

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 des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études



En vue de l'obtention du Diplôme de Master en science de la nature et de la vie
Spécialité : ECOLOGIE FORESTIERE ;
Diversité, Dynamique et Adaptation

Thème

*Contribution à l'étude de la communauté ectomycorhizienne
Chez Quercus canariensis, chez les adulte in natura,
« Cas de la forêt de Béni Ghobri ». Et chez les jeunes plants
Elevés aux conditions en différents régimes d'arroses.*

Présenté par :

M^{me} AIT GHERBI Aldjia

Devant le jury :

Promotrice : Dr KADI-BENANE S.

Co-promotrice : M^{me} BEDAD KARIMA

Présidente : Pr ADJOUDN SADADOU Djamila

Examinatrice : Dr HARCHAOUI BOURNINE Ch.

MCB UMMTO

Ingénieur de labo.

Professeur UMMTO

MCB UMMTO

Promotion 2017/2018

Dédicaces

A mes chers parents

A mon mari

A la mémoire de mes beaux parents

A mes frères et sœurs

A mes nièces et neveux

A tous les membres de ma grande famille et voisins.

A tous ceux qui me sont chers.

Je dédie ce modeste travail

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier ma promotrice Mme KADI-BENNANE Saliha, pour votre confiance et pour m'avoir transmis une passion inlassable pour les champignons mycorhiziens que j'ai découvert avec vous. Merci pour votre aide précieuse et pour le temps que vous m'avez consacré.

Merci également à ma co-promotrice Mme BEDADE Karima, pour sa disponibilité, pour sa patience avec laquelle elle a su me supporter lors de mes questions

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

Au Professeur ADJOUD SADADOU Djamila Qui a accepté de présider le jury, me fait le plaisir d'examiner mon travail et à apporter ses remarques de professionnel dans le domaine des mycorhizes, à fin d'améliorer ce travail.

Au docteur BOURNINE-HARCHAOUI Chafia, qui a bien voulu accepter d'examiner ce présent travail et à apporter ses critiques à fin d'améliorer la qualité de ce travail.

J'envoie ensuite mes plus sincères remerciements au chef de master « écologie forestière » Mme KROUCHI Fazia, qui nous a encouragés avec patience, qui n'a jamais hésité d'apporter tout ce qu'il peut améliorer notre niveau, et d'enrichir notre savoir.

Liste des abréviations

BMR : biomasse racinaire.

BMA : biomasse aérienne.

BMFF : biomasse des feuilles fraîches.

BMFS : biomasse des feuilles saturées.

BM : bois moyen.

C : contact.

CD : courte distance.

ECM : ectomycorhize.

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

FTF : feuille terminale à l'état frais.

FTS : feuille terminale saturée.

FS : feuille terminale sèche.

GTB : gros bois.

H : hauteur.

LG : longueur des glands.

IG : largeur des glands.

MFS : matière sèche des feuilles.

MLD : moyenne et longue distance.

My : mycorhize.

P : perché.

PB : petit bois.

Rh : rhizomorphe.

R/Rob : Ration de Robustesse.

r1 : régime d'arrosage avec un intervalle de 5 jours.

r2: régime d'arrosage avec un intervalle de 55 jours.

TOT : total.

Øc : diamètre au collet.

Liste des figures

Fig.1 : schéma d'une relation symbiotique entre l'arbre et le champignon (Jacky, 2014).....	3
Fig.2 : schéma d'une coupe transversale montrant les principaux types d'associations symbiotiques entre des champignons du sol et des racines de végétaux.....	4
Fig.3. Etapes de la colonisation des racines par un champignon mycorhizien à arbuscules.....	5
Fig.4: les différents types de manteaux selon Agerer & Rambold (2004-2013).....	7
Fig.5 : types d'organisation des cordons myceliens.....	8
Fig.6: Des hyphes individuelles à paroi hydrophile assurent la continuité du film d'eau capillaire entre les microagrégats du sol	9
Fig.7: Des cordons d'hyphes hydrophobes conduisent l'eau	9
Fig. 8 : Différents types de rhizomorphes selon Agerer (1999- 2006).....	11
Fig. 9 : différents types d'exploration selon Agerer (2001).....	13
Fig.10: distribution morphologique des ectomycorhizes.....	14
Fig.11 : rôles des mycorhizes dans l'utilisation de phosphore.....	16
Fig.12 : rôle des mycorhizes dans l'utilisation de l'azote.....	17
Fig.13 : les différents mécanismes de résistance des racines mycorhizées, aux agents pathogènes telluriques.....	18
Fig.14: l'aire de répartition de <i>Quercus canariensis</i> dans le monde.....	21
Fig.15 : image satellitaire de la zone d'étude dans la forêt de Béni Ghobri.....	26
Fig.16 : zone d'étude, forêt de Béni Ghobri.....	26
Fig.17 : Quelques représentations photographiques des espèces du sous bois de la zone d'étude.....	27
Fig.18 : prélèvement des échantillons sur terrain.....	28
Fig.19 : matériels utilisés pour la description des ECM de chêne zeen.....	29
Fig. 20 : les différents plants issus selon régime d'arrosage (2017).....	30
Fig.21 : les différents paramètres mesurés.....	31
Fig.22 : la variation moyenne de la hauteur et le diamètre au collet, et le ratio de robustesse.....	33
Fig.23 : la variation moyenne de la BMFF, BMFS et MFS.....	36
Fig. 24 : la variation moyenne de la BMR et BMA.....	37
Fig.25 : Exemple de trois plants de chêne zeen produits par un seul gland.....	38
Fig. 26 : distribution morphologique et typologique chez les adultes.....	39
Fig. 27: classement morphotypique des ECM chez les adultes	40
Fig.39 : type d'exploration selon catégorie d'âge.....	87

Liste des figures

Fig.40 : la richesse morphologique et typologique chez les plants arrosés tous les 5 jours pendant 55 jours.....	89
Fig. 41 : la richesse morphologique et typologique chez les plants avec rupture d'arrosage...	90
Fig.42 : classement morphotypique des ECM chez les jeunes plants.....	91

Liste des tableaux

Tab.1 : classification du chêne zeen	22
Tab.2: résultats des analyses descriptives de la distribution des différentes variables mesurées à différent intervalle d'arrosage.....	33
Tab.3 : Référence de diamètre, âge et selon la catégorie de bois.....	86
Tab.4 : classements des arbres adultes de chêne zeen selon la catégorie de bois.....	86
Tab.6 : indice de similarité de <i>jaccard</i>	88
Tab.7 : indice de similarité de Sorensen.....	88
Tab. 8: indice de distance	88
Tab.9 : étude comparative entre catégorie d'âge.....	89

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Généralités sur les mycorhizes et la plante hôte « *Quercus canariensis* »

I-Généralités sur les mycorhizes

Introduction	2
1-les types de mycorhizes.....	3
1-1-les ectendomycorhizes	3
1-2-les endomycorhizes	4
1-2-a-les endomycorhize à arbuscule	4
1-3-les ectomycorhizes.....	5
1-3-a-la structure anatomique des ectomycorhizes	6
1-3-b-types d'exploration des ectomycorhizes.....	10
1-3-c- les différentes distributions morphologiques des ectomycorhizes	12
2-Rôles des mycorhizes.....	13
3-l'écologie des champignons ectomycorhiziens.....	18

II -Caractéristiques générales de la plante hôte « *Quercus canariensis* »

1-L'aire de répartition de chêne zeen (<i>Quercus canariensis</i>)	19
2-Caractéristiques botanique	20
3-Importance économique.....	21
4-Caractères écologiques.....	21

Chapitre II : Matériels et méthodes

1-Zone d'étude	27
2-Matériels et méthodes	28

3-Traitement et statistique	31
-----------------------------------	----

Chapitre III: Résultats et discussion

I-Caractéristiques physiques des plants âgés de 5 mois élevés en pots.....	33
I-1-Analyse descriptive	33
I-2-Hauteur, diamètre au collet et le ratio de robustesse	34
I-3-Biomasse foliaire et la matière sèche des feuilles	35
I-4-Biomasse de la partie aérienne et la partie racinaire	36
II-Morphologie et typologie fonctionnelle de la communauté ectomycorhizienne du chêne zeen.....	39
1-Chez les adultes <i>in natura</i>	39
1-1-Classement des morphotypes ectomycorhiziens selon leur mode d'exploration	40
1-1-a-Exploration en contacte	40
1-1-b-Exploration à courte distance	42
1-1-c-Exploration à moyen et longue distance	59
1-2-Succession de la communauté ectomycorhizienne.....	86
1-2-a-Entre individus.....	87
1-2-b-Entre catégorie d'âge.....	88
2-Chez les jeunes plants	89
2-a-Les plants arrosés tous les 5 jours.....	89
2-b-Les plants avec rupture d'arrosage pendant 55 jours.....	90
2-1-Classement des morphotypes ectomycorhiziens chez les petits plants pour les deux types d'arrosage selon leur mode d'exploration	91
2-1-a-Exploration en contacte	91

Sommaire

2-1-b-Exploration à courte distance	95
2-1-c-Exploration à moyen et longue distance	111
CONCLUSION GENERALE	117

.....

Sommaire

Introduction générale

Les champignons mycorhiziens ont suscité beaucoup d'intérêts durant les vingt dernières années, à cause de leur effet favorable principalement sur l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs (Strullu, 1990 ; Brundrett & Strullu, 1991). Dans la symbiose mycorhizienne, le champignon assure l'essentiel de la nutrition minérale de la plante et améliore également sa croissance par divers processus. En contre partie, l'arbre fournit au champignon des substances carbonées simples, nécessaires à son métabolisme de base, et des substances plus complexes indispensables à sa fructification (Le Tacon & Bouchard, 1991).

La symbiose accélère l'innovation évolutive et favorise l'expansion et la diversification des espèces. Elle joue également un rôle moteur dans la richesse, la stabilité et la complexité des écosystèmes par ses effets régulateurs sur les populations et les communautés d'organismes qui lui sont directement ou indirectement associées (Gardes *et al.*, 2003).

De nombreuses études ont été réalisées sur plusieurs essences forestières des zones tempérées, aussi bien les feuillus, que les résineux (Strullu, 1984, 1991).

En Algérie, des tentatives de mycorhization ont été entreprises sur le Pin d'Alep (Kadik, 1973, Rouchiche, 1984), sur le Cèdre de l'Atlas (Nezzar-Hocine *et al.* 1991, 1994). Les travaux relatifs à l'association mycorhizien chez *Quercus canariensis* sont rares et en Algérie sont inexistant.

L'objectif de ce travail est d'apporter des éléments de connaissance :

Dans un premier temps, nous avons étudié les paramètres physiques des jeunes plants de 5 mois soumis à des conditions semi-contrôlées et à des régimes d'arrosage différent par intervalle d'arrosage.

Dans le deuxième temps, nous avons étudié la richesse morphotypique et typologique ectomycorhiziennes chez les adultes *in natura*, et chez les jeunes plants de 5 mois soumis à différents régimes d'arrosages.

Ce présent travail est de ce fait scindé en cinq chapitres :

- introduction générale.
- la synthèse bibliographique relative au mycorhize et au chêne zeen en chapitre 1
- la présentation de la zone d'étude et matériels et méthodes en chapitre 2.
- traitement des données, l'interprétation et la discussion des résultats obtenus en chapitre 3.
- Conclusion générale.

I-Généralités sur les mycorhizes

Dans les écosystèmes forestiers, les racines des arbres sont associées à des champignons qui jouent un rôle primordial dans l'acquisition des éléments minéraux et de l'eau à partir de sol (Le tacon, 1997). (fig.1)

Un simple examen microscopique révèle que les racines fines absorbantes des arbres, comme celles de la très grande majorité des plantes terrestres, sont en fait des organes mixtes formés par l'association entre un champignon et les tissus du cortex racinaire. Il s'agit d'une symbiose mutualiste, c'est-à-dire d'une association spécifique, intime, durable et à bénéfice réciproque entre deux organismes. De telles symbioses mutualistes sont extrêmement fréquentes et dominant tous les types d'écosystèmes terrestres et marins. Il est désormais admis qu'elle constitue le principal moteur de l'évolution, en offrant à la sélection naturelle des sauts adaptif beaucoup plus rapide que les mutations (Drenou *et al.*,2006).

Les symbioses végétales les plus répandues dans les écosystèmes terrestres sont appelés mycorhizes. Les mycorhizes jouent un rôle essentiel à l'échelle de l'écosystème et du peuplement, de l'arbre et de la cellule. En effet, à l'A échelle de l'écosystème et du peuplement, les mycorhizes participent au maintien de la biodiversité végétale et fongique, à la régénération naturelle et au fonctionnement des cycles biogéochimiques (minéralisation de la matière organique, altération des minéraux). A l'échelle de l'arbre, les mycorhizes assurent l'essentiel de la nutrition hydrominérale, protègent les racines contre les agents pathogènes et renforcent la résistance aux stress abiotiques. Enfin, à l'échelle de la cellule, les mycorhizes participent au maintien de l'homéostasie ionique et osmotique (Bâ *et al.* 2011). De ce fait, Smith & Read, (2008) attestent que la majeure partie des espèces végétales ne peut se développer sans l'établissement d'une symbiose mycorhizienne fonctionnelle au sein de leur système racinaire.

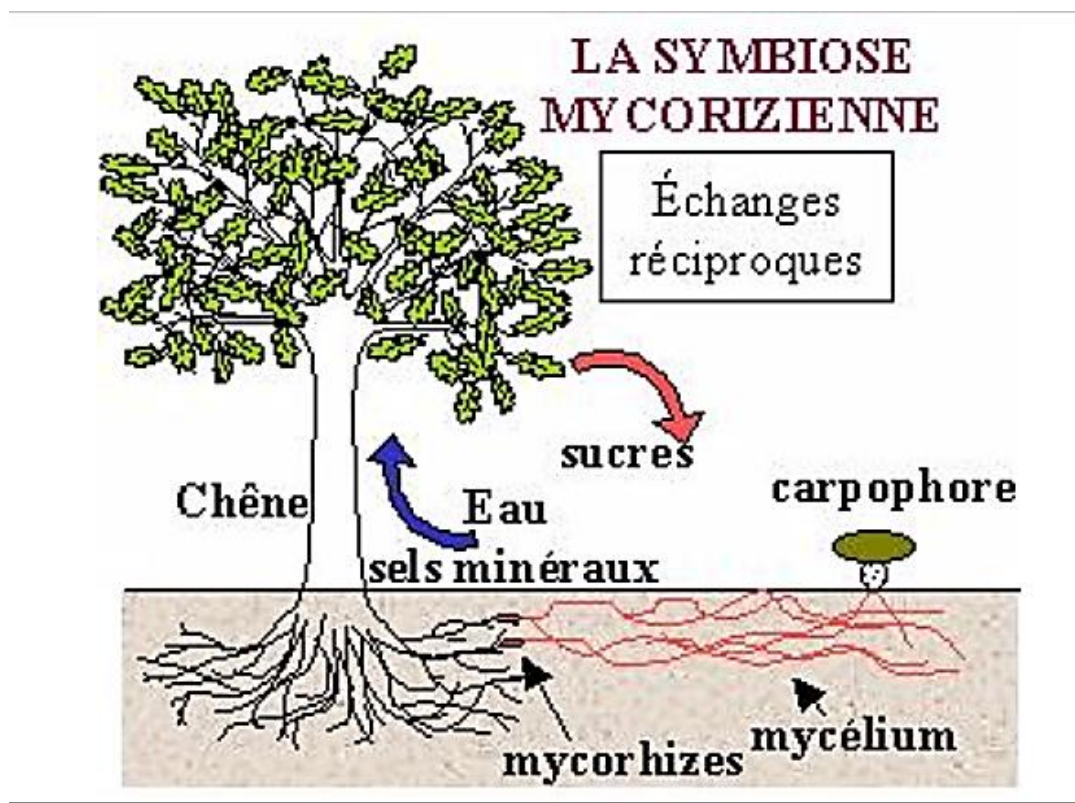


Fig.1 : schéma d'une relation symbiotique entre l'arbre et le champignon
(Jacky, 2014).

I-1-Les types de mycorhizes

On distingue plusieurs types de mycorhizes. Les endomycorhizes à arbuscules, mycorhizes éricoïdes et orchidoïdes, les ectomycorhizes et les ectendomycorhizes (fig.2).

I-1-1-LES ECTENDOMYCORHIZES : les ectendomycorhizes forment un groupe particulier présentant à la fois des caractéristiques d'ectomycorhizes (présence du manteau et du réseau de Hartig) et des endomycorhizes (colonisation des cellules racinaires bien organisées par le champignon) (Strullu, 1991).

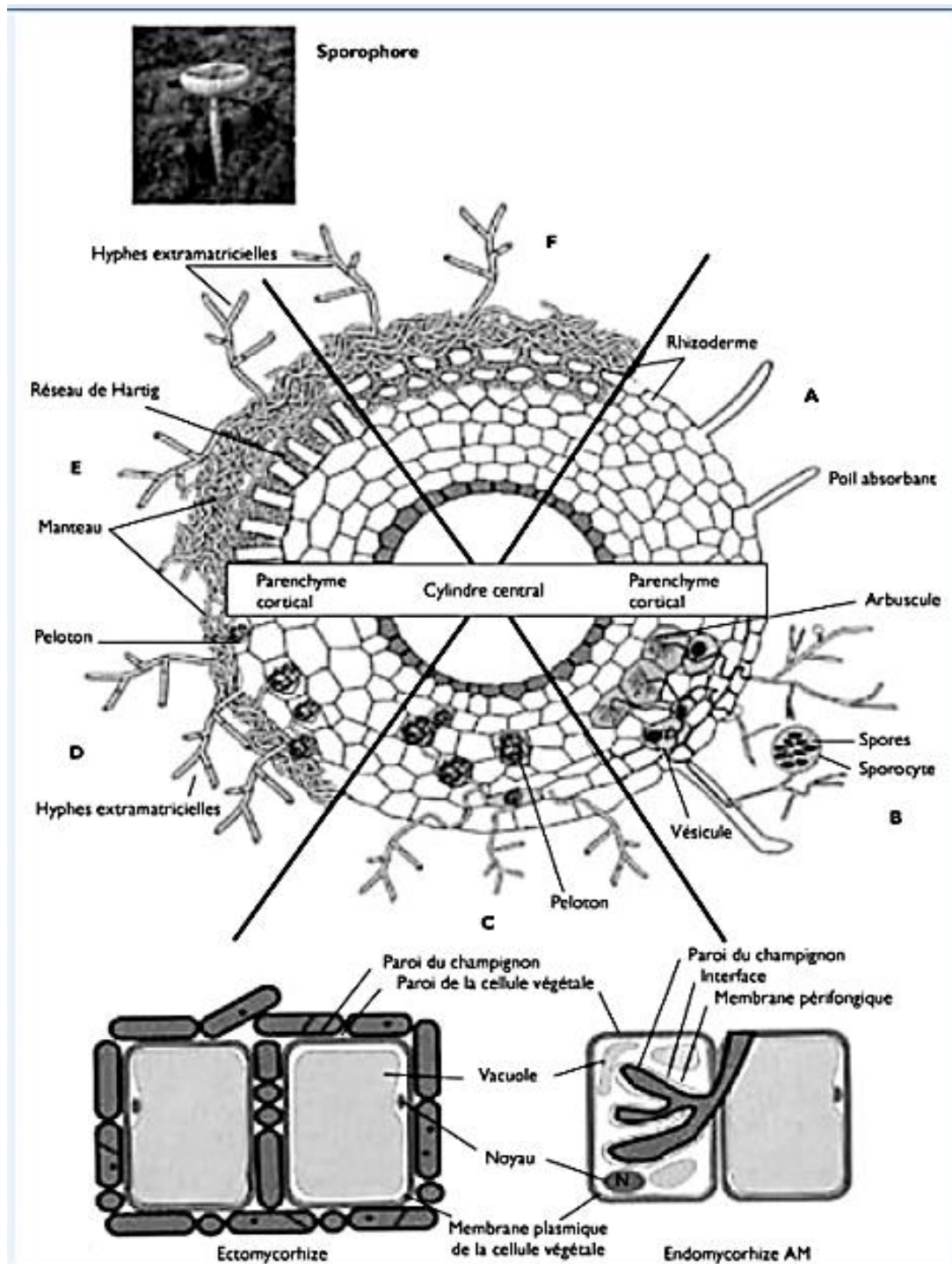


Fig.2 : schéma d'une coupe transversale montrant les principaux types d'associations symbiotiques entre des champignons du sol et des racines de végétaux.

(A) racine sans mycorhize, (B) endomycorhizes à vésicules et à arbuscules ; (C) endomycorhizes à pelotons, (D) ectendomycorhizes, (E) ectomycorhizes chez les Angiospermes, (F) ectomycorhizes chez les Gymnospermes (Duhoux et Nicole, 2004) in Bâ & al. (2011).

I-1-2-LES ENDOMYCORHIZES : Les endomycorhizes à vésicules et à arbuscules, formées par les champignons appartenant à la famille des Endogonacées, sont les plus communes et les plus étudiées. Les endomycorhizes à pelotons sont produites par des Basidiomycètes ou des Ascomycètes. Ils sont caractéristiques de diverses espèces d'Ericacées (mycorhizes éricoides), des orchidacées ou de certaines Cistacées (mycorhizes à *Terfezia*) (Daxheimern et Pargney, 1991).

I-1-2-a-LES ENDOMYCORHIZES A ARBUSCULES : le développement des champignons formant des mycorhizes à arbuscules se fait à l'intérieur et à l'extérieur de la racine. La phase extramatricielle de la mycorhize est constituée par un réseau d'hyphes connectés à la racine et qui s'étendent autour sur plusieurs centimètres. Ces hyphes d'un diamètre environ 20µm ont la particularité de ne pas avoir des cloisons. La phase intramatricielle est constituée d'hyphes, de vésicules et arbuscules. Les hyphes sont la prolongation des hyphes externes. Les vésicules sont des organes ovoïdes constitués par le renflement d'un hyphe à l'intérieur ou entre les cellules, c'est un organe de réserve, de survie et de reproduction. Les arbuscules sont constitués par la ramification dichotomique des hyphes dans les cellules voisines de l'endoderme. Ils sont la zone d'échange d'éléments nutritifs entre la plante et le **champignon**. En fin de cycle végétatif de la plante hôte, le champignon produit dans la mycorrhizosphère des spores (50-500µm) individualisées ou regroupées en sporocarpes (Plenchette, 2003).

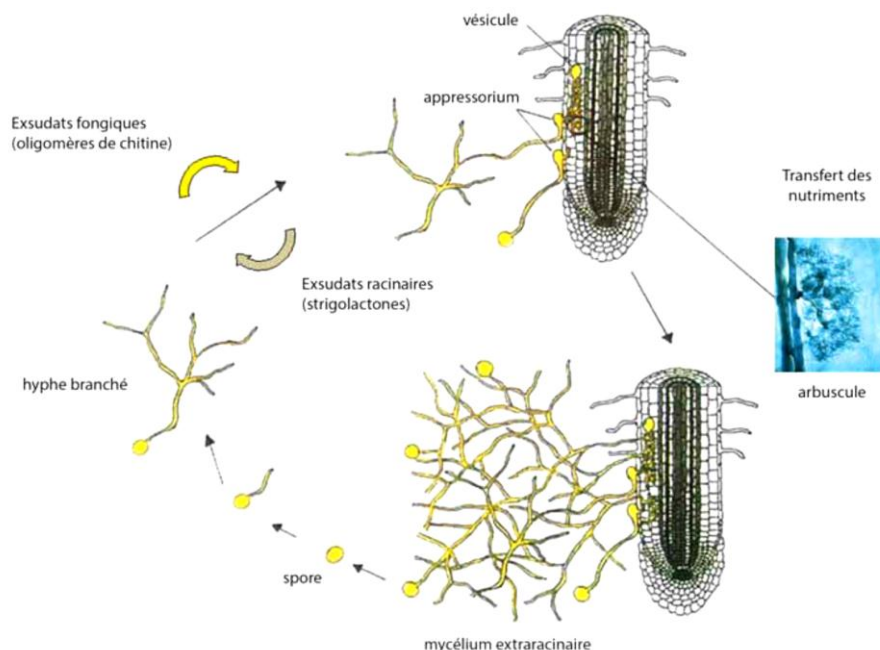


Fig.3. Etapes de la colonisation des racines par un champignon mycorhizien à arbuscules
(Adapté par Balestrini& Lanfranco, 2006).

I-1-3-LES ECTOMYCORHIZES :(du grec *ektos* : à l'extérieur) où les champignons se développent essentiellement autour de la racine, en formant un manchon mycélien (le manteau) à partir duquel se développent des hyphes qui s'insèrent entre les cellules corticales de la racine (réseau de Hartig) (Duponnois *et al.*, 2013). Le développement de ce dernier contribue à augmenter considérablement la surface de contact entre le champignon et les cellules racinaires. Les interfaces, qui unissent les deux partenaires, sont impliquées dans les échanges réciproques de la symbiose (Daxheimern *et* Pargney, 1991). En direction du sol, le manteau émet des filaments isolés ou organisés en faisceaux, en mèches ou en cordons parfois visibles à l'œil nu, qui explorent le sol à grande distances (Drenou, 2006). Ce type d'association est principalement représenté chez les essences forestières des régions tempérées, méditerranéennes et boréales, mais il a été également décrit chez quelques espèces tropicales de la famille des *Dipterocarpaceae*, *Euphorbiaceae*, *Cesalpiniaceae*, *Myrtaceae* et *Fagaceae*) (Duponnois *et al.*, 2013). Les ectomycorhizes sont formées essentiellement par des Basidiomycètes (genres *Amanita*, *Boletus*, *Lactarius*, *Clilocybe*, *Paxillus*, *scleroderma*, etc.) et par les Ascomycètes (genres *Tuber*, *Elaphomyces*, *Cenococcum*, etc.) (Strullu *et* Gourret, 1980). Le champignon ectomycorhizien contrôle tous les échanges entre le sol et la racine, puisque le manteau forme une barrière continue et que tous les flux doivent transiter par les tissus fongiques (Drenou, 2006).

I-1-3-a-La structure anatomique des ectomycorhizes

Le manteau fongique : feutrage plus au moins dense de filaments, qui recouvre toute la racine courte, la protège et accumule des réserves (Garbaye, 1990). Le manteau est exclusivement constitué d'hyphe. Le cas le plus général est représenté par l'existence d'un plectenchyme à hyphes libre à l'extérieur et d'un plectenchyme à hyphe soudées à l'intérieur. Les hyphes de surface de mycorhize sont peu ramifiés ; certaines apparaissent aplaties (Strullu, 1991).

Les différents types de manteau sont décrits en détail par Agerer (1987-2012, 1991, 1995, 2006) et Agerer et Rambold (2004-2013) et divisés en 16 types : neuf plectenchymateux et sept pseudo-parenchymateux (fig.4). Les Laticifères, la présence de latex, longueur, épaisseur, et ramifications des hyphes peuvent se produire dans tous les types de manteau (Agerer, 2006in Kadi-Bennane, 2016).

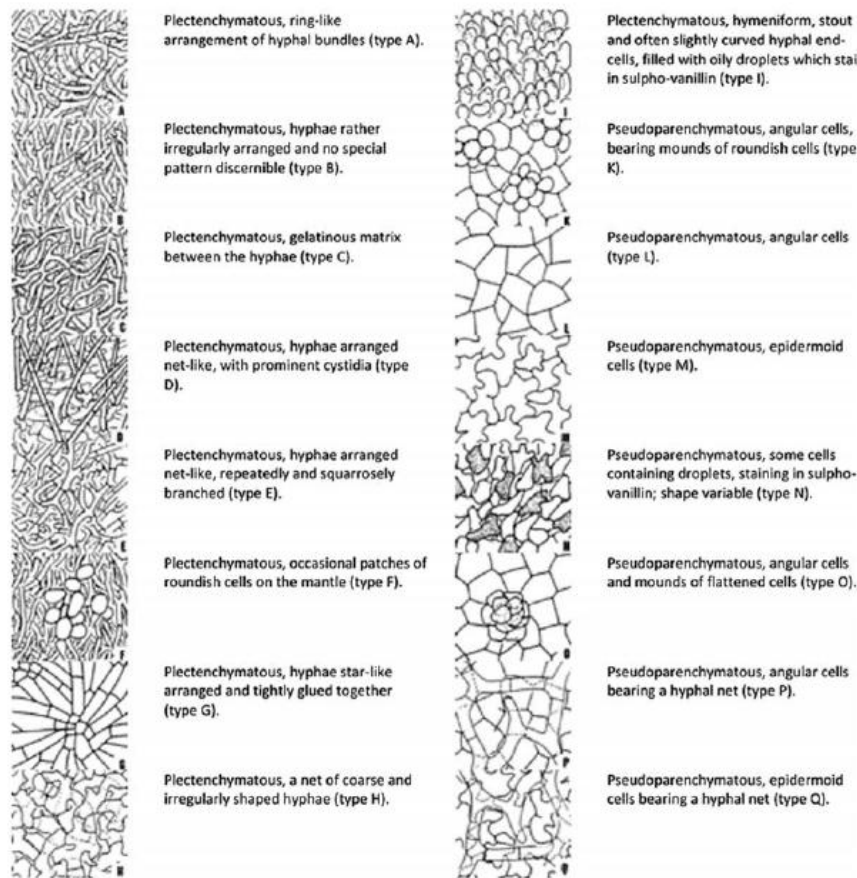


Fig.4 : les différents types de manteaux selon Agerer & Rambold (2004-2013)

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 le Angiospermes (hêtre, bouleau, eucalyptus), une à deux couches de cellules racinaires est en contact avec le champignon ; celles-ci, sont allongées dans le sens radial. Chez les Gymnospermes, le réseau de Hartig entre en contact avec plusieurs couches de cellules corticales arrondies (Strullu, 1991).

Phase extra-matricielle: le réseau extramatriciel constitue une partie importante du système mycorhizien car il permet une exploration et une exploitation des différentes ressources sur une grande distance de la racine (de quelque centimètre à plusieurs décimètres selon la nature du sol, l'espèce de champignon, l'état physiologique du couple mycorhizien) (Nicolsons, 1959 ; Mosse, 1981 ; Garbaye et Guehl, 1997 ; Menkis, 2005). les hyphes

extramatrice peuvent être simples ou rassemblés en cordons linéaires appelés « rhizomorphes » (Dommergues *et al.*, 1999) (Fig.5).

Agerer (1991) et Unestam et Sun (1995) proposent une typologie morphologique et fonctionnelle du mycélium externe des champignons ectomycorhiziens avec deux types principaux :

Le premier type est caractérisé par des hyphes individuels ou peu agrégés, à surface hydrophile, capable 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, au contraire, est caractérisé par des hyphes hydrophobes (c'est-à-dire non mouillable) sur toute leur longueur à l'exception des extrémités; ces hyphes sont agrégées en cordons 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 cordons sont alors dits « rhizomorphes » du fait de leur ressemblance avec les racines. Les champignons ectomycorhiziens présentant ce mode de conduction de l'eau sont très nombreux ; parmi les plus typiques et les plus communs dans les forêts les espèces *Boletus spp.*, *Paxillus spp.*, *Scleroderma sp.*, *Rhizopogon spp.*, *Cortinarius spp.*, ou certains *Lactarius spp.* (Garbaye *et* Guehl, 1997).

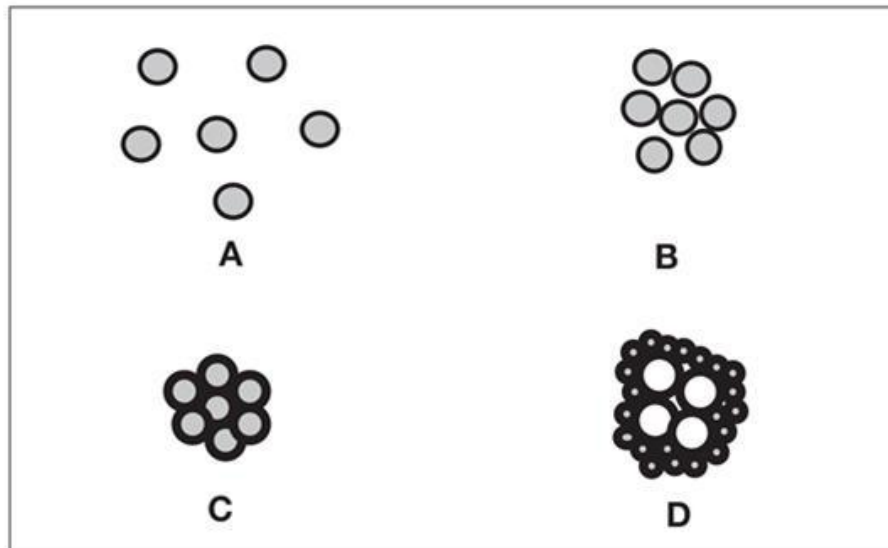


Fig.5. types d'organisation des cordons mycéliens (Garbaye *et* Guehl, 1997).

A. mycelium diffus composé d'hyphes individuels.

B. hyphes réunies en mèches lâches.

C. cordon mycelium forme d'hyphes semblables entre elles étroitement agrégées.

D. rhizomorphes constitués de grosses hyphes centrales vides conduisant l'eau et d'un cortex de petits hyphes vivants.

Agerer (1991) et Unestam & Sun (1995) proposent une typologie morphologique et fonctionnelle du mycélium externe des champignons ectomycorhiziens, avec deux types principaux qui sont schématisés sur les figures (6et7).

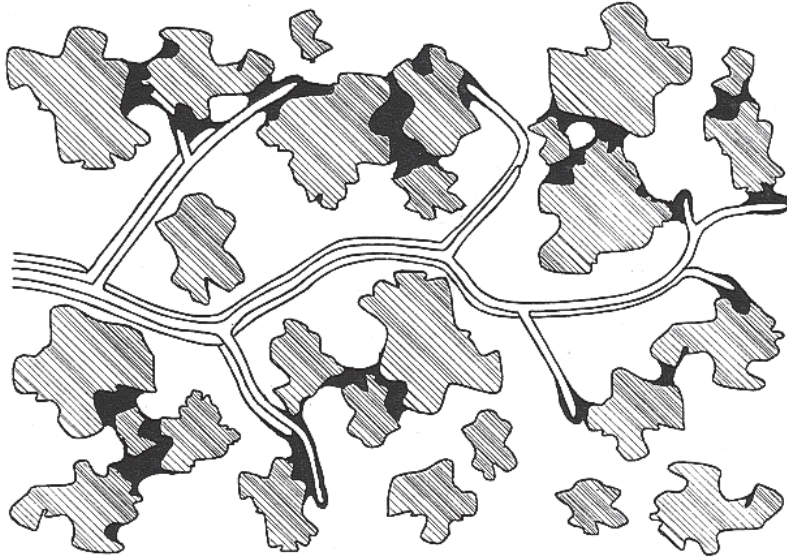


Fig. 6: Des hyphes individuelles à paroi hydrophile assurent la continuité du film d'eau capillaire entre les microagrégats du sol (Garbaye & Guehl,1997).

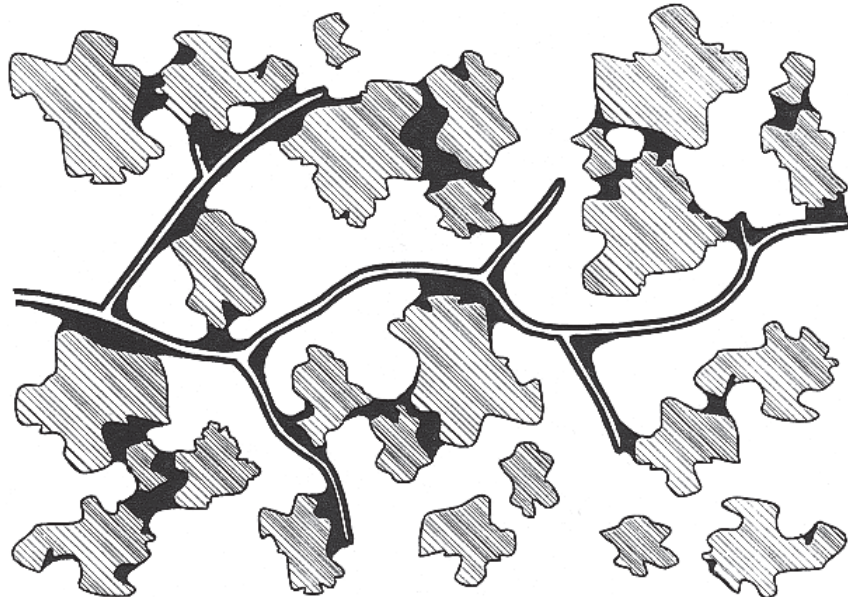


Fig.7 :- Des cordons d'hyphes hydrophobes conduisent l'eau comme des tuyaux étanches ; seules les extrémités hydrophiles ont une fonction d'absorption.(Garbaye & Guehl,1997)

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, Fig. 8) :

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

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).

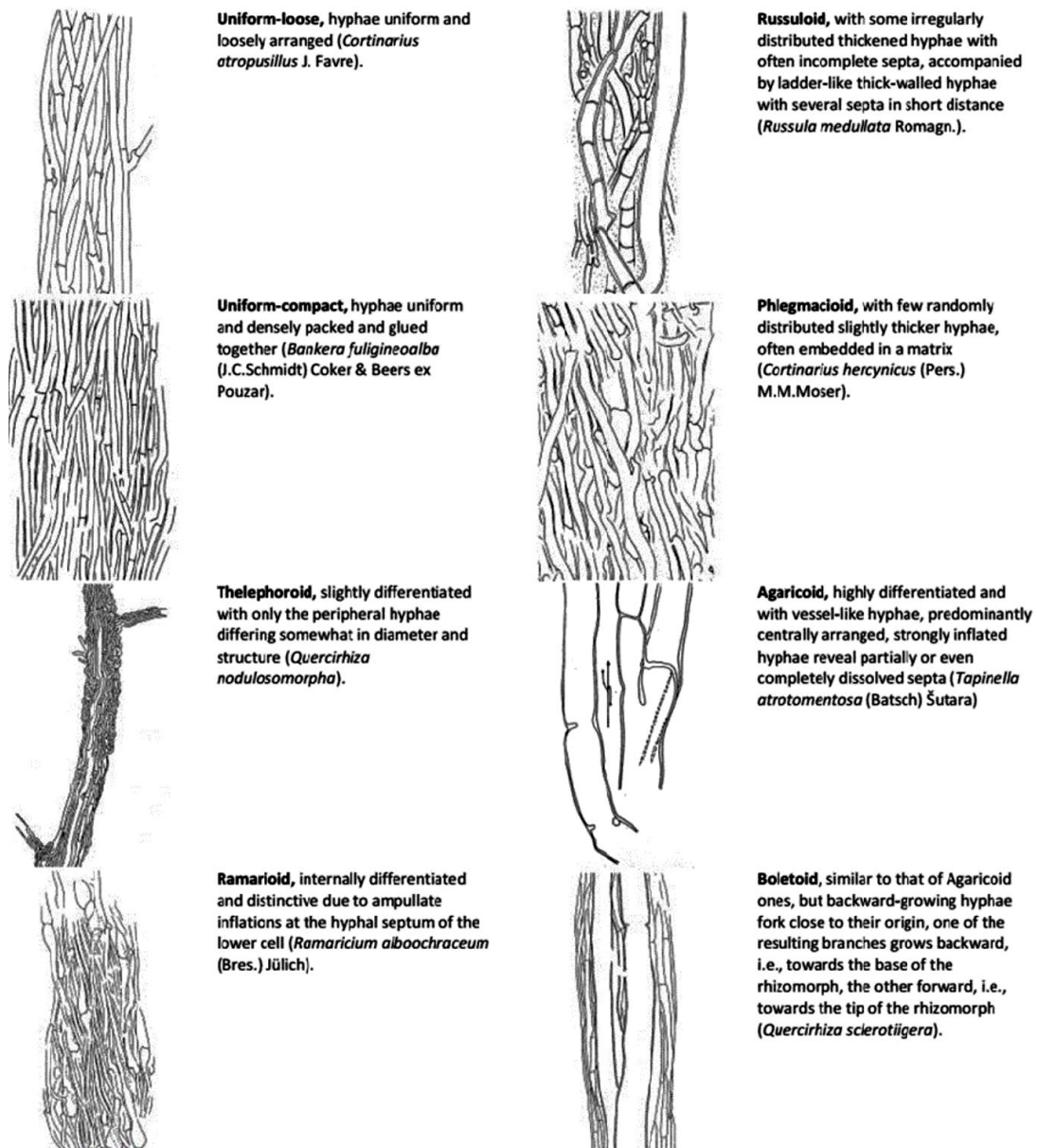


Fig. 8 : Différents types de rhizomorphes selon Agerer (1999- 2006).

I-1-3-b-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 extramatriciel produit par les champignons ectomycorhiziens varie d'un petit nombre d'hyphes sur quelques mm à de très développés sur des dizaine de centimètre, C'est le cas des lactaires et des russules qui forment des mycorhizes lisses alors que d'autres comme *Pisolithus tinctorius* ou *Suillus bovinus* qui

forment des mycorhizes présentant un réseau très important d'hyphes extramatriciels pouvant se développer sur des distances de plusieurs dizaines de cm (Agerer, 2001 ; Rousseau *et al.*, 1994). Les champignons ectomycorhiziens peuvent explorer le substrat environnant par des mycéliums extramatriciels qui sont soit concentrés près du manteau mycorhizien, soit à partir de rhizomorphes. La distribution et la différenciation du mycélium peuvent être utilisées pour distinguer les « types d'exploration » chacun pouvant représenter une stratégie d'exploration des substrats distincte (Agerer, 2001). (fig.9)

- **Type d'exploitation « contact »** : ce type est représenté par des ectomycorhizes à manteau lisse avec seulement quelques ornements en surface. Les extrémités ectomycorhiziennes sont souvent en contact étroit avec les substrats environnants et les feuilles (le cas échéant) de la litière et de l'humus. Les représentants de ce groupe sont les ectomycorhizes formés par les genres *Balsamia*, *Chroogomphus*, *Lactarius* . *Leucangium*, *Russula* , *Tomentella* et *Tuber*.
- **Type d'exploration de courte distance** : ces ectomycorhizes sont caractérisés par une enveloppe volumineuse d'hyphes émanant, mais les rhizomorphes ne sont pas formés. On trouve dans ce groupe les espèces du genre *Cenococcum* et la majorité des espèces ectomycorhiziennes Ascomycètes, du genre *Tuber* à longue cystide et des Basidiomycète.
- **Type d'exploration de moyenne distance** : les ectomycorhizes de ce type forment des rhizomorphes et est divisé en trois sous type :
 - Sous type en franges : les champignons forment souvent des d'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 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 phlegmacioïde).
 - Sous type feutré : les champignons forment des nattes qui peuvent généralement occuper de grandes surfaces. Les mycorhizes individuelles 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 : tout 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 (russuloïd).

- **Type d'exploration de longue distance :** les ectomycorhizes de ce groupe sont plutôt lisses avec des rhizomorphes peu nombreux mais fortement différenciés de type F (boletoid). 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 (monopodiale, coralloïdes et tuberculeux).

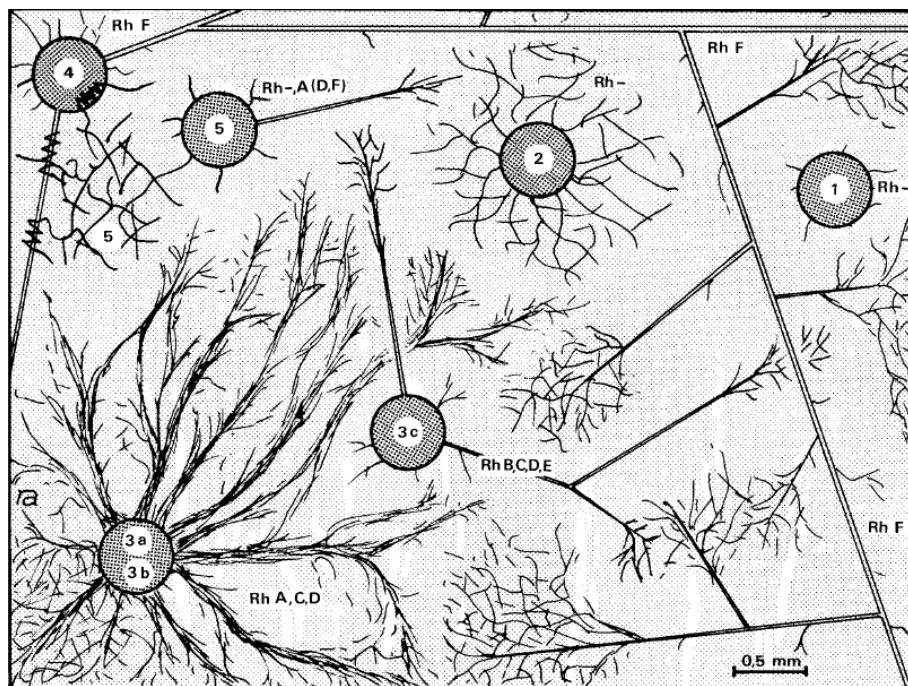


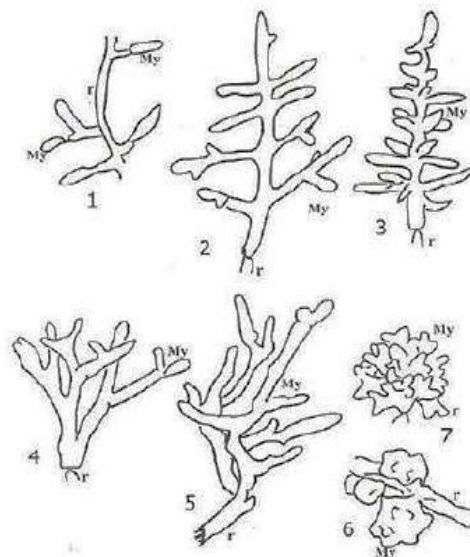
Fig. 9 : différents types d'exploration selon Agerer (2001)

I-1-3-c- les différentes distributions morphologiques des ectomycorhizes

Les ectomycorhizes formées sur les racines courtes peuvent être simples ou ramifiées, selon ce critère de ramification Boullard (1968) et Agerer (1987) ont distingué les différentes morphologies des ectomycorhizes suivantes (fig4) :

- **Distribution monopodiale :** une forme possédant un long axe avec des ramifications latérales situées sur le même plan.
- **Distribution pyramidale :** les mycorhizes sont de plus en plus développés en s'éloignant de l'apex de la racine longue qui les porte.
- **Distribution dichotomique :** les mycorhizes se divisent très vite en deux, de façon répétée le long de la racine longue.

- **Distribution coralloïde** : les mycorhizes formées dans ce cas donnent l'aspect d'un arbre, elles sont le siège de dichotomie successive et rapprochée.
- **Distribution noduleuse** : elle caractérise des racines courtes, dichotomiques ou coralloïdes regroupées sous un voile fongique faisant disparaître toute organisation, dont l'ensemble donne l'aspect d'une nodosité.
- **Distribution racémeuse** : les mycorhizes sont échelonnés de part et d'autre le long de la racine comme des fleurs sur grappe.



1.Simple, 2. Monopodiale, 3. Pyramidale, 4. Dichotomique, 5. Racémeuse, 6. Noduleuse, 7. Coralloïde.

Fig.10: distribution morphologique des ectomycorhizes (r : racine ; my : mycorhize).

I-2-Rôles des mycorhizes

Les champignons symbiotiques associés aux racines fines contribuent de diverses façons aux fonctions que ces dernières assurent dans la vie de l'arbre : absorption de l'eau et des éléments minéraux en solution, mobilisation des éléments peu solubles, fourniture de substance de croissance, protection contre les pathogènes, protection contre la dessiccation et protection contre les substances toxiques (Drenou *et al.*, 2006).

- ✓ **Absorption de l'eau et des éléments minéraux en solution** : le mycélium extraradicaire qui émane des racines mycorhizées explore le sol à plusieurs centimètres de distance, ce qui accroît considérablement le volume prospecté. De plus, de fait de son diamètre beaucoup plus faible que celui de la racine ou même des poils absorbants, les

hyphes sont capables d'exploiter les pores le plus fins, là où la solution du sol subsiste plus longtemps lors des épisodes de sécheresse. Enfin, les filaments fongiques présentent des caractéristiques physico-chimiques particulières (notamment l'accumulation de substances dites osmoprotectrices) qui leur permettent, mieux qu'aux racines seules, d'absorber l'eau à bas potentiel, c'est-à-dire fortement retenue par les colloïdes du sol ou très concentrée en solutés. Ces trois propriétés du réseau mycélien lui permettent donc d'accéder à l'eau et de la conduire aux racines en même temps que les éléments nutritifs dissous qu'elle contient : azote nitrique et ammoniacal, phosphore, potassium, calcium, magnésium, oligoéléments, etc. (Garbaye & Guel, 1997). Cependant, toutes les espèces de champignons ne présentent pas la même efficacité à cet égard. Les ectomycorhizes protègent les racines du dessèchement notamment les champignons *Cenococcum geophilum*. (Drenou & al., 2006).

- ✓ **Amélioration de la nutrition minérale** (fig. 11 et 12): la nutrition minérale concerne en particulier la mobilisation par le partenaire fongique et le transfert à la plante d'éléments majeurs, comme l'azote, le phosphore et le potassium. L'absorption de phosphore, qui est un des éléments nutritifs les plus importants pour la croissance des plantes car il intervient dans de nombreux processus métaboliques : photosynthèse, respiration, biosynthèse des acides nucléiques et des membranes, et régulation des enzymes est la plus fortement augmentée par la symbiose endomycorhize (Bolan, 1991 ; Smith & Read, 1997). Les mycorhizes apparaissent comme des sites privilégiés d'absorption et d'accumulation de phosphore. Les phosphatases des mycosymbiotes jouent un rôle dans la mobilisation du phosphore interne des hyphes mycéliens et dans le recyclage du phosphore immobilisé dans le sol sous forme organique par hydrolyse des esters phosphorylés ; le phosphore des composés organiques peu solubles passe ainsi sous forme d'orthophosphate.. . L'augmentation des quantités de phosphore absorbées par les racines mycorhizées dépendrait aussi de la présence de transporteurs d'orthophosphate plus efficaces dans les racines mycorhizées que dans les racines non infectées (Fig. 11) (Mousain *et al.*, 1997). Les ectomycorhizes interviennent de façon importante dans la nutrition azotée des plantes (Fortin *et al.*, 2008). Le partenaire fongique est capable de mobiliser de l'azote à partir de sources azotées organiques (protéines, peptides, acides aminés) ou minérales (nitrate, ammonium) et possède généralement tout l'équipement enzymatique nécessaire pour absorber et assimiler

l'azote provenant de ces différentes sources qui vont être disponibles soit au niveau du mycélium extraradriculaire, soit au niveau des ectomycorhizes (Fig. 12)

- ✓ Il est important de signaler que l'efficacité d'un partenaire fongique dépendra en grande partie de sa capacité à transférer à sa plante-hôte l'azote qu'il aura préalablement mobilisé, prélevé et/ou assimilé (Plassard *et al.* 1997). Il est également connu que les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) permettent une meilleure absorption d'oligo-éléments peu mobiles dans les sols, tels que le cuivre, le zinc, le fer, le magnésium et le cobalt. A titre d'exemple, il a été détecté deux fois plus de zinc, fer et manganèse et trois fois plus de cuivre dans des plants d'arachides mycorhizés par *Glomus fasciculatum* par rapport à des plants non mycorhizés (Krishna & Bagyaraj, 1984).

