 0,21 | -0,29 | 0,42 | 1 |

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

La problématique de conservation des espèces forestières dans le contexte actuel du changement climatique passe entre autre par la connaissance des partenaires symbiotiques permettant aux espèces de résister aux conditions climatiques défavorables . Dans ce contexte ,nous nous sommes intéressés au chene vert (*Quercus ilex*) et sa communauté ectomycorhizienne dans la Daira de Larbaa Nath Irathen (Tizi Ouzou) et le Parc National de Chréa (l'Atlas Blidéen) .Une évaluation comparative a été réalisée sur des arbres sains, malade et incendiés dans les stations d'Ait Aouggacha et Ait Oumalou dans la région de Larbaa Nath Irathen (LNI) et le Parc National de Chréa .L'échantillonnage a été effectué durant les mois de Mars et Juin 2023 .L'observation et l'étude morpho-anatomique selon la méthode d'Agerer (1987 -2006) des différentes stations étudié a permis de distinguer 40 morphotypes ectomycorhiziens (ECMs) parmi ces quarante morphotypes nous avons relevé la richesse morphotypique commune aux trois stations étudiés .Les résultats ont permis de noter la présence des trois types d'exploration d'ECMs chez les arbres des stations de Larbaa Nath Irathen et le Parc National de Chréa à savoir le type contact (C) ,courte distance (CD) et moyenne et longue distance (MLD) .Les ectomycorhizes MLD se sont révélées plus abondante au niveau des arbres des trois stations avec une plus grande richessz chez les arbres incendiés . L'analyse de l'effet des facteurs écologiques sur la communauté ECM a révélé un effet positif de l'altitude ,les précipitations et la pente sur les différentes stratégies d'exploration des ECMs .Inversement ,un effet négatif a été enregistré de la température,Ph et exposition sur l'installation des champignons ectomycorhiziens chez le chene vert . L'analyse de la richesse des sols sous les yeuseraies d'étude a permis de d'enregistrer une richesse en morphotype sporale de 48 morphotypes.

Mot clés : *Quercus ilex*, ectomycorhizes, type d'exploration, spores, Larbaa Nath Irathen ,Parc National de Chréa

Abstrat :

The problem of conserving forest species in the current context of climate change requires ,among other things, knowledge of the symbiotic partners that enable species to withstand unfavourable climatic conditions .In this context ,we look an interest in the holm oak (*Quercus ilex*) and its ectomycorrhizal community in the Daira of Larbaa Nath Irathen (Tizi Ouzou) and the Chréa National Park (Atlas Bildéen) .A comparative assessment was carried out on healthy ,deseased and burnt burnt trees at the Ait Aouggacha and Ait Oumalou stations in the Larbaa Nath Irathen (LNI) and the Chréa National Park ,with sampling carried out in March and June 2023 .Observation and morpho-anatomical study according to the Agerer method (1987-2006) of the different stations studied made it possible to distiguish 40 ectomycorrhizal morphotypes (ECMs) among these forty morphotypes we noted the morphotypic richness common to the three stations studied .The results made it possible to note the presence of the three types of exploration of ECMs in the trees of stations of Larbaa Nath Irathen and that two to know short distance (CD) and Medium and Long Distance (MLD) .MLD ectomycorrhizae were found to be more abundant in the trees at the three sites ,with greater abundance in the burnt trees.Analysis of the effect of ecological factors on the ECM community of Holm Oak revealed a positive effect of altitude ,precipitation and temperature on the different ECM exploration strategies .Conversely ,a negative effect was recorded for temperature ,ph and exposure on the installation of ectomycorrhizal fungi in Holm Oak.Analysis of the richness of the soils under the Holm Oak forest studied enabled us to record a richness of 48 spores morphotypes.

Key words: *Quercus ilex* ,ectomycorrhizae, exploration type, spores ,Larbaa Nath Irathen, The Chréa National Parc.