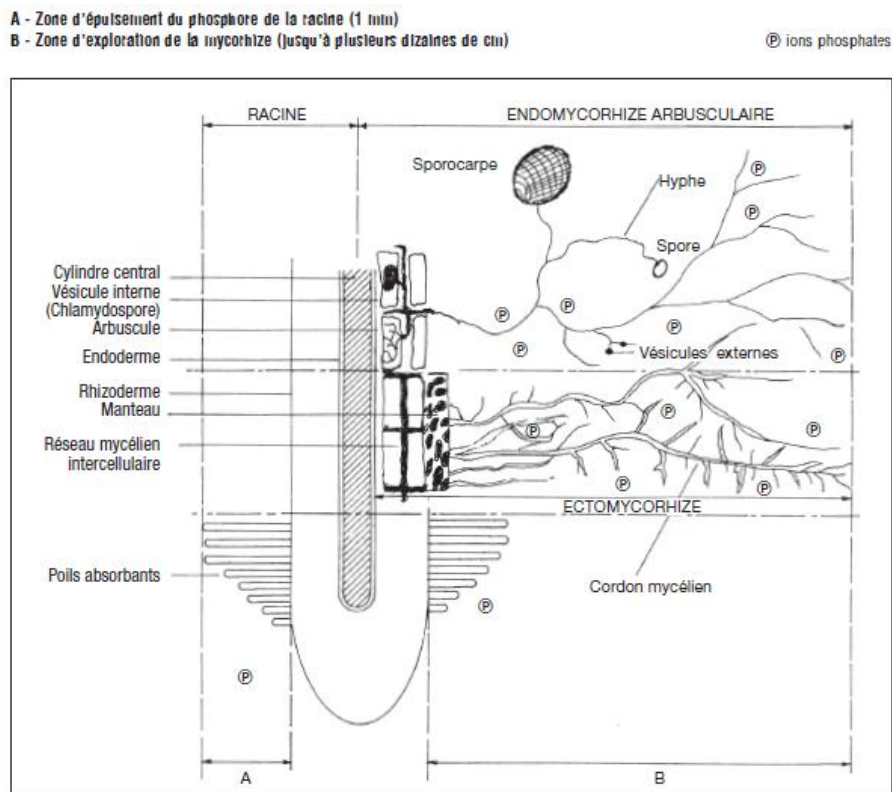


Fig. 11 : rôles des mycorhizes dans l'utilisation de phosphore
(d'après Plenchette *et al.* 1982 in Mousain *et al.*, 1997)

A : zone d'épuisement du phosphore de la racine (1mm) ;

B : zone d'exploration de la mycorhize (jusqu'à dizaines de cm).

Figure 1

**LE CYCLE DE L'AZOTE ET LE RÔLE POTENTIEL DES ECTOMYCORHIZES
DANS L'UTILISATION DES DIFFÉRENTES FORMES DE L'AZOTE DU SOL**

Le cycle de l'azote aboutit à la formation d'azote minéral soluble à partir de l'azote protéique contenu dans les débris animaux et végétaux. L'action des ectomycorhizes peut s'effectuer aux différents niveaux indiqués par les flèches en pointillé.

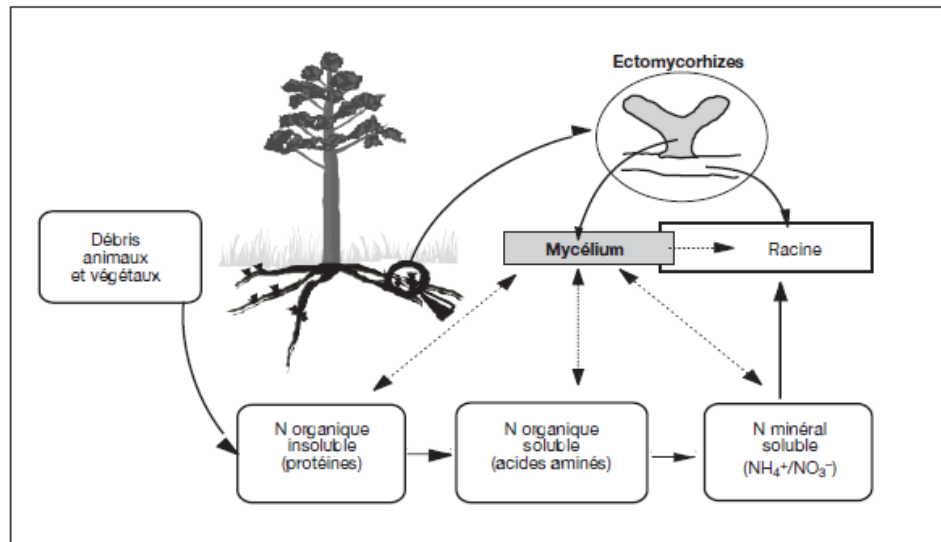


Fig. 12 : rôle des mycorhizes dans l'utilisation de l'azote (Plassard *et al.* 1997).

✓ **Protection contre les agents pathogènes** : Zak (1969) puis Marx (1972), ont proposé une liste de différents mécanismes mis en jeu par les mycorhizes pour la protection du système racinaire des plantes (Fig.13). Pour atteindre la racine, tout agent pathogène doit déjouer successivement ou simultanément les différents systèmes de défense intervenant « à distance ». donc participant à la création de l' « ambiance mycorhizosphères » sous l'influence du mycorhize, il doit entrer en compétition avec une microflore et une microfaune « contrôlées » par la mycorhize, adaptée à l'ambiance mycorhizosphérique, en interaction constante avec le milieu. L'intense activité microbienne qui règne à proximité de la racine fait de la mycorhizosphère le lieu de compétition le plus intense. L'agent pathogène doit subir l'effet de substances antibiotiques ou antifongiques élaborées par le champignon mycorhizogène, et libérées dans le sol (Perrin, 1985). A cet effet « à distance », s'ajoutent des mécanismes intervenant au niveau de la racine :

- le manchon mycélien (manteau des ectomycorhizes) constitue un obstacle et une barrière mécanique difficile à franchir pour certains agents pathogènes.
- L'agent pathogène est confronté à des substances inhibitrices produites par l'hôte à la suite de l'infection mycorhizienne.

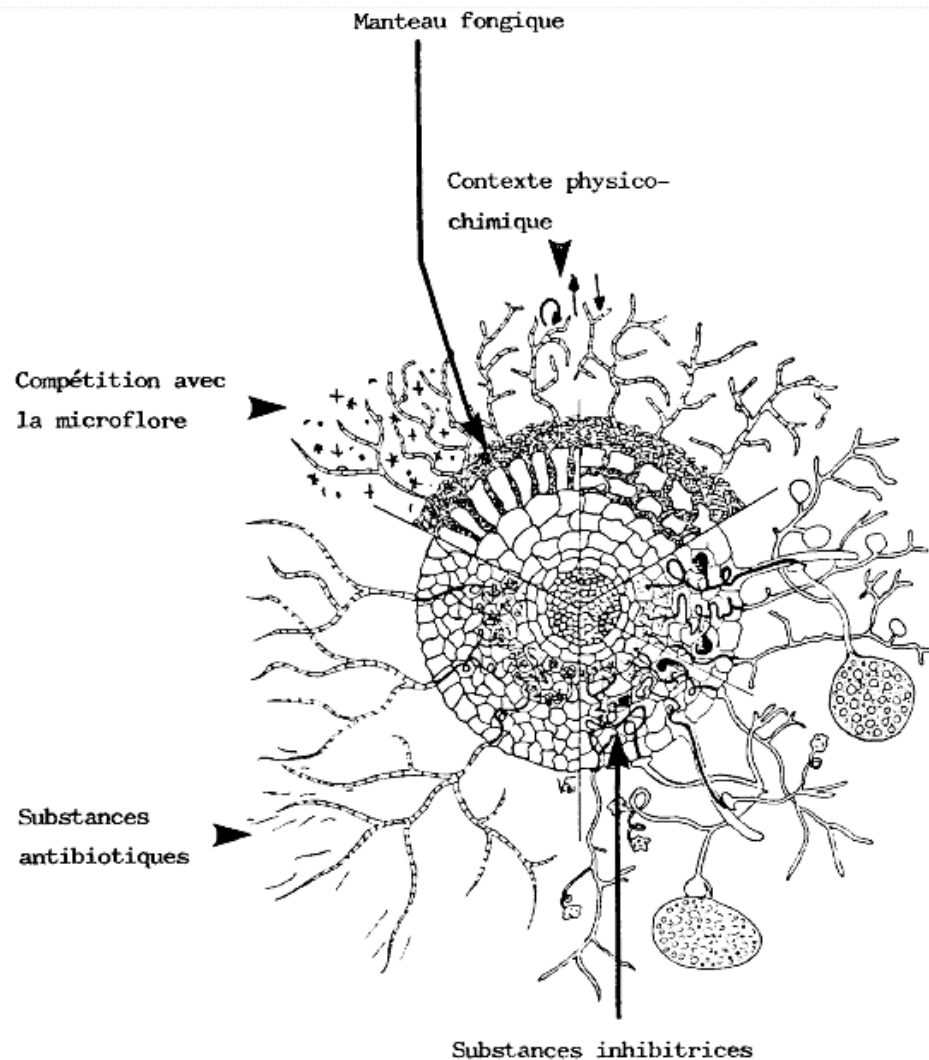


Fig. 13 : les différents mécanismes de résistance des racines mycorhizées, aux agents pathogènes telluriques (Perrin, 1985)

- ✓ **Production des hormones de croissance** : Les phytohormones produites par les champignons ectomycorhiziens font partie des moyens de communication existant entre le champignon et sa plante-hôte. Parmi elles, la plus étudiée est l'auxine qui est produite par la quasi-totalité des champignons ectomycorhiziens. L'auxine fongique permettrait la différenciation et l'émergence de racines latérales courtes, ectomycorhizes potentielles, et favoriserait l'installation du champignon entre les cellules du parenchyme cortical de ces racines courtes. L'utilisation de champignons mutants surproducteurs d'auxine a permis de montrer l'effet spectaculaire d'un surplus d'AIA (l'acide indole-3-acétique) sur la structure des ectomycorhizes : le réseau de Hartig est hypertrophié, les cellules végétales sont entourées de plusieurs couches d'hyphes qui atteignent l'endoderme. L'auxine fongique participe certainement à

l'établissement de la symbiose ectomycorhizienne. De plus, son action directe sur la plante n'est sans doute pas limitée spatialement à la zone des racines située à proximité du champignon puisque cette substance est connue pour son rôle de médiateur agissant à distance de son site de production. Il en résulte un bouleversement de l'équilibre hormonal qui se répercute à la plante entière et modifie toute sa physiologie. Les champignons ectomycorhiziens peuvent constituer un outil efficace pour stimuler l'enracinement de boutures d'espèces ligneuses à ectomycorhizes. Ces champignons peuvent aussi stimuler l'enracinement d'arbres qui forment des endomycorhizes arbusculaires. Ces mycorhizes améliorent la survie des plants et leur croissance ultérieure (Karabaghli *et al.* 1997)

- ✓ **Stabilisation des sols** : En présence de mycorhizes, le réseau complexe et ramifié d'hyphes stabilise le sol et lutte ainsi contre l'érosion. Cette action peut être renforcée par l'excrétion par le champignon d'une substance dénommée *glomaline*, une glycoprotéine qui est une sorte de colle qui contribue à la stabilisation des agrégats. Les pertes dues au lessivage des sols sont aussi réduites dans ces conditions car l'eau s'écoule moins vite dans un sol plus compact (Wipf, 2014).
- ✓ **Protection contre les substances toxiques** : le sol contient de nombreuses substances toxiques pour les racines, soit naturelles (aluminium dans le sol acides, polyphénols humiques, toxines allélopathiques) ou anthropiques (polluants organiques de synthèse, métaux lourds). Beaucoup de champignons symbiotiques, particulièrement ceux qui forment des ectomycorhizes, détachent efficacement l'environnement immédiat des racines fines en décomposant les molécules organiques et en séquestrant les métaux lourds, diminuant ainsi leur concentration dans la solution du sol et empêchant leur transfert dans les arbres. Certaines bactéries rhizosphériques participent activement à cette détoxification par des mécanismes enzymatiques spécialisés (Drenou *et al.*, 2006).

I-3-l'écologie des champignons ectomycorhiziens

En l'absence de la plante hôte et dans des conditions de stress biotique (ex : compétition entre champignons telluriques, prédation de spores) et abiotique (température, sécheresse), les champignons ectomycorhiziens sont capables de survivre dans le sol sous forme de spores, de fragments de mycorhizes, de fragments de cordons mycéliens et sclérotés que l'on dénomme propagules (Micola, 1948 ; Levisohn, 1957 ; Lamb et Richard, 1974, Skinner et Bowen, 1974 ; Bâ *et al.*, 1991 Jones *et al.*, 2003) le vent est le principal facteur de

dispersion des spores des champignons épigés, alors que les petits mammifères sont impliqués dans la dissémination des spores des champignons hypogés (Reddel *et al.*, 1997 ; Ashkannejhad et Horton, 1997 ; Ashkannejhad et Horton, 2006). Les spores constituent la plus importantes des propagules viables dans le sol (5 ans dans un environnement sec). Elles sont très actives dans la succession primaire des champignons ectomycorhiziens en particulier lors de la colonisation des écosystèmes dunaires par des arbres mycotrophes. Dans la phase de recolonisation par les végétaux des sites perturbés (ex : chablis, éclaircie, feu) d'un écosystème forestier, les succession secondaires des champignons vont dépendre non seulement du nombre de propagules viables et des modifications physico-chimiques et biologiques du sol, mais aussi de la communauté végétale qui s'y installe (Brundrett *et al.*, 1996b ; Jone *et al.*, 2003). Le passage de feu se traduit par une augmentation du pH et de disponibilité en C, N et P du sol. La colonisation ectomycorhizienne est le résultat de relations de compétition des champignons entre eux et d'interaction avec d'autres micro-organismes du sol (Duponnois *et al.*, 1993). Lors de la phase de colonisation rhizosphérique, un champignon sera d'autant plus compétitif qu'il sera apte à se maintenir à l'état mycélien. La nature et la densité des propagules, l'activité saprophytique des champignons, de même que la réceptivité des plantes à l'infection ectomycorhiziennes sont autant de facteurs qui conditionnent la colonisation des racines par les champignons ectomycorhiziens (Garbaye, 1994 ; Read & Perez-Moreno, 2003 ; Jones *et al.*, 2003). Les champignons qui apparaissent en premier peuvent persister, régresser ou disparaître en laissant la place à d'autres. Par exemple : dans la plantation monospécifique de bouleaux, les genres *Scleroderma*, *Pisolithus*, *Thelephora*, *Inocybe*, *Laccaria* apparaissent dans un premier temps, ils sont appelés champignons précoces ou « early stage fungi » et fructifient dans les deux premières années de plantations. Ensuite, ce sont des champignons tardifs dénommés « late stage fungi » tels que *Cortinarius*, *Lactarius* et *Russula* qui s'installent dès la sixième année. Cependant, des champignons (*Laccaria*, *Pisolithus*, *Scleroderma*), présente à différents âges de la plante, sont dénommés « multi stage fungi ». De ces observations est né le concept de succession et /ou d'addition des symbiotes fongiques avec une diversification spécifique qui augmente au cours de l'âge du peuplement forestier (Bâ *et al.*, 2011).

1-L'aire de répartition de chêne zeen (*Quercus canariensis*)

Quercus canariensis est très polymorphe, présent çà et là dans la région de Cadix-Algesiras, mais aussi sur la sierra de Monchique et de Catalogne littorale. En revanche, il est bien plus répandu en Afrique du Nord, où il constitue la majeure partie des forêts caducifoliées en situation littorale et sublittorale (Rif et Tazzeke, Kabylie, Kroumirie) (Fig.1). (Quezel et Médail, 2003). En Afrique du Nord, il occupe 102 000 ha, dont 65 000 ha en Algérie (Messaouden, Tessier, 1991), 20 000 ha en Tunisie et 17 000 ha en Maroc (Tafer, 2000) (Messaouden *et al.*, 2008).

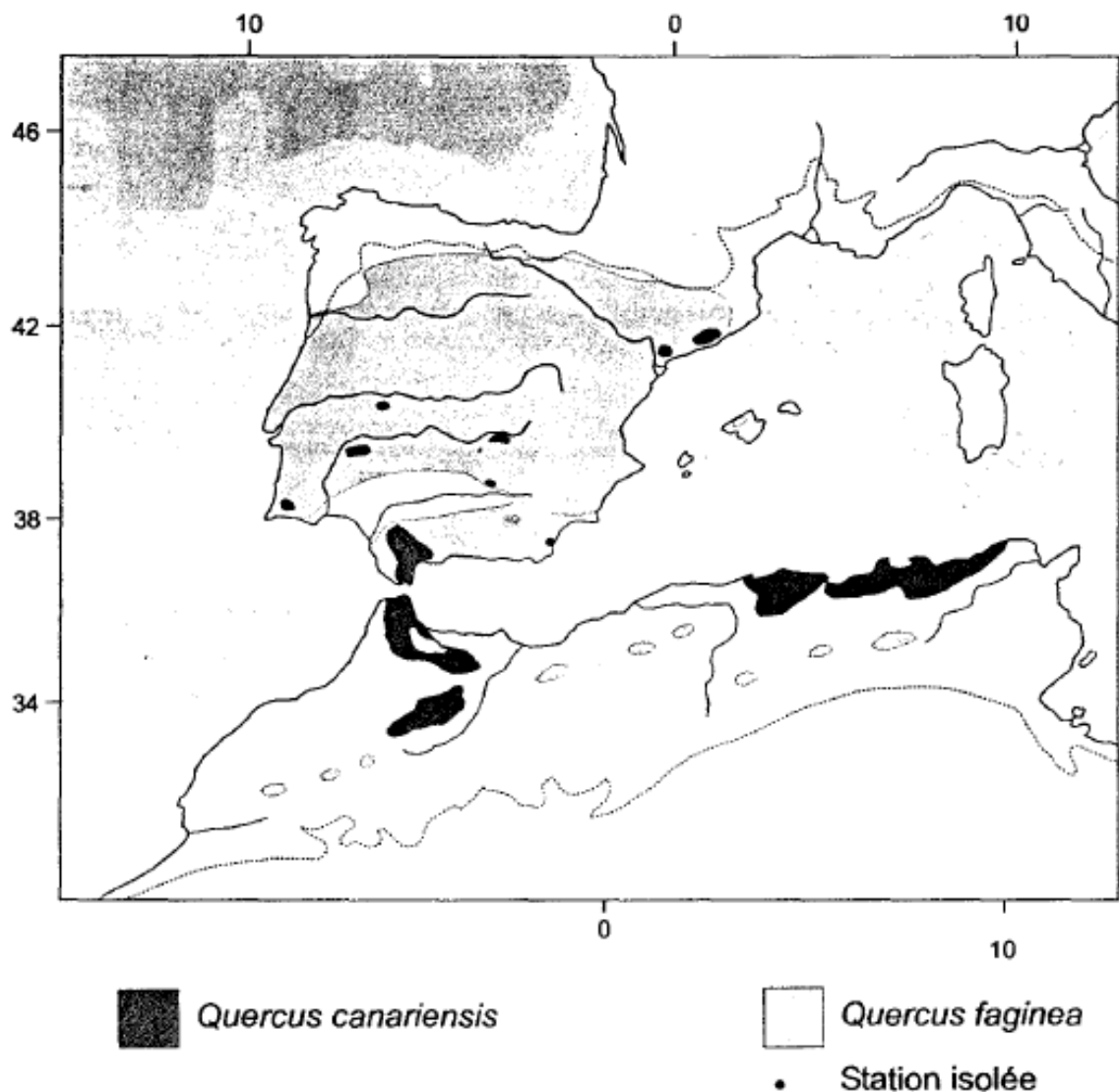


Fig. 14: l'aire de répartition de *Quercus canariensis* dans le monde.

(Quezel et Médail, 2003).

2-Caractéristiques botanique

Le chêne zeen une essence caducifoliée à feuilles marcescentes, c'est-à-dire pouvant persister jusqu'au printemps de l'année suivante (Boudy, 1936). Son système racinaire est très puissant. Ses feuilles sont obovales ou lancéolées et plus au moins articulées à la base. Elles ont des nervures principales saillantes à la face inférieure. Leur longueur est 5 à 20 cm. Le sujet fructifie régulièrement chaque année dès l'âge de 15 ans. Mais ce n'est qu'à partir de 30 ans que sa fructification est abondante (Boudy, 1936). Les fruits ou glands sont subsessiles à maturation annuelle et sont inclus d'un tiers environ dans une cupule. Cette dernière est recouverte d'écailles lancéolées imbriquées et longues de 5 à 6 millimètres. La longueur de gland varie de 2 à 4 cm et son diamètre de 1 à 1,5 cm (Boudy, 1950).

Ce chêne a une longévité remarquable. Des arbres majestueux, âgés de plus de 550 ans et dont la circonférence peut atteindre huit mètres, ont été observés dans les zénaies de Kabylie (Messaouden *et al.*, 2008). Il peut dépasser 30 m de hauteur avec un fût de 20 m et un diamètre dépassant 2 m à 1 m 30 du sol.

Son bois est lourd et va au fond de l'eau à l'état vert. À l'état sec sa densité est 0,924. Il est nerveux, de couleur rougeâtre avec larges rayons médullaires produisant de très beaux maillons. C'est un bois maigre, facile à fendre et qui se dessèche difficilement. Il résiste bien à la pourriture, ce qui est précieux pour traverses de chemin de fer. Mais en raison de sa faculté de rétention d'eau, il a tendance à se déliter et se fendre. Il contient aussi jusqu'à 15 % de tanin (Boudy, 1936). Selon Messaoudène *et al.* (2008), le bois de chêne zeen des Ait Ghobri se caractérise par des retraits et des densités élevés. Du point de vue taxonomique, *Quercus canariensis* est classée comme le montre le tableau suivant :

Tab.1 : classification du chêne zeen :

Taxonomie	Chêne zeen
Embranchement	Spermaphytes.
Sous-Embranchement	Angiospermes.
Classe	<i>Eudicotylédone.</i>
Ordre	<i>Fagales.</i>
Famille	<i>Fagacée.</i>

Taxonomie	Chêne zeen (suite)
Sous-Famille	<i>Quercinées.</i>
Genre	<i>Quercus.</i>
Espec	<i>Quercus canariensis wild</i>

Source : Linné (1753) in Natividade (1956)

3-Importance économique

Le chêne zeen était et est une essence sous-estimée et gaspillée. Ce n'est que pendant la guerre qu'il prend une valeur économique appréciable suite à son utilisation dans la confection des traverses de chemin de fer. Traitées par un produit de conservation, ces traverses peuvent durer jusqu'à 15 ans (Boudy, 1950). Aujourd'hui, elle est considérée comme une espèce envahissante supplantant le chêne liège dans les zones les plus humides de la région du centre et de l'est algérien.

Malgré que le bois de chêne zeen ne présente pas des qualités appropriées pour quelques usages, il garde son utilité pour la confection des poutres de ponts, bois de service parquet, il donne aussi un bon bois de chauffage et un charbon de qualité. Son écorce riche en tanin gêne notablement son utilisation dans la fabrication de la pâte à papier, mais elle est exploitée dans les industries du cuir et produits cosmétique. Il peut être utilisé comme bois d'emballage puisqu'il résiste bien aux chocs, aux vibrations et à la compression. Mélangé à 20% avec des résineux, le bois peut servir à la fabrication de panneaux de particules. (Hammiche, 1978 ; Poupou, 1980).

4-Caractères écologiques

Le chêne zeen est une essence montagnarde. Il forme des peuplements dans les stations fraîches et bien arrosées en raison de ses exigences écologiques très strictes.

En exposition sud, *Quercus canariensis* est supplanté par *Quercus afares*. En haute altitude, il est éliminé par *Cedrus atlantica*, par *Quercus ilex* dans les zones humides, et par *Quercus afares* sur les crêtes chaudes. Dans sa situation naturelle optimum, il a une grande capacité physiologique et une tendance marquée à l'envahissement des peuplements d'autres essences notamment de chêne liège (Boudy, 1936).

a-Exigences altitudinales

Le zeen, s'étend depuis le littoral méditerranéens jusqu'à 2000 m d'altitude, mais l'altitude lui convient varie de 1000 m à 1600 m. Il atteint parfois 1800 m. Son altitude minimale est de 700 m à 800m, mais on le retrouve parfois au bord de la mer (Boudy, 1936). A basse altitude, il est rencontré essentiellement dans les conditions stationnelles particulières, ravin humide, fond de vallons et les versants ombrageux où une humidité constante règne sur une grande partie de l'année (Achhal *et al* 1980).

b-Exigences climatiques et bioclimatiques

Le chêne zeen est très exigeant du point vue climatique d'où son aire botanique limitée et sa faible expansion. Il se limite aux variantes tempérée et fraîche du bioclimat humide ; et à un degré moindre, au subhumide. Toutefois, il peut se développer dans le subhumide frais et il n'est pas absent dans l'humide chaud, son optimum de production est atteint dans le supra-méditerranéen (Quezel et Médail, 2003). Dans les autres variantes, cette essence se trouve en association avec divers essences forestières dont le sapin de Numidie et le cèdre de l'Atlas dans la variante froide, et avec le chêne liège dans la variante chaude (Quezel, 1956).

La nébulosité et le brouillard favorisent son développement (Maire, 1926), il exige annuellement plus de 800 mm de pluie (Boudy, 1955), c'est pour ça que son développement, ne s'exprime que dans les zones à exposition Nord. Quant à sa température optimale, elle est entre 15 et 16°C, mais il peut supporter des minimales de -8 et -10°C.

c-Exigences édaphiques

Le chêne zeen est généralement assez peu sensible à la composition chimique des substrats et la nature des sols (Quezel et Médail, 2003). Néanmoins, son sol de prédilection est un sol frais et profond dont le substratum géologique est à base de grès numidiens (Boudy, 1950). Le chêne zeen donne naissance aux sols les plus complets et les plus profonds.

Les travaux relatifs à la symbiose mycorhizienne avec le *Quercus canariensis* sont très rares, en citant parmet eux les travaux de Dominguez *et al* 2007 sur L'effet de *Tuber melanosporum* Vitt. Mycorhization sur la croissance, la nutrition et les relations hydriques de Plantules *Quercus petraea* Liebl., *Quercus faginea* Lamk., et *Pinus halepensis* Mill. , et en Algérie les travaux sur la mycorhization de chêne zeen sont inexistants.

1-zone d'étude

La zone d'étude située dans la forêt de Béni Ghobri se compose essentiellement de peuplement de chêne zeen (*Quercus canariensis*), de chêne liège (*Quercus suber*) et d'un sous bois composé de ciste, fragon, petit houx, la ronce sur une altitude de 523 m et une pente de 5° en exposition nord, dont les coordonnées géographiques sont 36 °47'305"N et 4°35'261"E, elle est rattachée administrativement à la Willaya de Tizi Ouzou.

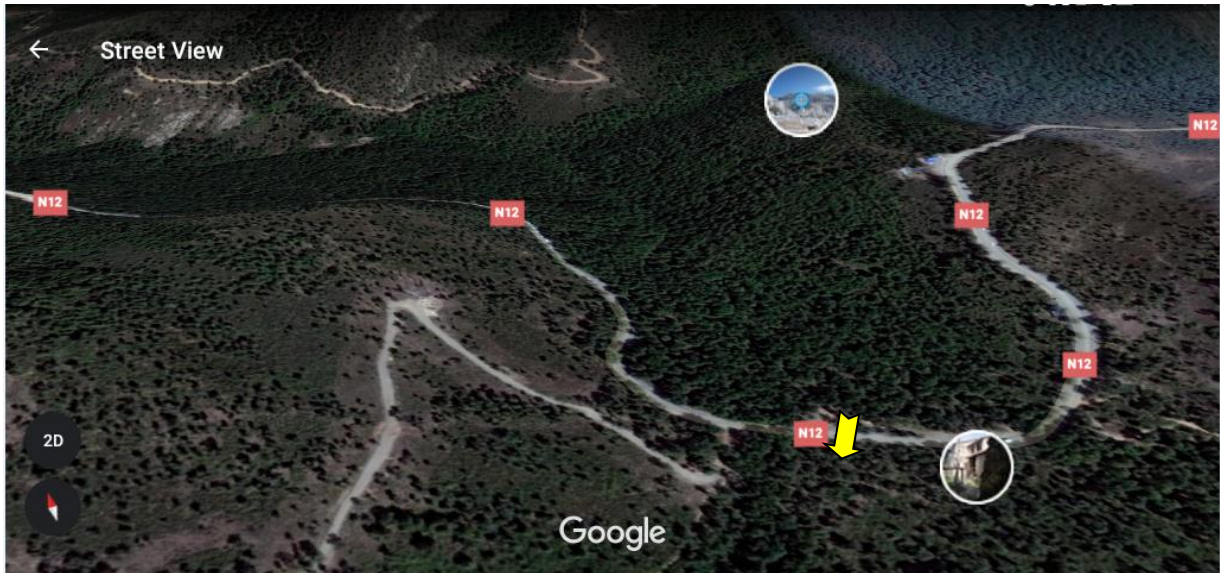


Fig. 15 : image satellitaire de la zone d'étude dans la forêt de Béni Ghobri. (Google Earth 2017).

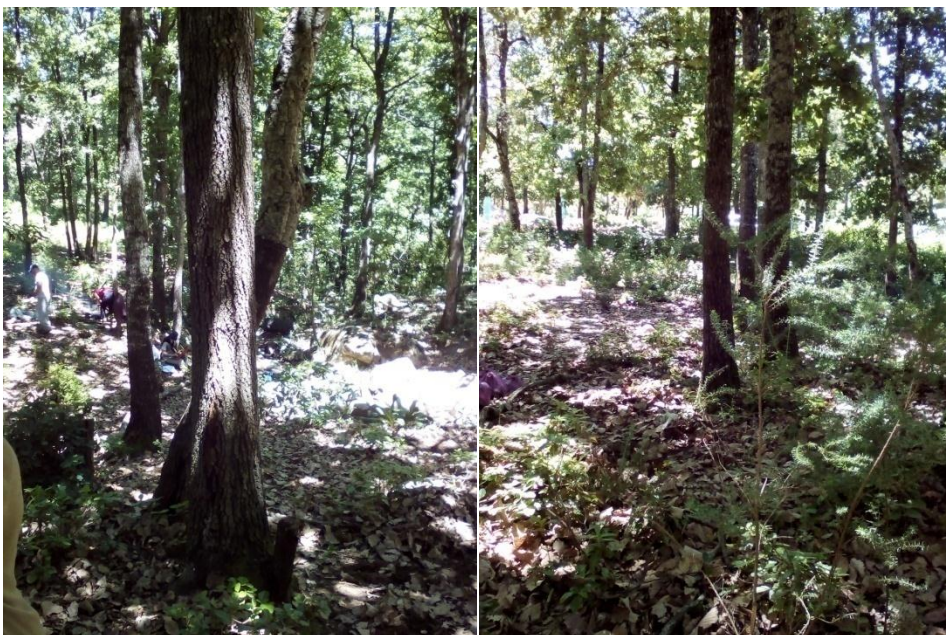


Fig.16 : zone d'étude, forêt de Béni Ghobri (prise par AIT GHERBI A. 2017).



Fig. 17 : Quelques représentations photographiques des espèces du sous bois de la zone d'étude (prise par AIT GHERBI A. 2017).

B :Fragon

C :Petit Houx

D : Ciste à trois feuilles

E : Aubépine

F : litière

2-matériels et méthodes

a) Sur le terrain

La récolte des échantillons a été réalisée en Mai 2017, autour de 7 arbres. Un prélèvement de sol et de racines fines sur les quatre points cardinaux est effectué à une distance de 1 à 1.5 mètre du tronc sous le houppier de chaque arbre à une profondeur de 20 à 30 centimètre. Les mesures de la température et de l'humidité et pH de sol sont simultanément enregistrées. Les échantillons sont mis dans des sachets étiquetés de numéro de l'arbre et par sa circonférence, après avoir enlever la litière.



Fig.18 : prélèvement des échantillons sur terrain (prise par AIT GHERBI A. 2017).

b) Le laboratoire

- **La description des ectomycorhizes de chêne zeen en milieu naturel**

Pour réaliser l'inventaire et la description des ectomycorhizes, les racines collectées sont lavées délicatement pour les séparer des particules de sol sans altérer leur morphologie. Les racines obtenues sont mises dans des boîtes de pétri contenant de l'eau, puis observées sous la loupe binoculaire. Les ectomycorhizes observées sont classés selon la couleur, la forme, la taille, la présence ou l'absence du mycélium extramatriciel et du rhizomorphes. La phase extramatricielle nous a permis dans un deuxième temps de les classées en trois types 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°) Fig.19.



A : raine préparée d'un arbre adulte.

B : une partie de la racine à observer sous une loupe binoculaire.

C : la loupe binoculaire et les accessoires utilisés pour faciliter les observations.

Fig. 19 : matériels utilisés pour la description des ECM de chêne zeen (prise par AIT GHERBI A. 2017).

- **Protocole expérimentale au laboratoire**
- **Production de plants et observation des ECMs**

Après la récolte des glands de chêne zeen et la stratification au réfrigérateur à 4 °c, les glands sont placés dans des pots avec une terre constituées d'un mélange (1 /3 sol de chêne liège ,1/3terre de chêne afares et 1/3 terre de chêne zeen) il s'agit d'un substrat limono-sableux non calcaire. L'expérience est lancée au début de Février 2017.

Par le biais d'un échantillonnage en bloc aléatoire, une série de dix pots sont disposé en deux blocs égaux (5/5). Dans chaque pot 10 glands sont disposés délicatement. Un bloc est arrosé par intervalle de 5 jours pendant 5 mois.Ledeuxième bloc est arrosé tous les dix jours pendant les trois premiers mois puis laissé sans arrosage pendant 55 jours afin d'induire un stress hydrique. Les plants demeurent jusqu'à 5 mois en pots au niveau de laboratoire de recherche.

Après 5 mois de suivi, nous avons prélevé 15 plants de chaque bloc, et mesuré la température et l'humidité de sol. Nous avons lavé les racines délicatement pour éliminer les particules de sol. Le diamètre au collet, la hauteur des plants, la biomasse racinaire et aérienne, la longueur et la largeur des glands sont mesurés, puis les racines sont conservées dans le FPA, afin d'observer et classer les ectomycorhizes. Pour déterminer le stress hydrique édaphique, nous avons pesé la feuille terminale de chaque plant à l'état frais (FTF), feuille terminale saturée (FTS) (feuille terminale émergée dans l'eau au réfrigérateur pendant 24h), feuille terminale sèche (FTS) (feuille terminale séchée à l'étuve à $T^{\circ}=60^{\circ}\text{C}$ pendant 72h).



Fig.20 : les différents plants issus selon régime d'arrosage

(Prise par AIT GHERBI A. 2017).

A : plants de chêne zeen de 5 mois d'intervalle d'arrosage de 10 jours les 3 premiers mois et privés d'eau pendant 55 jours.

B : plants de chêne zeen de 5 mois à intervalle d'arrosage de 5 jours.

C,B : 3 plants issus d'un seul gland pour les deux types de traitements.



Fig.21 : les différents paramètres mesurés

3-Traitement et statistique

Le stress hydrique edaphique que nous avons provoqué chez les jeunes plants de zeen par l'arrêt d'arrosage, est transcrit par le calcul de teneur relative en eau des feuilles terminales de chaque plant.

Afin de faire ressortir les similitudes entre les différents âges des sujets étudiés, nous avons calculé l'indice de similarité de Jaccard : Cet indice est un test de similarité entre deux habitats. $J = a / (a + b + c)$

a : représente le nombre d'espèces communes entre deux habitats,

b : représente le nombre d'espèces uniques pour l'habitat 1 (total moins le nombre d'espèce commune a), c : représente le nombre d'espèces uniques pour l'habitat 2 (moins le nombre d'espèce commune a). Si l'indice J augmente, un nombre important d'espèces se rencontre

dans les deux habitats évoquant ainsi que la biodiversité inter habitat est faible (conditions environnementales similaires entre les habitats). Dans le cas contraire, si l'indice diminue, on ne rencontrera qu'un faible nombre d'espèces présentes sur les deux habitats. Ainsi, les espèces pour les deux habitats comparés sont totalement différentes indiquant que les différentes conditions de l'habitat déterminent un « turn-over » des espèces importantes (DE BELLO et al. 2007).

Les analyses statistiques entre autre les descriptives, analyses de la variance et corrélation sont réalisées par le biais du logiciel biostat9.

I-Caractéristiques physiques des plants âgés de 5 mois élevés en pots

I-1-Analyse descriptive

Analyse descriptive des différentes variables mesurées des plants de *Quercus canariensis* élevés en pots (5mois) selon différent intervalle d'arrosage (r1 : régime d'arrosage avec un intervalle de 5 jours ; r2 : non arrosés pendant 55 jours) fait ressortir une homogénéité des distributions des variables hauteurs, longueur et largeur des glands pour les deux périodes d'arrosage (tab.2). Les plants soumis au premier régime (5jours d'intervalle d'arrosage), les valeurs du coefficient de variation selon les variables mesurées décrit des plants à caractères physiques homogènes avec pour : Hr1 (Cv=0.18), LGr1 (Cv=0.17), lGr1 (Cv=0.13), Hr2 (Cv=0.29), LGr2 (Cv=0.14), lGr2 (Cv=0.10) notés pour 55 jours d'intervalle d'arrosage.

Il ressort de coefficient d'aplatissement, une distribution à gauche pour la biomasse racinaire (CAp=1.66<3) pour les plants du régime1, par contre une distribution à droite (CAp=3.36>3) pour les plants du régime 2.En effet, nous avons noté une CAp>3 pour la longueur et la largeur des glands au prélèvement arrosé tous les 5 jours, et CAp<3 au prélèvement non arrosés pendant 55 jours, ce qui atteste d'une distribution à droite de la courbe (tab.2).

Tableau n°2: résultats des analyses descriptives de la distribution des différentes variables mesurées à différent intervalle d'arrosage

intervalle d'arrosage	variables descriptives	Øc (cm)	H (cm)	R/Rob	BMR(g)	BMA(g)	BMFF(g)	BMFS(g)	MFS(g)	LG(cm)	lG(cm)
5 jr	moy	0,48	24,41	64,17	1,76	2,18	0,1943	0,2083	0,0583	3,26	1,56
	E-type	0,06	1,12	8,44	0,16	0,17	0,0160	0,0161	0,0046	0,15	0,05
	CAs	0,25	-0,55	0,62	0,11	0,57	-0,0805	-0,2495	1,0000	1,45	2,11
	CAp	1,55	2,82	2,00	1,66	2,72	3,5442	3,6383	4,4436	6,07	6,51
	Cv	0,49	0,18	0,51	0,36	0,30	0,3187	0,2988	0,3090	0,17	0,13
55 jr	moy	0,33	18,19	60,46	0,96	1,29	0,1353	0,1689	0,0514	2,75	1,33
	E-type	0,03	1,38	6,39	0,12	0,13	0,0194	0,0230	0,0079	0,10	0,03
	CAs	0,97	0,09	0,69	0,92	0,30	0,8769	0,8349	1,2240	0,10	-0,10
	CAp	2,74	1,91	2,73	3,36	1,71	3,0319	3,2266	3,8403	1,43	1,92
	Cv	0,35	0,29	0,41	0,48	0,40	0,5565	0,5262	0,5921	0,14	0,10

I-2-Hauteur, diamètre au collet et le ratio de robustesse

- Régime 1 (Intervalle d'arrosage de 5 jours)

La figure 22 révèle que la croissance des 15 plants en hauteur moyenne est de $24,41 \pm 1,12$ cm et en diamètre moyen au collet est de $0,48 \pm 0,06$ cm. On note un rythme de croissance mensuelle moyenne en hauteur de 4.88 cm/mois et une croissance mensuelle en diamètre de 0.95 mm/mois. nos résultats se rapprochent des valeurs rapportées par Sarir et Benmahiou (2017) chez le chêne zeen qui indiquent un accroissement radial de la tige des plantules et un gain moyen 0.8mm/mois (hebdomadaire de 0.2 mm).

- Régime 2 (non arrosés pendant 55 jours)

Les plants soumis au régime 2 ont présenté une croissance moyenne en hauteur de $18,19 \pm 1,38$ cm et en diamètre au collet de $0,32 \pm 0,03$ cm.

Le rythme de croissance mensuelle moyen enregistré est de 3.64 cm/mois pour la variable hauteur et de 0.66 mm/mois pour le diamètre.

L'analyse des moyennes obtenues pour le ratio de robustesse des plants soumis aux deux régimes, nous notons la bonne qualité des plants avec des valeurs moyennes respectives de 5,13 et 5,55 cm/mm qui sont en dessous de la norme de qualité qui doit être inférieur à 7 (Lamhamedi *et al.*, 1997).

L'analyse de la variance réalisée avec le logiciel Biostat9 a rapporté l'absence de différence significative entre les diamètres avec $p = 0,9$. Le manque d'eau ne semble pas affecter significativement la croissance en diamètre des plants de chêne zeen.

Cependant, une différence très hautement significative entre les hauteurs des tiges des deux régimes avec $p = 0,001$ indique la sensibilité de la variable hauteur à la sécheresse édaphique. Il est établie que la hauteur constitue un bon indicateur de la capacité photosynthétique et de la surface de transpiration, lesquelles sont étroitement corrélées avec le nombre des feuilles (Armson, Sadreika, 1974, cité par Lamhamedi *et al.*, 1997) ; la hauteur chez le chêne zeen semble affectée par le manque d'eau.

.

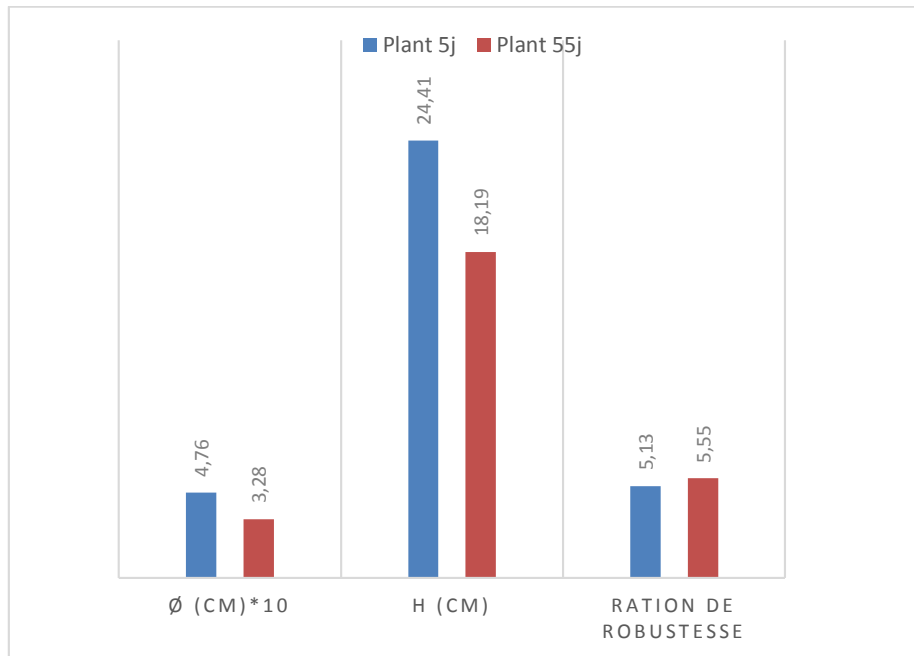


Fig.22 : la variation moyenne de la hauteur et le diamètre au collet, et le ratio de robustesse

Nous avons noté, dans le cas des plants du chêne zeen, la présence de forte corrélation entre la variable biomasse racinaire et biomasse foliaire d'une valeur de $r = 0,72$ chez les plants du régime 1 et d'une valeur de $r = 0,64$ entre la biomasse racinaire et la biomasse aérienne des plants du régime 2.

I-3-Biomasse foliaire et la matière sèche des feuilles

La figure 23 représentant l'évolution de la biomasse moyenne de la feuille terminale à l'état frais et saturé et sa matière sèche. Cette évolution est légèrement importantes pour les plants issus du régime 1 ($BMFF = 0.1943 \pm 0,0160g$, $BMFS = 0.2083 \pm 0,0161g$ et $MSF = 0.0583 \pm 0,0046g$) que pour les plants issus du régime 2 ($BMFF = 0.1689 \pm 0,0230g$, $BMFS = 0.1689 \pm 0,0230g$ et $MSF = 0.0514 \pm 0,0079g$). L'analyse de la variance et le test de Newman et Keuls des contrastes sur les moyennes ordonnées révèlent des différences hautement significative entre la biomasse de la feuille terminale soumis aux deux régimes avec $p = 0,02$. Le stress induit par l'absence d'arrosage semble affecter la production en biomasse du chêne zeen. En effet, d'après Ksontini et *al.* (1998), les chênes caducifoliés répondent au stress par la fermeture des stomates, et ont un statut de *water saver* ce qui expliquerait la différence en production en biomasse.

On note aussi une corrélation très hautement significative entre les trois paramètres pour les deux intervalles d'arrosage.

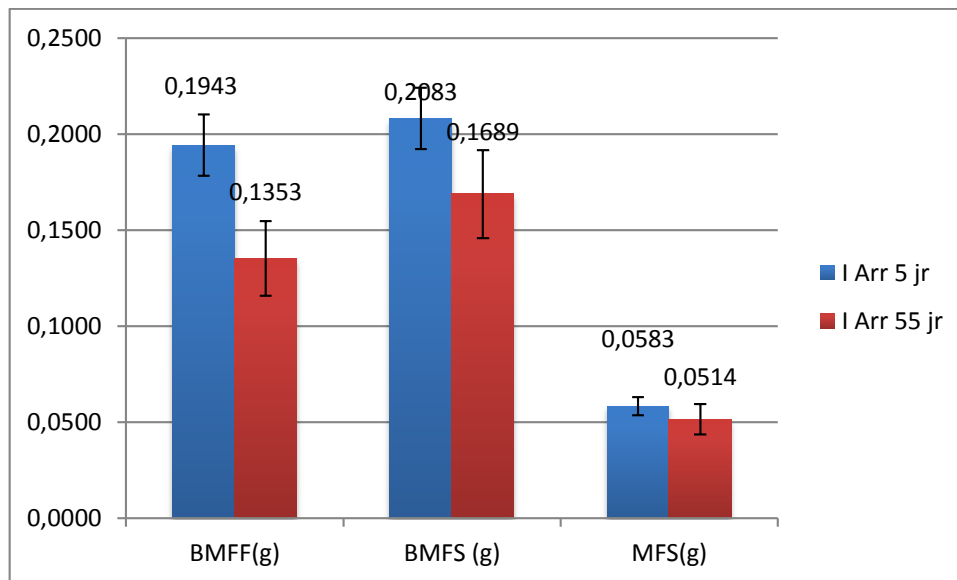


Fig.23 : la variation moyenne de la BMFF, BMFS et MFS.

La mesure de la teneur relative en eau des feuilles terminales s'est aussi révélée avec des différences significatives avec $p=$, avec des moyennes de 90% pour les plants avec un régime d'arrosage de 5 jours, plus de 70% pour les plants avec un régime d'arrosage de 55 jours.

I-4-Biomasse de la partie aérienne et la partie racinaire

L'analyse de l'histogramme (fig.24) révèle que BMR (1.76 g) et BMA (2.18g), pour les plants arrosés tous les 5 jours sont plus importants que ceux non arrosés pendant 55 jrs BMR (0.96 g) et BMA (1.29g). Le rapport $BMA/BMR=1.43$ est plus important chez les plants du régime 2 que chez ceux qui sont issus du régime 1 avec un rapport $BMA/BMR=1.33$ avec absence de différence significative à $p=0,06$.

Des corrélations significative sont observées entre les deux variables, positive et significative $r=0.45$ entre BMR et BMA pour les plants arrosés tous les 5 jours et de $r=0.78$ pour les plants non arrosés pendant 55 jours.

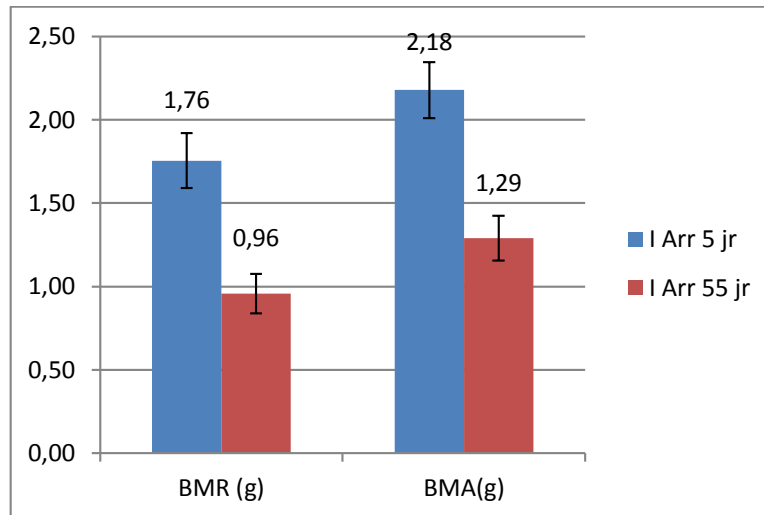


Fig.24 : la variation moyenne de la BMR et BMA.

Les résultats obtenus sont soumis à une ANOVA et au test de Newman-Keuls et montrent des différences très hautement significative entre les moyennes des variables BMR et BMA avec respectivement $p=0.0006$ et $p=0.0004$.

Le rapport biomasse racinaire sur la biomasse aérienne obtenue pour les plants du régime 1 et 2 révèle respectivement des valeurs de 0,83 et 0,75. Pas de significative sur les deux à $p=0,52$. Selon Sculler (1990) et Hasnaoui (1990), chez *Q. faginea*, la vitesse d'enracinement après la germination, dans des conditions hydriques limitantes est liée à l'importance des réserves cotylédonaires. De plus, Ksontini *et al.* (1998) signalent que les jeunes plants de chêne possèdent une racine pivot et la contrainte hydrique tend à diminuer le rapport des biomasses aériennes sur la biomasse racinaires ; cette réponse et son importance est fréquemment rencontrée chez les espèces ligneuses ou herbacées est souvent considérée comme réponse adaptative à la contrainte hydrique.

Cependant l'ANOVA révèle l'absence de différence significative entre la moyenne biomasse de la feuille terminale saturé (FFS), la matière sèche de la feuille terminale (MFS) et le ratio de robustesse (R/Rob) avec respectivement $p=0.17$, $p=0.46$, $p=0.72$.

Il est intéressant de signaler la présence de certain plants élevés lors de notre expérience qui ont présenté deux à trois tiges et racines pour un seul gland quelque soit l'intervalle d'arrosage 5jrs et 55jrs (fig.25).



Fig.25 : Exemple de trois plants de chêne zeen produits par un seul gland
A, C plant arrosé tous les 5 jours, B, D plant sans arrosage les tout 55 jours

II-Morphologie et typologie fonctionnelle de la communauté ectomycorhizienne du chêne zeen

L'observation des racines courtes issus des 7 arbres de différents âges et 30 plantules âgées de 5 mois selon différent intervalle d'arrosage (5jours et 55 jours d'intervalle d'arrosage), nous a permis d'inventorier 119 morphotypes ectomycorhiziens pour le chêne zeen en conditions naturelles, et 67 morphotypes pour les plantules de notre expérience. Selon les caractéristiques morphologiques établies par Agerer (1987-2008) et les quatre types d'exploration des ectomycorhizes (Agerer,2001).

1-Chez les adultes *in natura*

L'inventaire et les observations faites sur les racines courtes du chêne zeen, nous avons constaté une richesse en morphotype ectomycorhizien chez les arbres adulte avec respectivement 37 ECM pour l'arbre1, 22 ECM pour l'arbre2, 20 ECM pour l'arbre3, 13 ECM pour l'arbre4, 18 ECM pour l'arbre5, 13 pour l'arbre 6 et 17 pour l'arbre 7. Les morphotypes de type exploratoire moyenne et longue distance est le plus représenté chez tous les arbres. A contrario, le type d'exploration courte distance ne semble être représenté que par 29 morphotype. Cependant, nous avons noté l'absence du type contact chez la plus part des arbres à l'exception de l'arbre2 avec 3 ECM et l'arbre4 avec 1 ECM (fig. 26).

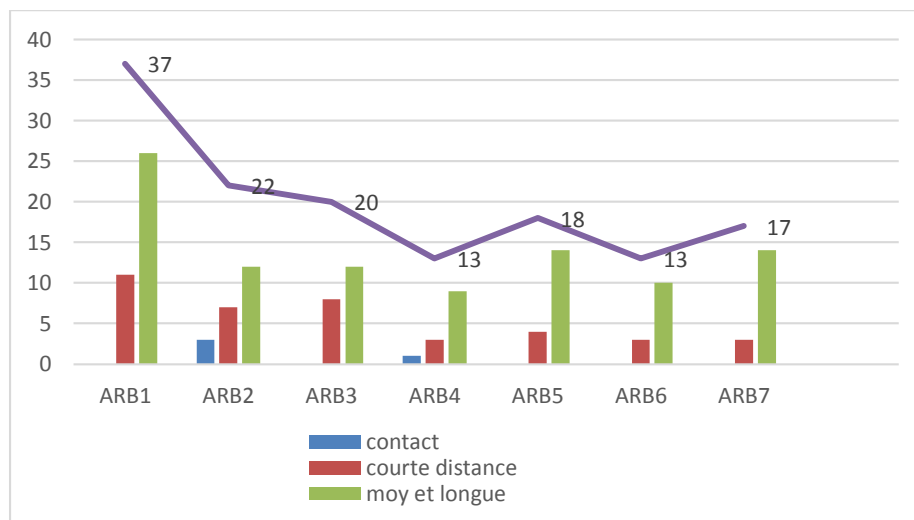


Fig.26 : distribution morphologique et typologie chez les adultes

1-1 CLASSEMENT DES MORPHOTYPES ECTOMYCORHIZIENS SELON LEUR MODE D'EXPLORATION CHEZ LES ADULTES.

a-Exploration en contact (Gx40)

ECM₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : rétrécissement de l'apex.
- Un manteau d'une structure lisse.

ECM₂ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple l'apex plus large que la base.
- Une forme : arrondie.
- n manteau d'une structure lisse.

ECM₃ : mycorhize de couleur blanchâtre caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : aplatie.
- Un manteau d'une structure lisse.

ECM₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : en forme d'un peigne.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure lisse.



b-Exploration à courte distance (Gx40)

ECM₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : rétrécissement de l'apex.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes rares

ECM₂ : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

- Une distribution : dichotomie.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.

ECM₃ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes abondants

ECM₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

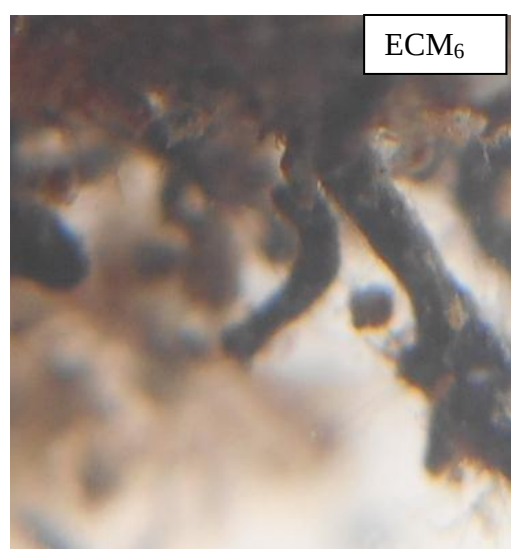
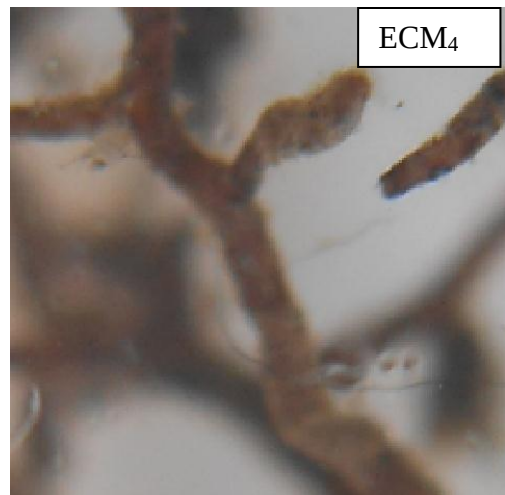
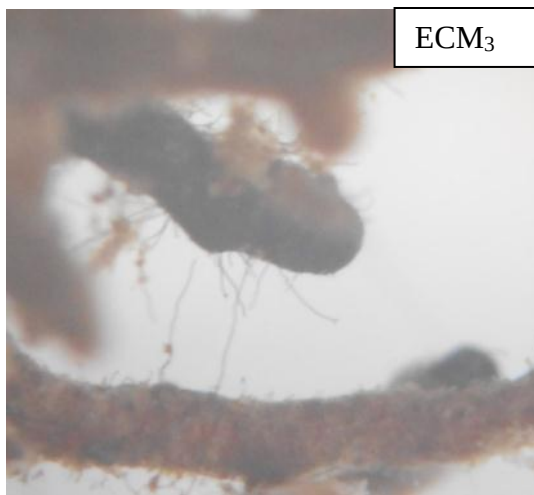
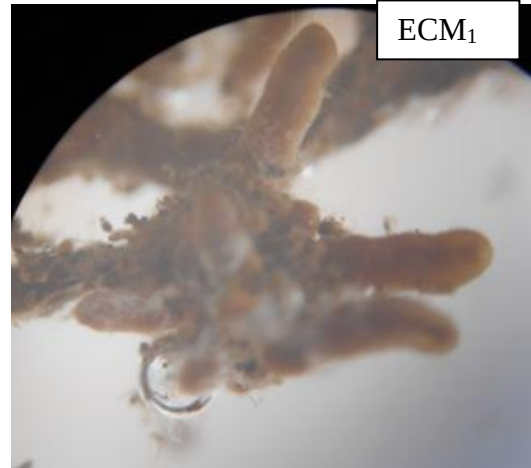
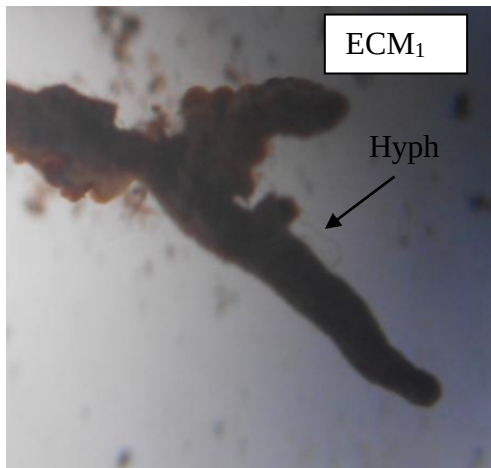
- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes rares.

ECM₅ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : en forme d'un peigne.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.

ECM₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple en forme d'une faucille.
- Une forme : courbée,.
- Un manteau d'une structure en feutrage, hyphes rares



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₇: mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants à l'extrémité.

ECM₈ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants, une frange à l'extrémité.

ECM₉: mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants

ECM₁₀ : mycorhize de couleur marron foncé caractérisée par :

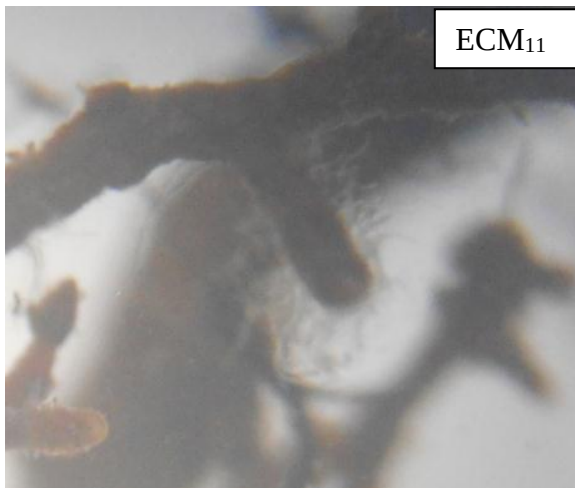
- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes peu abondants.

ECM₁₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants.

ECM₁₂: mycorhize de couleur marron, apex noir séparé par un trait blanc caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large ue la base.
- Un manteau d'une structure en feutrage, hyphes peu abondants



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₁₃: mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants, et une frange frisée à l'extrémité.

ECM₁₄: mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, un tapis d'hyphes au milieu.

ECM₁₅: mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie l'apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants

ECM₁₆: mycorhize de couleur jaune caractérisée par :

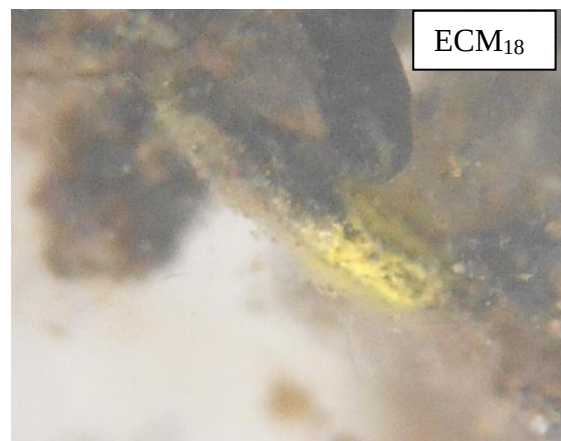
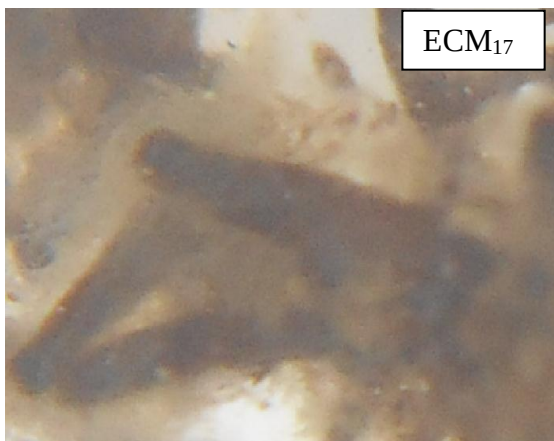
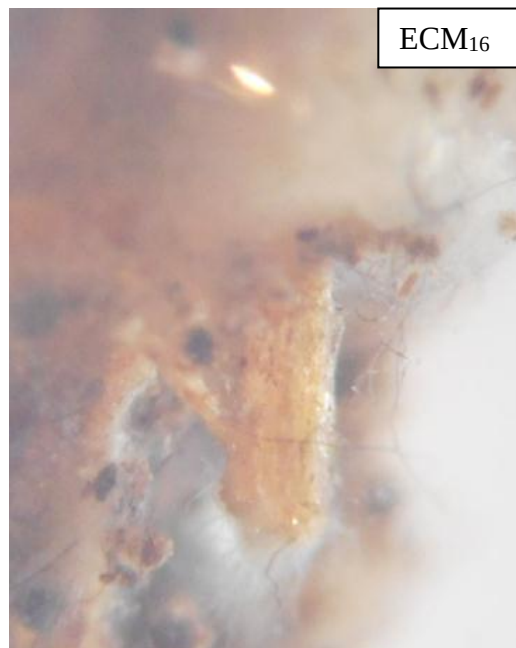
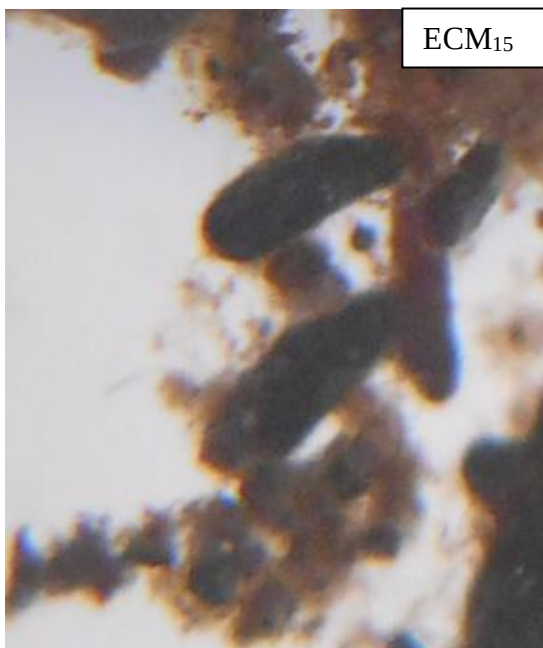
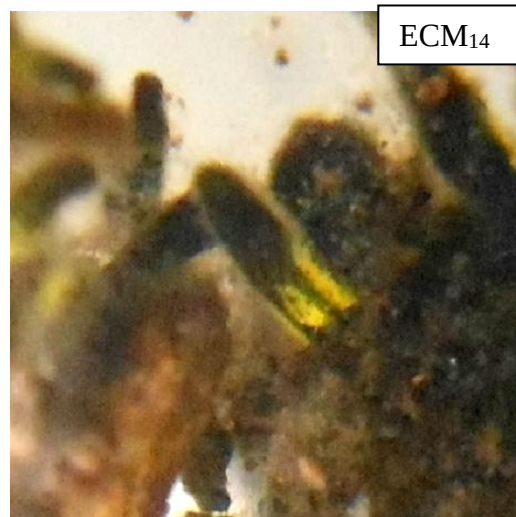
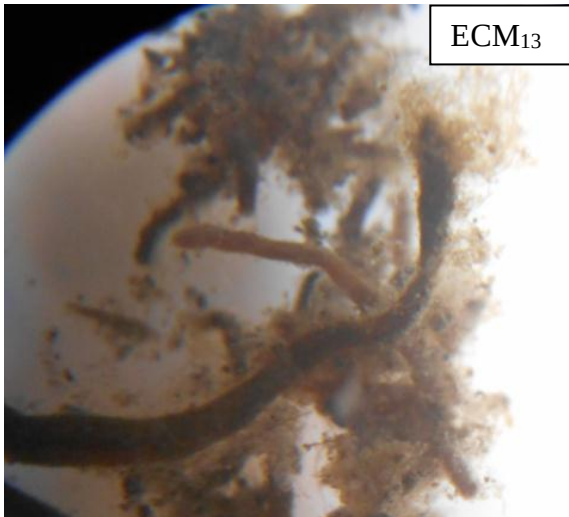
- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes très abondants à l'extrémité.

ECM₁₇: mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : rétrécissement de l'apex.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants.

ECM₁₈: mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : rétrécissement de l'apex.
- Un manteau d'une structure granuleuse, tapis d'hyphes à la base.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₁₉: mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure laineuse, des hyphes peu abondants, des frange à chaque extrémité.

ECM₂₀ : mycorhize de couleur brun jaunâtre caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : apex rétrécis et aplatis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.

ECM₂₁: mycorhize de couleur orange caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₂₂ : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

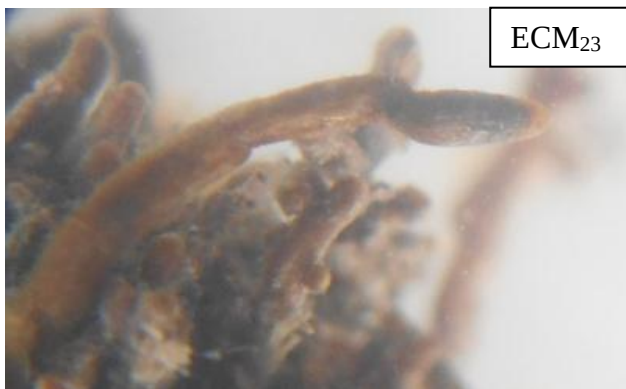
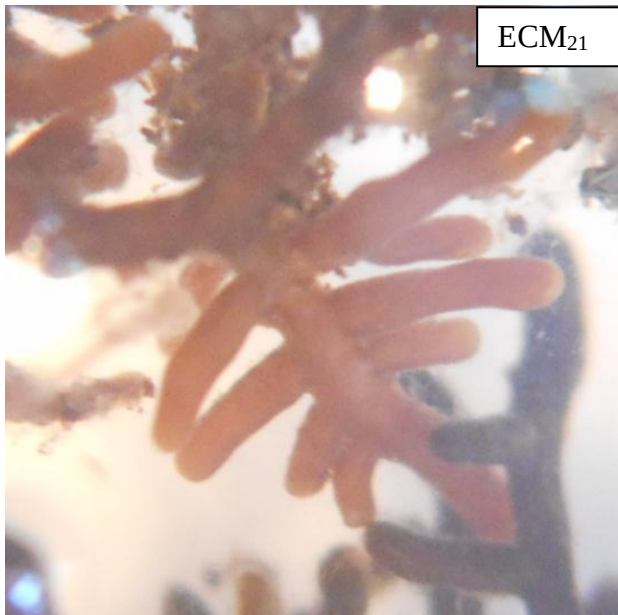
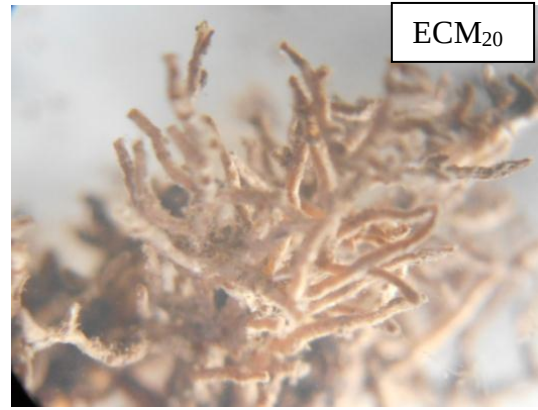
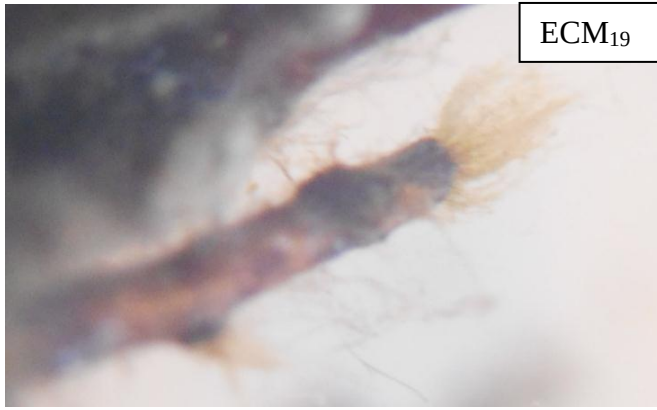
- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis, courbée et aplatis.
- Un manteau d'une structure en feutrage, présence des cystide.

ECM₂₃ : mycorhize de couleur miel, sombre à l'extrémité, et clair au bout caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₂₄: mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : rétrécissement de l'apex.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₂₅ : mycorhize de couleur brun jaunâtre, clair à l'apex caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₂₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₂₇ : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite, arrondie, apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes rares.

ECM₂₈ : mycorhize de couleur blanchâtre caractérisée par :

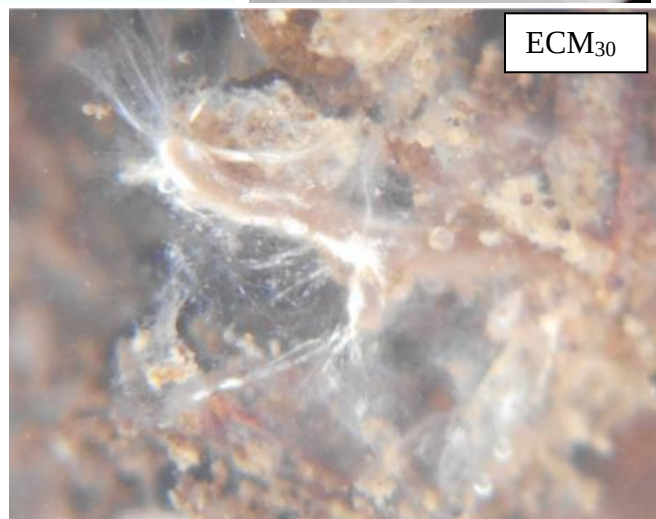
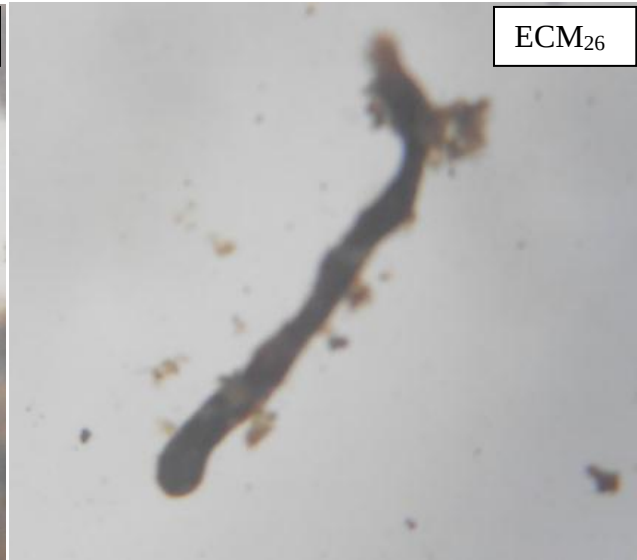
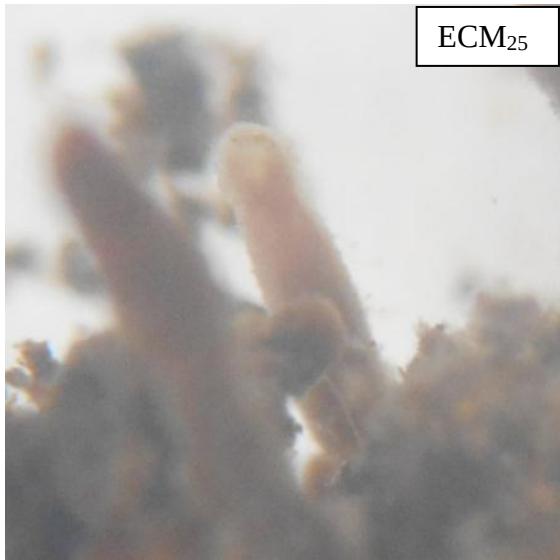
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes absants.

ECM₂₉ : mycorhize de couleur brun orangeâtre caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.

ECM₃₀ : mycorhize de couleur blanchâtre caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure laineuse, des hyphes très abondants.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₃₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants de couleur blanche à la base et rare à l'extrémité.

ECM₃₂ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.

ECM₃₃ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : apex rétrécit.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes rares.

ECM₃₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

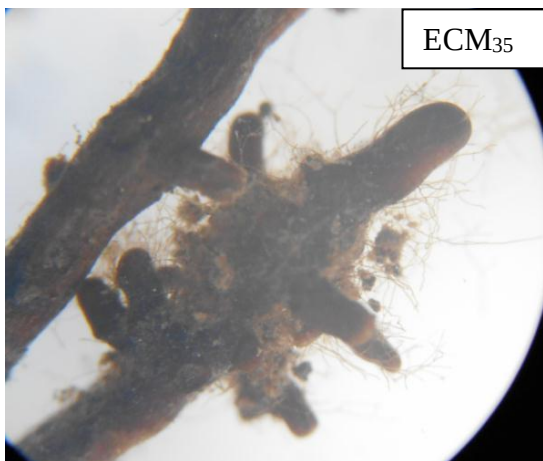
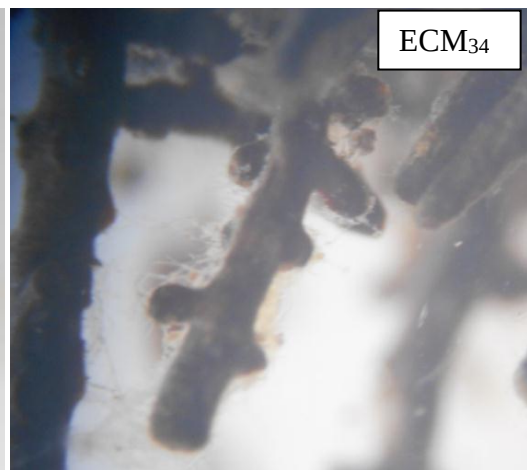
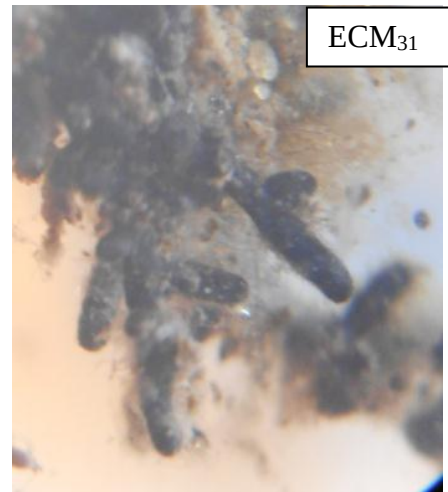
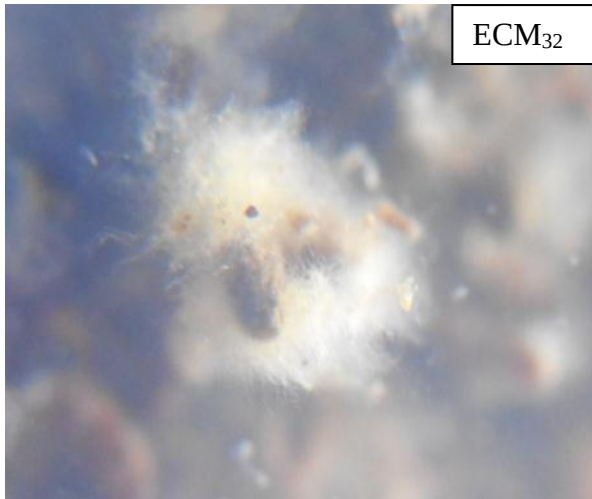
- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : cylindrique aplatis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes absants.

ECM₃₅ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants.

ECM₃₆ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : aplatie de côté.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₃₇ : mycorhize de couleur brune et ocre à l'extrémité caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : monopodiale pennée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse et lisse à l'extrémité, des hyphes rares.

ECM₃₈ : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure vaguement granuleuse et lisse à l'extrémité, des hyphes abondants.

ECM₃₉ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : cylindrique, arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes rares.

ECM₄₀ : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

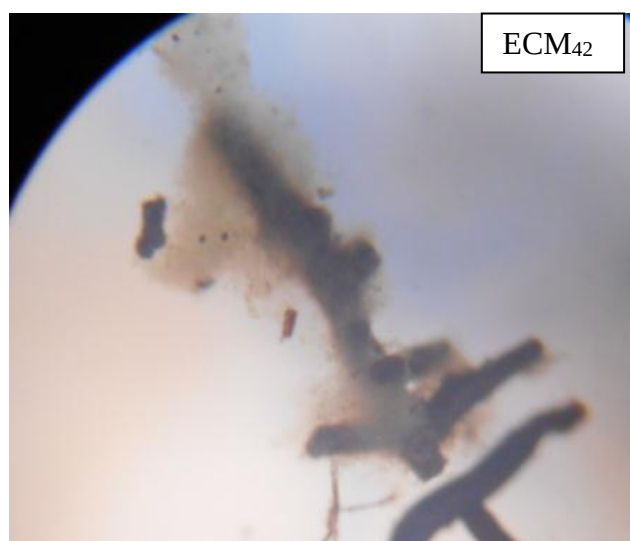
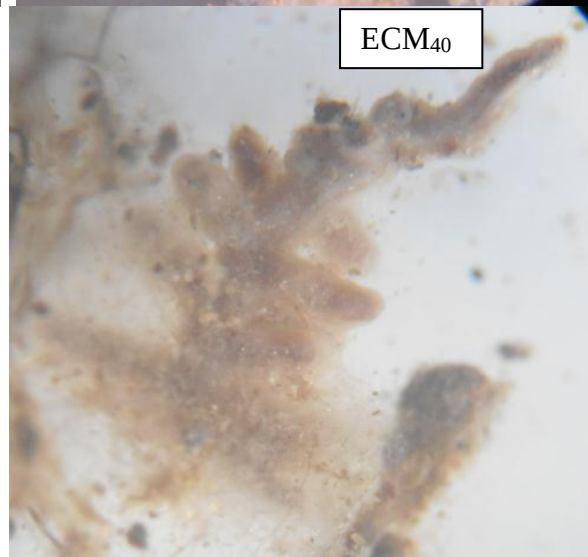
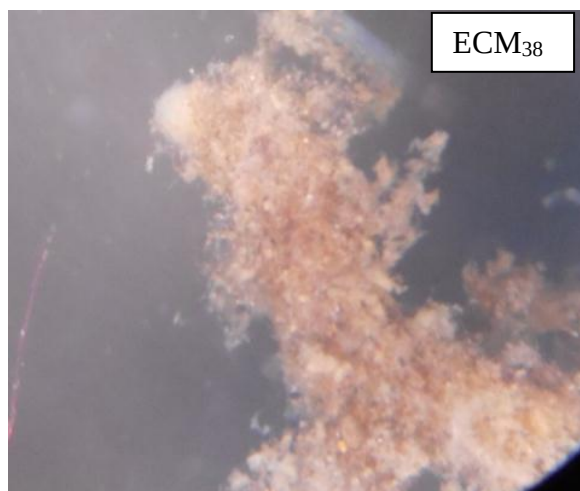
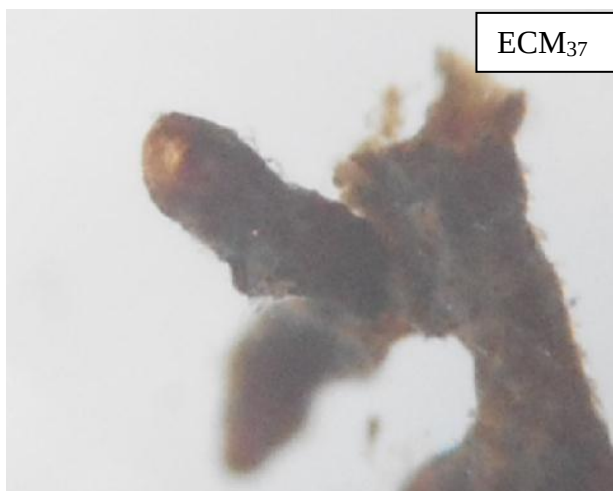
- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très absents à la base.

ECM₄₁ : mycorhize de couleur miel et ocre à l'extrémité caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite, arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares à la base et une frange à l'extrémité.

ECM₄₂ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondant à l'extrémité.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₄₃ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse, aplatis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.

ECM₄₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, tapis d'hyphes jaune au milieu.

ECM₄₅ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure laineuse, hyphes rares à la base et une frange à l'extrémité.

ECM₄₆ : mycorhize de couleur miel et ocre à l'extrémité caractérisée par :

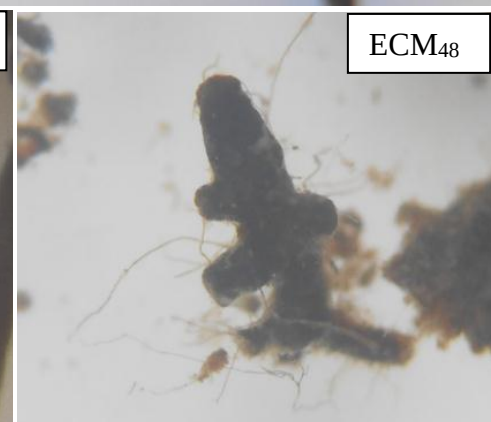
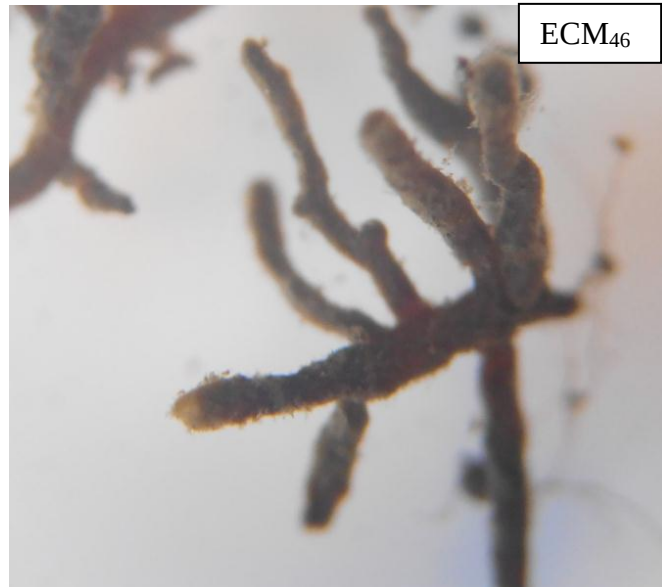
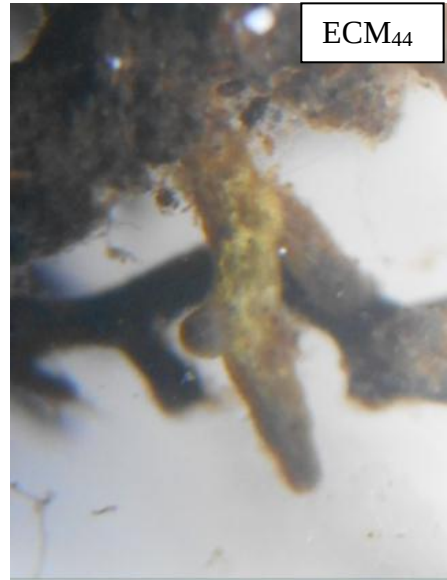
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.

ECM₄₇ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : en forme d'un sac alvéolaire.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.

ECM₄₈ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : rétrécis et aplatis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₄₉ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants .

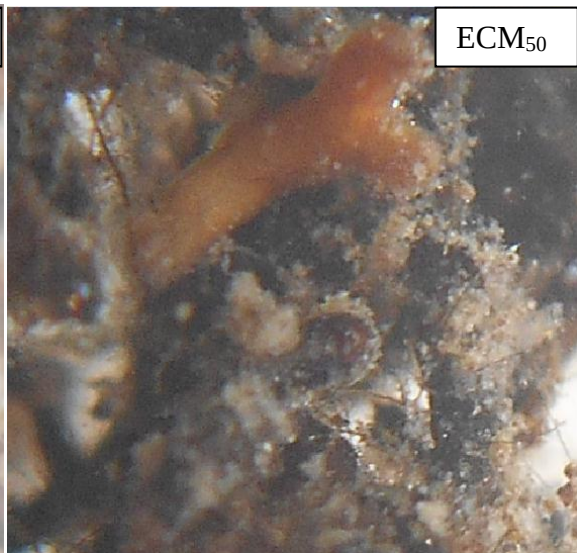
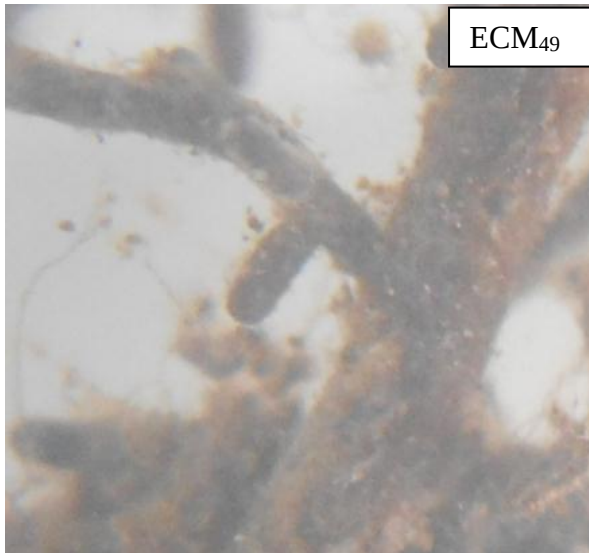
ECM₅₀ : mycorhize de couleur orange caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₅₁ : mycorhize de couleur orange caractérisée par :

- Une distribution : coralloïdale.
- Une forme : courbé.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants.

ECM₅₂ : *Cenococcum geophilum*



c-Exploration à moyen et longue distance(Gx40)

ECM₁ : mycorhize de couleur jaune poussin caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : droite arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₂ : mycorhize de couleur miel caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : irrégulière.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₃ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

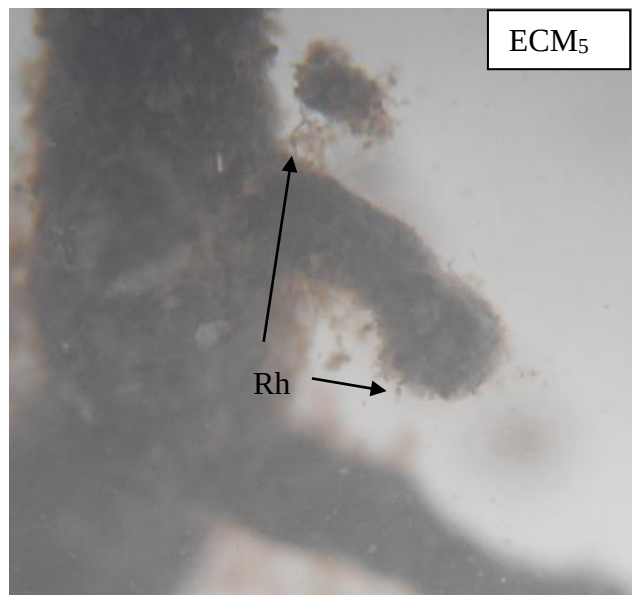
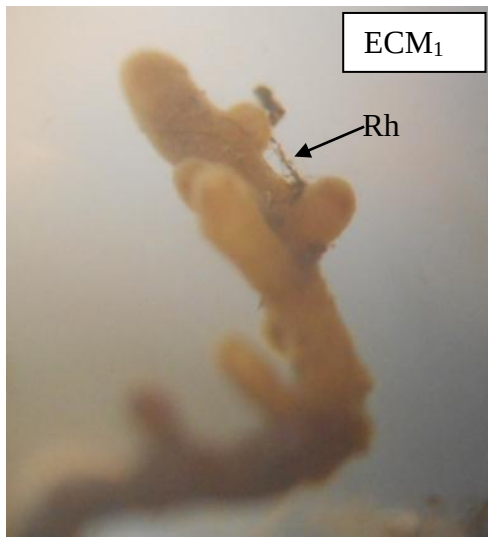
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₄ : mycorhize de couleur jaune et marron en extrémité caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite linéaire.
- Un manteau d'une structure laineuse, hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie, apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₆ : mycorhize de couleur orange caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₇ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite aplatie de côté.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₈ : mycorhize de couleur brun jaunâtre caractérisée par :

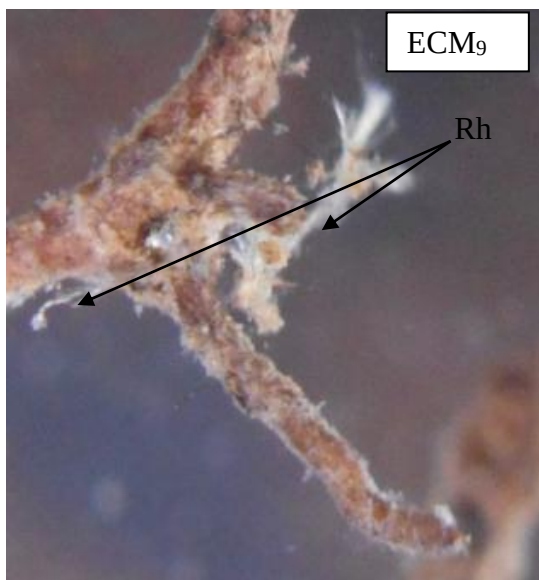
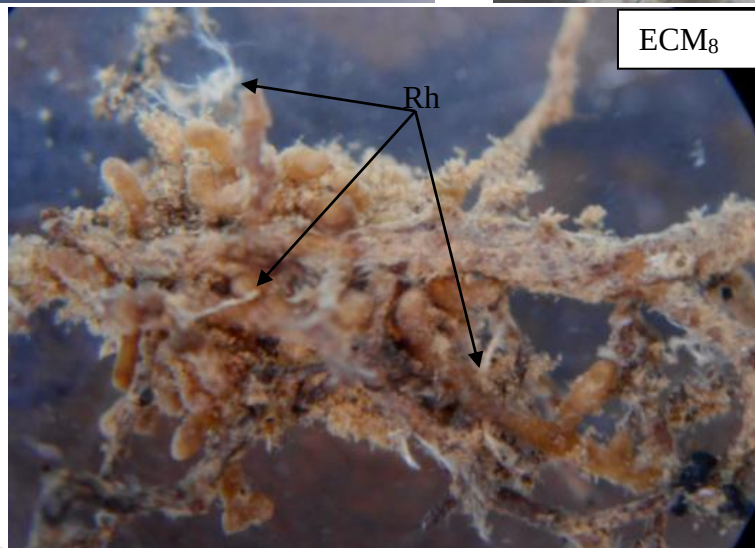
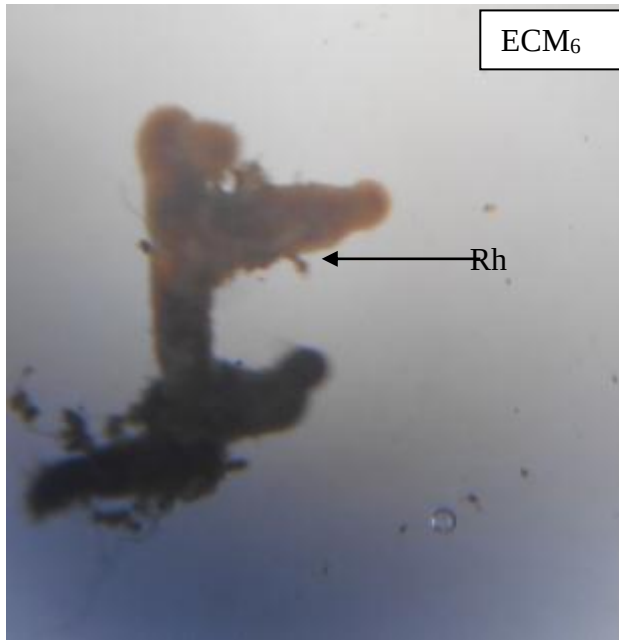
- Une distribution : dichotomique.
- Une forme : droite arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants
- Un rhizomorphe de couleur blanche.

ECM₉ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure en feutrage, hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur blanche.

ECM₁₀ : mycorhize de couleur marron jaunâtre à la base et un apex blanc caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, un tapis d'hyphes blanc au milieu.
- Un rhizomorphe de couleur marron.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₁₁ : mycorhize de couleur miel caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite aplatis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares
- Un rhizomorphe de couleur blanche à la base.

ECM₁₂ : mycorhize de couleur miel caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₁₃ : mycorhize de couleur orangeâtre caractérisée par :

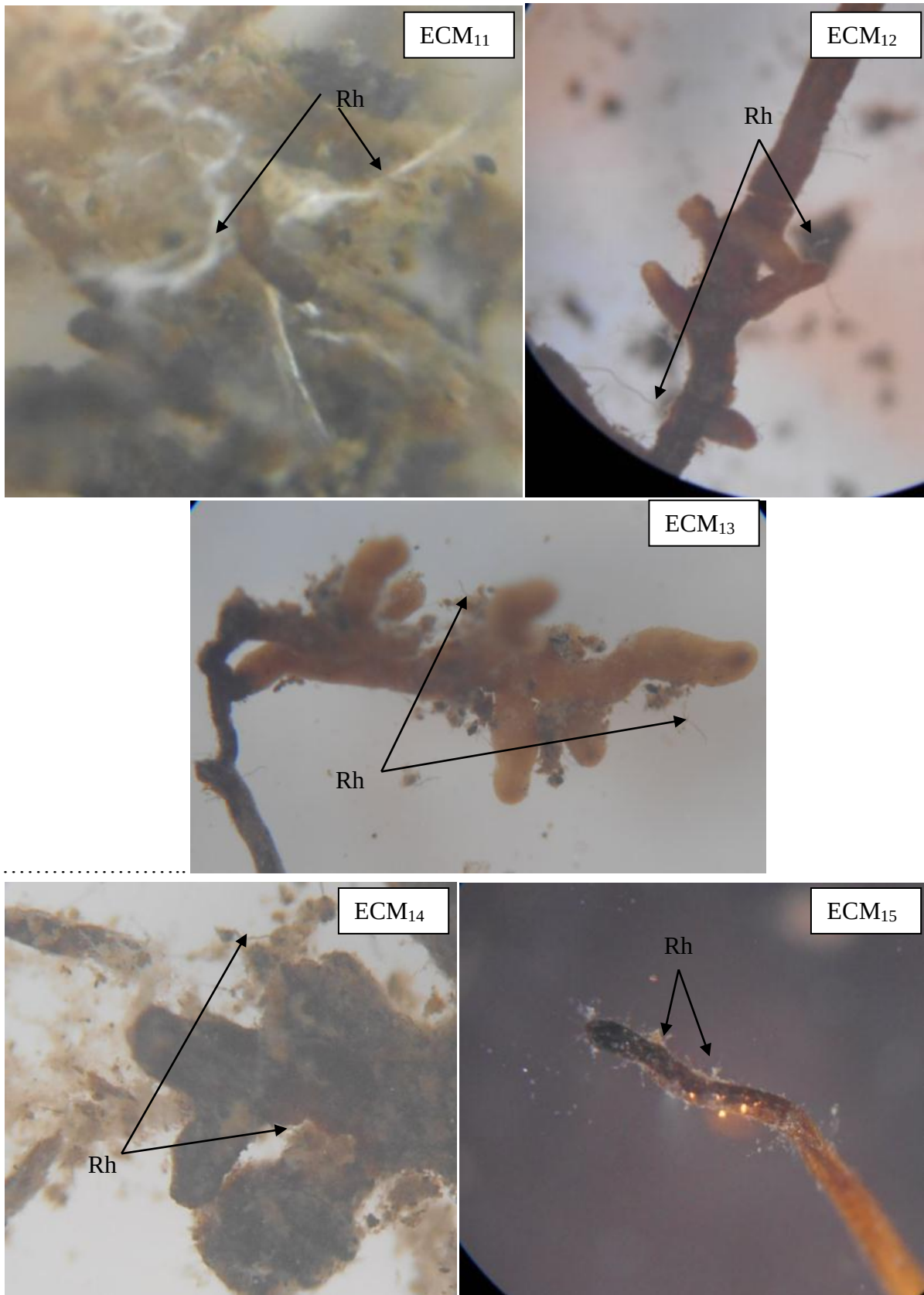
- Une distribution : monopodiale pyramidale .
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₁₄ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₁₅ : mycorhize de couleur dégradée de marron clair à la base et de noir à l'apex caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure en feutrage, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur blanche.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₁₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : hippocampe.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe de couleur noir.

ECM₁₇ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₁₈ : mycorhize de couleur miel caractérisée par :

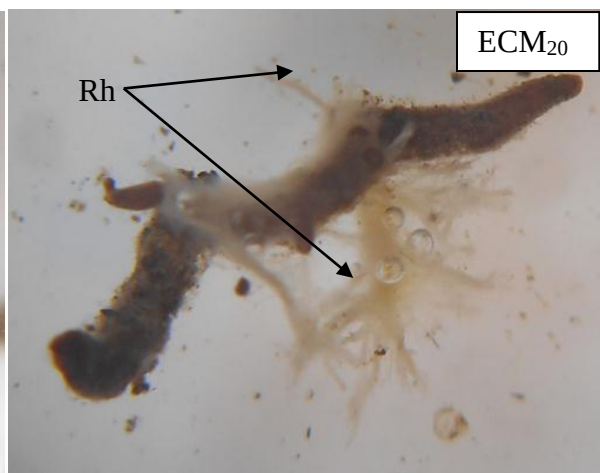
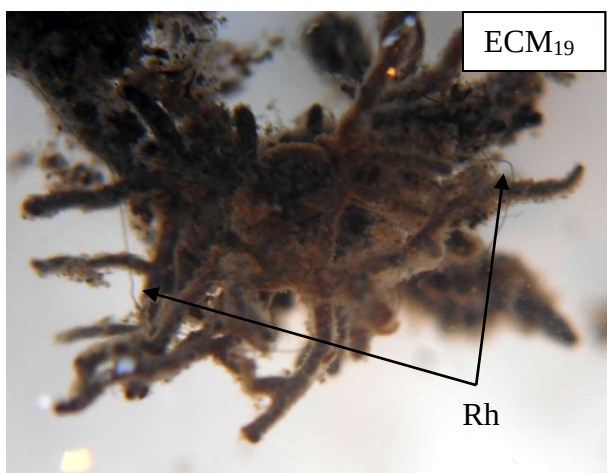
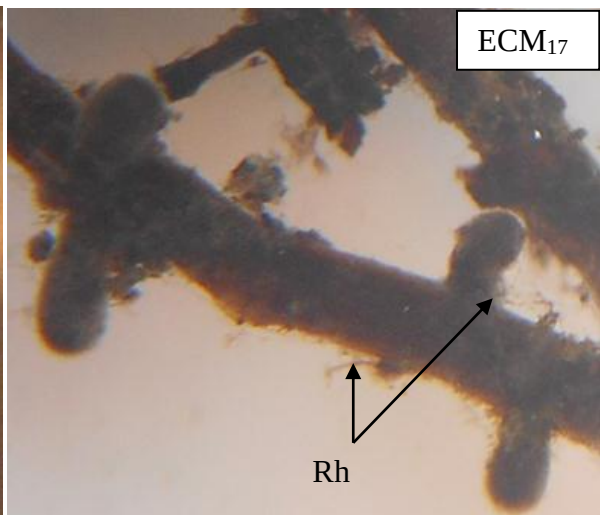
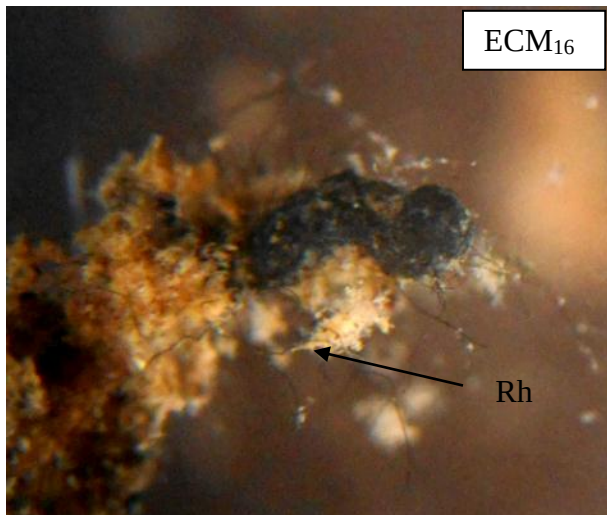
- Une distribution : monopodiale pennée .
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure en feutrage, des hyphes peu abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₁₉ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₂₀ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe épais et laineux de couleur blanche.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₂₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₂₂ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : dichotomique.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron (long et court rhizomorphe)

ECM₂₃ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

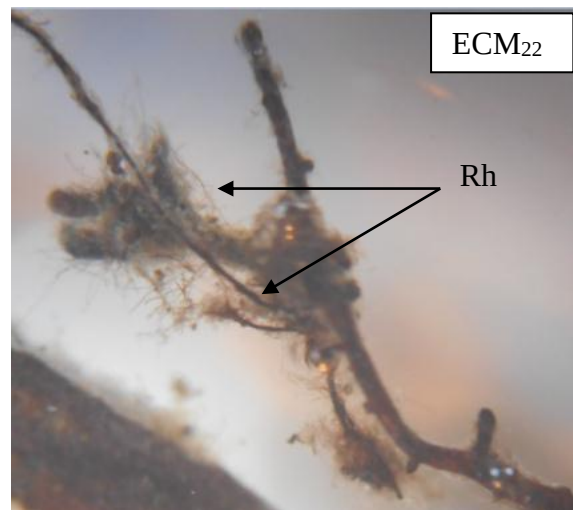
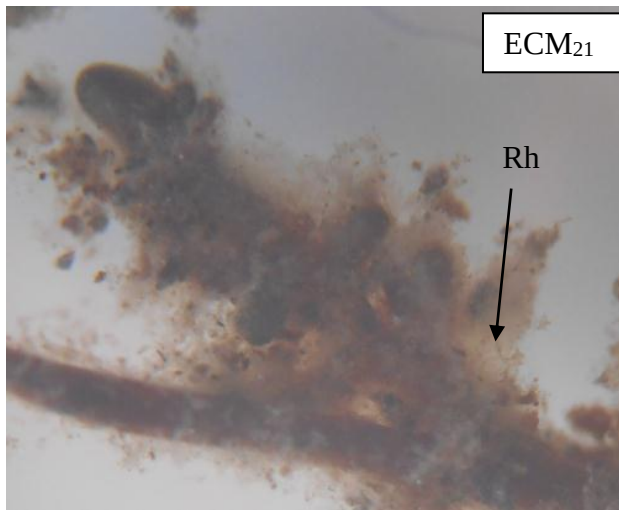
- Une distribution : monopodiale pennée .
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₂₄ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

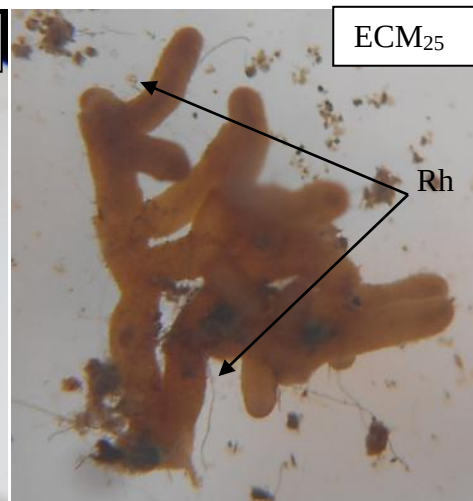
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₂₅ : mycorhize de couleur orange caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.
-



...



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₂₆ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : apex plus large ue la base.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe à l'extrémité de couleur blanche.

ECM₂₇ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis et pointeux.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₂₈ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

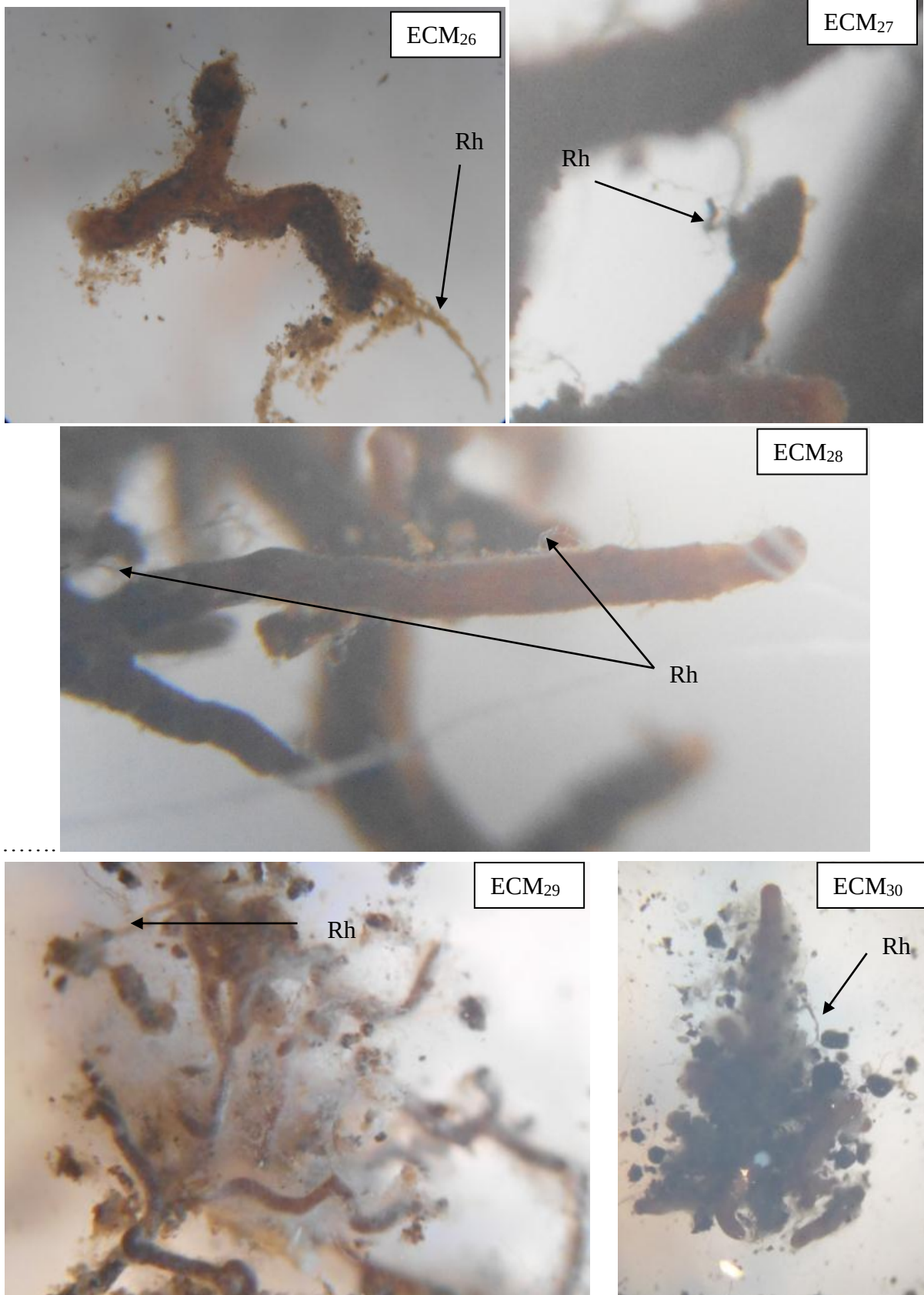
- Une distribution : simple .
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron et blanc.

ECM₂₉ : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure laineuse, hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe de couleur blanc.

ECM₃₀ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₃₁ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₃₂ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe à l'extrémité de couleur blanche à l'extrémité.

ECM₃₃ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

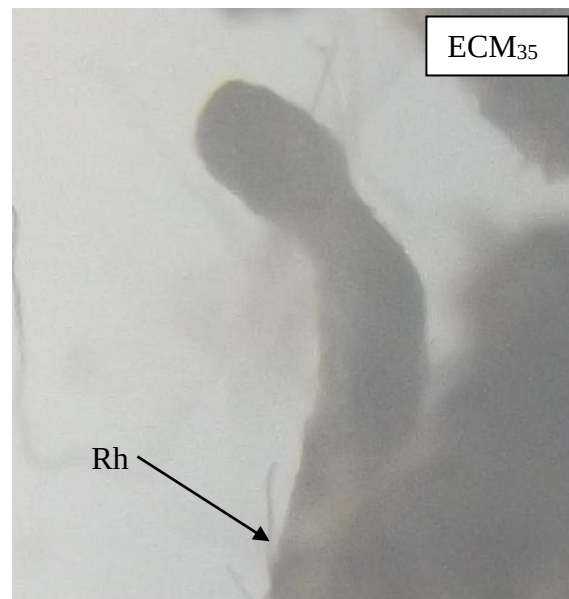
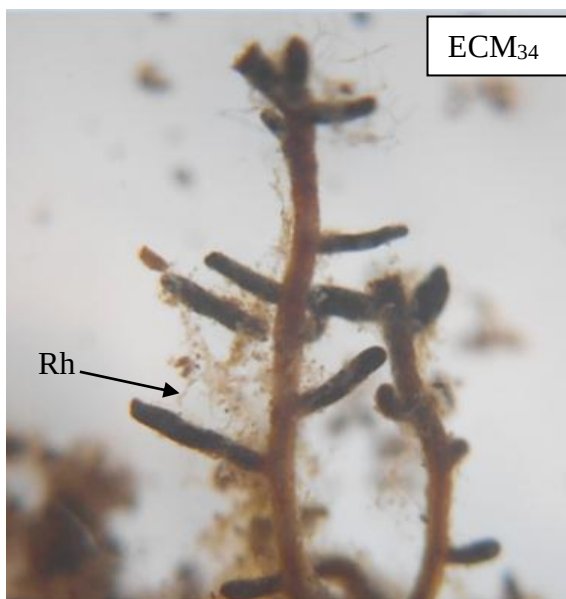
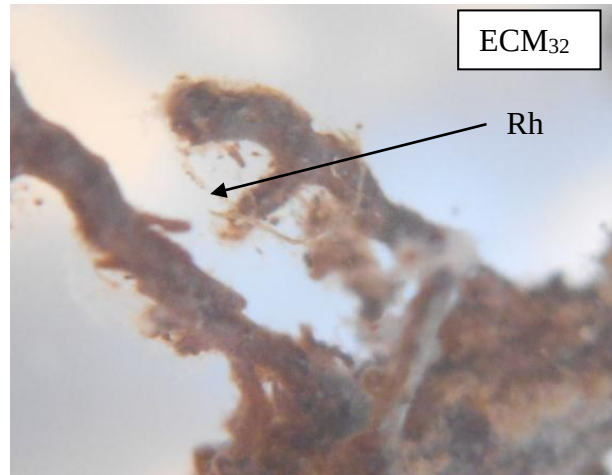
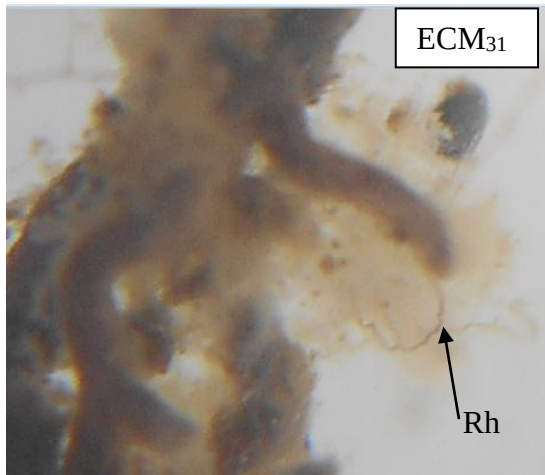
- Une distribution : simple .
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants
- Un rhizomorphe long de couleur marron.

ECM₃₄ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : aplatis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur blanche.

ECM₃₅ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex courbé et rétrécis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₃₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : aplatis au deux cotés.
- Un manteau d'une structure laineuse, des hyphes très abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron .

ECM₃₇ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : perlée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₃₈ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

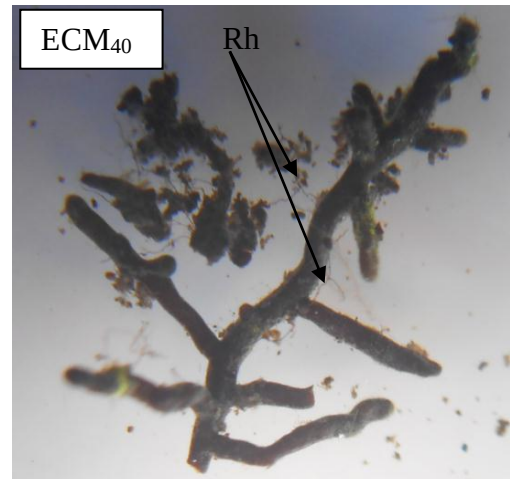
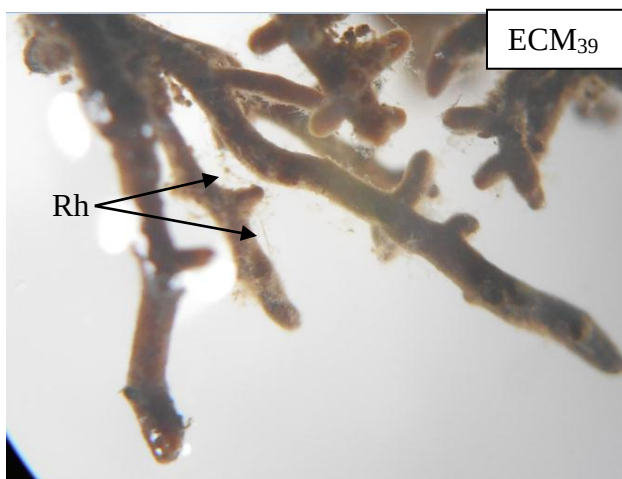
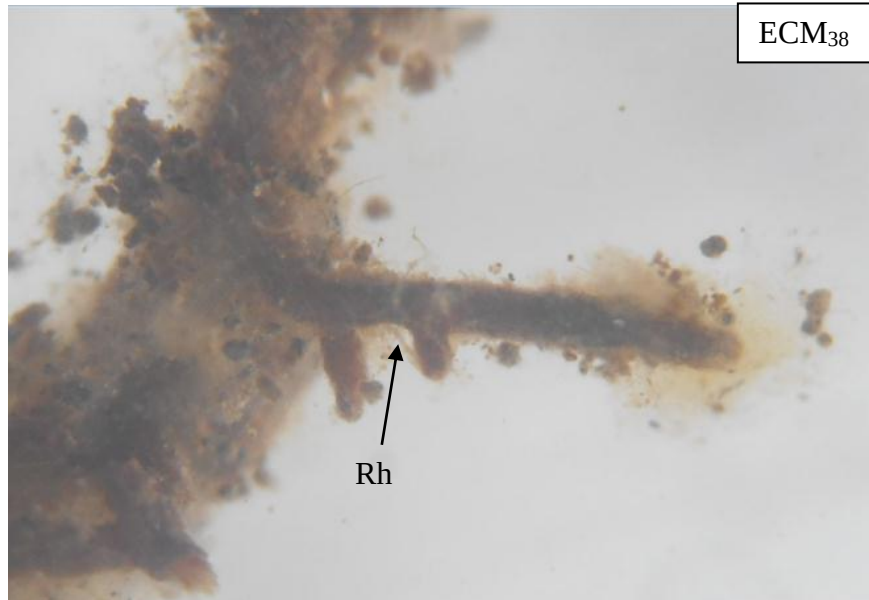
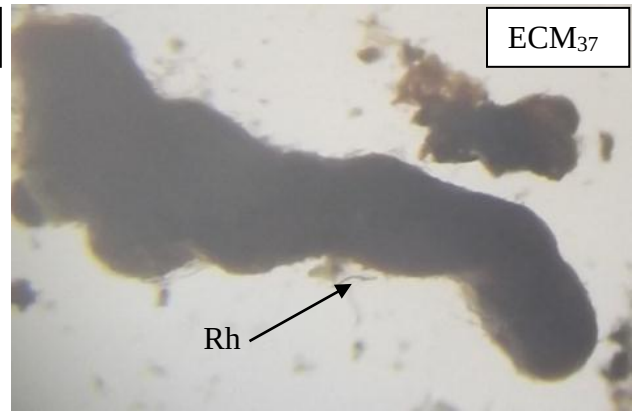
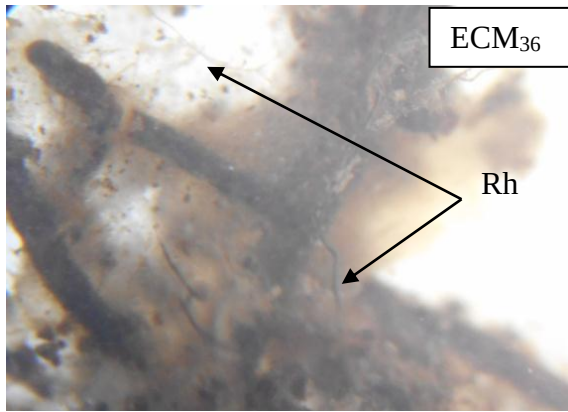
- Une distribution : monopodiale pennée .
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants à l'extrémité
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₃₉ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₄₀ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.



ECM₄₁ : mycorhize de couleur m caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron à la base.

ECM₄₂ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur blanche à l'extrémité

ECM₄₃ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple .
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares
- Un rhizomorphe gros et long de couleur noir qui attache deux mycorhize.

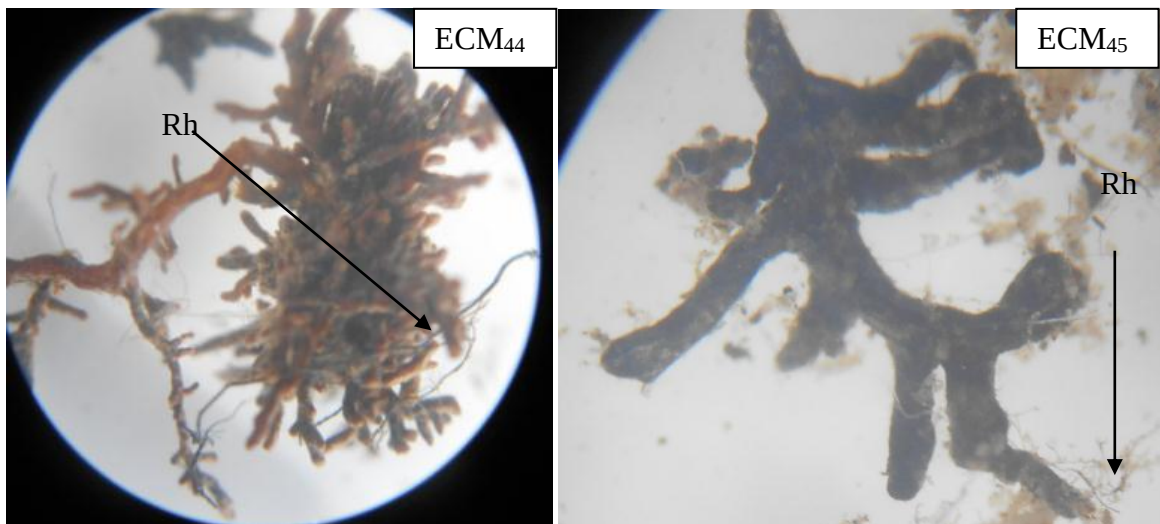
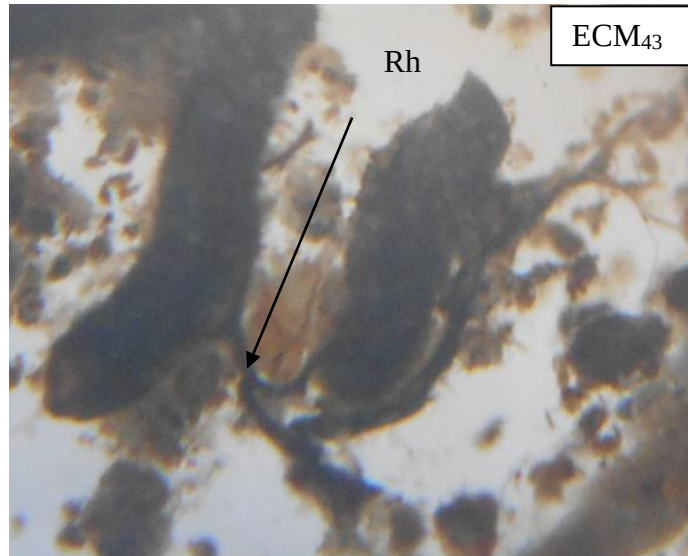
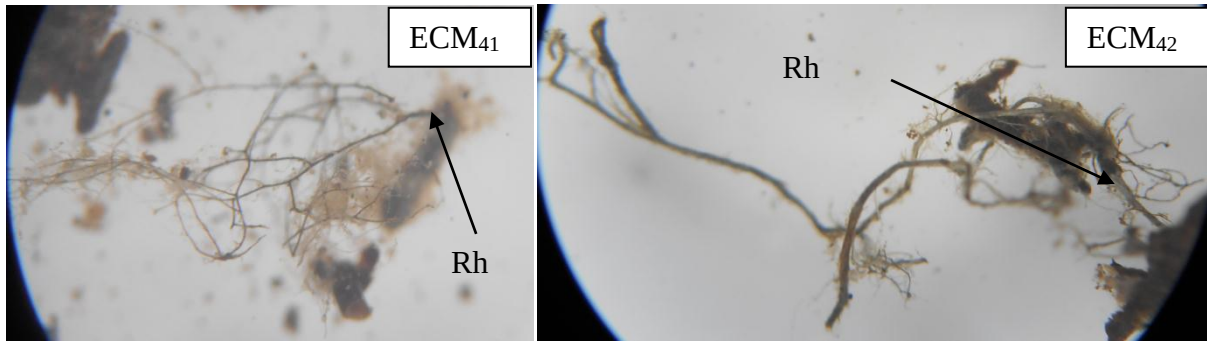
ECM₄₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuseuse, hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur noir.

ECM₅₅ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramydale.
- Une forme : aplatie ur deux cotés.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

Chapitre III: Résultats et discussion



ECM₄₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₄₇ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur noir

ECM₄₈ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

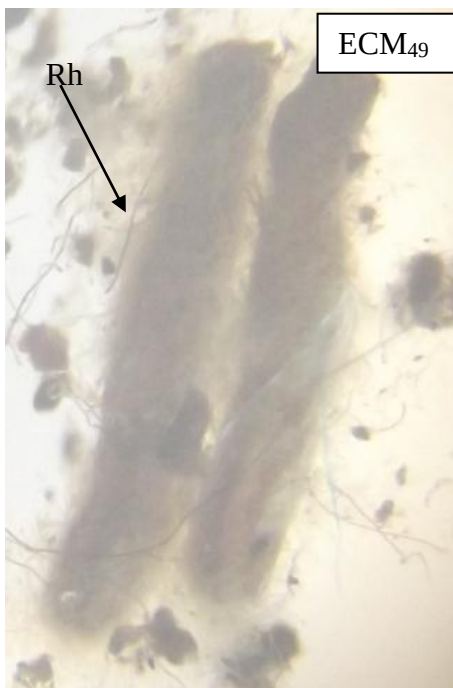
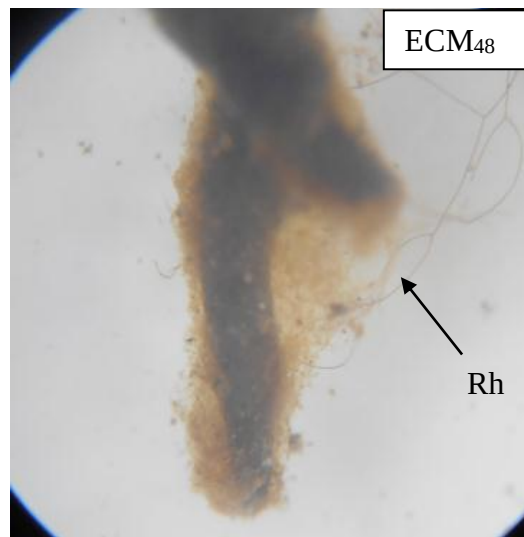
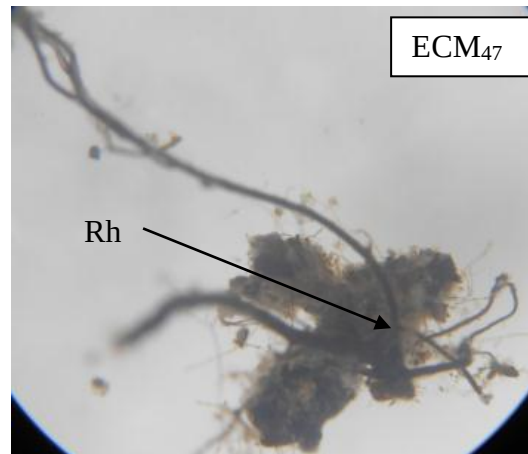
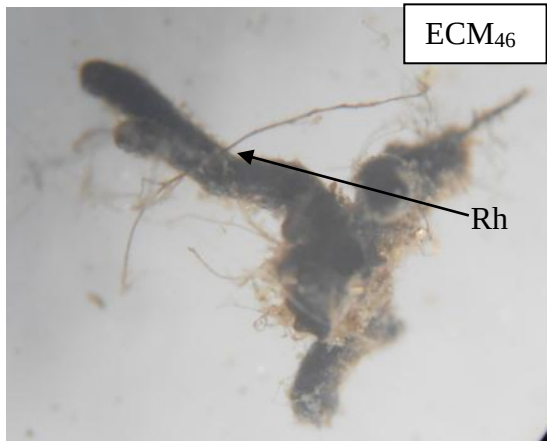
- Une distribution : monopodiale pennée .
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure laineuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₄₉ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅₀ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramydale.
- Une forme : droite .
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.



ECM₅₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution :monopodiale pyramydale.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅₂ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₅₃: mycorhize de couleur brune caractérisée par :

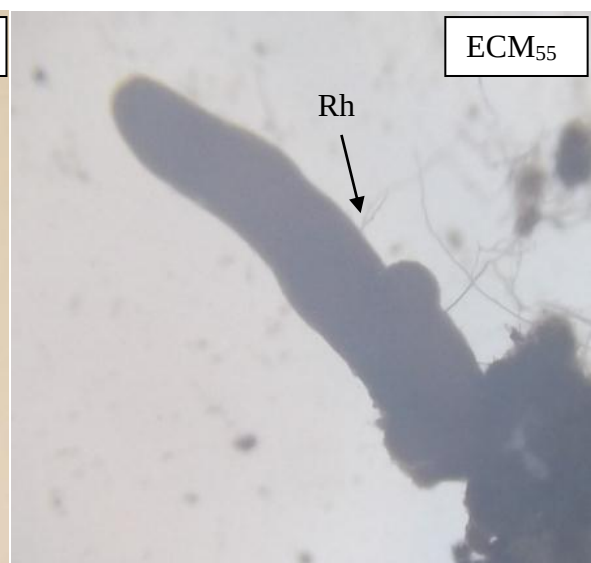
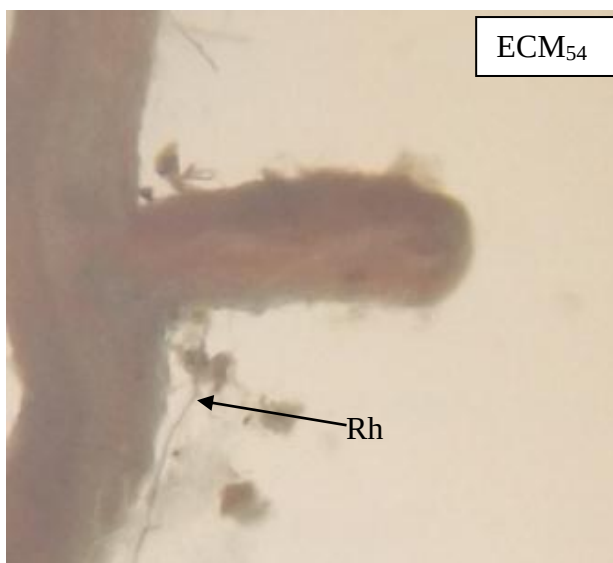
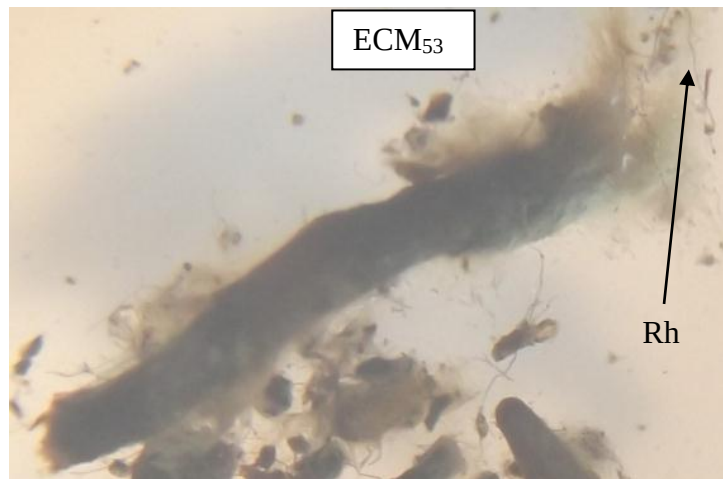
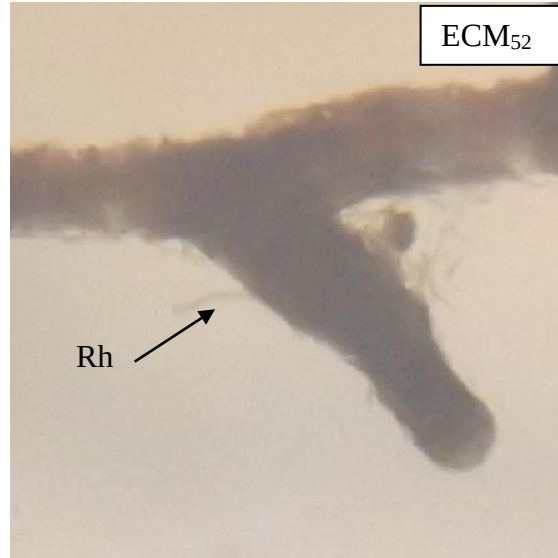
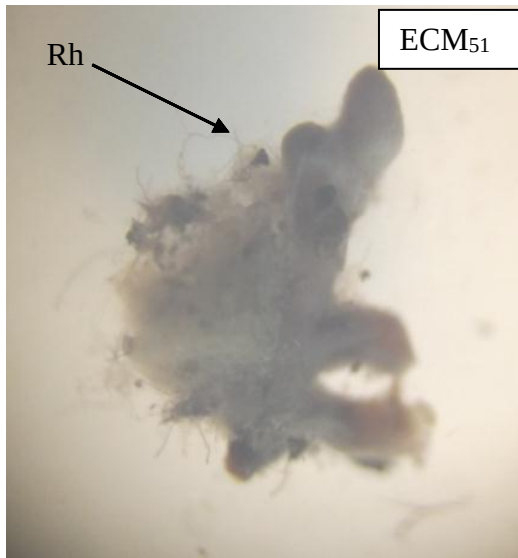
- Une distribution :simple .
- Une forme : simple.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants, une frange à l'extrémité.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅₅ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur noir.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₅₆ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares
- Un rhizomorphe cotonneux de couleur blanche au milieu.

ECM₅₇ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramydale.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur noir.

ECM₅₈ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

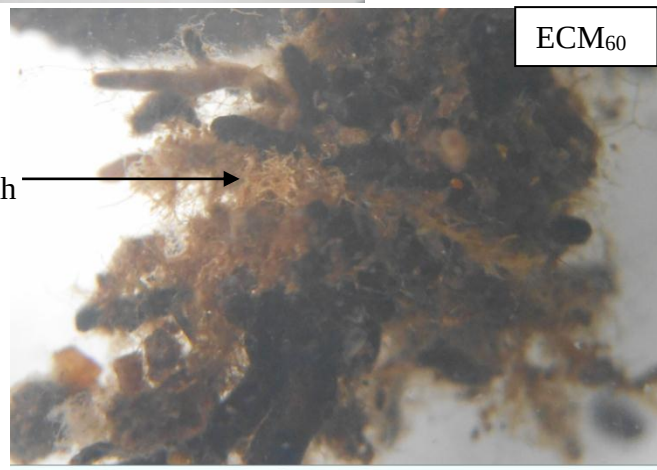
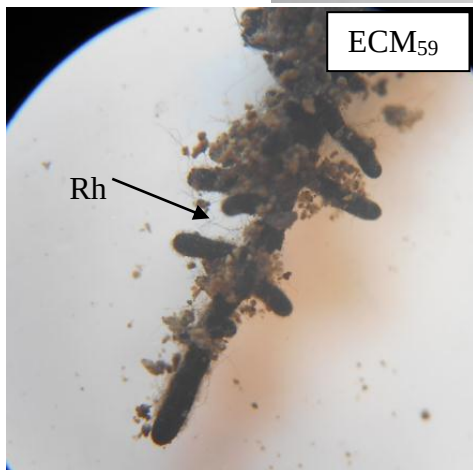
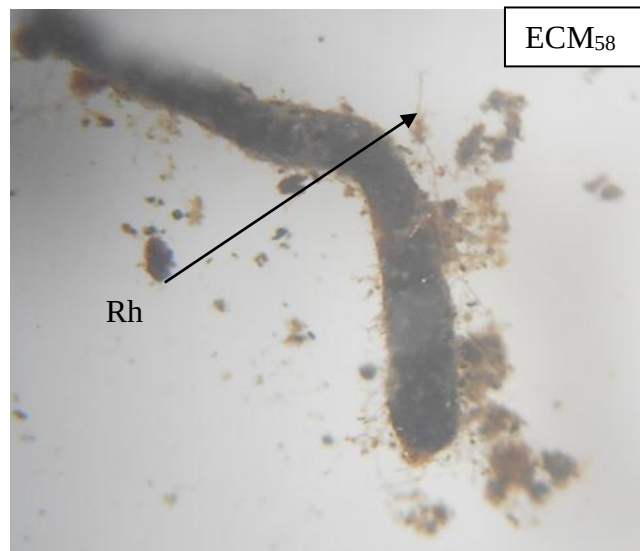
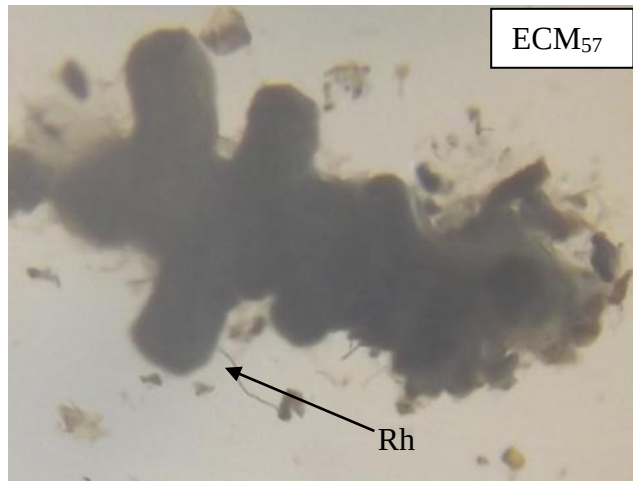
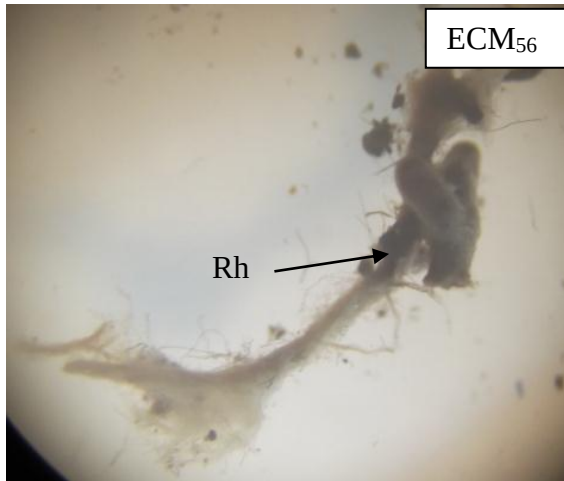
- Une distribution : simple .
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅₉ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₆₀ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : dichotomique.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe chevelu de couleur orange.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₆₁ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : tortueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse (chevelue), des hyphes très abondants
- Un rhizomorphe cotonneux de couleur blanche au milieu.

ECM₆₂ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

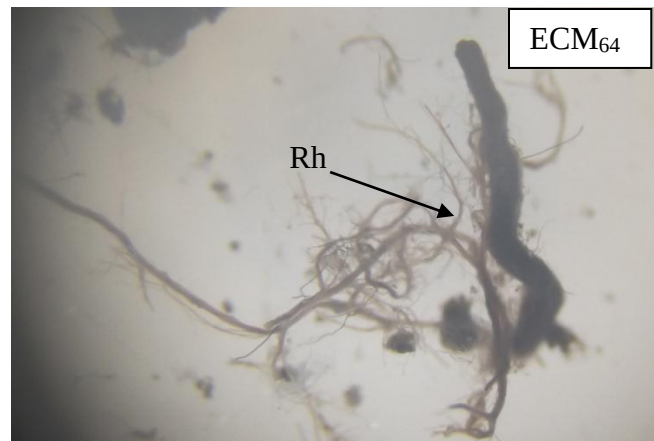
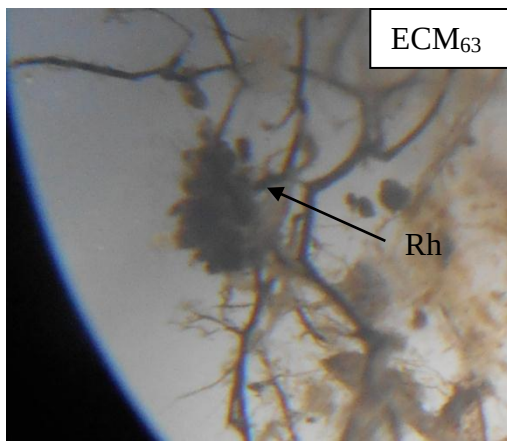
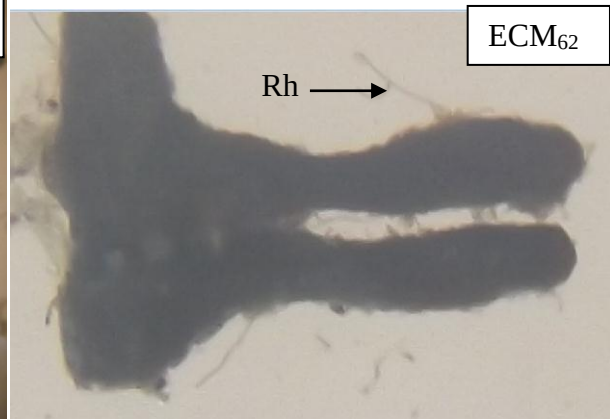
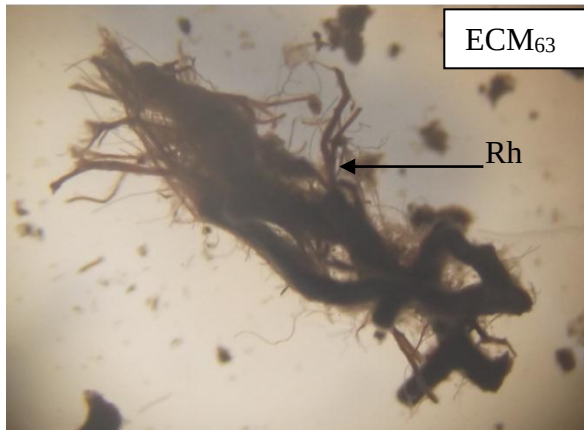
- Une distribution simple.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur noir.

ECM₆₃ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : coralloïde .
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron à la base.

ECM₆₄ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.



Chapitre III: Résultats et discussion

1-2-Succession de la communauté ectomycorhizienne

A fin de vérifier la théorie de la succession de la communauté ectomycorhizienne établis par Last *et al.*, (1987), les arbres adultes sont classés en catégorie de diamètre référant à des classes d'âge. Sachant que pour les essences feuillues, elles sont comme suit (tab 4):

Tab.3 : Référence de diamètre, âge et selon la catégorie de bois

catégorie de bois	Diamètre	âge
perche	7.5-17.5 cm	(10-20ans)
PB (petit bois)	17.5-27.5cm	(20-30 ans)
BM (bois moyen)	27.5- 42.5 cm	(30-40ans)
GTB (gros bois)	42.5 cm	(> 40 ans).

A partir de ce classement, chaque arbre est affilié à quatre classe de diamètre correspond à différents stades de développement de chêne zeen (tab.5)

Tab.4: classements des arbres adultes de chêne zeen selon la catégorie de bois

Catégorie de bois	Arbre	circonférence	diamètre
BM	ARBRE1	113	35,98
PB	ARBRE2	75	23,88
GB	ARBRE3	138	43,94
BM	ARBRE4	129	41,08
P	ARBRE5	11	3,50
PB	ARBRE6	91	28,98
P	ARBRE7	73	23,24

Selon la catégorie de diamètre de chaque arbre, nous avons inventorié 39 morphotypes pour le stade perche, 33 morphotypes pour le petit bois, 48 pour le bois moyen et 20 pour le gros bois. Ces résultats répond à la théorie de Last *et al.*, 1987 in Selosse,2001 sur successions fongique en fonction du vieillissement forestier.

Le classement en type d'exploration selon la catégorie d'âge, nous avons noté que le type moyen et long distance est le plus fréquent chez toutes les catégories d'âge. A l'inverse, le type contact est observé chez la catégorie petit bois (Figure 26).

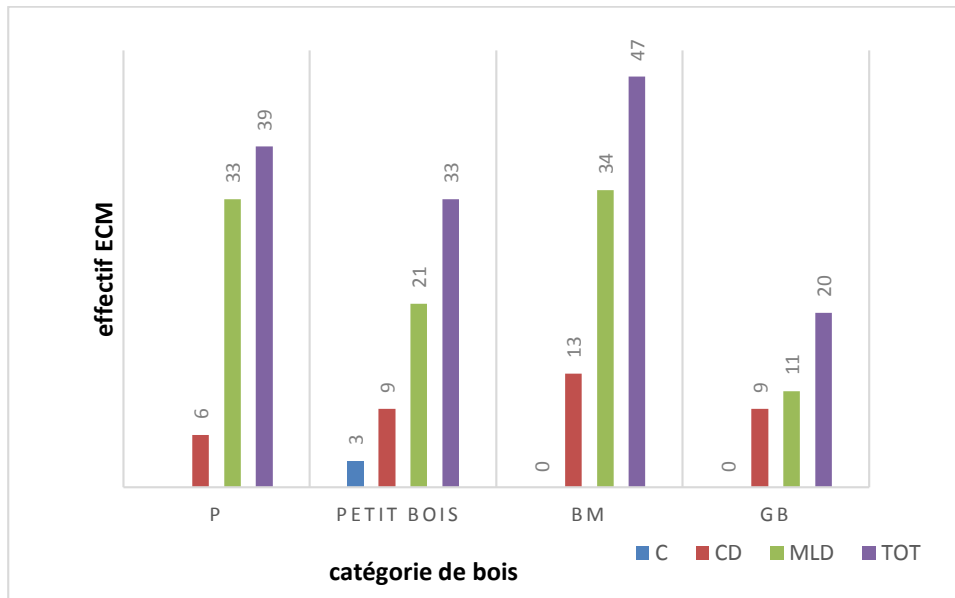


Fig.39 : type d'exploration selon catégorie d'âge

Afin d'analyser la similitude de la communauté ectomycorhizienne et la similitude et la distance de celle –ci entre les différents âges de la population de chêne zeen étudiée, nous avons calculé l'indice de similarité de Jaccard et de Sørensen afin de comparer l'indice de distance.

En effet, Grall & Coïc (2006), les indices de similarité permettent de comparer différents sites entre eux sur la base de leur composition et de l'abondance spécifique (qu'ils soient impactés/non impactés).ils pourraient être utilisés seuls ou combinés à d'autres indices pour renseigner le critère suivant. Les nombreuses mesures de distances, de corrélation, de similarité ou de dissimilarité permettent de comparer les échantillons deux à deux, et de leur attribuer une valeur résumant leur ressemblance globale.

Entre individus

Les résultats obtenus par le calculs de l'indice de Jaccard et de Sorensen est inférieur à 0,5 confirment l'absence de similitude entre les différents morphotypes des arbres étudiés (TAB. 5 et 6 et 7). Les résultats du calcul de l'indice de distance confirment les résultats des deux indices précédents, et rapportent la distance entre les individus. Cette différence serait due à l'effort d'échantillonnage

Chapitre III: Résultats et discussion

Tab.6 : indice de similarité de *jaccard*

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A2	0,074						
A3	0,056	0,024					
A4	0,063	0,129	0,05				
A5	0,075	0,081	0,056	0,07			
A6	0,042	0,061	0,065	0,04	0,07		
A7	0,102	0,259	0,026	0,07	0,06	0,11	1,0

Tab.7 : indice de similarité de Sorensen

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A2	0,16						
A3	0,11	0,05					
A4	0,13	0,29	0,1				
A5	0,16	0,17	0,11	0,14			
A6	0,08	0,129	0,13	0,083	0,14		
A7	0,22	0,7	0,05	0,15	0,083	0,15	1,0

Tab 8: indice de distance

Indice de distance= 1-S							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A2	0,840						
A3	0,882	0,950					
A4	0,867	0,704	0,889				
A5	0,837	0,824	0,882	0,852			
A6	0,913	0,871	0,862	0,917	0,852		
A7	0,773	0,300	0,946	0,846	0,917	0,846	0,000

Entre catégorie d'âge

La lecture du tab8 révèle l'absence de similitude de morphotypes ectomycorhiziens entre les différentes catégories d'âge. En effet les différents indices calculés sont inférieur à 0,5 pour l'indice de Jaccard et de Sorensen et supérieur à 0,5 pour l'indice de distance.

Tab.9 étude comparative entre catégorie d'âge

	COM	A	B	IJ	IS	IDE DIS
PB/P	11	28	22	0,18	0,44	0,56
BM/P	11	28	37	0,14	0,338	0,66
GB/P	2	37	18	0,035	0,07	0,92
PB/BM	7	25	41	0,095	0,21	0,78
PB/GB	2	31	18	0,039	0,081	0,91
BM/GB	5	43	13	0,081	0,17	0,82

2-Chez les jeunes plants

2-a-Les plants arrosés tous les 5 jours

l'inventaire et l'observation des petites racines des plants, nous ont permis d'enregistrer 103 types morphologiques ectomycorhiziens dont la plus riche est enregistrée chez le plant 1 avec 18 morphotypes. Le type d'exploration moyenne et longue distance est mieux représenté chez tous les plants avec (plt1=10 MLD, plt2=3MLD, plt3=7MLD, plt4=5MLD plt5=7MLD plt6=3MLD plt7=3MLD plt8=3MLD plt9=3MLD plt10=6, plt13=4, plt14=2, plt15=5, à l'exception du plant 11 où le type d'exploitation contact s'est révélé le mieux représenté (Figure 40).

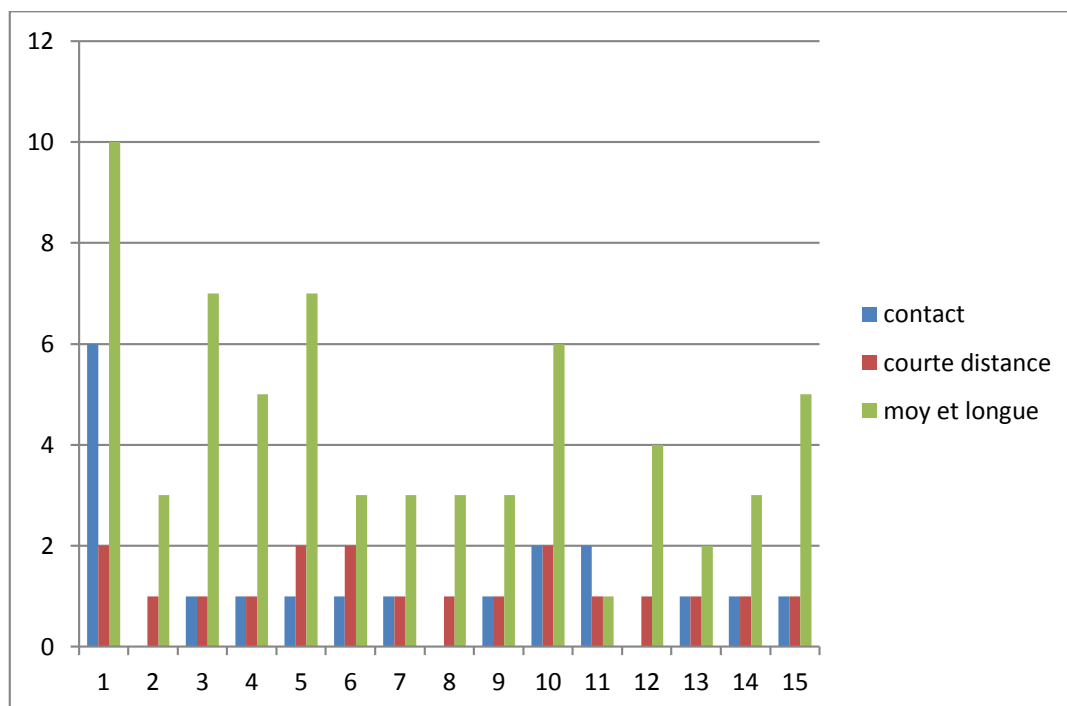


Fig. 40 : la richesse morphologique et typologique chez les plants arrosés tous les 5 jours

2-b-Les plants avec rupture d'arrosage pendant 55 jours

Chez les plants soumis à un stress édaphique, nous avons enregistré une richesse morphotypiques ectomycorhiziens de 81 morphotypes dont le plant 15 est le plus riche avec 9 morphotypes. La typologie d'exploration moyenne et longue distance est important chez tous les plants comparativement aux autres types sauf chez le plant 2 où le type courte distance semble être mieux représenté (Figure41).

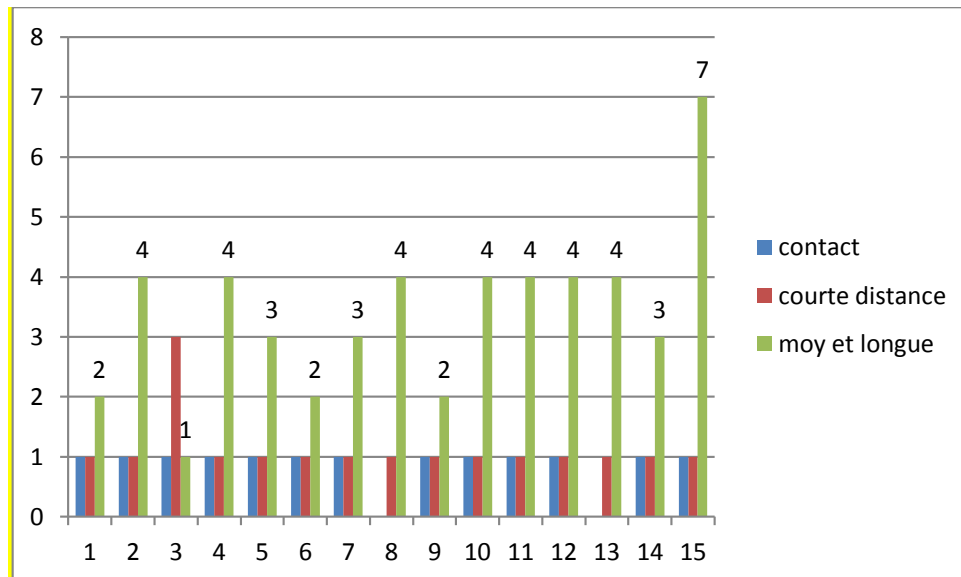


Fig.41 : la richesse morphologique et typologique chez les plants avec rupture d'arrosage pendant 55 jours

L'analyse de la similarité par les indices de similitude et l'indice de distance montrent qu'il n'y a pas de similitudes en morphotype ectomycorhizien entre les plants arrosés tous les 5 jours et les plants non arrosés pendant les 55 jours avec $IJ=0,22$, $IS=0,45$, $ID=0,55$. Cette différence est probablement dû au stress hydrique induit par la rupture en arrosage des plants qui à induit des associations symbiotiques plus efficiente contre la dessiccation et le stress hydrique édaphique.

Il est intéressant de signaler que pour tous les sujets de chêne observés la présence du morphotype *Cenoccocum geophylum* est quasi-présent soit chez les arbres adultes soit chez les plants arrosés en rupture d'arrosage.

Chapitre III: Résultats et discussion

Les ectomycorhizes rencontrées chez les 30 plants selon les deux types d'arrosage sont décrites et représentés par les figures suivantes.

2-1-Classement des morphotypes ectomycorhiziens chez les petits plants pour les deux types d'arrosage selon leur mode d'exploration

a-Exploration en contact (Gx40)

ECM₁ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure lisse et transparente.

ECM₂ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis.
- n manteau d'une structure lisse.

ECM₃ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

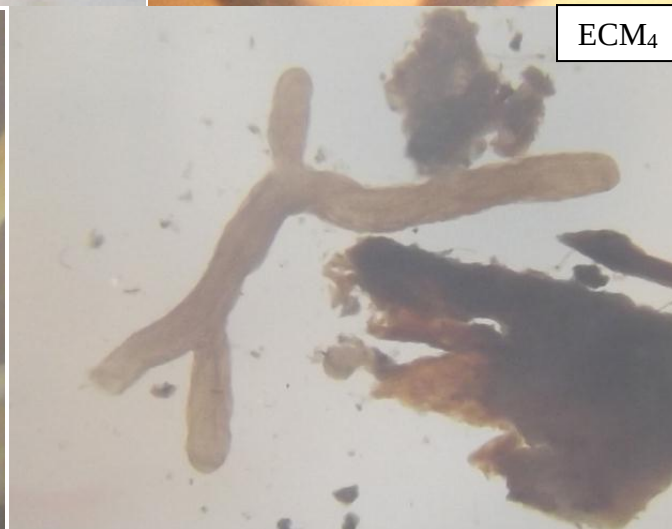
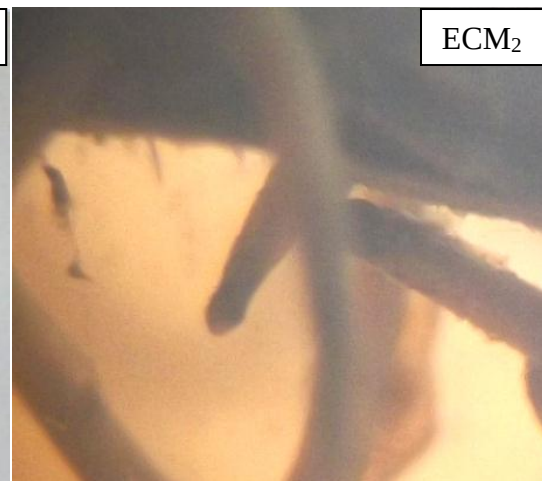
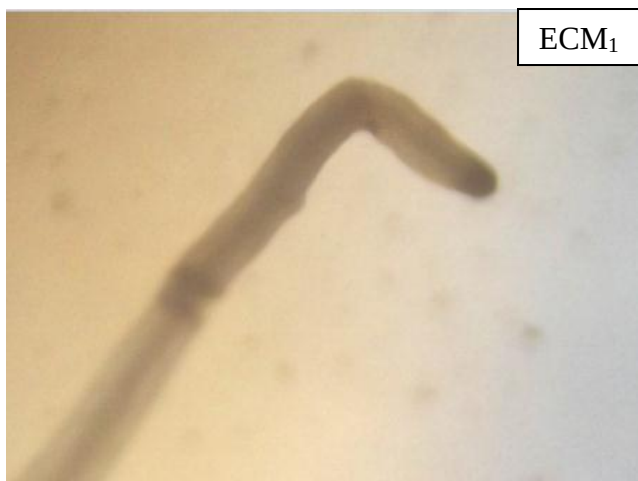
- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure lisse.

ECM₄ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure lisse et transparente

ECM₅ : mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure lisse.



ECM₆ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : sinueuse.
- Une forme : enroulement de l'apex.
- Un manteau d'une structure lisse.

ECM₇ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : spiralee.
- n manteau d'une structure lisse et transparente.

ECM₈ : mycorhize de couleur blanche apex noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure lisse.

ECM₉ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

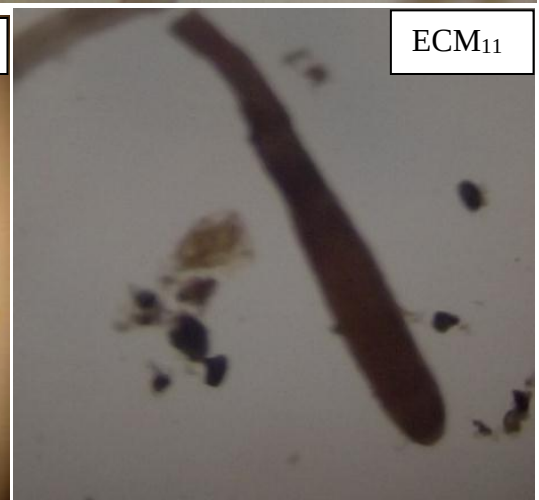
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : .
- Un manteau d'une structure lisse et transparente.

ECM₁₀ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : tortueuse et extrémité droite .
- Un manteau d'une structure lisse.

ECM₁₁ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base, en massu .
- Un manteau d'une structure lisse.



b-Exploration à courte distance (Gx40)

ECM₁ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite .
- Un manteau d'une structure lisse, une frange laterale au milieu.

ECM₂ : mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure transparente, en ficelle.

ECM₃ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée, en forme d'une faucille.
- Un manteau d'une structure transparente, des hyphes peu abondants.

ECM₄ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

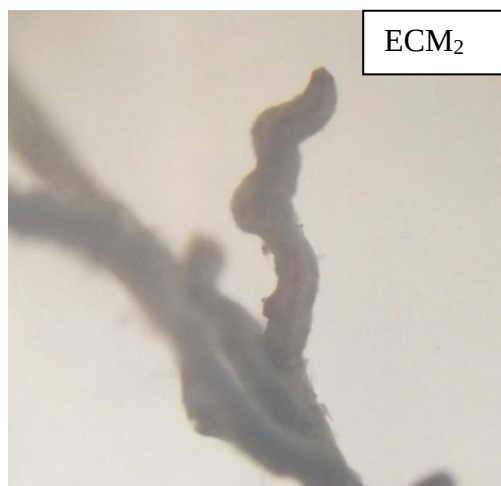
- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes rares.

ECM₅ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, une frange à l'extrémité.

ECM₆ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que base et pointeux.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes rares, une frange au milieu.



ECM₇ : mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse .
- Un manteau d'une structure en ficelle et transparente.

ECM₈ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₉ : mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : en forme d'une tresses.
- Une forme : droite
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₁₀ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

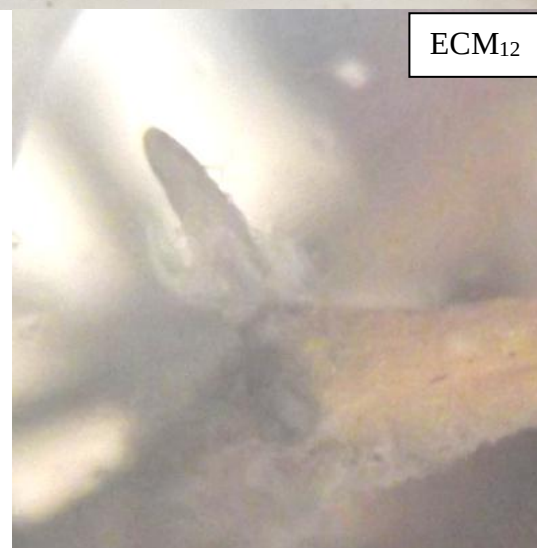
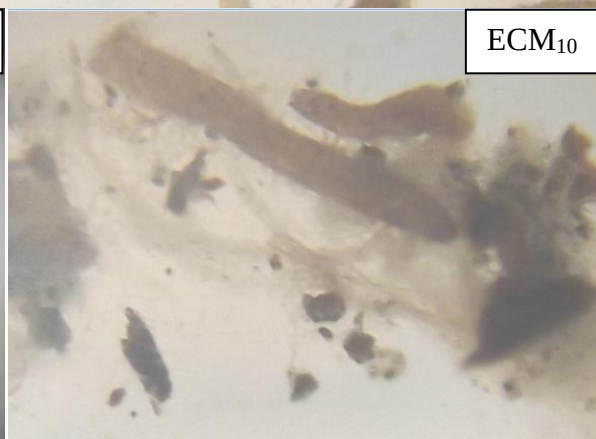
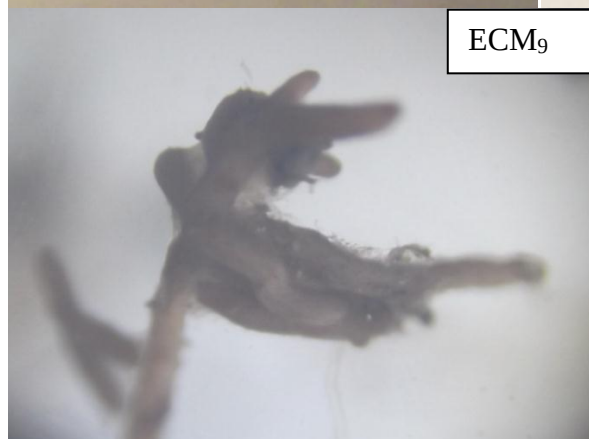
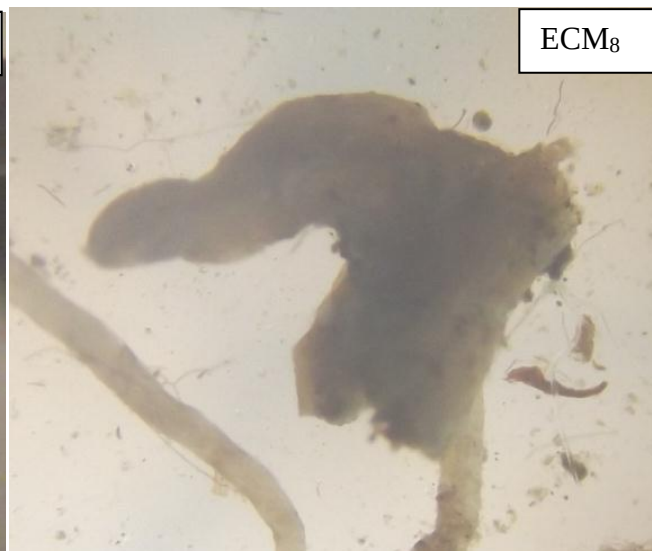
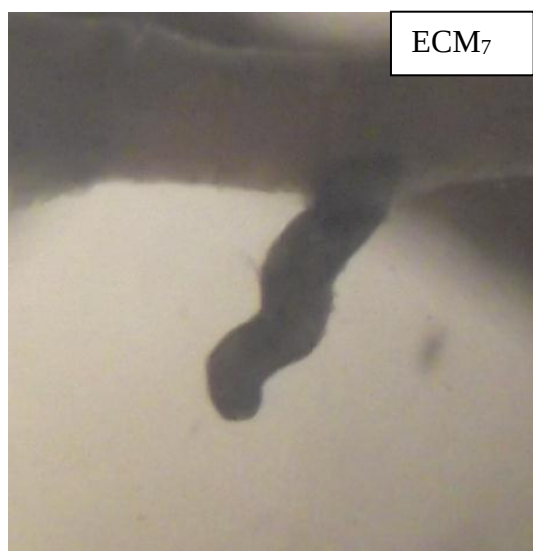
- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure cotonneuse et transparente, hyphes très abondant.

ECM₁₁ : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie, apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure en feutrage, présence des cystides.

ECM₁₂ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite pointeux
- Un manteau d'une structure lisse, hyphes très abondants à la base.



ECM₁₃ : mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse .
- Un manteau d'une structure en feutrage, des yphes rares.

ECM₁₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure en ficelle, des hyphes rares.

ECM₁₅ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure en ficelle, des hyphes peu abondants, une frange au milieu.

ECM₁₆ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

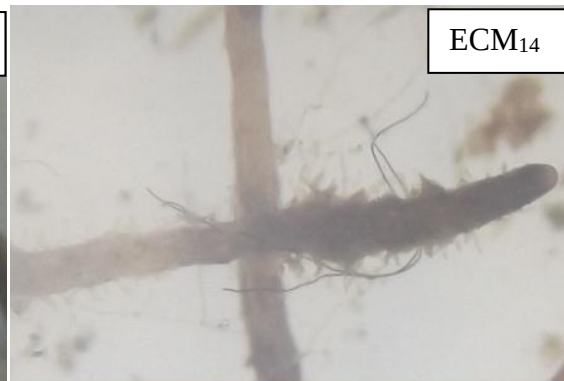
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : spiralée.
- Un manteau d'une structure en ficelle et transparente, hyphes rares.

ECM₁₇ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base en massue.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, une frange à l'extrémité.

ECM₁₈ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : tortueuse
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.



ECM₁₉ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base .
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₂₀ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₂₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₂₂ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

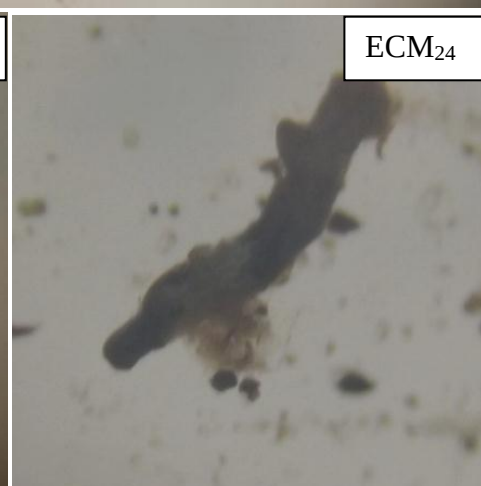
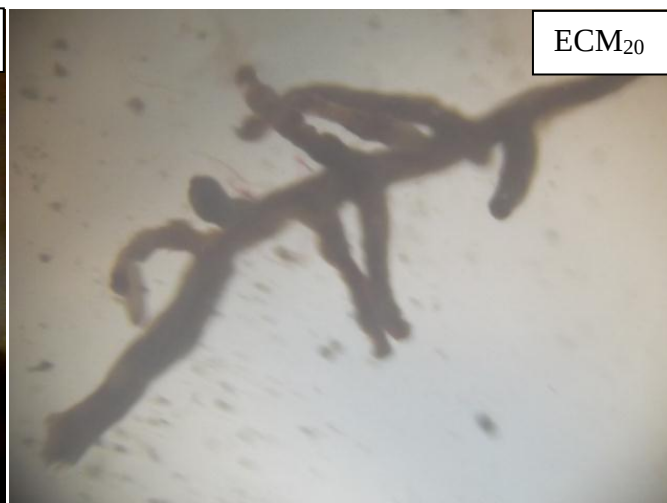
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, et transparente.

ECM₂₃ : mycorhize de couleur noire caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes rares.

ECM₂₄ : mycorhize de couleur brun caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.



ECM₂₅: mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée .
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes rares.

ECM₂₆: mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : tortueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse et transparente, des hyphes rares.

ECM₂₇ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie, apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₂₈ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

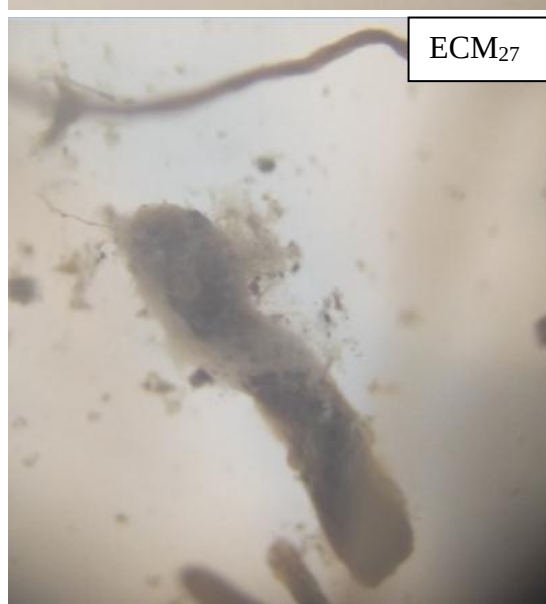
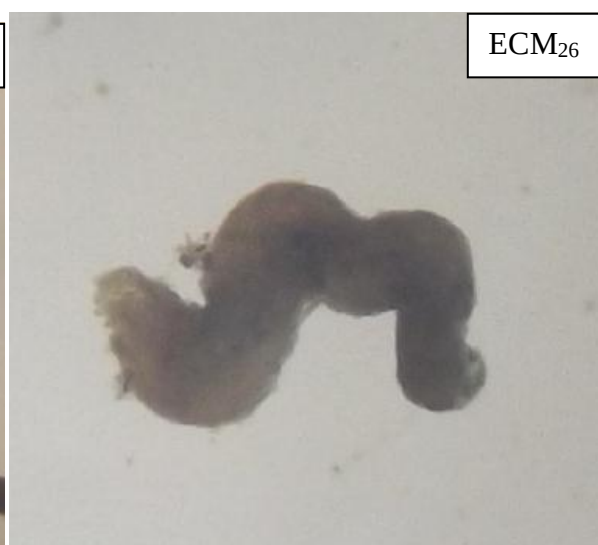
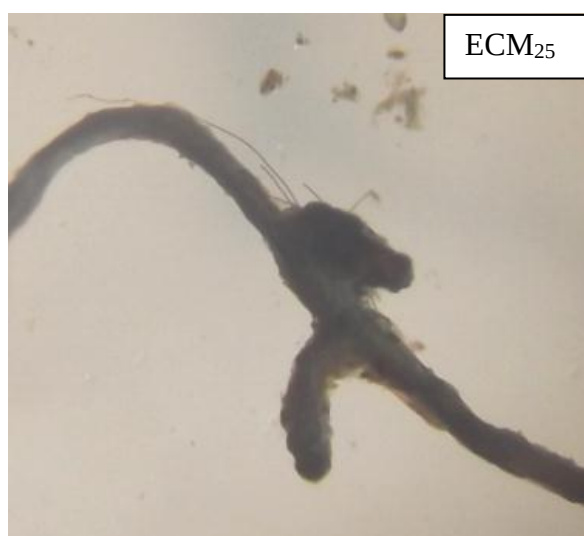
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₂₉: mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.

ECM₃₀: mycorhize de couleur gris caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure en ficelles, des hyphes rares.



ECM₃₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : apex rétrécit et pointeux .
- Un manteau d'une structure en ficelle, des yphes très abondants.

ECM₃₂: mycorhize de couleur gris caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée apex rétrécit et arrondie.
- Un manteau d'une structure en ficelle et transparente, des hyphes rares.

ECM₃₃ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure en ficelle et transparente, des hyphes rares.

ECM₃₄: mycorhize de couleur noir caractérisée par :

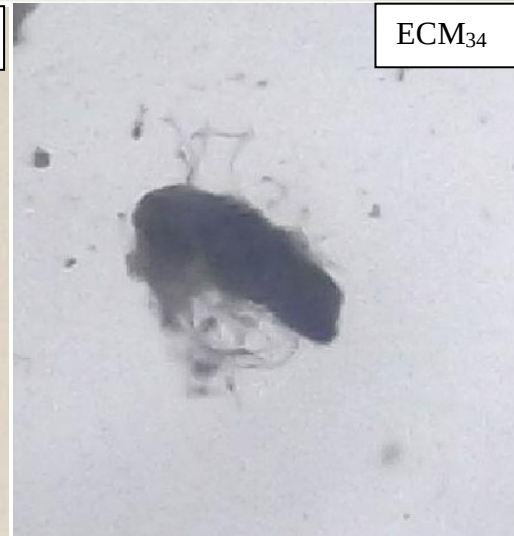
- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.

ECM₃₅: mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.

ECM₃₆: mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : en forme d'un peigne.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.



ECM₃₇ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des yphes rares.

ECM₃₈ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure vaguement granuleuse, des hyphes peu abondants.

ECM₃₉ : mycorhize de couleur miel caractérisée par :

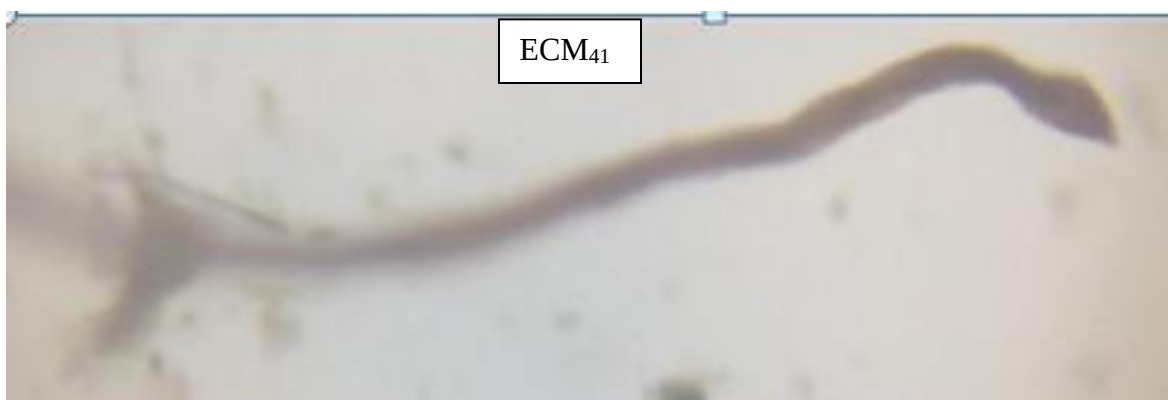
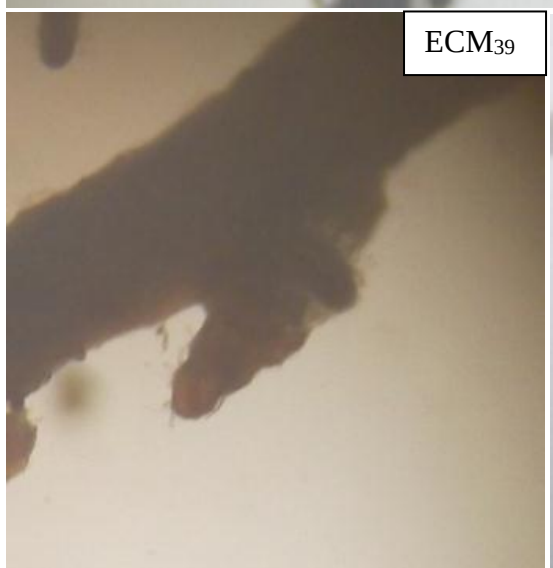
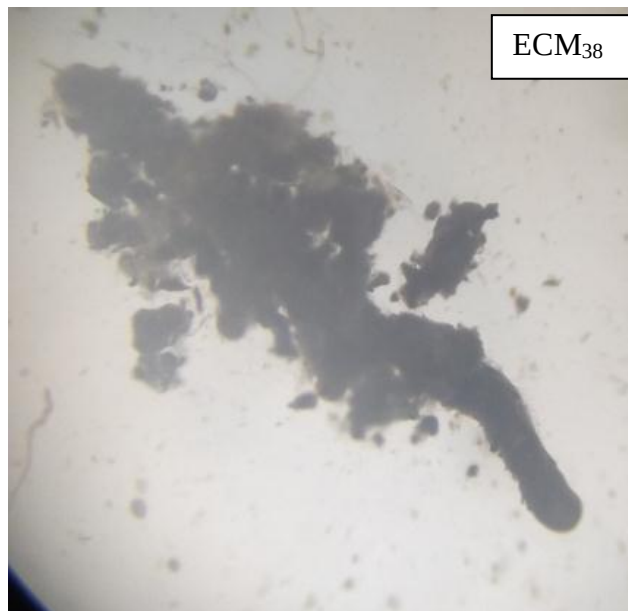
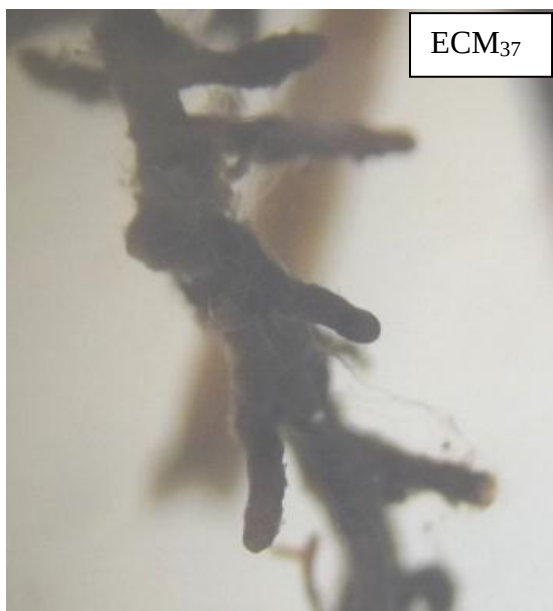
- Une distribution : simple.
- Une forme : perlée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₄₀ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes peu abondants.

ECM₄₁ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : coubée, apex plus large que la base et pointeux.
- Un manteau d'une structure cotoneuse à la base, lisse et transparente à l'extrémité , des hyphes rares.



ECM₄₂ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : cylindrique, apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.

ECM₄₃ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base en massue.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₄₄ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₄₅ : mycorhize de couleur grise caractérisée par :

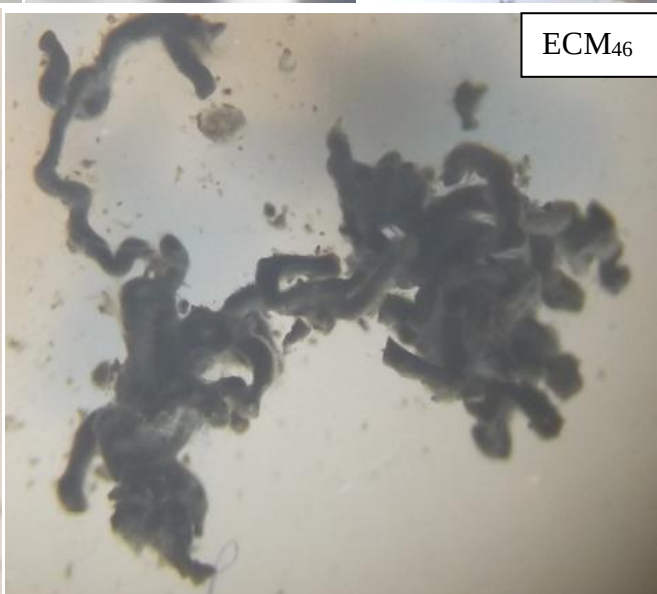
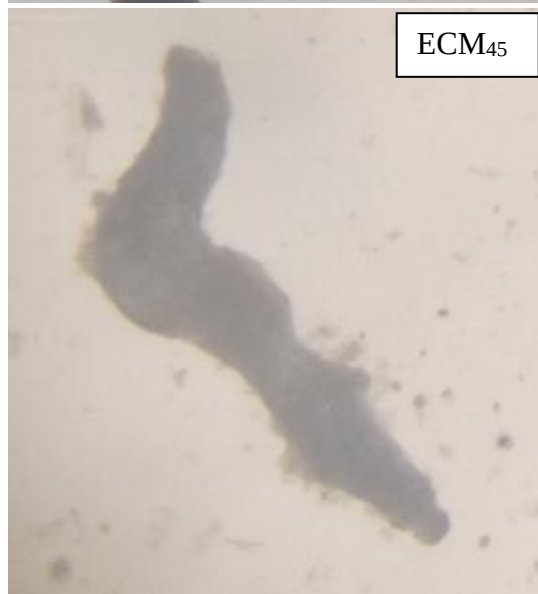
- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse, apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₄₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.

Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.

ECM₄₇ : *Cenococcum Geophilum*.



b-Exploration à moyen et longue distance (Gx40)

ECM₁ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₂ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron

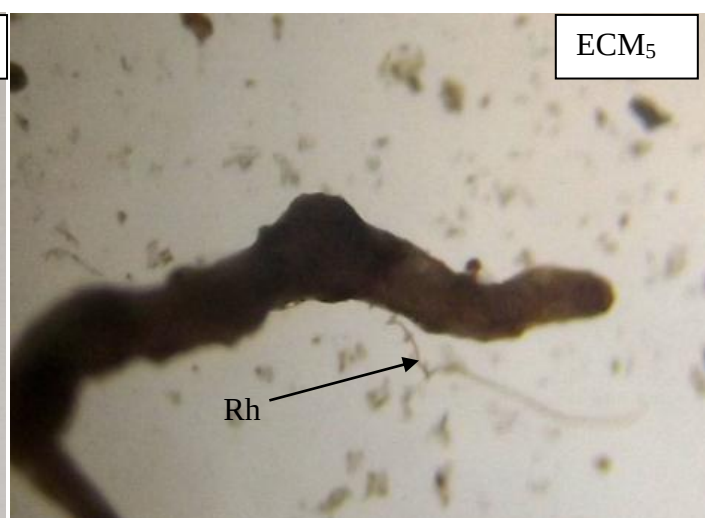
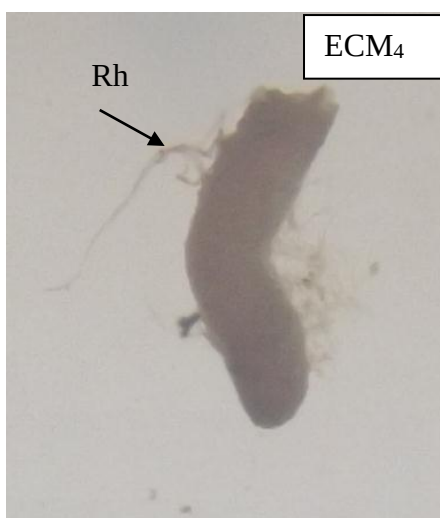
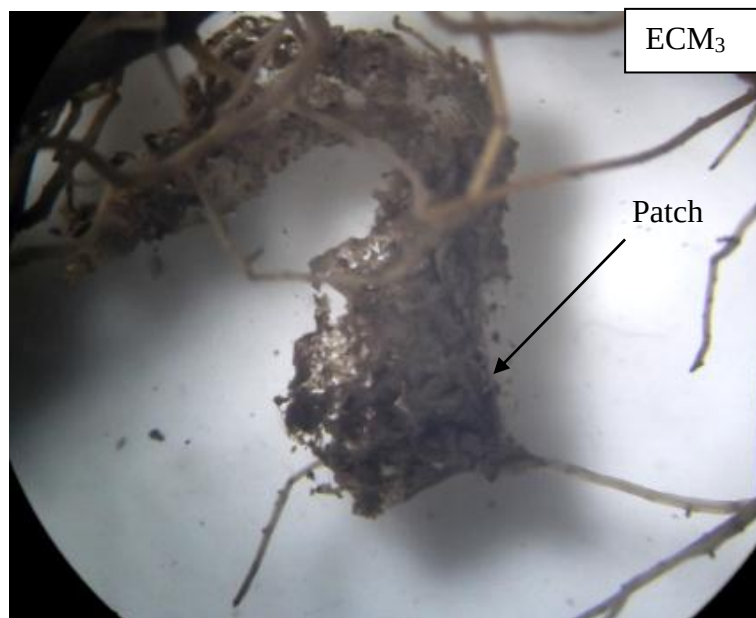
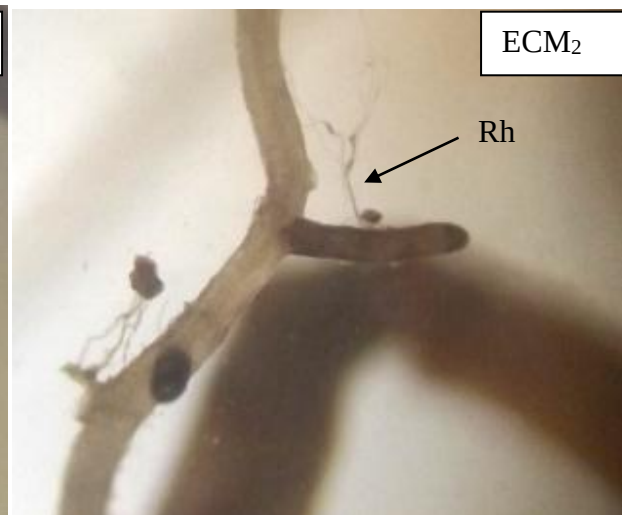
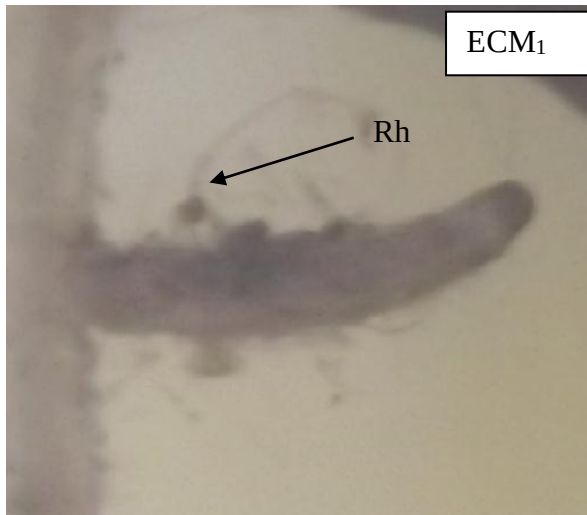
ECM₃ : en patch

ECM₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : cylindrique courbée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron



ECM₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe long et cotonneux de couleur blanche.

ECM₇ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure en ficelles, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₈ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

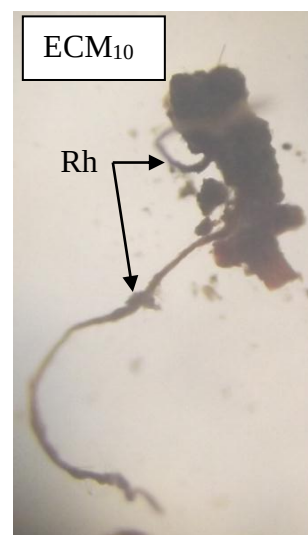
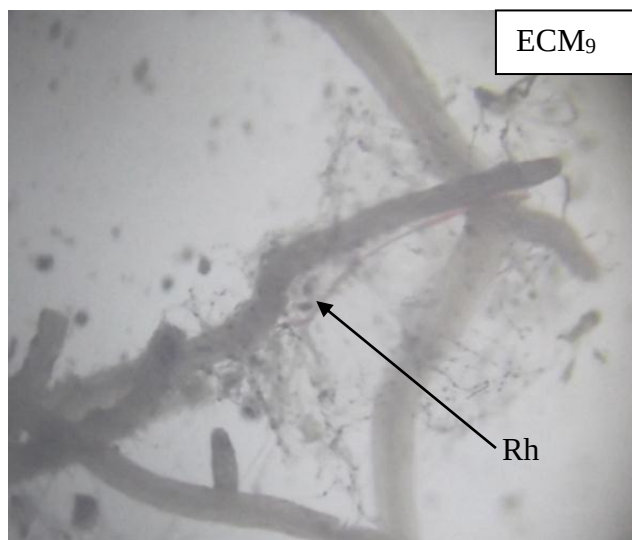
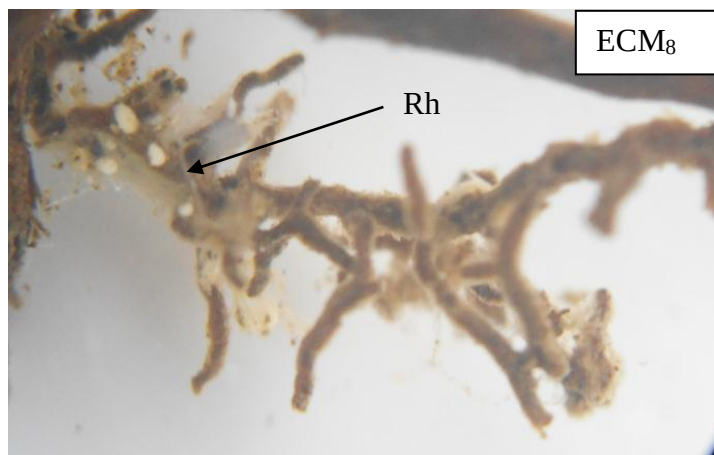
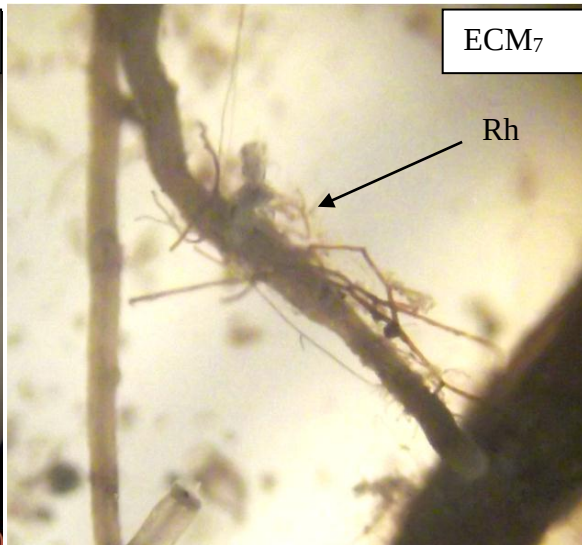
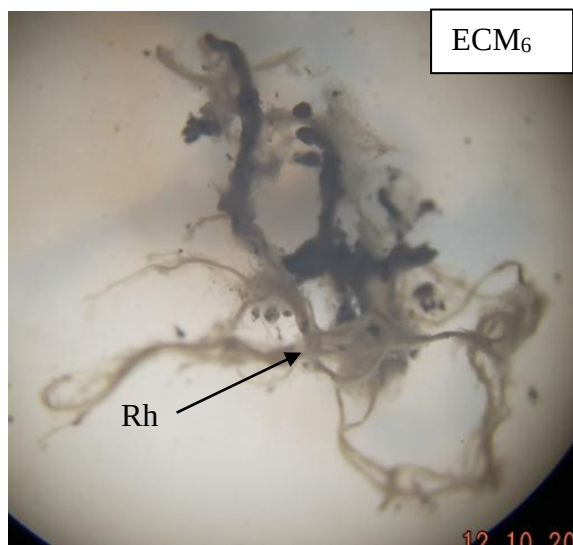
- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe laineux de couleur blanche.

ECM₉ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure laineuse, hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₁₀ : mycorhize de couleur miel caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.
- Deux long rhizomorphes, un au milieu et l'autre à la base de couleur marron.



ECM₁₁ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure en denses ficelles, des hyphes rares
- Un long rhizomorphe de couleur marron.

ECM₁₂ : mycorhize de couleur grisecaractérisée par :

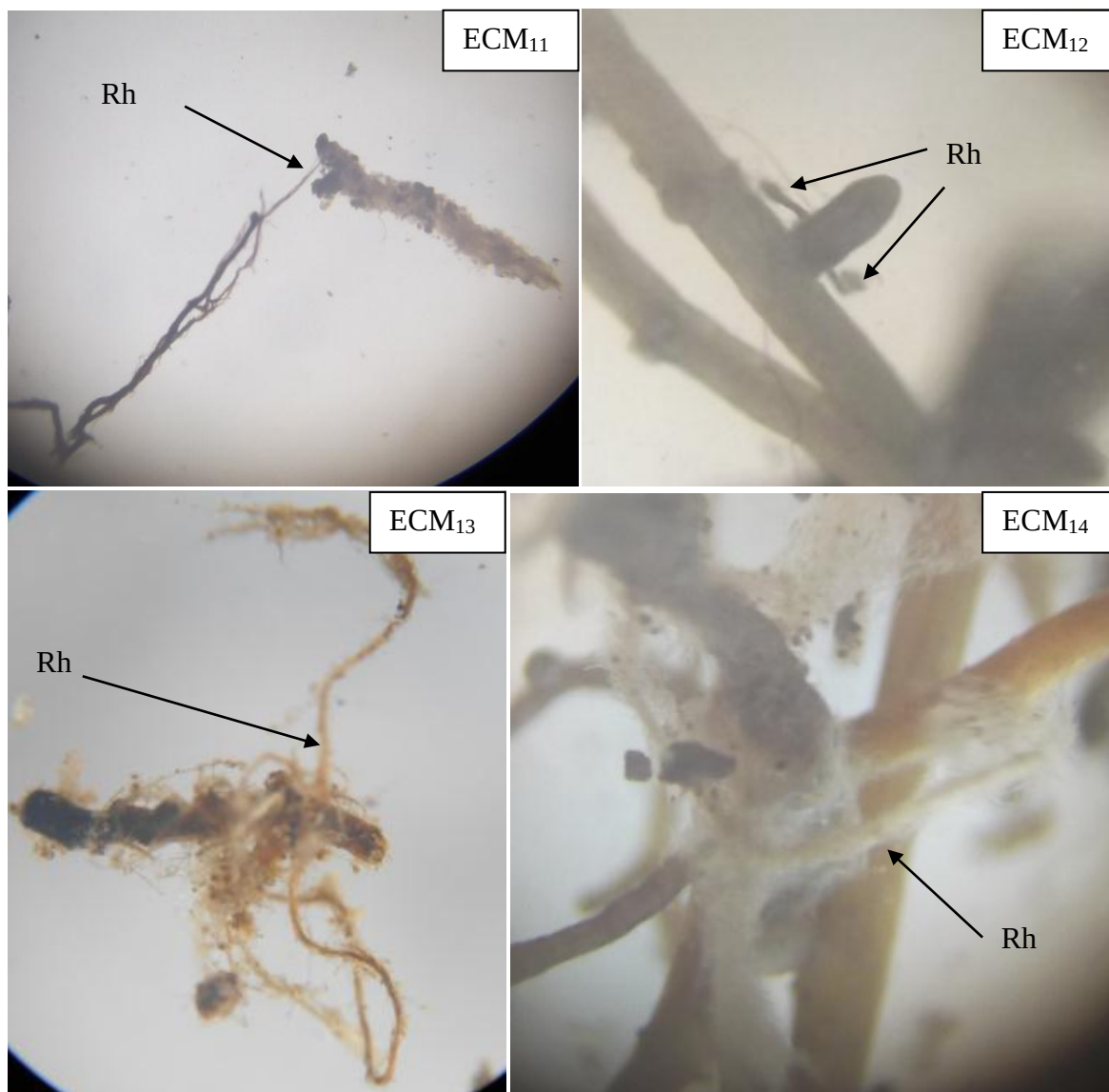
- Une distribution : simple.
- Une forme : cylindrique, arrondie.
- Un manteau d'une structure lisse et transparente, des hyphes rares.
- deux rhizomorphes de couleur marron

ECM₁₃ : mycorhize de couleur marron à la base et noir à l'extrémité caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : cylindrique, arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants
- Un long rhizomorphe de couleur marron.

ECM₁₄ : mycorhize de marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe de couleur blanche.



L'étude des ectomycorhizes chez *Quercus canariensis* de la forêt de Béni Ghobri pour les arbres adulte et les jeunes plants élevés aux différentes conditions d'arrosage montre une bonne mycorhization quelque soit l'âge de l'arbre ou bien la rupture en eau pour les jeunes plants.

Comme CHILVERS(1968) l'a signalé comme un critère non stable, la couleur, a servi pour la description des ectomycorhizes, mais pas été utilisée dans leur classification.

Lors de nos observations et comparisation de nos morphotypes ectomycorhiziens avec celles de cite DEEMY, nous avons pu déterminé certain morphotype caractéristique et formé par les partenaires fongique comme des *Cortinarius sp.*, *Leccinum sp.*, *Piceinrhiza sp.*, *Pinirhiza sp.*, *Ramaria sp.*, *Ramaria lagentii* Marr & D.E. Stuntz., *Russula sp.*, *Sarcodon sp.*, *suillus sp.*, *thelephora sp.*, *tomentellopsis sp.*, *tricholoma sp.*, *tuber sp.*, *Tuber puberulum Berk.& Br.*, *Xerocumus sp.*, *Amantia sp.*, *Piceiriza sp.*

Selon Drénou (2006) les ectomycorhizes formées en association avec les espèces du genre *Laccaria* sont spécialisées dans la décomposition de la litière et du bois par le biais de la batterie de laccase peroxydases, cellulase et hydrolases (Courty *et al.*, 2005). Garbaye (2013) signale que les mycorhizes de *Russula sp.*, *Lactarius subdulcis*, *L. chrysorrheus*, *sp.* et *Laccaria sp.*, *Cenococcum geophilum*, *Tuber sp1.* et *Inocybe sp.* sont capables, à travers leurs hyphes isolés ou faiblement agrégés en faisceaux lâches a surface hydrophile, d'absorber l'eau sur toute leur longueur et sont revêtus d'un film d'eau capillaire lorsque le sol est humide. Plusieurs auteurs rapportent que les champignons qui produisent un abondant réseau d'hyphes extramatriciels présentent des taux d'absorption du phosphore plus élevés (Coalpert *et al.*, 1999; Van Tichelen & Coalpert, 2000). De plus, Lilleskov *et al.* (2011) rapportent la sensibilité (réponse négative) des types à moyenne et longue distance à la concentration en azote organique du sol. La présence en grand nombre et richesse des ectomycorhizes du type moyenne et longue distance serait donc induite par les faibles concentrations d'azote organique et du phosphore dans sol de la station d'étude (Kadi-Benane, 2016)

I- Caractéristiques physiques des plants âgés de 5 mois élevés en pots

I-1- Analyse descriptive

Analyse descriptive des différentes variables mesurées des plants de *Quercus canariensis* élevés en pots (5mois) selon différent intervalle d'arrosage (r1 : régime d'arrosage avec un intervalle de 5 jours ; r2 : non arrosés pendant 55 jours) fait ressortir une homogénéité des distributions des variables hauteurs, longueur et largeur des glands pour les deux périodes d'arrosage (tab.2). Les plants soumis au premier régime (5 jours d'intervalle d'arrosage), les valeurs du coefficient de variation selon les variables mesurées décrivent des plants à caractères physiques homogènes avec pour : Hr1 (Cv=0.18), LGr1 (Cv=0.17), lGr1 (Cv=0.13), Hr2 (Cv=0.29), LGr2 (Cv=0.14), lGr2 (Cv=0.10) notés pour 55 jours d'intervalle d'arrosage.

Il ressort de coefficient d'aplatissement, une distribution à gauche pour la biomasse racinaire ($CAP=1.66 < 3$) pour les plants du régime1, par contre une distribution à droite ($CAP=3.36 > 3$) pour les plants du régime 2. En effet, nous avons noté une $CAP > 3$ pour la longueur et la largeur des glands au prélèvement arrosé tous les 5 jours, et $CAP < 3$ au prélèvement non arrosés pendant 55 jours, ce qui atteste d'une distribution à droite de la courbe (tab.2).

Tableau n°2: résultats des analyses descriptives de la distribution des différentes variables mesurées à différent intervalle d'arrosage

intervalle d'arrosage	variables descriptives	Øc (cm)	H (cm)	R/Rob	BMR(g)	BMA(g)	BMFF(g)	BMFS(g)	MFS(g)	LG(cm)	lG(cm)
5 jr	moy	0,48	24,41	64,17	1,76	2,18	0,1943	0,2083	0,0583	3,26	1,56
	E-type	0,06	1,12	8,44	0,16	0,17	0,0160	0,0161	0,0046	0,15	0,05
	CAs	0,25	-0,55	0,62	0,11	0,57	-0,0805	-0,2495	1,0000	1,45	2,11
	CAP	1,55	2,82	2,00	1,66	2,72	3,5442	3,6383	4,4436	6,07	6,51
	Cv	0,49	0,18	0,51	0,36	0,30	0,3187	0,2988	0,3090	0,17	0,13
55 jr	moy	0,33	18,19	60,46	0,96	1,29	0,1353	0,1689	0,0514	2,75	1,33
	E-type	0,03	1,38	6,39	0,12	0,13	0,0194	0,0230	0,0079	0,10	0,03
	CAs	0,97	0,09	0,69	0,92	0,30	0,8769	0,8349	1,2240	0,10	-0,10
	CAP	2,74	1,91	2,73	3,36	1,71	3,0319	3,2266	3,8403	1,43	1,92
	Cv	0,35	0,29	0,41	0,48	0,40	0,5565	0,5262	0,5921	0,14	0,10

I-2-Hauteur, diamètre au collet et le ratio de robustesse

) Régime 1 (Intervalle d'arrosage de 5 jours)

La figure 22 révèle que la croissance des 15 plants en hauteur moyenne est de $24,41 \pm 1,12$ cm et en diamètre moyen au collet est de $0,48 \pm 0,06$ cm. On note un rythme de croissance mensuelle moyenne en hauteur de 4.88 cm/mois et une croissance mensuelle en diamètre de 0.95 mm/mois. nos résultats se rapprochent des valeurs rapportées par Sarir et Benmahiou (2017) chez le chêne zeenqui indiquent un accroissement radial de la tige des plantules et un gain moyen 0.8mm/mois (hebdomadaire de 0.2 mm).

) Régime 2 (non arrosés pendant 55 jours)

Les plants soumis au régime 2 ont présenté une croissance moyenne en hauteur de $18,19 \pm 1,38$ cm et en diamètre au collet de $0,32 \pm 0,03$ cm.

Le rythme de croissance mensuelle moyen enregistré est de 3.64 cm/mois pour la variable hauteur et de 0.66 mm/mois pour le diamètre.

L'analyse des moyennes obtenues pour le ratio de robustesse des plants soumis aux deux régimes, nous notons la bonne qualité des plants avec des valeurs moyennes respectives de 5,13 et 5,55 cm/mm qui sont en dessous de la norme de qualité qui doit être inférieur à 7 (Lamhamediet *al.*, 1997).

L'analyse de la variance réalisée avec le logiciel Biostat9 a rapporté l'absence de différence significative entre les diamètres avec $p = 0,9$. Le manque d'eau ne semble pas affecter significativement la croissance en diamètre des plants de chêne zeen.

Cependant, une différence très hautement significative entre les hauteurs des tiges des deux régimes avec $p = 0,001$ indique la sensibilité de la variable hauteur à la sécheresse édaphique. Il est établi que la hauteur constitue un bon indicateur de la capacité photosynthétique et de la surface de transpiration, lesquelles sont étroitement corrélées avec le nombre des feuilles (Armson, Sadreika, 1974, cité par Lamhamediet *al.*, 1997) ; la hauteur chez le chêne zeen semble affectée par le manque d'eau.

.

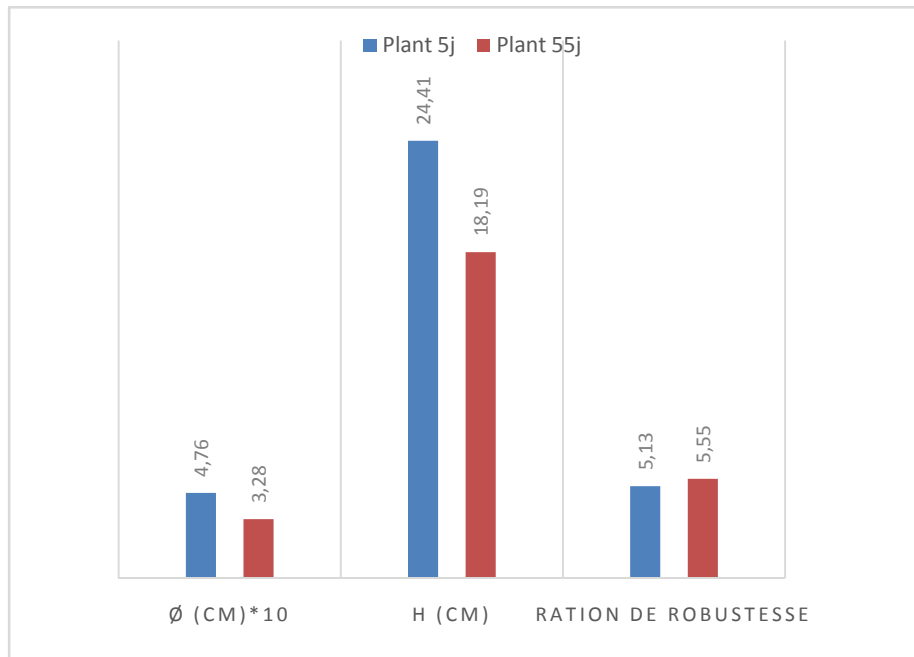


Fig.22 : la variation moyenne de la hauteur et le diamètre au collet, et le ratio de robustesse

Nous avons noté, dans le cas des plants du chêne zeen, la présence de forte corrélation entre la variable biomasse racinaire et biomasse foliaire d'une valeur de $r = 0,72$ chez les plants du régime 1 et d'une valeur de $r = 0,64$ entre la biomasse racinaire et la biomasse aérienne des plants du régime 2.

I-3-Biomasse foliaire et la matière sèche des feuilles

La figure 23 représentant l'évolution de la biomasse moyenne de la feuille terminale à l'état frais et saturé et sa matière sèche. Cette évolution est légèrement importante pour les plants issus du régime 1 ($BMFF = 0.1943 \pm 0,0160g$, $BMFS = 0.2083 \pm 0,0161g$ et $MSF = 0.0583 \pm 0,0046g$) que pour les plants issus du régime 2 ($BMFF = 0.1689 \pm 0,0230g$, $BMFS = 0.1689 \pm 0,0230g$ et $MSF = 0.0514 \pm 0,0079g$). L'analyse de la variance et le test de Newman et Keuls des contrastes sur les moyennes ordonnées révèlent des différences hautement significative entre la biomasse de la feuille terminale soumis aux deux régimes avec $p = 0,02$. Le stress induit par l'absence d'arrosage semble affecter la production en biomasse du chêne zeen. En effet, d'après Ksontini et al. (1998), les chênes caducifoliés répondent au stress par la fermeture des stomates, et ont un statut de *water saver* ce qui expliquerait la différence en production en biomasse.

On note aussi une corrélation très hautement significative entre les trois paramètres pour les deux intervalles d'arrosage.

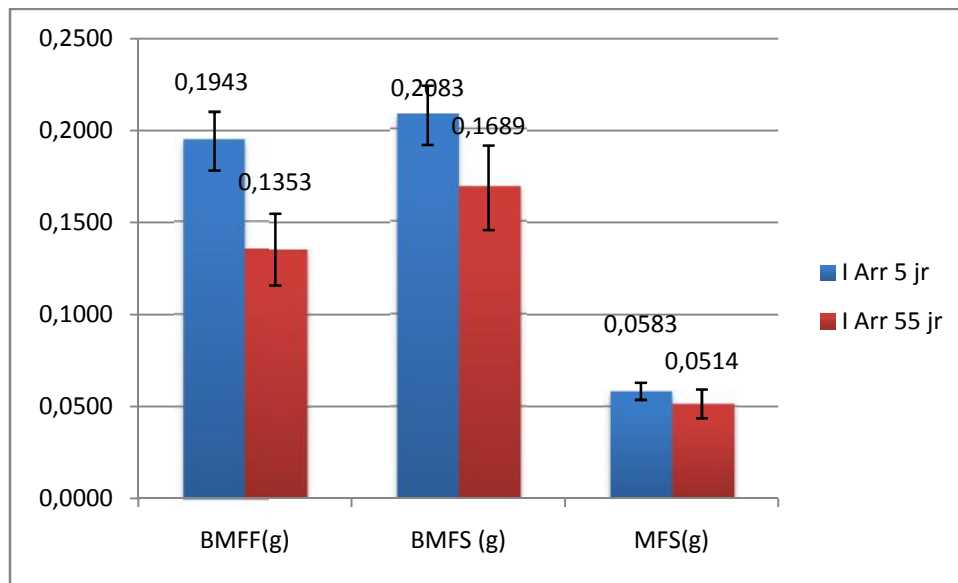


Fig.23 : la variation moyenne de la BMFF, BMFS et MFS.

La mesure de la teneur relative en eau des feuilles terminales s'est aussi révélée avec des différences significatives avec $p=$, avec des moyennes de 90% pour les plants avec un régime d'arrosage de 5 jours, plus de 70% pour les plants avec un régime d'arrosage de 55 jours.

I-4-Biomasse de la partie aérienne et la partie racinaire

L'analyse de l'histogramme (fig.24) révèle que BMR (1.76 g) et BMA (2.18g), pour les plants arrosés tous les 5 jours sont plus importants que ceux non arrosés pendant 55 jrs BMR (0.96 g) et BMA (1.29g). Le rapport $BMA/BMR=1.43$ est plus important chez les plants du régime 2 que chez ceux qui sont issus du régime 1 avec un rapport $BMA/BMR=1.33$ avec absence de différence significative à $p=0,06$.

Des corrélations significative sont observées entre les deux variables, positive et significative $r=0.45$ entre BMR et BMA pour les plants arrosés tous les 5 jours et de $r=0.78$ pour les plants non arrosés pendant 55 jours.

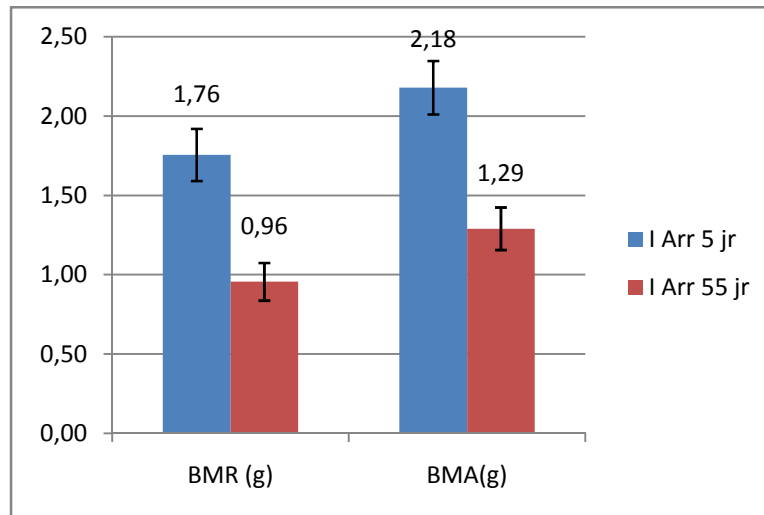


Fig.24 : la variation moyenne de la BMR et BMA.

Les résultats obtenus sont soumis à une ANOVA et au test de Newman-Keuls et montrent des différences très hautement significative entre les moyennes des variables BMR et BMA avec respectivement $p=0.0006$ et $p=0.0004$.

Le rapport biomasse racinaire sur la biomasse aérienne obtenue pour les plants du régime 1 et 2 révèle respectivement des valeurs de 0,83 et 0,75. Pas de différence significative sur les deux à $p=0,52$. Selon Sculler (1990) et Hasnaoui (1990), chez *Q. faginea*, la vitesse d'enracinement après la germination, dans des conditions hydriques limitantes est liée à l'importance des réserves cotylédonaire. De plus, Ksontini *et al.* (1998) signalent que les jeunes plants de chêne possèdent une racine pivot et la contrainte hydrique tend à diminuer le rapport des biomasses aériennes sur la biomasse racinaires ; cette réponse et son importance est fréquemment rencontrée chez les espèces ligneuses ou herbacées est souvent considérée comme une réponse adaptative à la contrainte hydrique.

Cependant l'ANOVA révèle l'absence de différence significative entre la moyenne biomasse de la feuille terminale saturée (FFS), la matière sèche de la feuille terminale (MFS) et le ratio de robustesse (R/Rob) avec respectivement $p=0.17$, $p=0.46$, $p=0.72$.

Il est intéressant de signaler la présence de certains plants élevés lors de notre expérience qui ont présenté deux à trois tiges et racines pour un seul gland quelque soit l'intervalle d'arrosage 5jrs et 55jrs (fig.25).



Fig.25 : Exemple de trois plants de chêne zeen produits par un seul gland
A, C plant arrosé tous les 5 jours, B, D plant sans arrosage les tout 55 jours

II-Morphologie et typologie fonctionnelle de la communauté ectomycorhizienne du chênezeen

L'observation des racines courtes issus des 7 arbres de différents âges et 30 plantules âgées de 5 mois selon différent intervalle d'arrosage (5jours et 55 jours d'intervalle d'arrosage), nous a permis d'inventorier 119 morphotypes ectomycorhiziens pour le chêne zeen en conditions naturelles, et 67 morphotypes pour les plantules de notre expérience. Selon les caractéristiques morphologiques établies par Agerer (1987-2008) et les quatre types d'exploration des ectomycorhizes (Agerer,2001).

1-Chez les adultes *in natura*

L'inventaire et les observations faites sur les racines courtes du chêne zeen, nous avons constaté une richesse en morphotype ectomycorhizien chez les arbres adulte avec respectivement 37 ECM pour l'arbre1, 22 ECM pour l'arbre2, 20 ECM pour l'arbre3, 13 ECM pour l'arbre4, 18 ECM pour l'arbre5, 13 pour l'arbre 6 et 17 pour l'arbre 7. Les morphotypes de type exploratoire moyenne et longue distance est le plus représenté chez tous les arbres. A contrario, le type d'exploration courte distance ne semble être représenté que par 29 morphotype. Cependant, nous avons noté l'absence du type contact chez la plus part des arbres à l'exception de l'arbre2 avec 3 ECM et l'arbre4 avec 1 ECM (fig. 26).

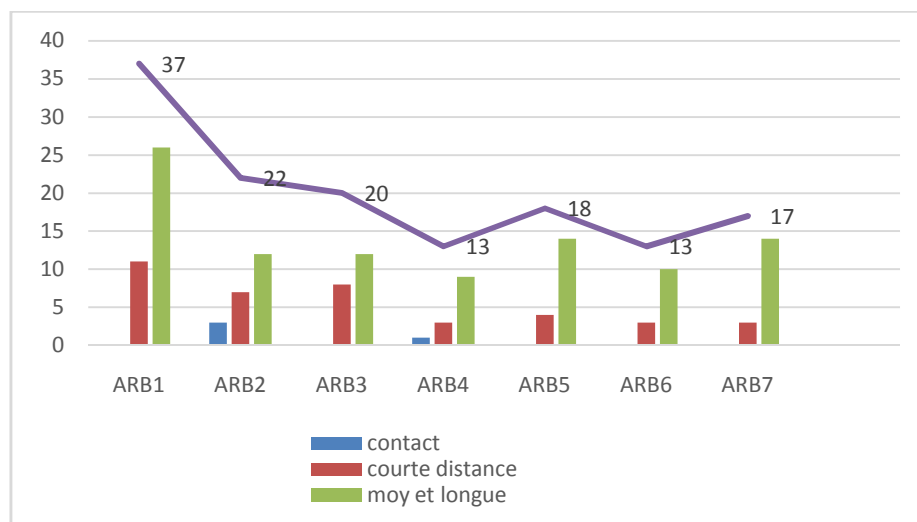


Fig.26 : distribution morphologique et typologie chez les adultes

1-1 CLASSEMENT DES MORPHOTYPES ECTOMYCORHIZIENS SELON LEUR MODE D'EXPLORATION CHEZ LES ADULTES.

a-Exploration en contact(Gx40)

ECM₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : rétrécissement de l'apex.
- Un manteau d'une structure lisse.

ECM₂ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple l'apex plus large que la base.
- Une forme : arrondie.
- n manteau d'une structure lisse.

ECM₃ : mycorhize de couleur blanchâtre caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : aplatie.
- Un manteau d'une structure lisse.

ECM₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : en forme d'un peigne.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure lisse.



b-Exploration à courte distance(Gx40)

ECM₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : rétrécissement de l'apex.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes rares

ECM₂ : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

- Une distribution : dichotomie.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.

ECM₃ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes abondants

ECM₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

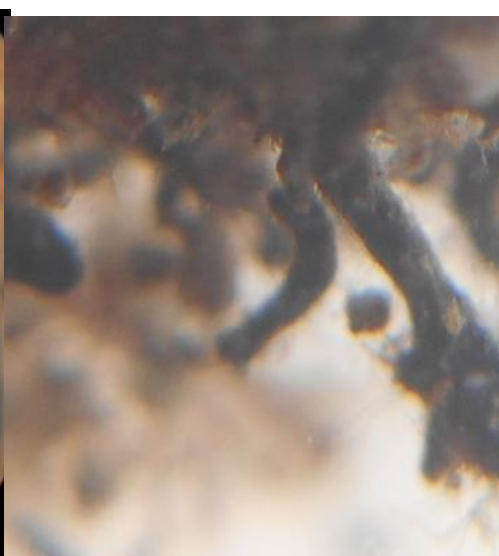
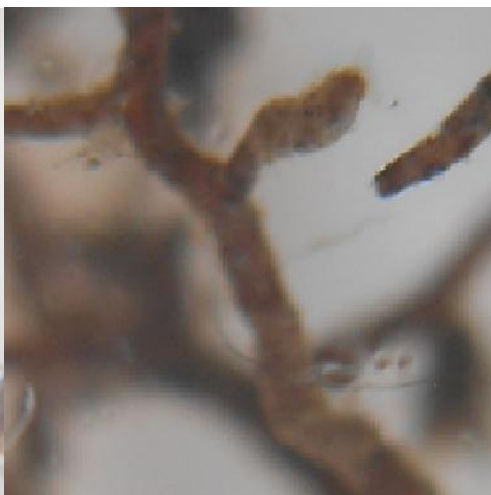
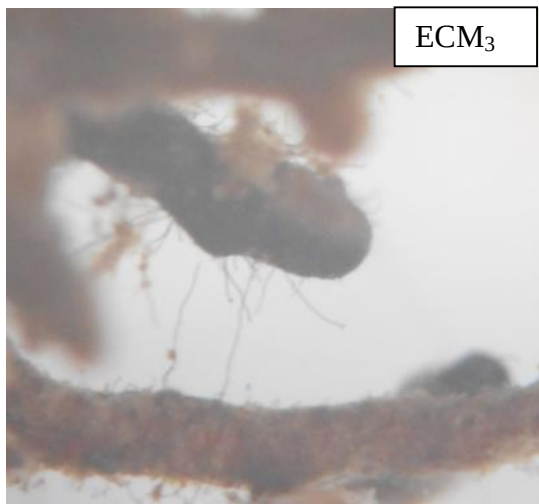
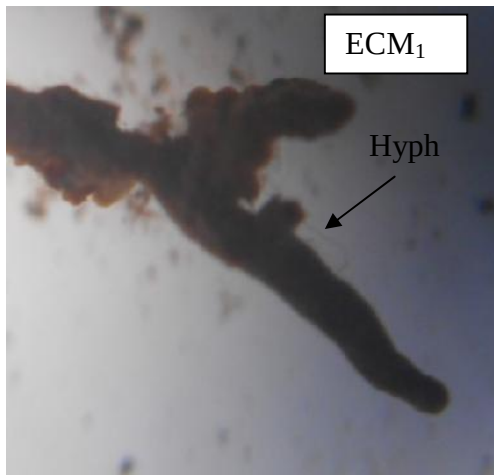
- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes rares.

ECM₅ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : en forme d'un peigne.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.

ECM₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple en forme d'une faucille.
- Une forme : courbée,.
- Un manteau d'une structure en feutrage, hyphes rares



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₇: mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants à l'extrémité.

ECM₈: mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants, une frange à l'extrémité.

ECM₉: mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants

ECM₁₀: mycorhize de couleur marron foncé caractérisée par :

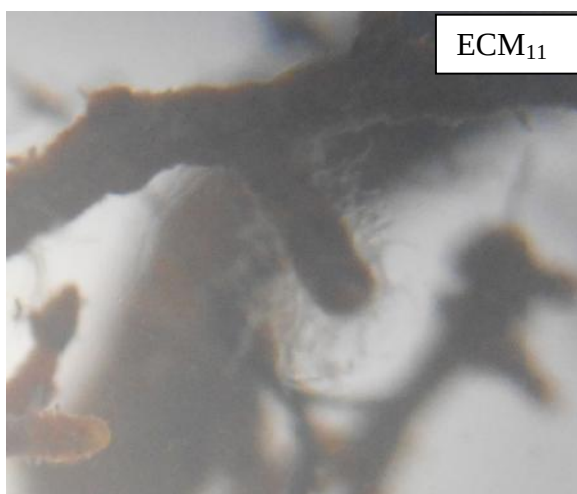
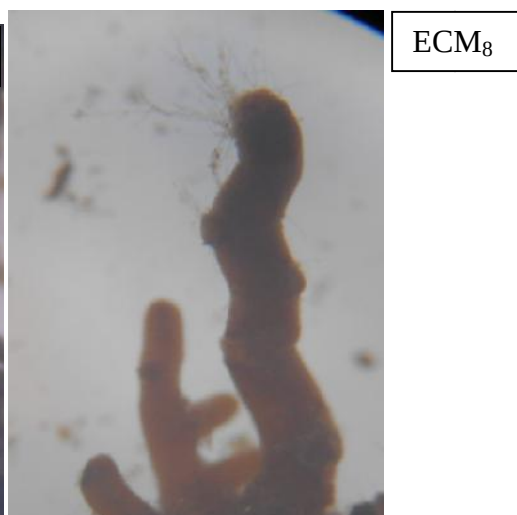
- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes peu abondants.

ECM₁₁: mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants.

ECM₁₂: mycorhize de couleur marron, apex noir séparé par un trait blanc caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large ue la base.
- Un manteau d'une structure en feutrage, hyphes peu abondants



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₁₃: mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants, et une frange frisée à l'extrémité.

ECM₁₄: mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, un tapis d'hyphes au milieu.

ECM₁₅: mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie l'apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants

ECM₁₆: mycorhize de couleur jaune caractérisée par :

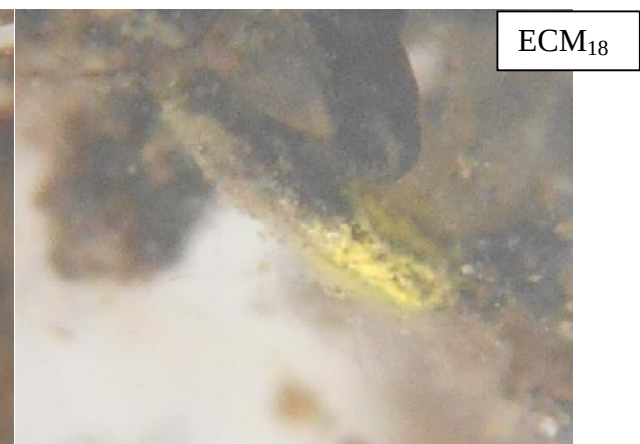
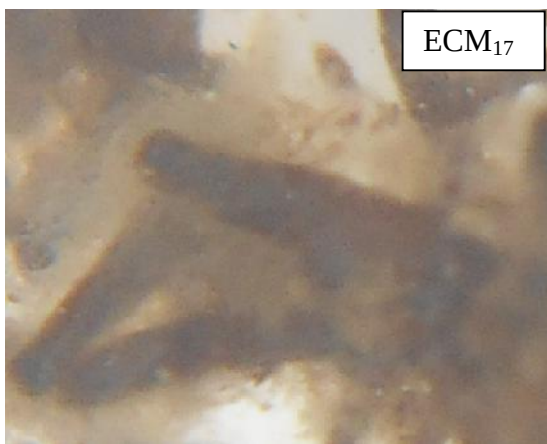
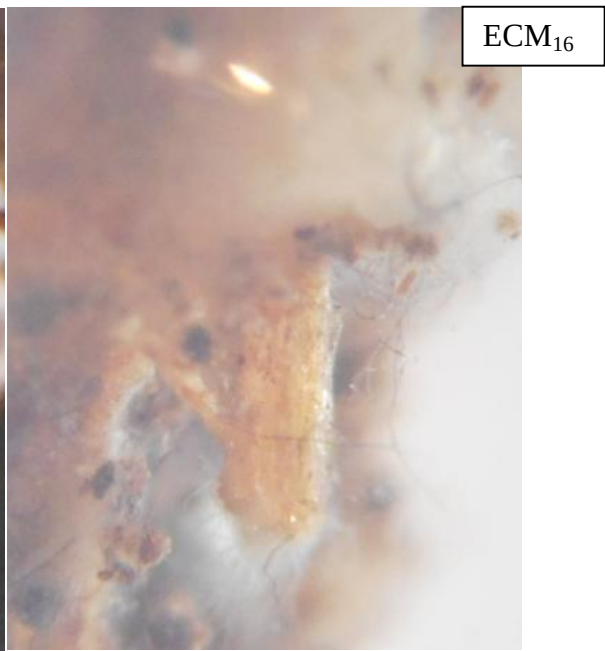
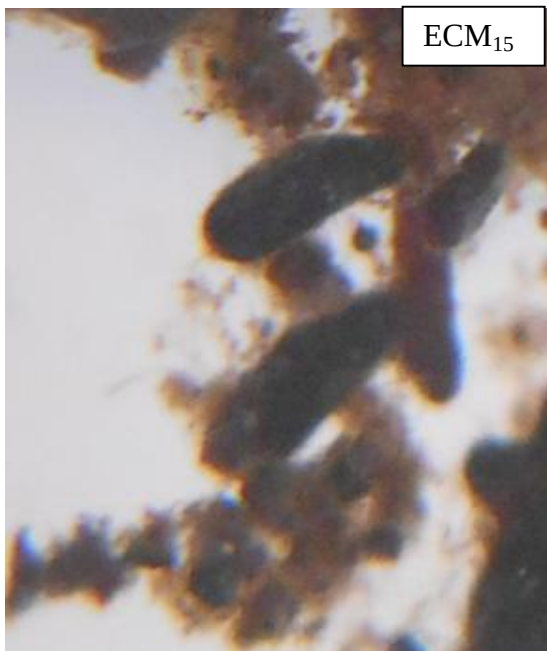
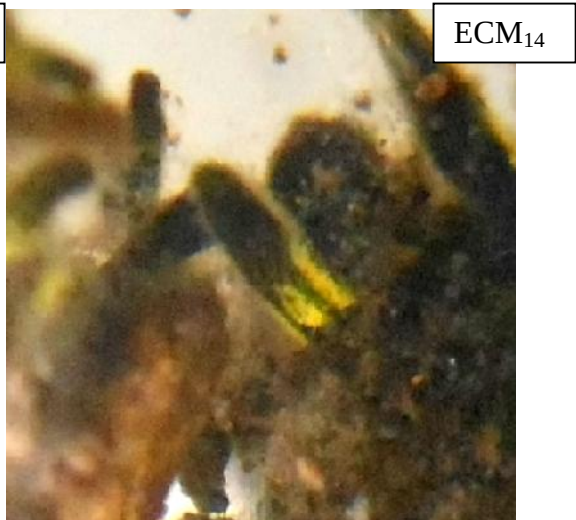
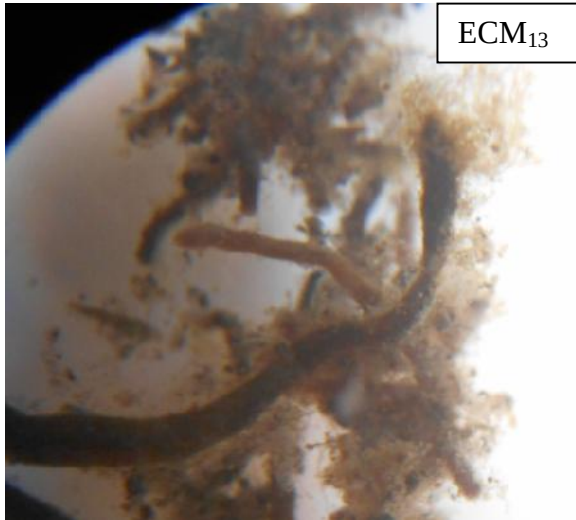
- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes très abondants à l'extrémité.

ECM₁₇: mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : rétrécissement de l'apex.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants.

ECM₁₈: mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : rétrécissement de l'apex.
- Un manteau d'une structure granuleuse, tapis d'hyphes à la base.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₁₉: mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure laineuse, des hyphes peu abondants, des frange à chaque extrémité.

ECM₂₀: mycorhize de couleur brun jaunâtre caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : apex rétrécis et aplatis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.

ECM₂₁: mycorhize de couleur orange caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₂₂: mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

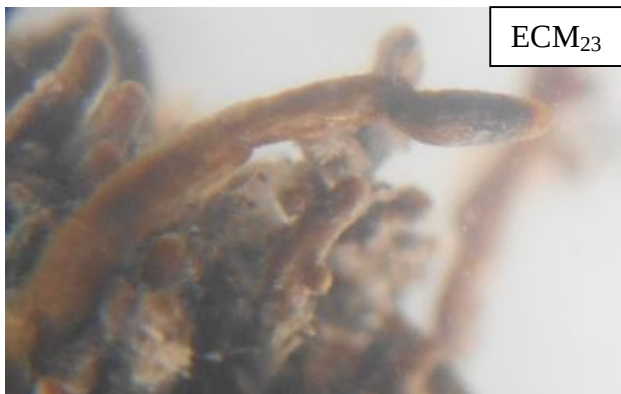
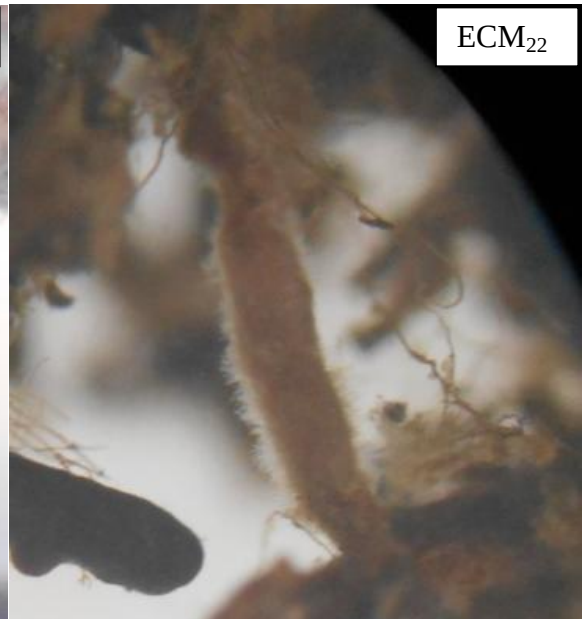
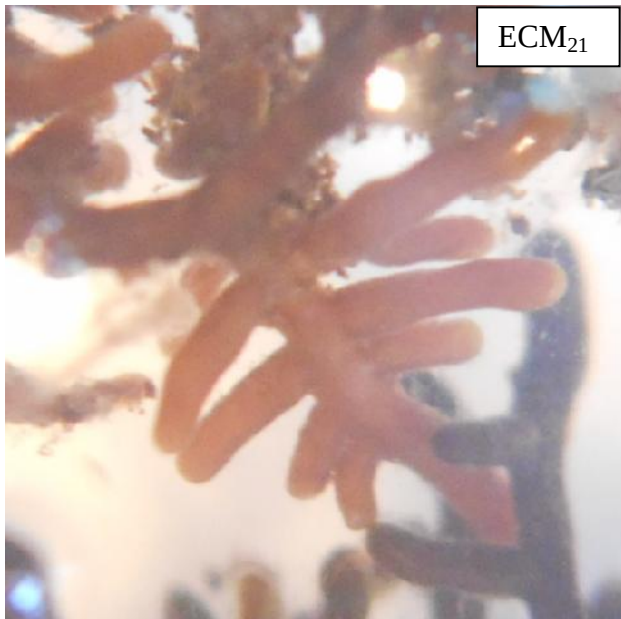
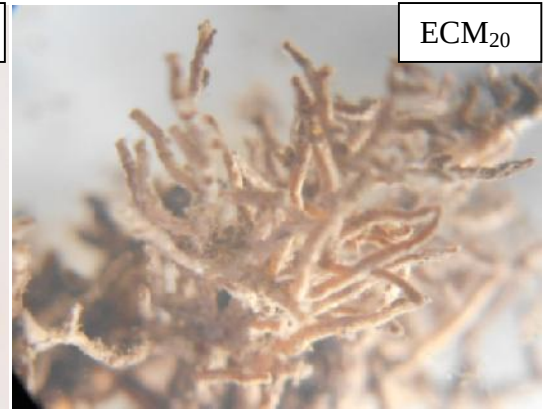
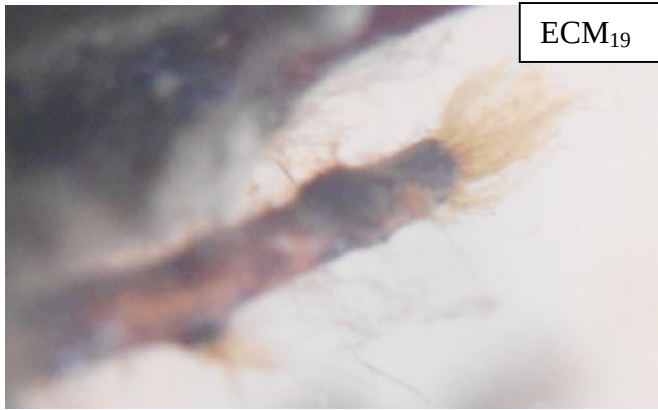
- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis, courbée et aplatis.
- Un manteau d'une structure en feutrage, présence des cystide.

ECM₂₃: mycorhize de couleur miel, sombre à l'extrémité, et clair au bout caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₂₄: mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramydale.
- Une forme : rétrécissement de l'apex.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₂₅ : mycorhize de couleur brun jaunâtre, clair à l'apex caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₂₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₂₇ : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite, arrondie, apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes rares.

ECM₂₈ : mycorhize de couleur blanchâtre caractérisée par :

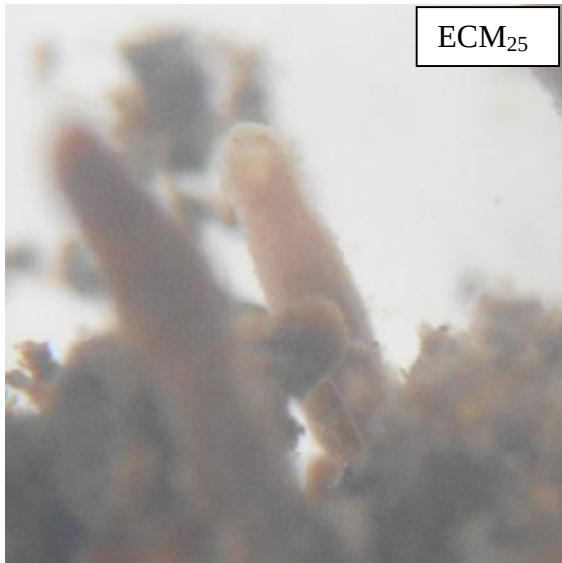
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes absants.

ECM₂₉ : mycorhize de couleur brun orangeâtre caractérisée par :

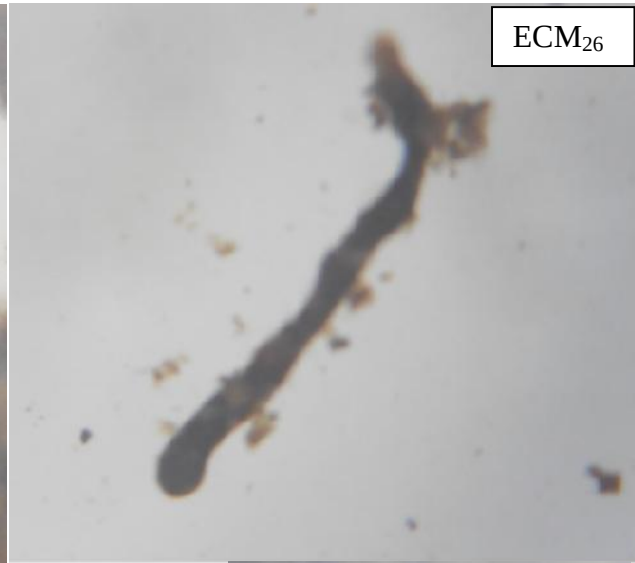
- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.

ECM₃₀ : mycorhize de couleur blanchâtre caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure laineuse, des hyphes très abondants.



ECM₂₅



ECM₂₆



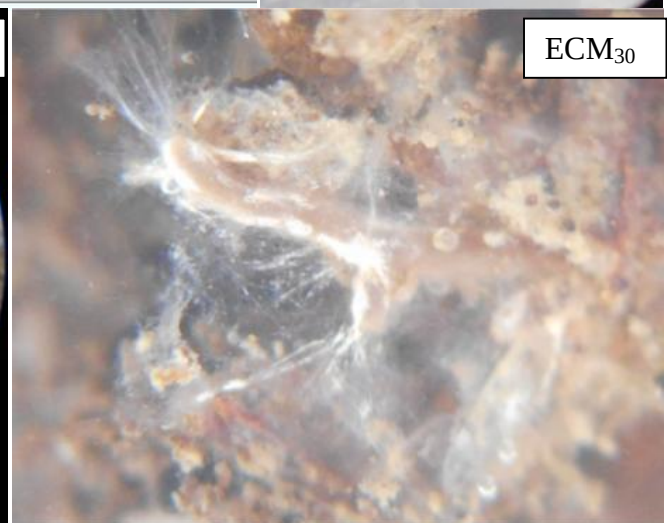
ECM₂₇



ECM₂₈



ECM₂₉



ECM₃₀

ECM₃₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants de couleur blanche à la base et rare à l'extrémité.

ECM₃₂ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.

ECM₃₃ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : apex rétrécit.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes rares.

ECM₃₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

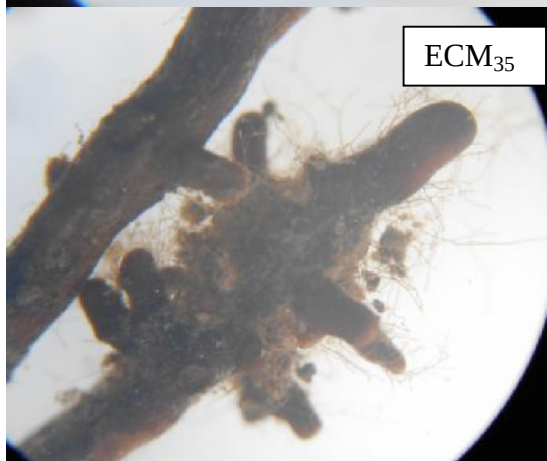
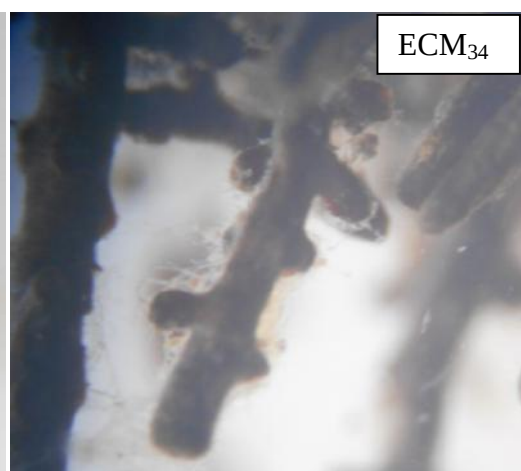
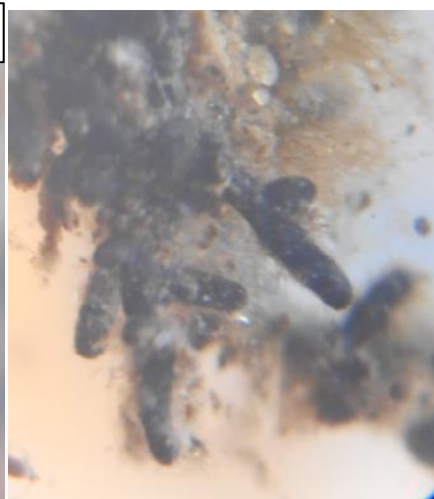
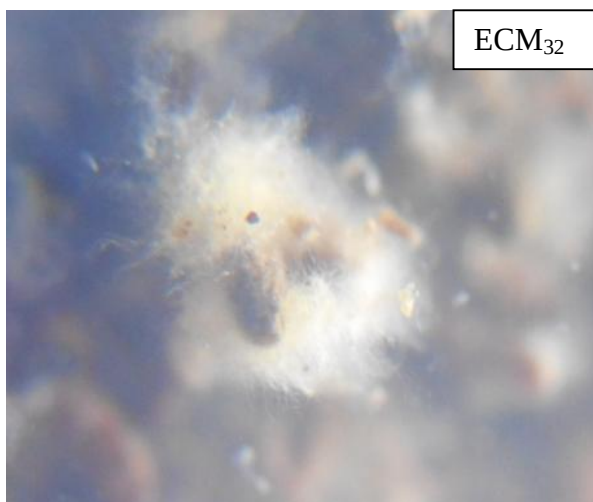
- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : cylindrique aplatis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes absants.

ECM₃₅ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants.

ECM₃₆ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : aplatie de coté.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₃₇ : mycorhize de couleur brune et ocre à l'extrémité caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : monopodiale pennée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse et lisse à l'extrémité, des hyphes rares.

ECM₃₈ : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure vaguement granuleuse et lisse à l'extrémité, des hyphes abondants.

ECM₃₉ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : cylindrique, arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes rares.

ECM₄₀ : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

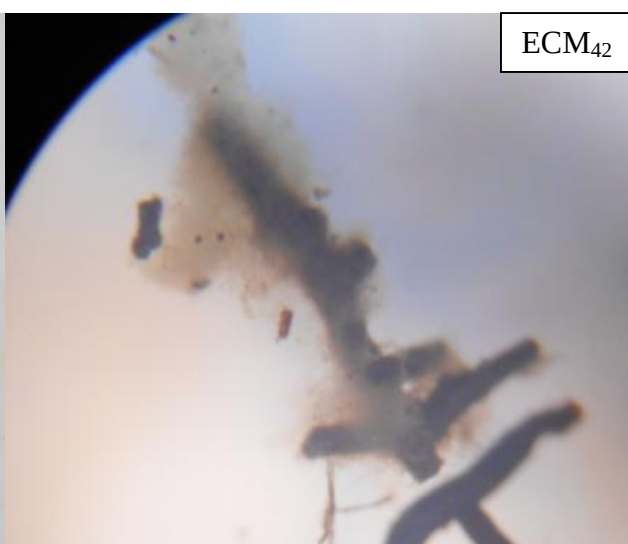
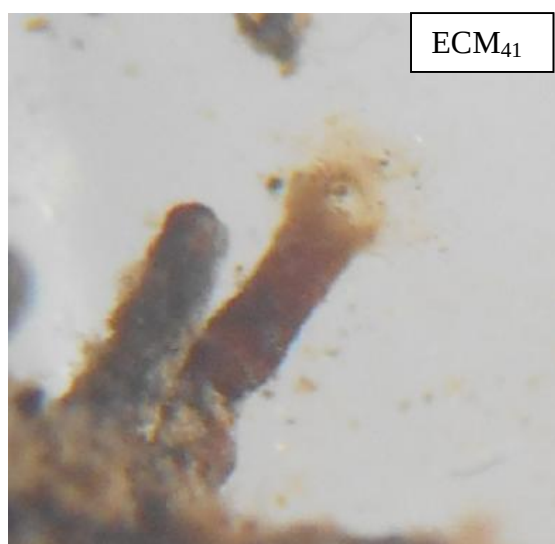
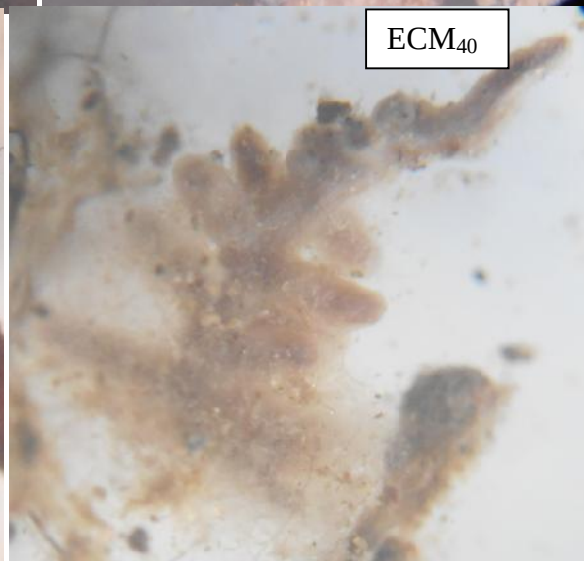
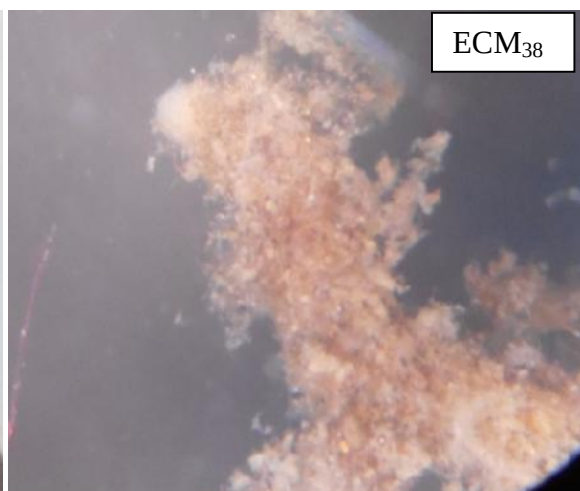
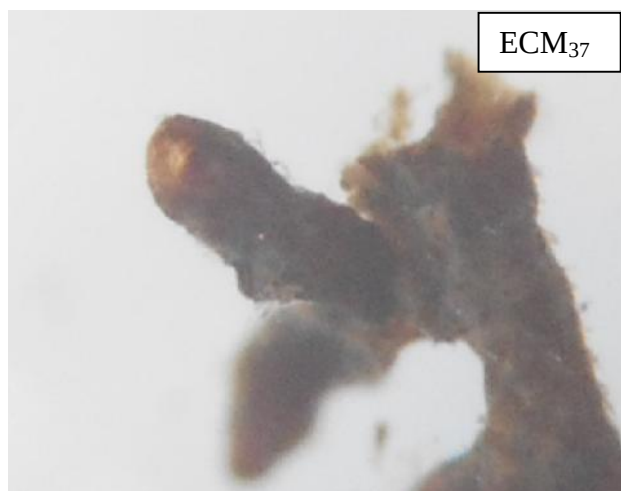
- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très absents à la base.

ECM₄₁ : mycorhize de couleur miel et ocre à l'extrémité caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite, arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares à la base et une frange à l'extrémité.

ECM₄₂ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondant à l'extrémité.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₄₃ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse, aplatis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.

ECM₄₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, tapis d'hyphes jaune au milieu.

ECM₄₅ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure laineuse, hyphes rares à la base et une frange à l'extrémité.

ECM₄₆ : mycorhize de couleur miel et ocre à l'extrémité caractérisée par :

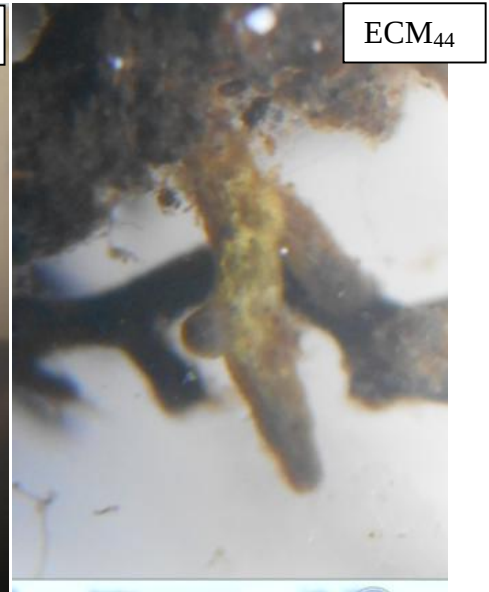
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.

ECM₄₇ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : en forme d'un sac alvéolaire.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.

ECM₄₈ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : rétrécis et aplatis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₄₉ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants .

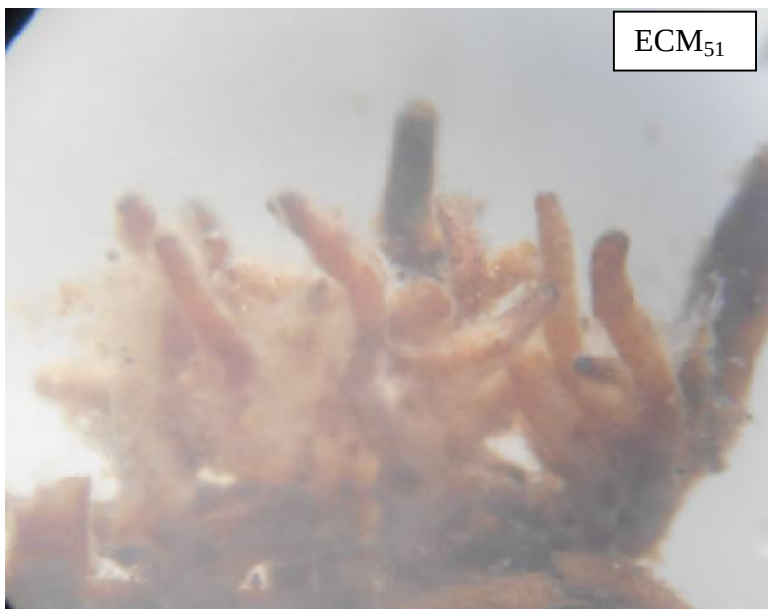
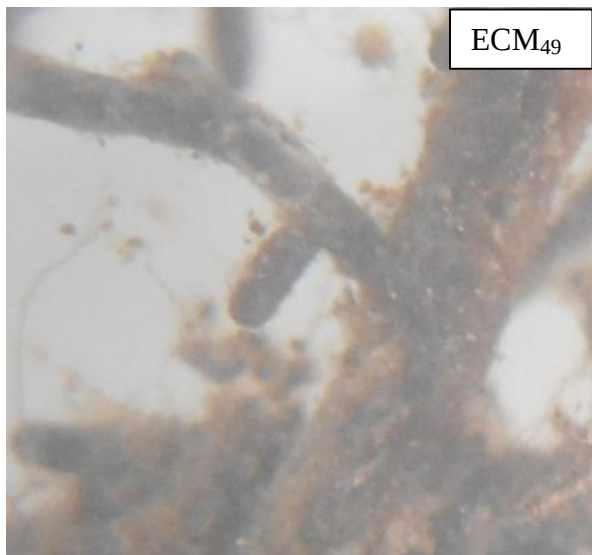
ECM₅₀ : mycorhize de couleur orange caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₅₁ : mycorhize de couleur orange caractérisée par :

- Une distribution : coralloïdale.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants.

ECM₅₂ : *Cenococcum geophilum*



c-Exploration à moyen et longue distance(Gx40)

ECM₁ : mycorhize de couleur jaune poussin caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : droite arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₂ : mycorhize de couleur miel caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : irrégulière.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₃ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

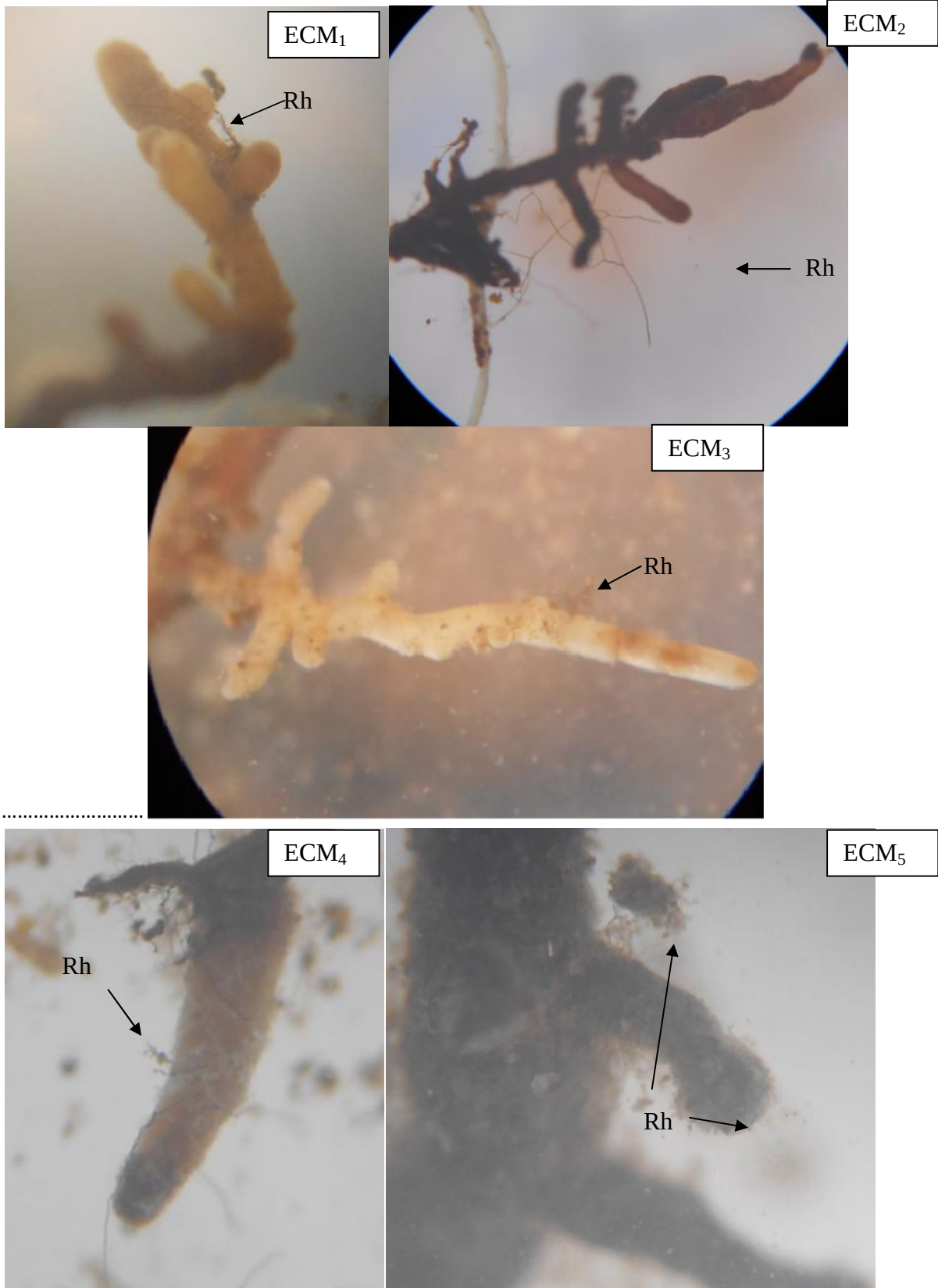
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₄ : mycorhize de couleur jaune et marron en extrémité caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite linéaire.
- Un manteau d'une structure laineuse, hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie, apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₆ : mycorhize de couleur orange caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₇ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite aplatie de côté.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₈ : mycorhize de couleur brun jaunâtre caractérisée par :

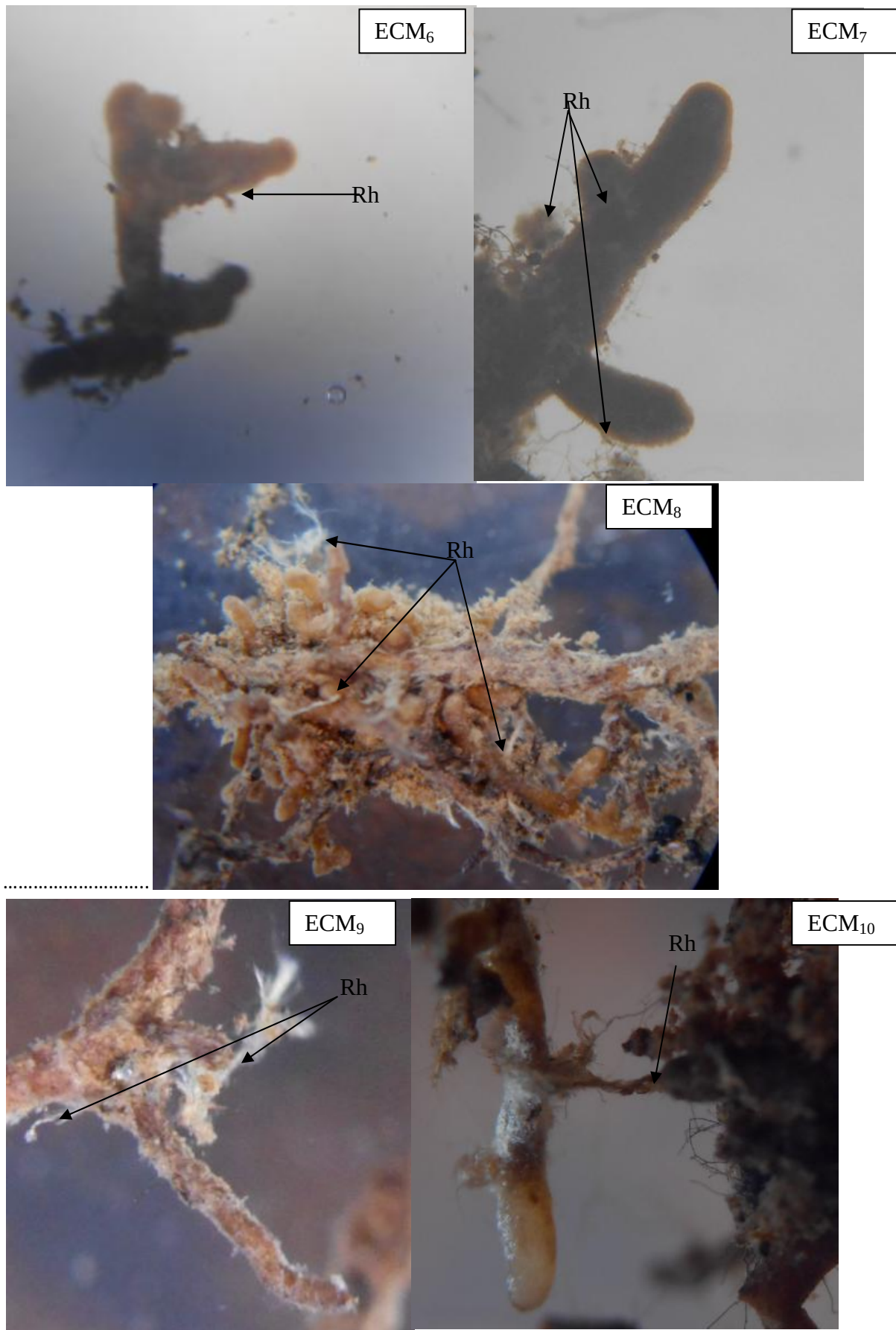
- Une distribution : dichotomique.
- Une forme : droite arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants
- Un rhizomorphe de couleur blanche.

ECM₉ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure en feutrage, hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur blanche.

ECM₁₀ : mycorhize de couleur marron jaunâtre à la base et un apex blanc caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, un tapis d'hyphes blanc au milieu.
- Un rhizomorphe de couleur marron.



ECM₁₁ : mycorhize de couleur miel caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite aplatis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares
- Un rhizomorphe de couleur blanche à la base.

ECM₁₂ : mycorhize de couleur miel caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₁₃ : mycorhize de couleur orangeâtre caractérisée par :

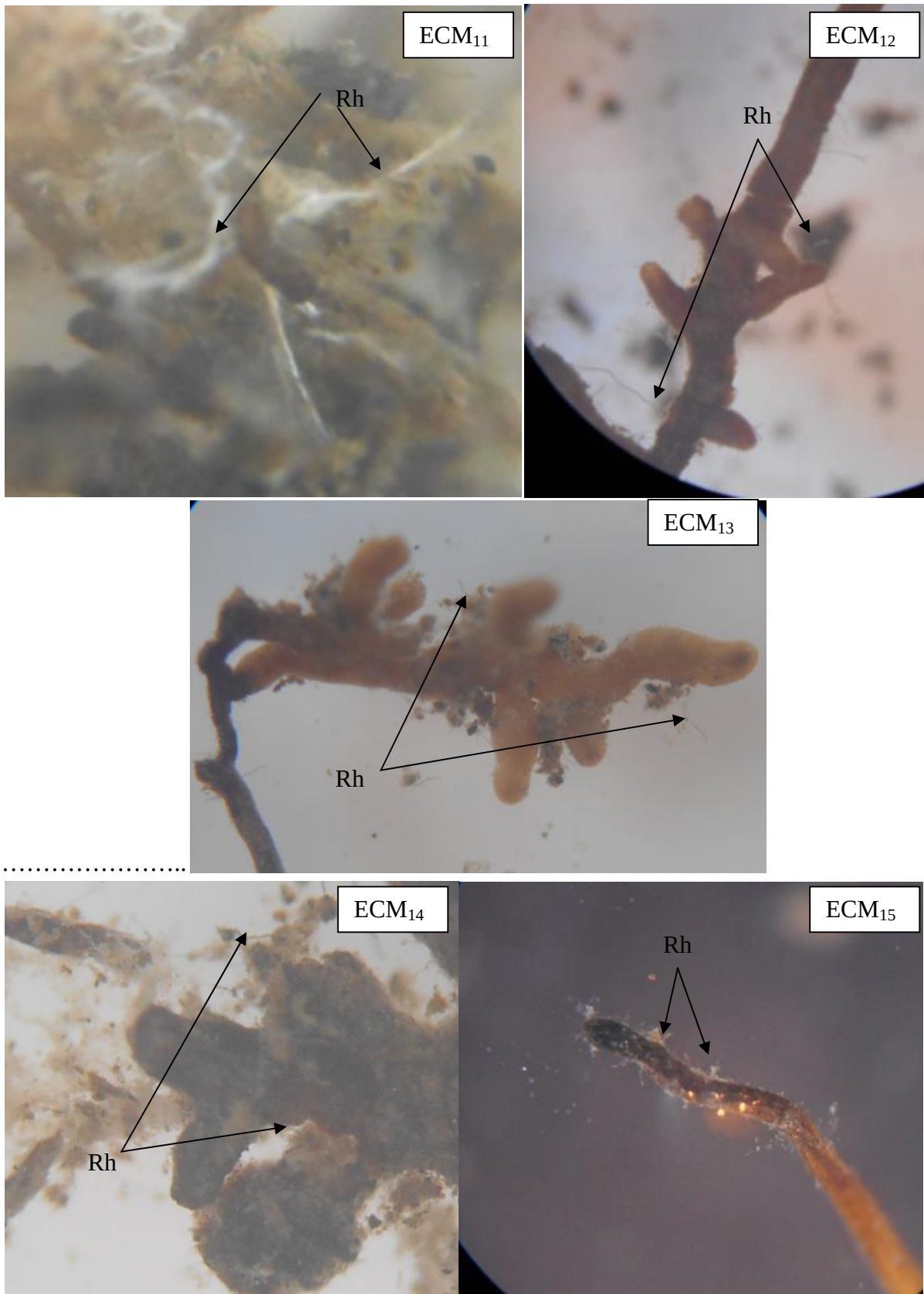
- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₁₄ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₁₅ : mycorhize de couleur dégradée de marron clair à la base et de noir à l'apex caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure en feutrage, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur blanche.



ECM₁₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : hippocampe.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe de couleur noir.

ECM₁₇ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₁₈ : mycorhize de couleur miel caractérisée par :

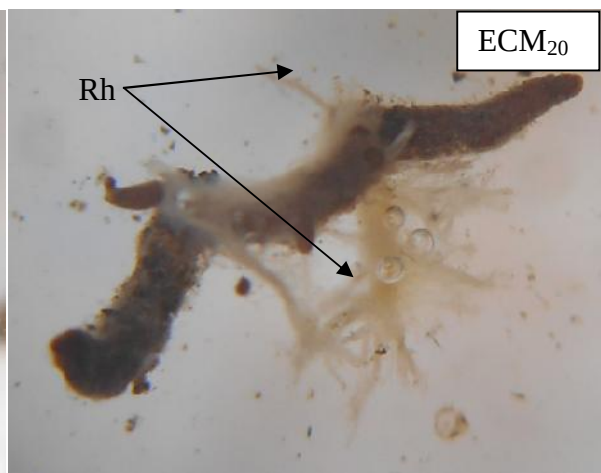
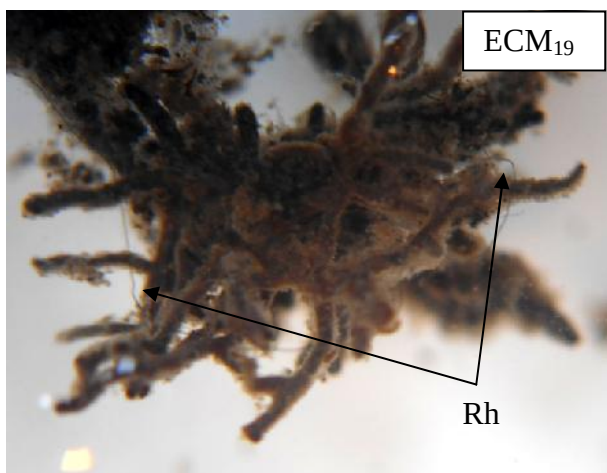
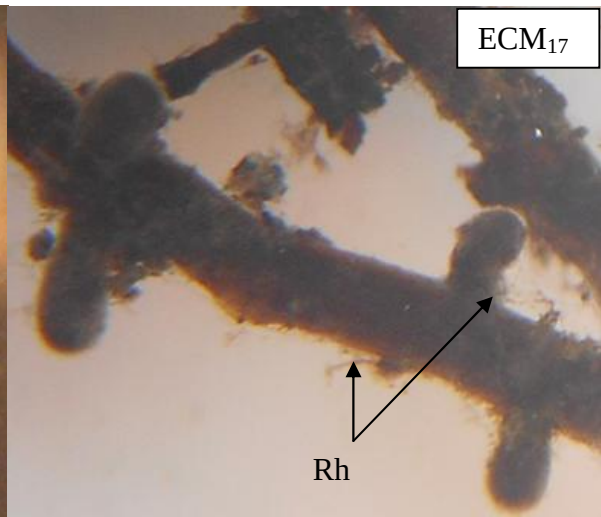
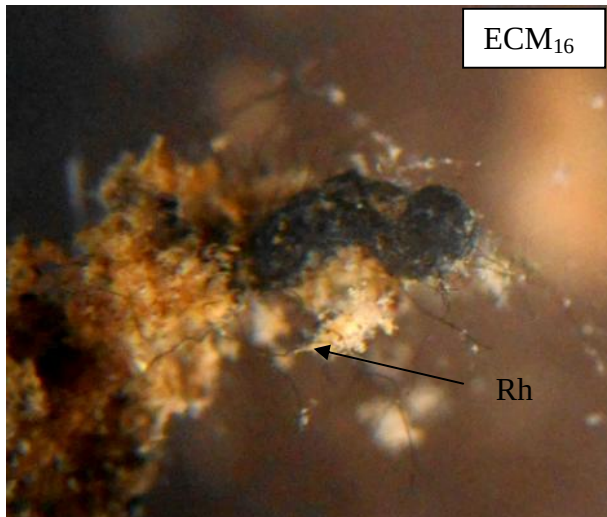
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure en feutrage, des hyphes peu abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₁₉ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₂₀ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe épais et laineux de couleur blanche.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₂₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₂₂ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : dichotomique.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron (long et court rhizomorphe)

ECM₂₃ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

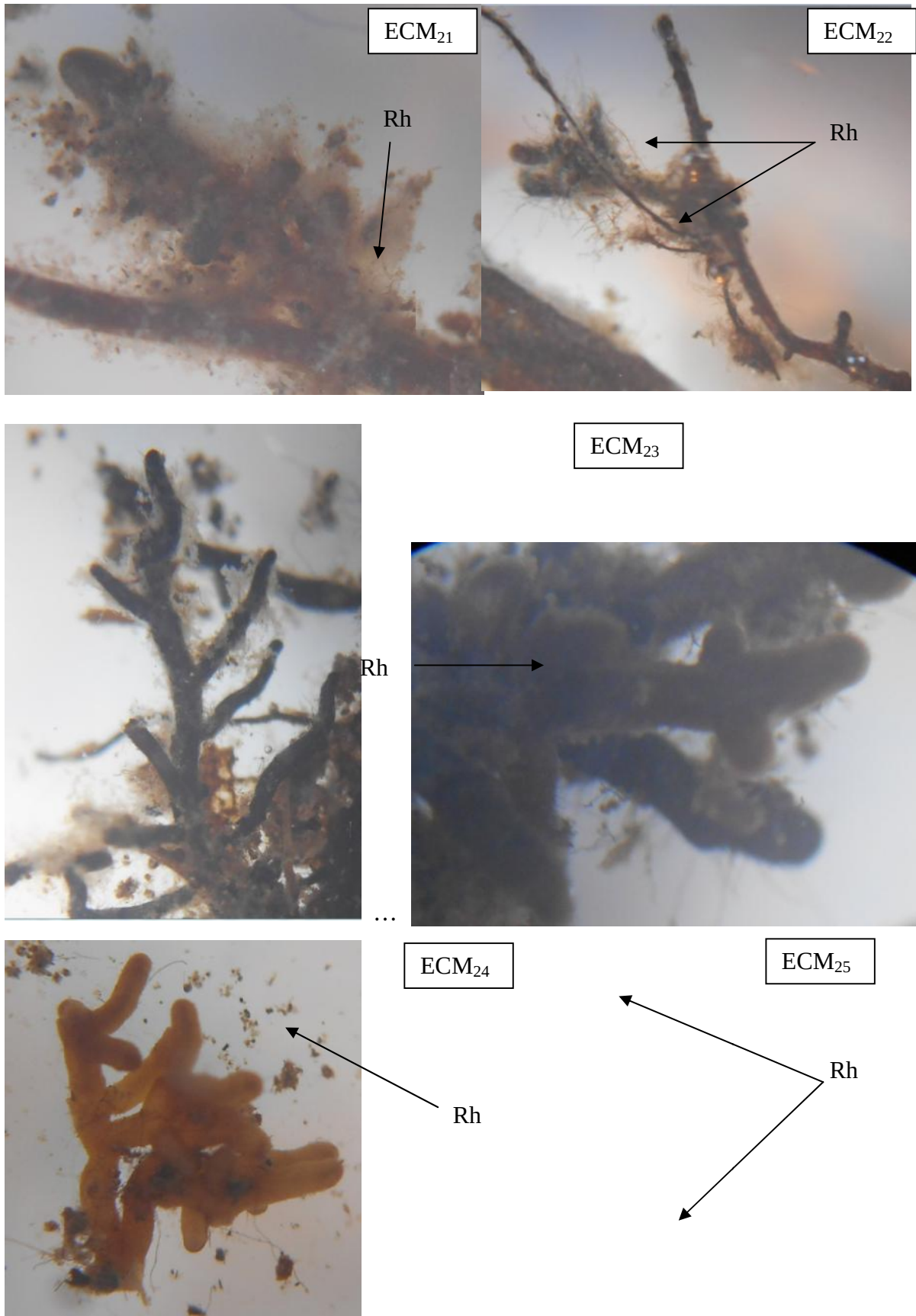
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₂₄ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₂₅ : mycorhize de couleur orange caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.
-



ECM₂₆ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : apex plus large ue la base.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe à l'extrémité de couleur blanche.

ECM₂₇ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis et pointeux.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₂₈ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

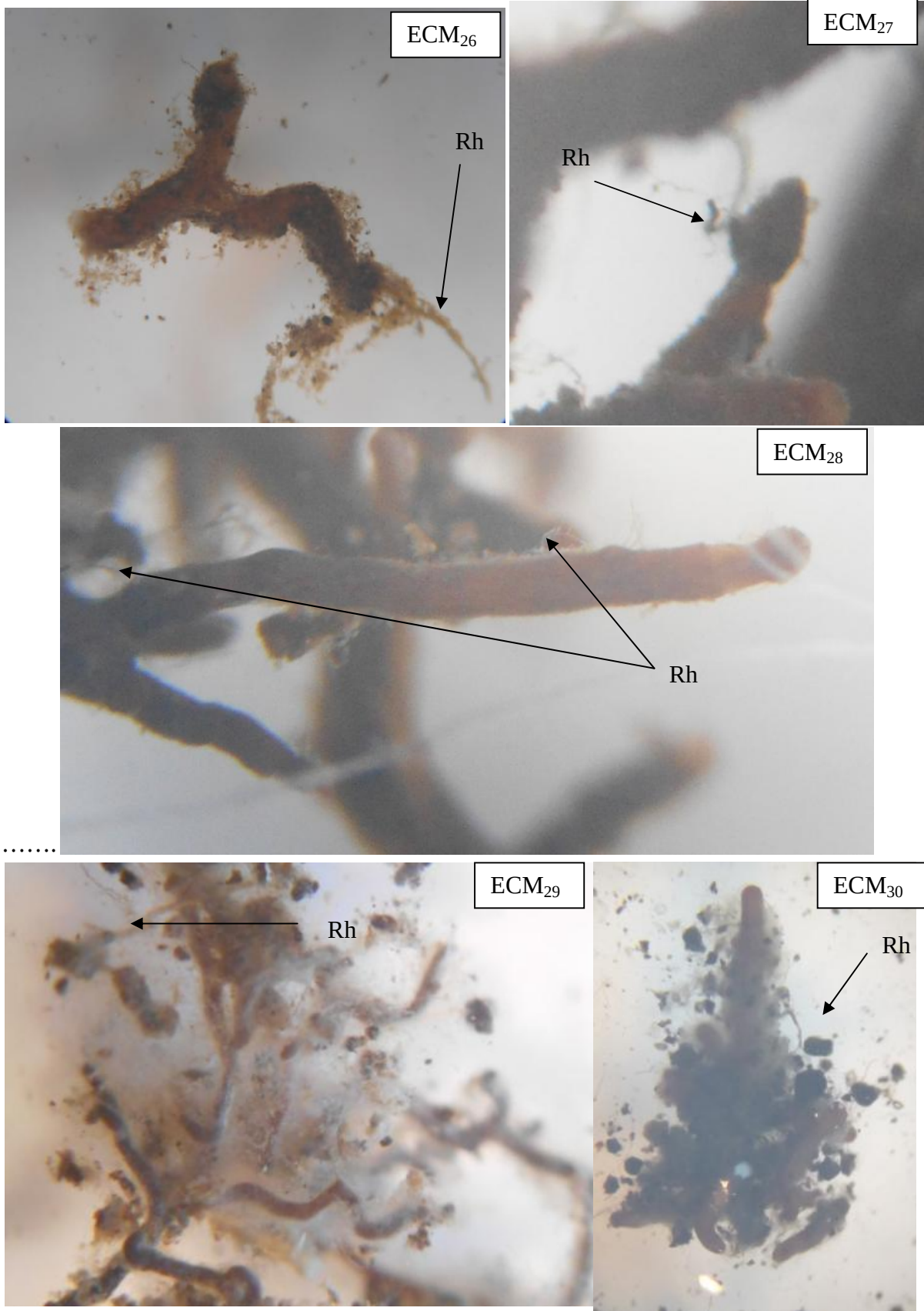
- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron et blanc.

ECM₂₉ : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure laineuse, hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe de couleur blanc.

ECM₃₀ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.



ECM₃₁ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₃₂ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe à l'extrémité de couleur blanche à l'extrémité.

ECM₃₃ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

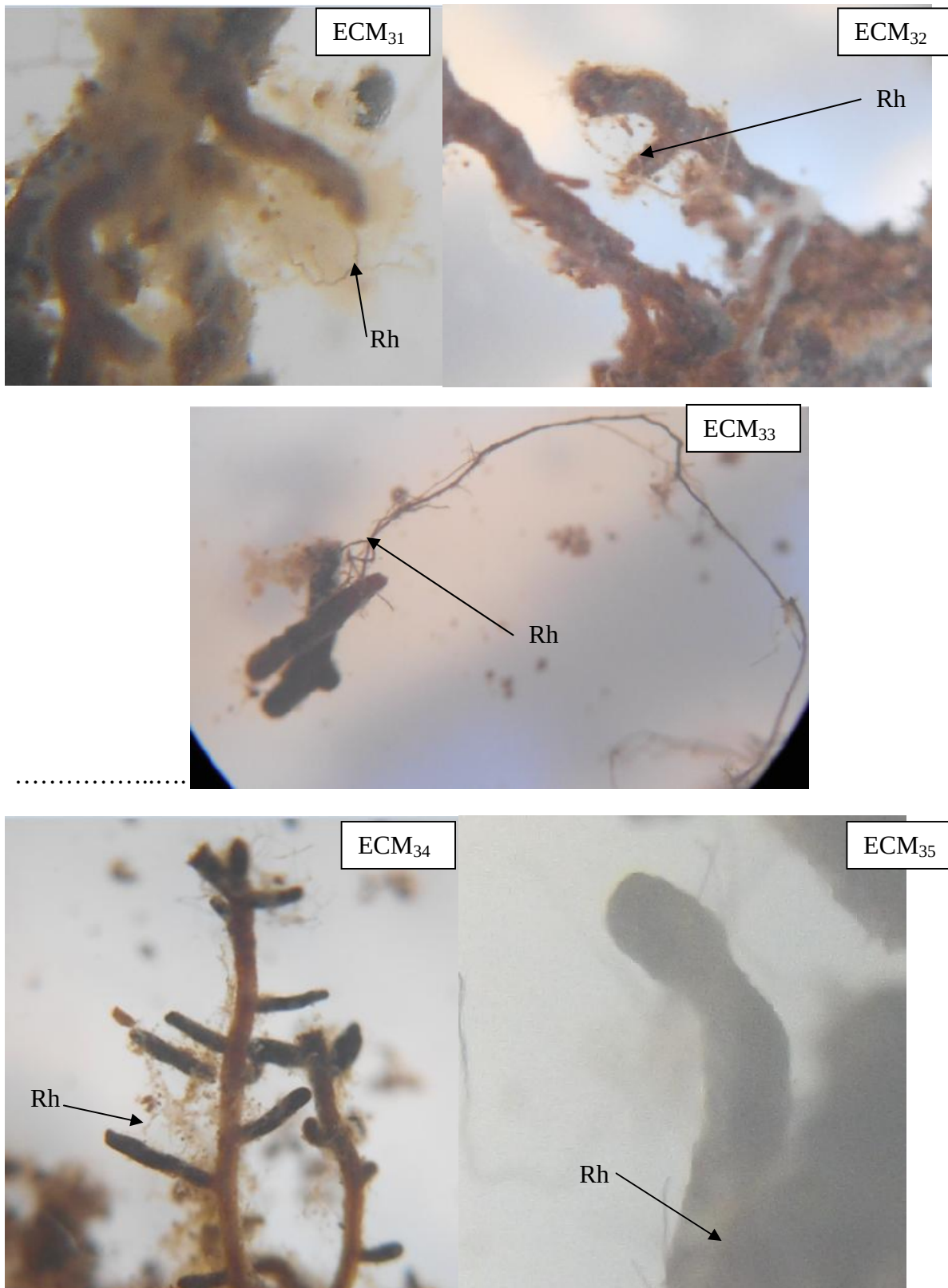
- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants
- Un rhizomorphe long de couleur marron.

ECM₃₄ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : aplatis.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur blanche.

ECM₃₅ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex courbé et rétrécis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron.



ECM₃₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : aplatis au deux cotés.
- Un manteau d'une structure laineuse, des hyphes très abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron .

ECM₃₇ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : perlée.
- Un manteau d'une structure cotoneuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₃₈ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

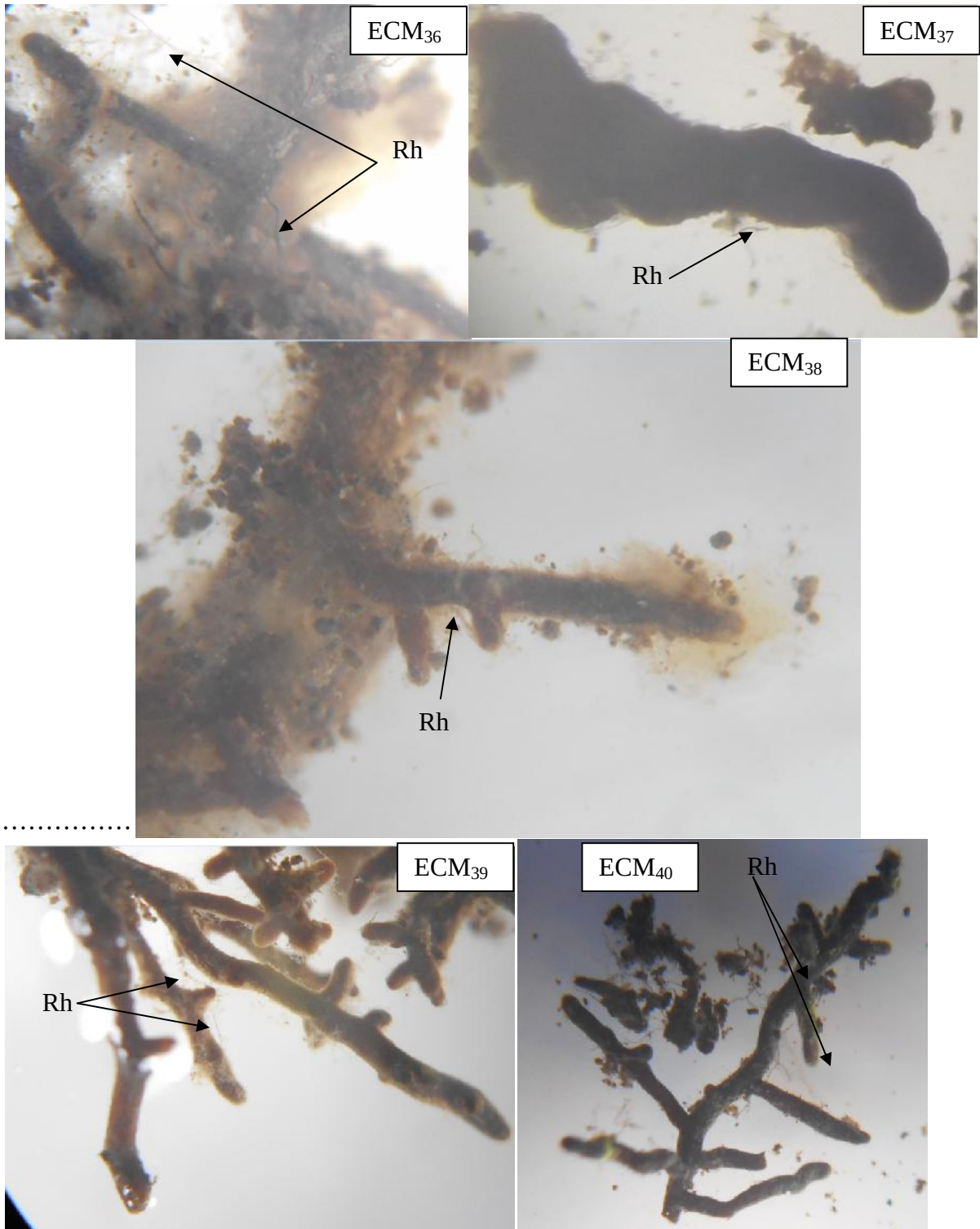
- Une distribution :monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structurecotonneuse, des hyphes très abondants à l'extrémité
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₃₉ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₄₀ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.



ECM₄₁ : mycorhize de couleur m caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron à la base.

ECM₄₂ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur blanche à l'extrémité

ECM₄₃ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

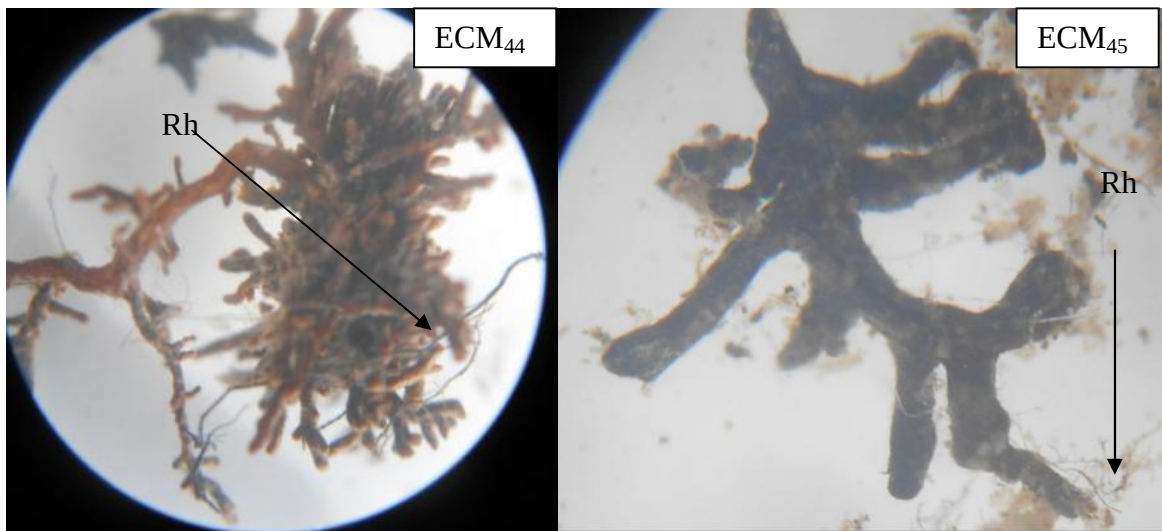
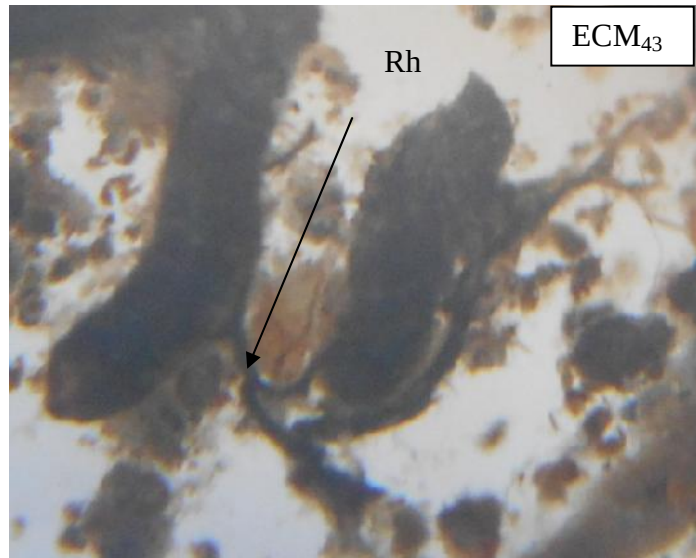
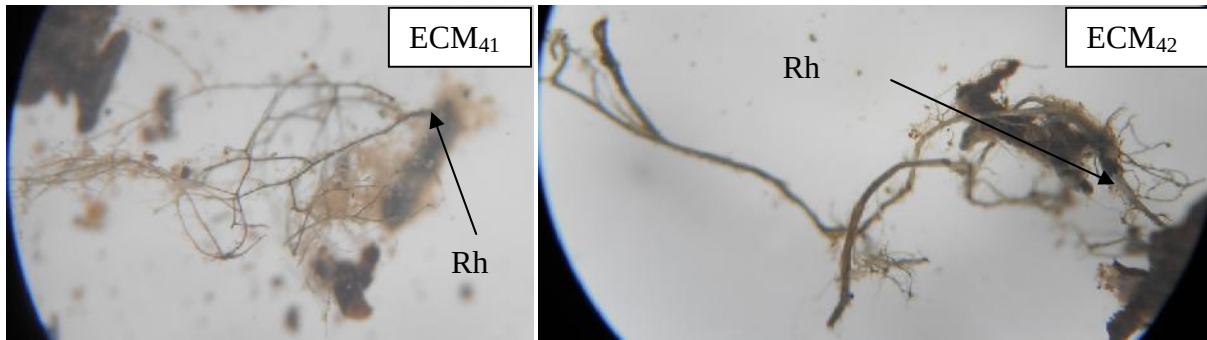
- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares
- Un rhizomorphe gros et long de couleur noir qui attache deux mycorhize.

ECM₄₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuseuse, hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur noir.

ECM₅₅ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramydale.
- Une forme : aplatie ur deux cotés.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.



ECM₄₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₄₇ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur noir

ECM₄₈ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

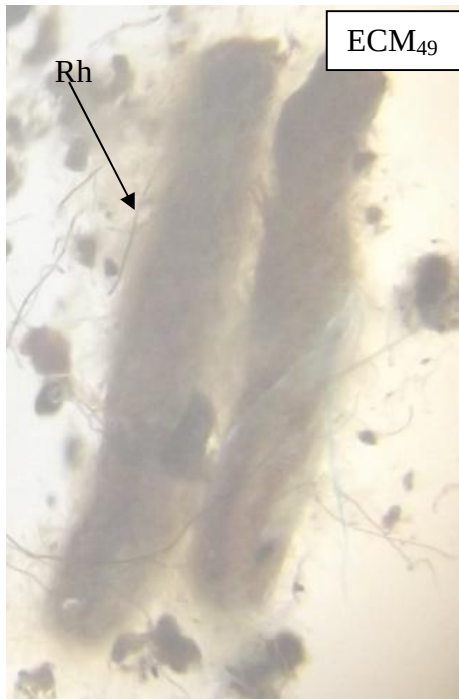
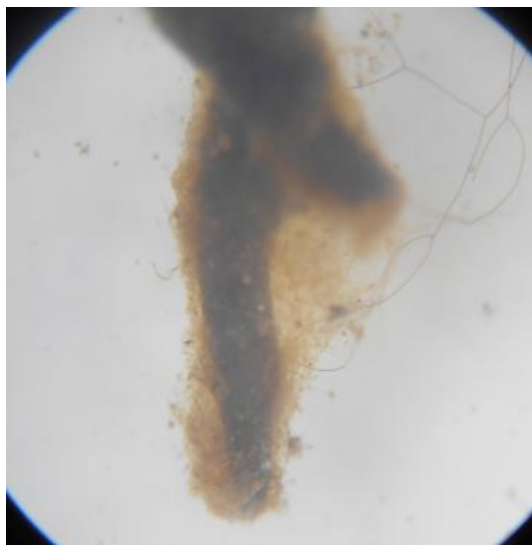
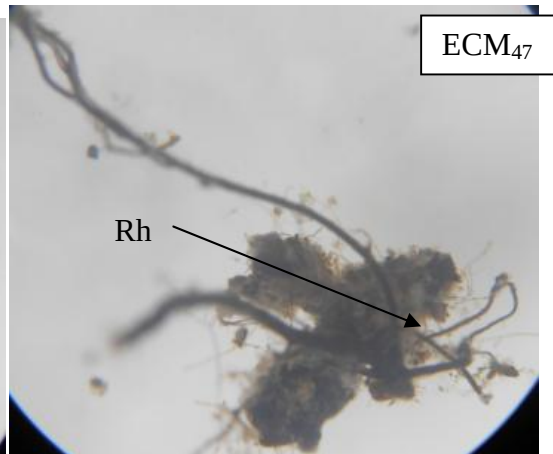
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure laineuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₄₉ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅₀ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramydale.
- Une forme : droite .
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.



ECM₅₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution :monopodiale pyramydale.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅₂ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₅₃: mycorhize de couleur brune caractérisée par :

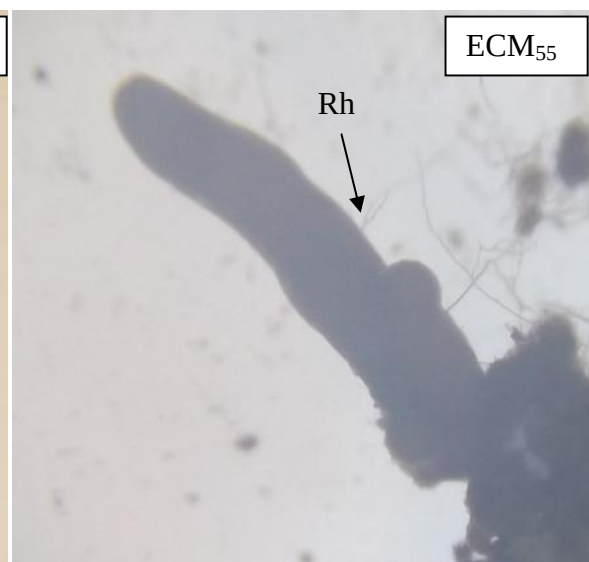
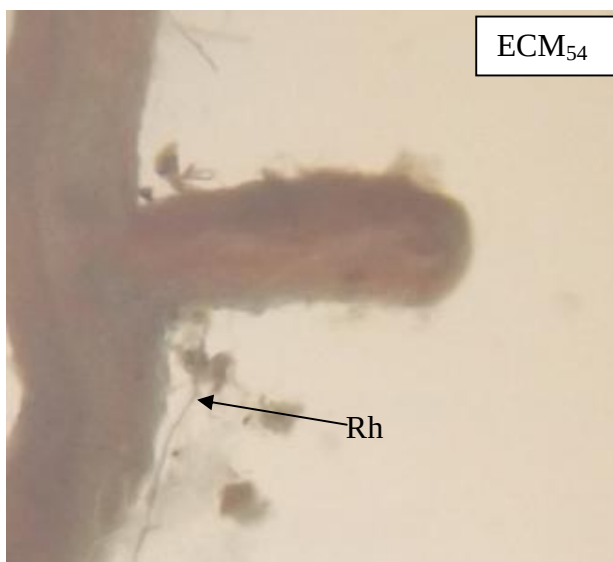
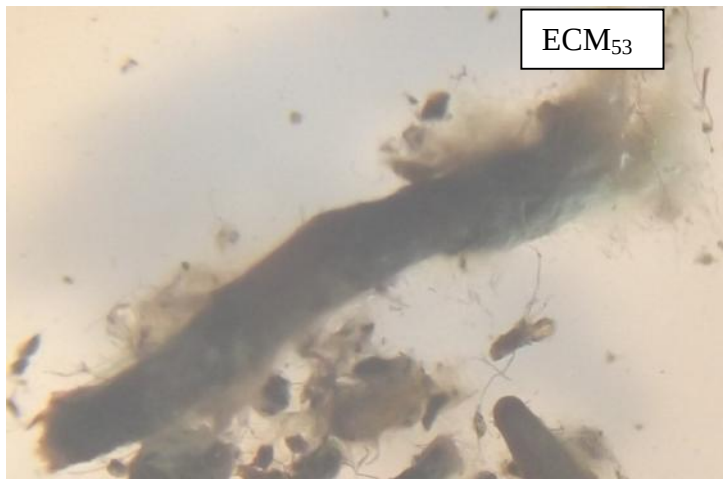
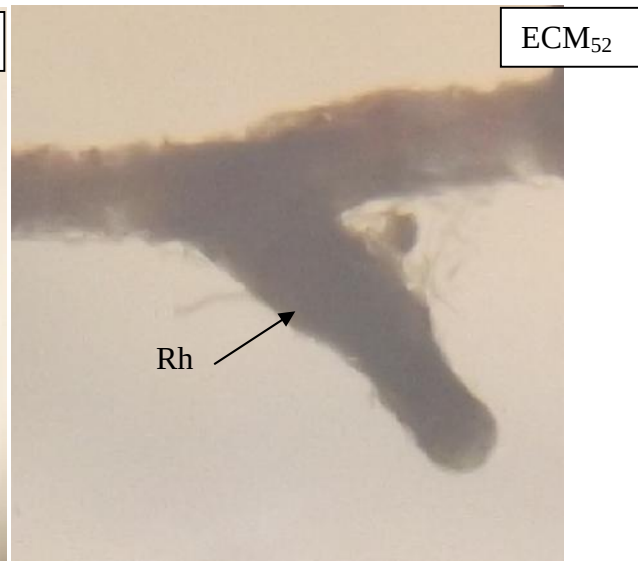
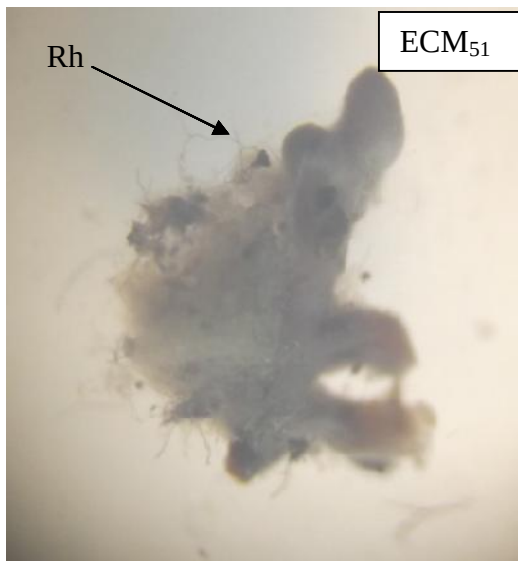
- Une distribution :simple.
- Une forme : simple.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants, une frange à l'extrémité.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅₅ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur noir.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₅₆ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares
- Un rhizomorphe cotonneux de couleur blanche au milieu.

ECM₅₇ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramydale.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur noir.

ECM₅₈ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

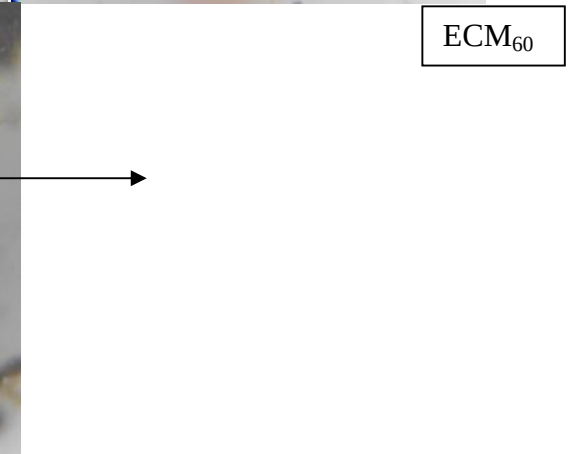
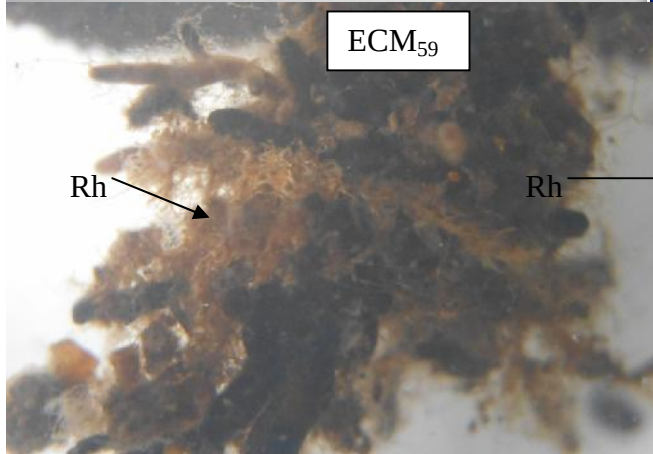
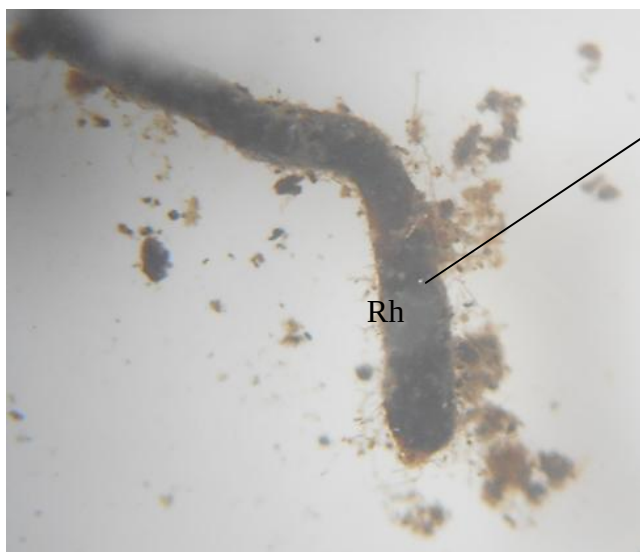
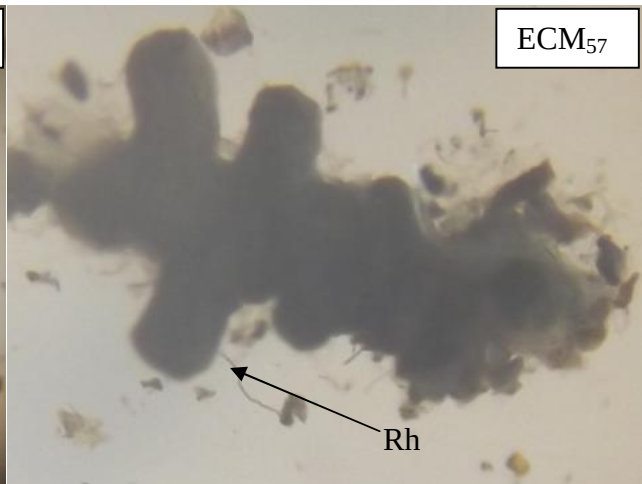
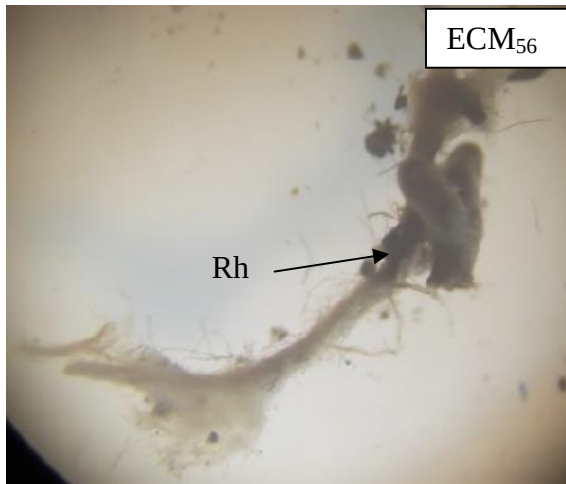
- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅₉ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₆₀ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : dichotomique.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe chevelu de couleur orange.



Chapitre III: Résultats et discussion

ECM₆₁ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : tortueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse (chevelue), des hyphes très abondants
- Un rhizomorphe cotonneux de couleur blanche au milieu.

ECM₆₂ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

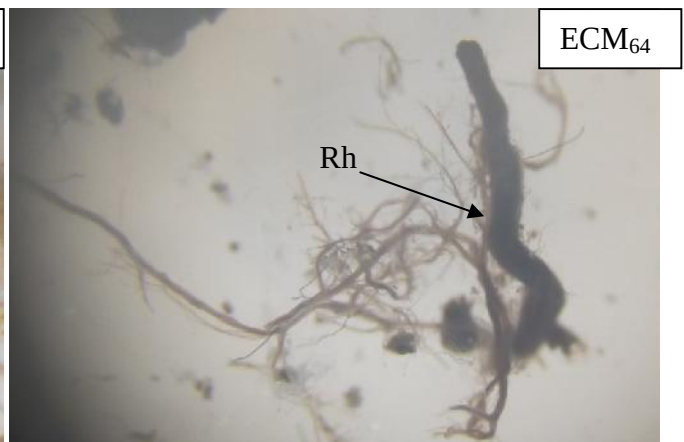
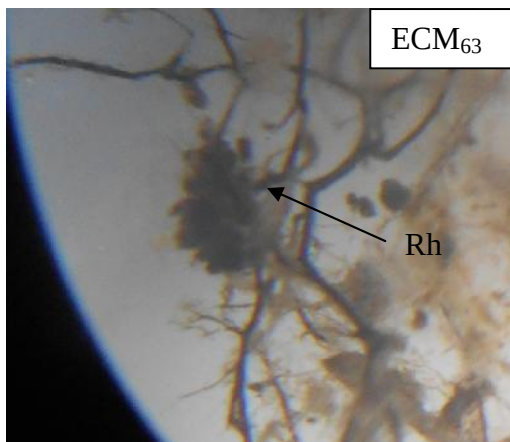
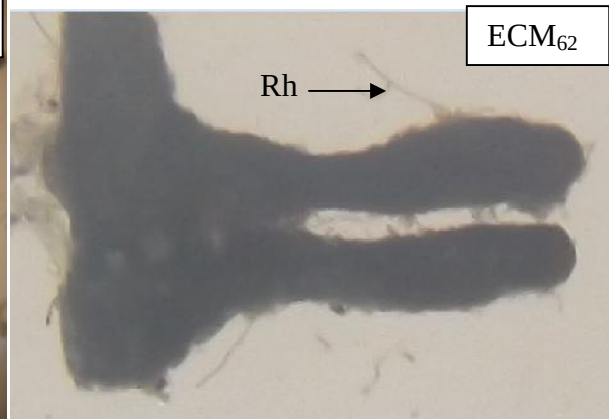
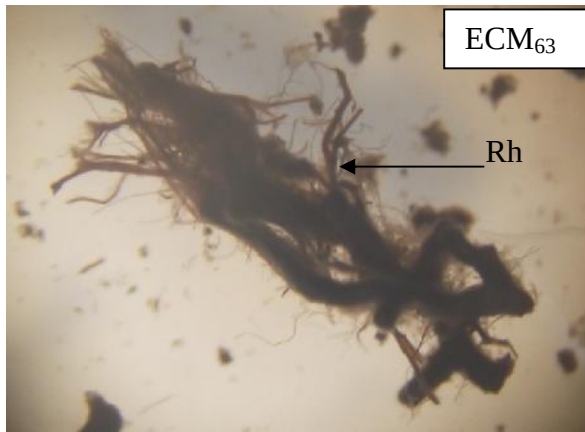
- Une distribution simple.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.
- Un rhizomorphe de couleur noir.

ECM₆₃ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : coralloïde.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes peu abondants
- Un rhizomorphe de couleur marron à la base.

ECM₆₄ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.



Chapitre III: Résultats et discussion

1-2-Succession de la communauté ectomycorhizienne

A fin de vérifier la théorie de la succession de la communauté ectomycorhizienne établis par Last *et al.*, (1987), les arbres adultes sont classés en catégorie de diamètre référant à des classes d'âge. Sachant que pour les essences feuillues, elles sont comme suit (tab 4):

Tab.3 : Référence de diamètre, âge et selon la catégorie de bois

catégorie de bois	Diamètre	âge
perche	7.5-17.5 cm	(10-20ans)
PB (petit bois)	17.5-27.5cm	(20-30 ans)
BM (bois moyen)	27.5- 42.5 cm	(30-40ans)
GTB (gros bois)	42.5 cm	(> 40 ans).

A partir de ce classement, chaque arbre est affilié à quatre classe de diamètre correspond à différents stades de développement de chêne zeen (tab.5)

Tab.4:classements des arbres adultes de chêne zeen selon la catégorie de bois

Catégorie de bois	Arbre	circonférence	diamètre
BM	ARBRE1	113	35,98
PB	ARBRE2	75	23,88
GB	ARBRE3	138	43,94
BM	ARBRE4	129	41,08
P	ARBRE5	11	3,50
PB	ARBRE6	91	28,98
P	ARBRE7	73	23,24

Selon la catégorie de diamètre de chaque arbre, nous avons inventorié 39 morphotypes pour le stade perche, 33 morphotypes pour le petit bois, 48 pour le bois moyen et 20 pour le gros bois. Ces résultats répond à la théorie de Last *et al.*, 1987 in Selosse,2001 sur successions fongique en fonction du vieillissement forestier.

Le classement en type d'exploration selon la catégorie d'âge, nous avons noté que le type moyen et long distance est le plus fréquent chez toutes les catégories d'âge. A l'inverse, le type contact est observé chez la catégorie petit bois (Figure 26).

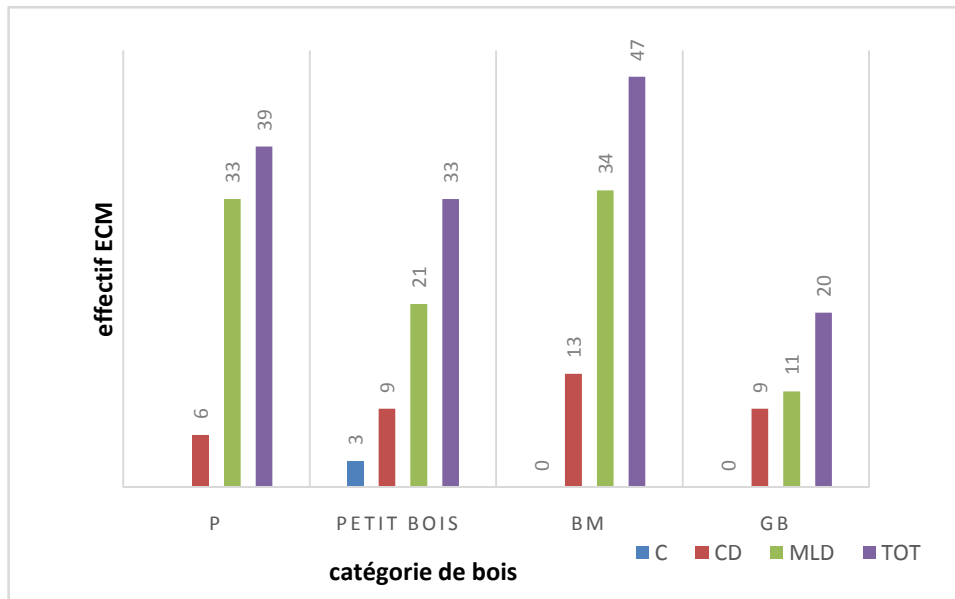


Fig.39 : type d'exploration selon catégorie d'âge

Afin d'analyser la similitude de la communauté ectomycorhizienne et la similitude et la distance de celle –ci entre les différents âges de la population de chêne zeen étudiée, nous avons calculé l'indice de similarité de Jaccard et de Sørensen afin de comparer l'indice de distance.

En effet, Grall & Coïc (2006), les indices de similarité permettent de comparer différents sites entre eux sur la base de leur composition et de l'abondance spécifique (qu'ils soient impactés/non impactés). Ils pourraient être utilisés seuls ou combinés à d'autres indices pour renseigner le critère suivant. Les nombreuses mesures de distances, de corrélation, de similarité ou de dissimilarité permettent de comparer les échantillons deux à deux, et de leur attribuer une valeur résumant leur ressemblance globale.

Entre individus

Les résultats obtenus par le calcul de l'indice de Jaccard et de Sørensen est inférieur à 0,5 confirment l'absence de similitude entre les différents morphotypes des arbres étudiés (TAB. 5 et 6 et 7). Les résultats du calcul de l'indice de distance confirment les résultats des deux indices précédents, et rapportent la distance entre les individus. Cette différence serait due à l'effort d'échantillonnage.

Chapitre III: Résultats et discussion

Tab.6 : indice de similarité de *jaccard*

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A2	0,074						
A3	0,056	0,024					
A4	0,063	0,129	0,05				
A5	0,075	0,081	0,056	0,07			
A6	0,042	0,061	0,065	0,04	0,07		
A7	0,102	0,259	0,026	0,07	0,06	0,11	1,0

Tab.7 : indice de similarité de Sorensen

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A2	0,16						
A3	0,11	0,05					
A4	0,13	0,29	0,1				
A5	0,16	0,17	0,11	0,14			
A6	0,08	0,129	0,13	0,083	0,14		
A7	0,22	0,7	0,05	0,15	0,083	0,15	1,0

Tab 8: indice de distance

Indice de distance= 1-S							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A2	0,840						
A3	0,882	0,950					
A4	0,867	0,704	0,889				
A5	0,837	0,824	0,882	0,852			
A6	0,913	0,871	0,862	0,917	0,852		
A7	0,773	0,300	0,946	0,846	0,917	0,846	0,000

Entre catégorie d'âge

La lecture du tab8 révèle l'absence de similitude de morphotypes ectomycorhiziens entre les différentes catégories d'âge. En effet les différents indices calculés sont inférieur à 0,5 pour l'indice de Jaccard et de Sorensen et supérieur à 0,5 pour l'indice de distance.

Tab.9 étude comparative entre catégorie d'âge

	COM	A	B	IJ	IS	IDE DIS
PB/P	11	28	22	0,18	0,44	0,56
BM/P	11	28	37	0,14	0,338	0,66
GB/P	2	37	18	0,035	0,07	0,92
PB/BM	7	25	41	0,095	0,21	0,78
PB/GB	2	31	18	0,039	0,081	0,91
BM/GB	5	43	13	0,081	0,17	0,82

2-Chez les jeunes plants

2-a-Les plants arrosés tous les 5 jours

l'inventaire et l'observation des petites racines des plants, nous ont permis d'enregistrer 103 types morphologiques ectomycorhiziens dont la plus riche est enregistrée chez le plant 1 avec 18 morphotypes. Le type d'exploration moyenne et longue distance est mieux représenté chez tous les plants avec (plt1=10 MLD, plt2=3MLD, plt3=7MLD, plt4=5MLD plt5=7MLD plt6=3MLD plt7=3MLD plt8=3MLD plt9=3MLD plt10=6, plt13=4, plt14=2, plt15=5, à l'exception du plant 11 où le type d'exploitation contact s'est révélé le mieux représenté (Figure 40).

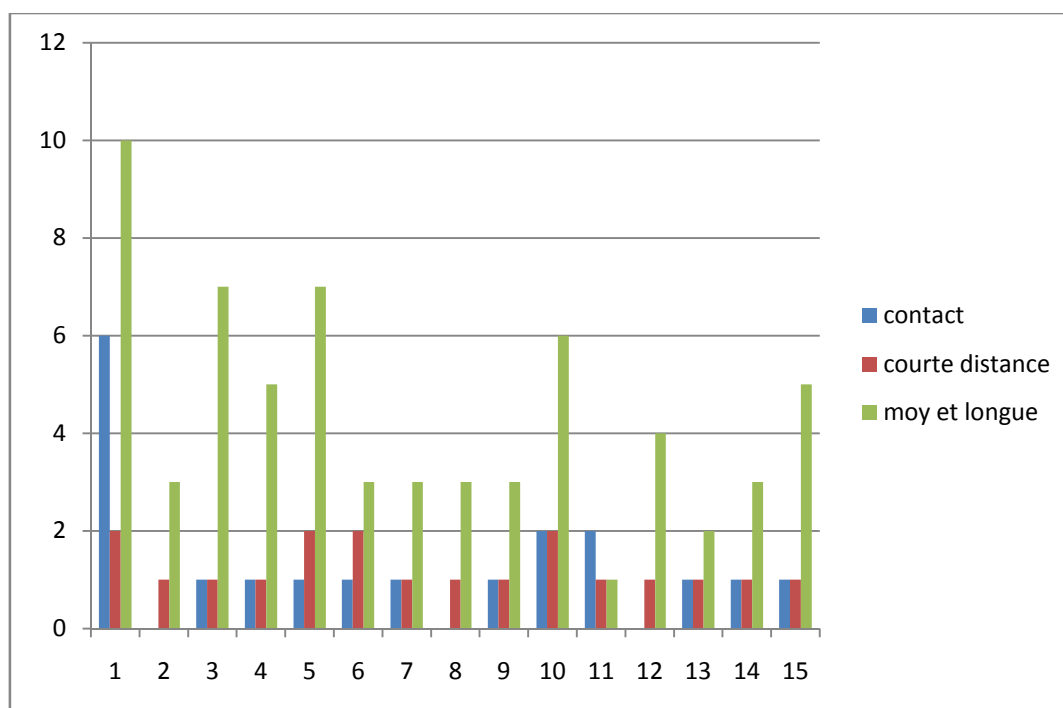


Fig. 40 : la richesse morphologique et typologique chez les plants arrosés tous les 5 jours

2-b-Les plants avec rupture d'arrosage pendant 55 jours

Chez les plants soumis à un stress édaphique, nous avons enregistré une richesse morphotypiquesectomycorhiziens de 81 morphotypes dont le plant 15 est le plus riche avec 9 morphotypes. La typologie d'exploration moyenne et longue distance est important chez tous les plants comparativement aux autres types sauf chez le plant 2 où le type courte distance semble être mieux représenté (Figure41).

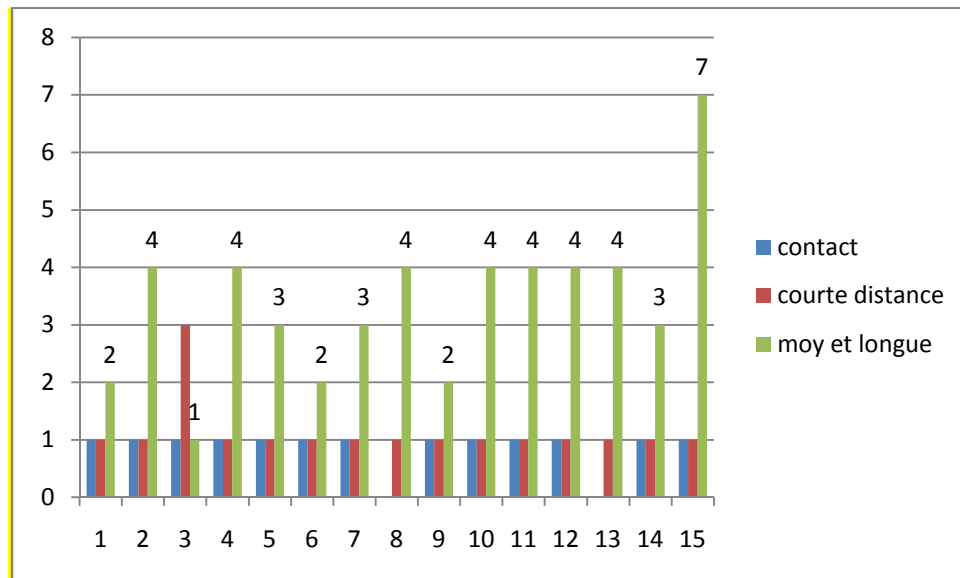


Fig.41 : la richesse morphologique et typologique chez les plants avec rupture d'arrosage pendant 55 jours

L'analyse de la similarité par les indices de similitude et l'indice de distance montrent qu'il n'y a pas de similitudes en morphotype ectomycorhizien entre les plants arrosés tous les 5 jours et les plants non arrosés pendant les 55 jours avec $IJ=0,22$, $IS=0,45$, $ID=0,55$. Cette différence est probablement dû au stress hydrique induit par la rupture en arrosage des plants qui à induit des associations symbiotiques plus efficiente contre la dessiccation et le stress hydrique édaphique.

Il est intéressant de signaler que pour tous les sujets de chêne observés la présence du morphotype *Cenoccocumgeophylum* est quasi-présent soit chez les arbres adultes soit chez les plants arrosés en rupture d'arrosage.

Chapitre III: Résultats et discussion

Les ectomycorhizes rencontrées chez les 30 plants selon les deux types d'arrosage sont décrites et représentés par les figures suivantes.

2-1-Classement des morphotypes ectomycorhiziens chez les petits plants pour les deux types d'arrosage selon leur mode d'exploration

a-Exploration en contact(Gx40)

ECM₁ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure lisse et transparente.

ECM₂ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis.
- n manteau d'une structure lisse.

ECM₃ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

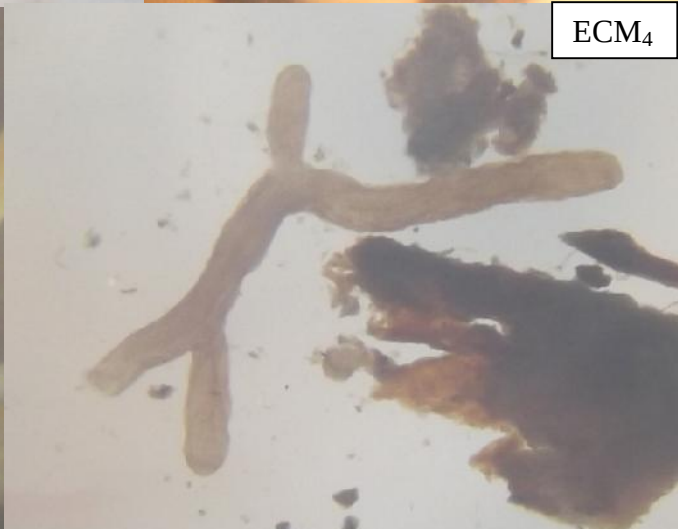
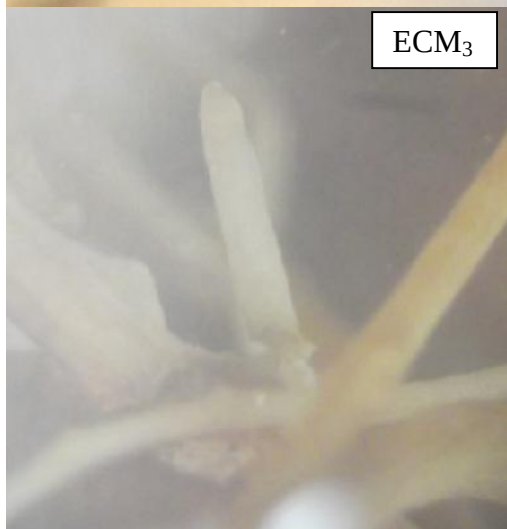
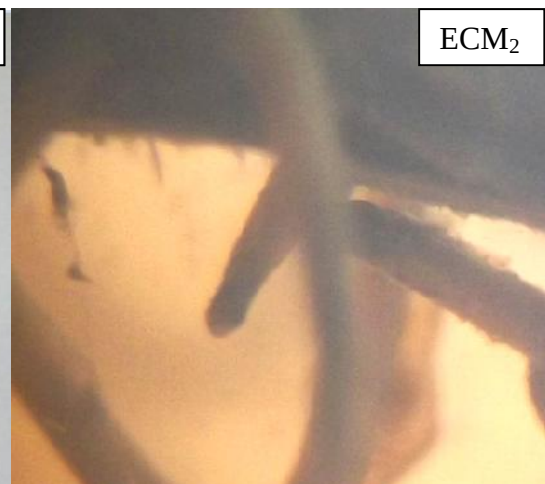
- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure lisse.

ECM₄ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure lisse et transparente

ECM₅ : mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure lisse.



ECM₆ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : sinueuse.
- Une forme : enroulement de l'apex.
- Un manteau d'une structure lisse.

ECM₇ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : spiralée.
- n manteau d'une structure lisse et transparente.

ECM₈ : mycorhize de couleur blanche apex noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure lisse.

ECM₉ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

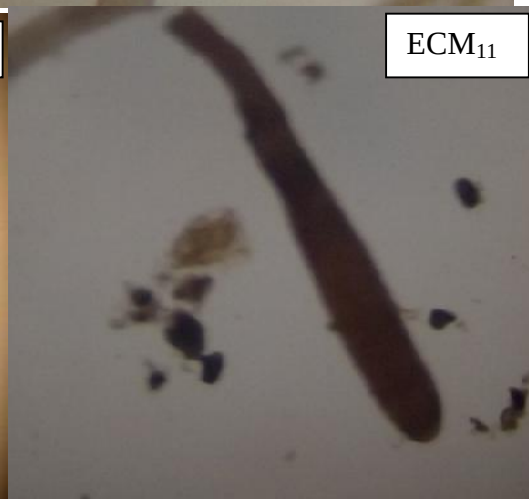
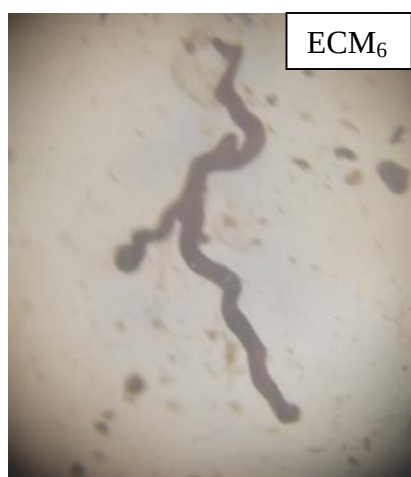
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme :.
- Un manteau d'une structure lisse et transparente.

ECM₁₀ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : tortueuse et extrémité droite .
- Un manteau d'une structure lisse.

ECM₁₁ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base, en massu .
- Un manteau d'une structure lisse.



b-Exploration à courte distance(Gx40)

ECM₁ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite .
- Un manteau d'une structure lisse, une frange laterale au milieu.

ECM₂ : mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure transparente, en ficelle.

ECM₃ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée, en forme d'une faucille.
- Un manteau d'une structure transparente, des hyphes peu abondants.

ECM₄ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

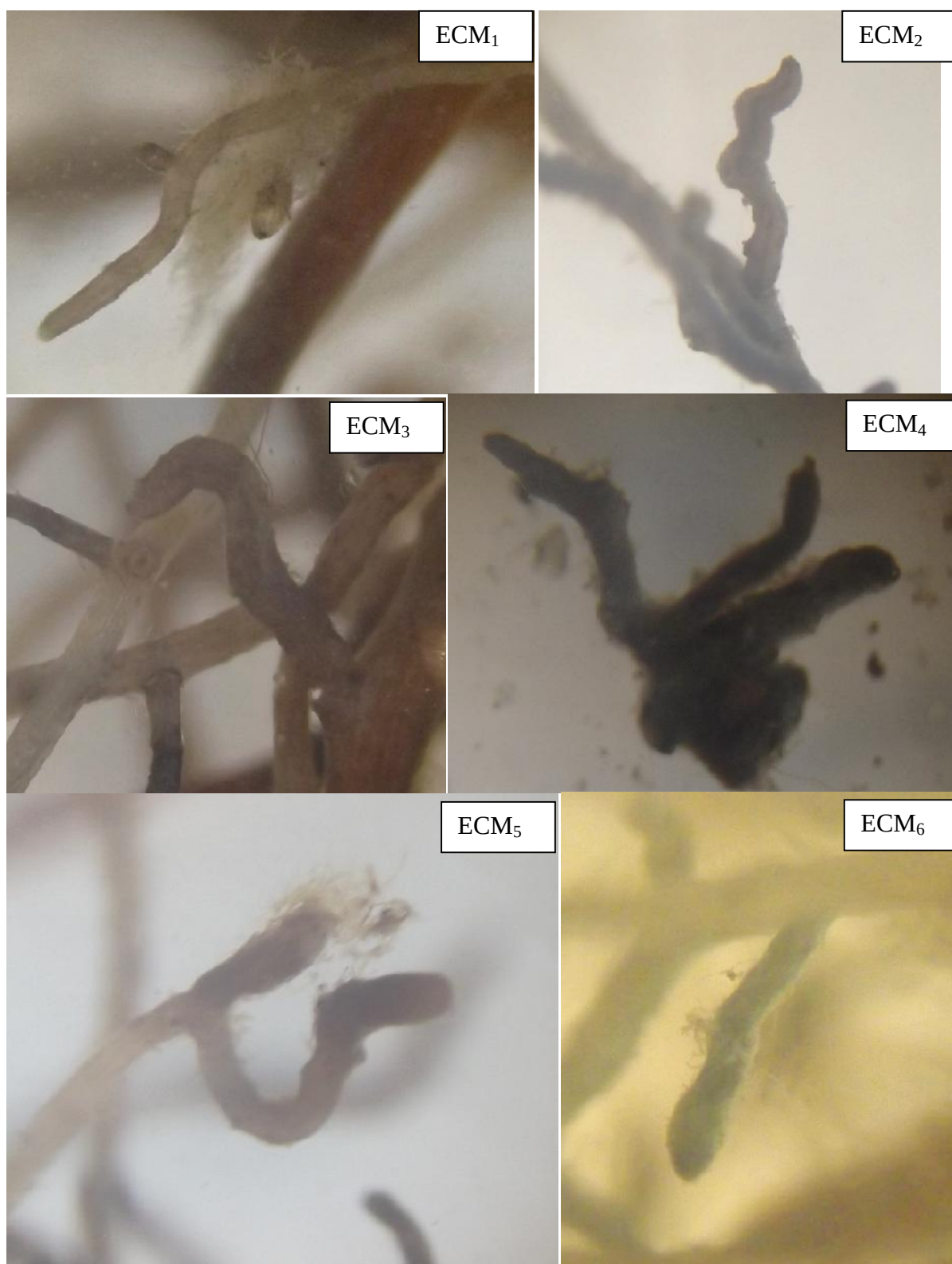
- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes rares.

ECM₅ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, une frange à l'extrémité.

ECM₆ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que base et pointeux.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes rares, une frange au milieu.



ECM₇ : mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse .
- Un manteau d'une structure en ficelle et transparente.

ECM₈: mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₉ : mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : en forme d'une tresses.
- Une forme : droite
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₁₀ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

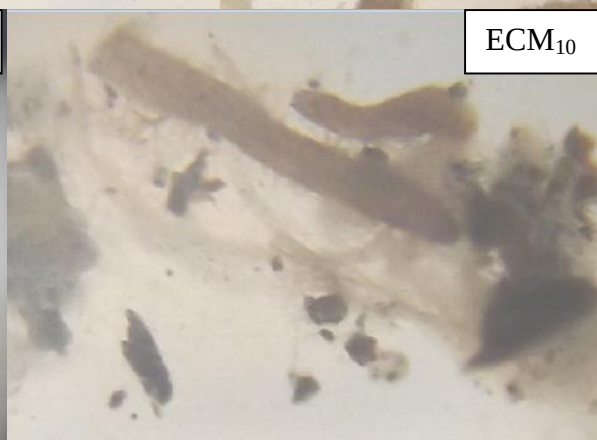
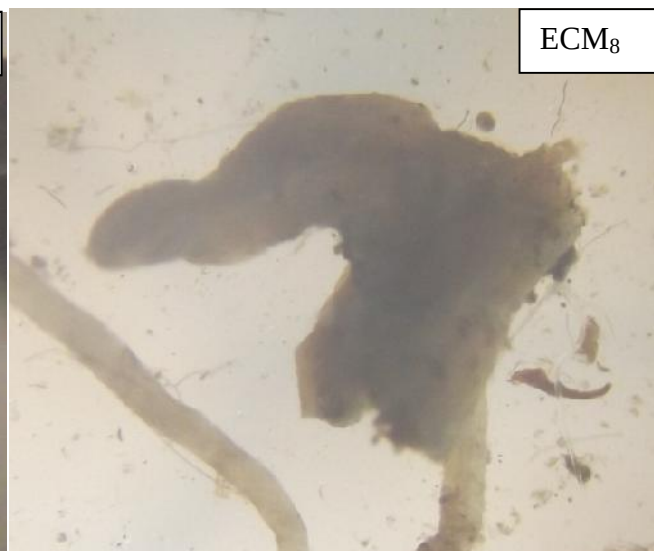
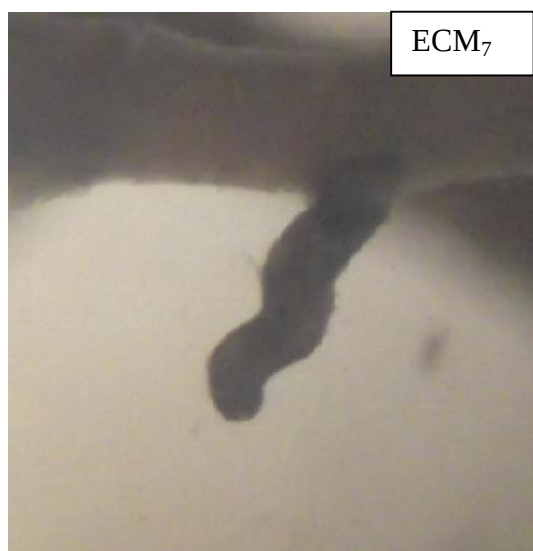
- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure cotonneuse et transparente, hyphes très abondant.

ECM₁₁ : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie, apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure en feutrage, présence des cystides.

ECM₁₂: mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite pointeux
- Un manteau d'une structure lisse, hyphes très abondants à la base.



ECM₁₃ : mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse .
- Un manteau d'une structure en feutrage, des yphes rares.

ECM₁₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure en ficelle, des hyphes rares.

ECM₁₅ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure en ficelle, des hyphes peu abondants, une frange au milieu.

ECM₁₆ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

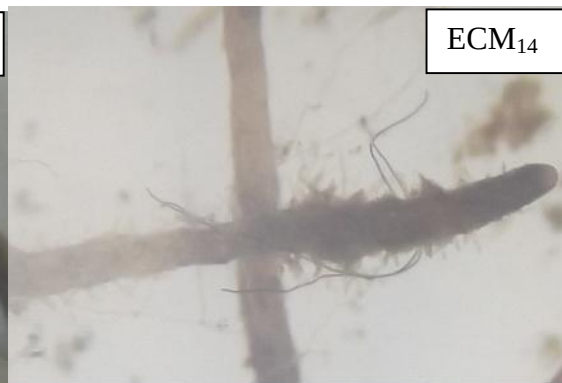
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : spiralée.
- Un manteau d'une structure en ficelle et transparente, hyphes rares.

ECM₁₇ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base en massue.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, une frange à l'extrémité.

ECM₁₈ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : tortueuse
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.



ECM₁₉ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base .
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₂₀ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₂₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₂₂ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

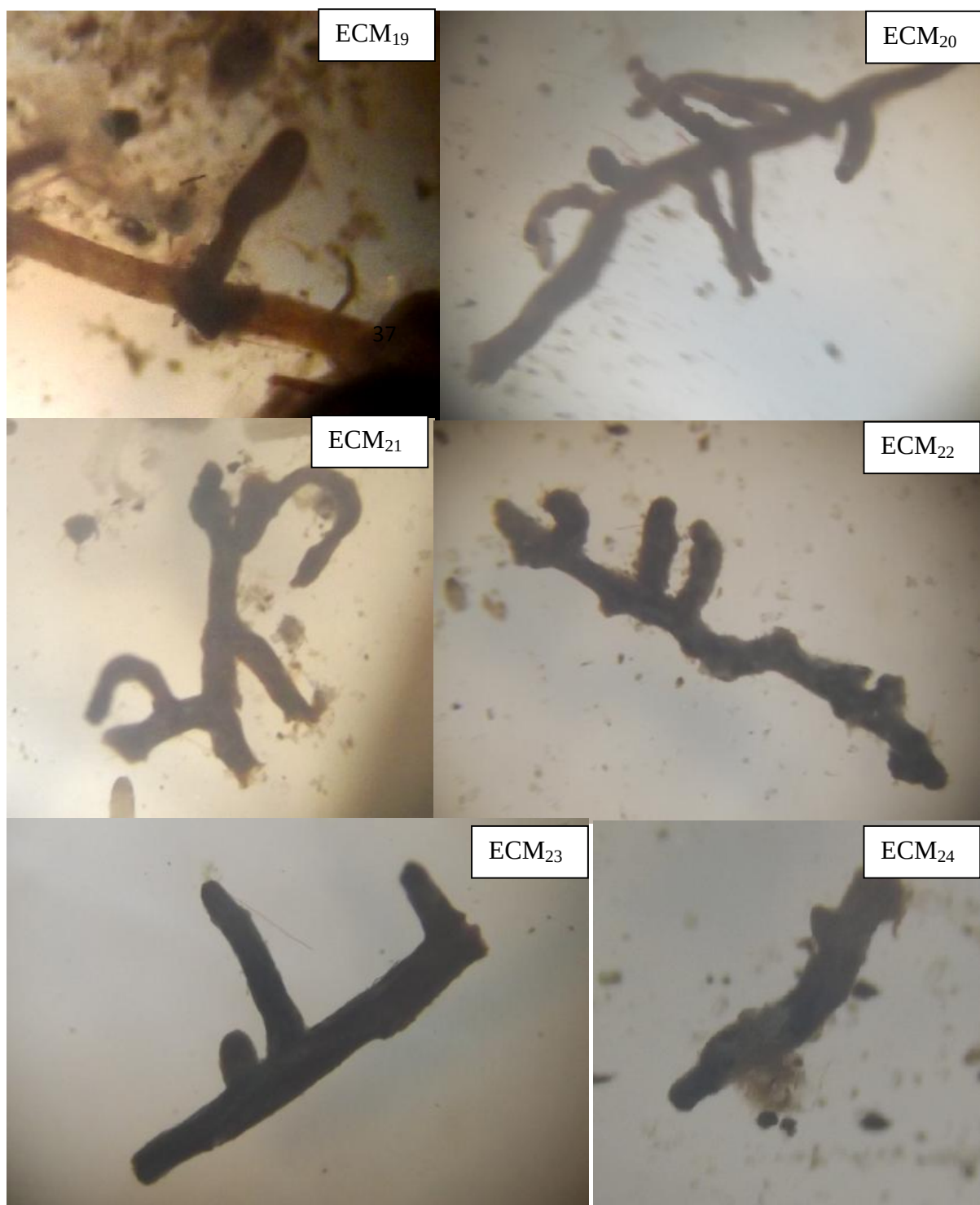
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, et transparente.

ECM₂₃ : mycorhize de couleur noire caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes rares.

ECM₂₄ : mycorhize de couleur brun caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.



ECM₂₅: mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée .
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes rares.

ECM₂₆: mycorhize de couleur grise caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : tortueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse et transparente, des hyphes rares.

ECM₂₇ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie, apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₂₈ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

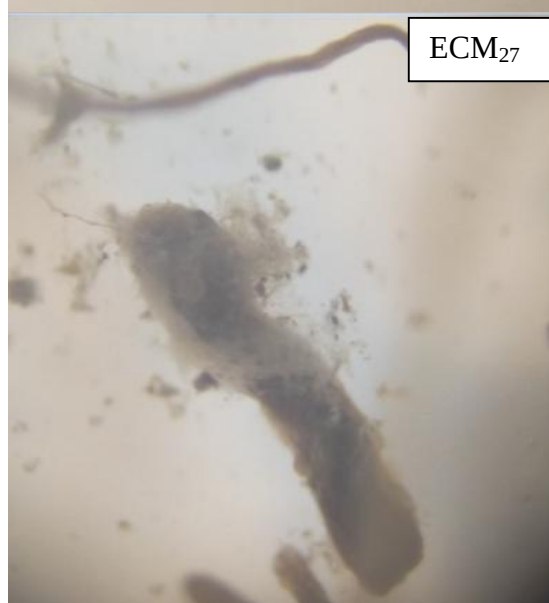
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₂₉: mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.

ECM₃₀: mycorhize de couleur gris caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure en ficelles, des hyphes rares.



ECM₃₁ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : apex rétrécit et pointeux .
- Un manteau d'une structure en ficelle, des yphes très abondants.

ECM₃₂ : mycorhize de couleur gris caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée apex rétrécit et arrondie.
- Un manteau d'une structure en ficelle et transparente, des hyphes rares.

ECM₃₃ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure en ficelle et transparente, des hyphes rares.

ECM₃₄ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

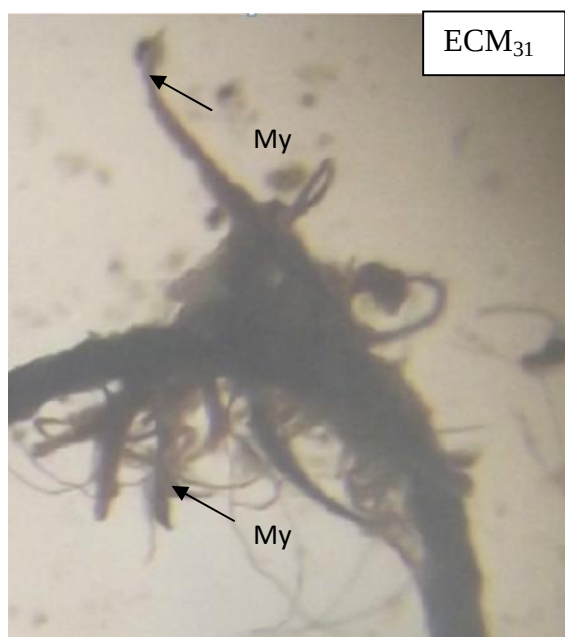
- Une distribution : simple.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.

ECM₃₅ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.

ECM₃₆ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : en forme d'un peigne.
- Une forme : apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.



ECM₃₇ : mycorhize de couleur brune caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des yphes rares.

ECM₃₈ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure vaguement granuleuse, des hyphes peu abondants.

ECM₃₉ : mycorhize de couleur miel caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : perlée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₄₀ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

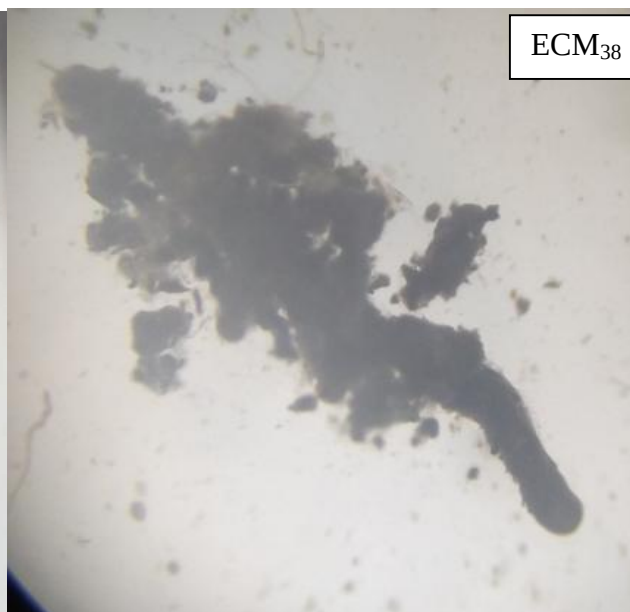
- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes peu abondants.

ECM₄₁ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

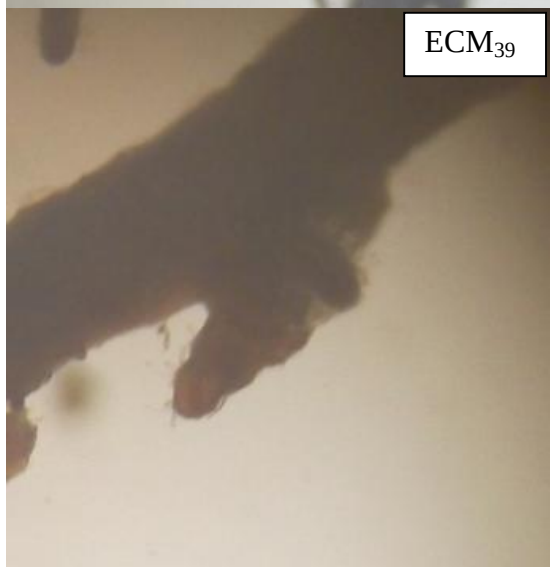
- Une distribution : simple.
- Une forme : coubée, apex plus large que la base et pointeux.
- Un manteau d'une structure cotoneuse à la base, lisse et transparente à l'extrémité , des hyphes rares.



ECM₃₇



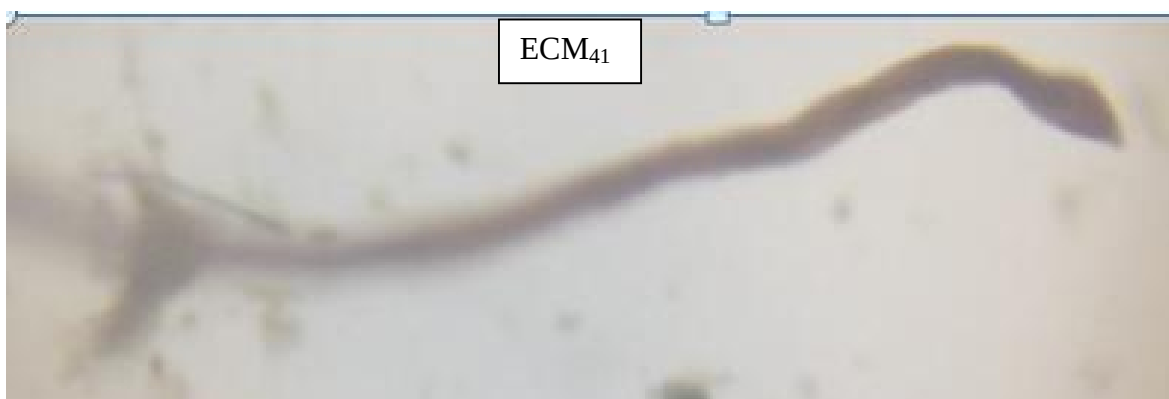
ECM₃₈



ECM₃₉



ECM₄₀



ECM₄₁

ECM₄₂ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : cylindrique, apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.

ECM₄₃ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base en massue.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₄₄ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes rares.

ECM₄₅ : mycorhize de couleur grise caractérisée par :

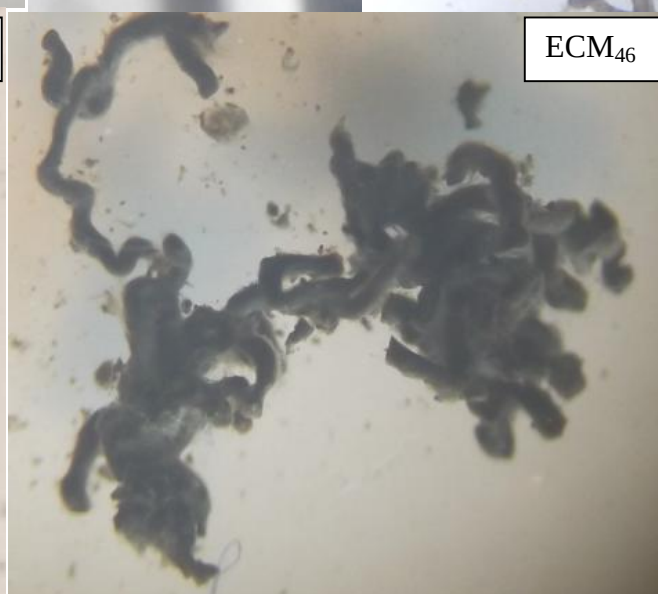
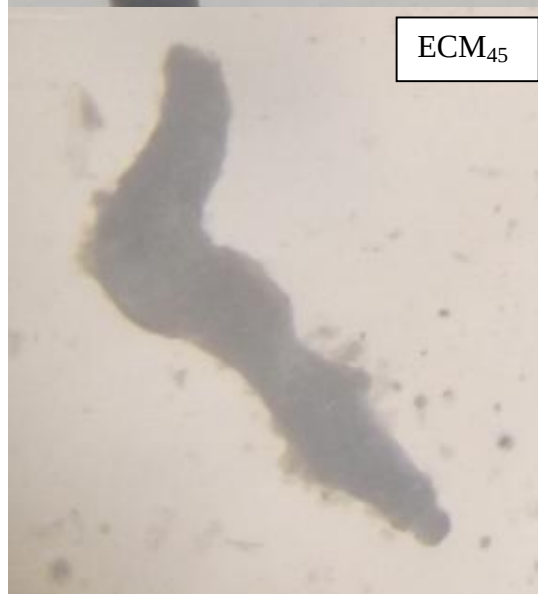
- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse, apex rétrécis.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes peu abondants.

ECM₄₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.

Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes abondants.

ECM₄₇ : *Cenococcum Geophilum*.



b-Exploration à moyen et longue distance(Gx40)

ECM₁ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : courbée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes.abandants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₂ : mycorhize de couleur marroncaractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron

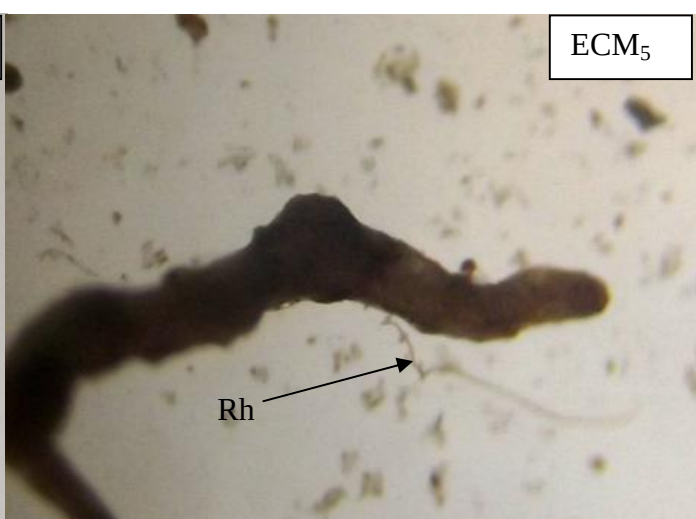
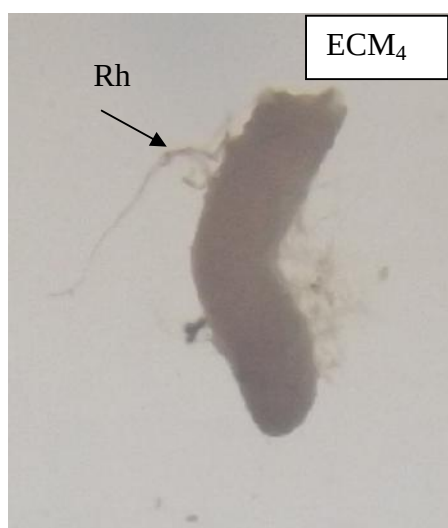
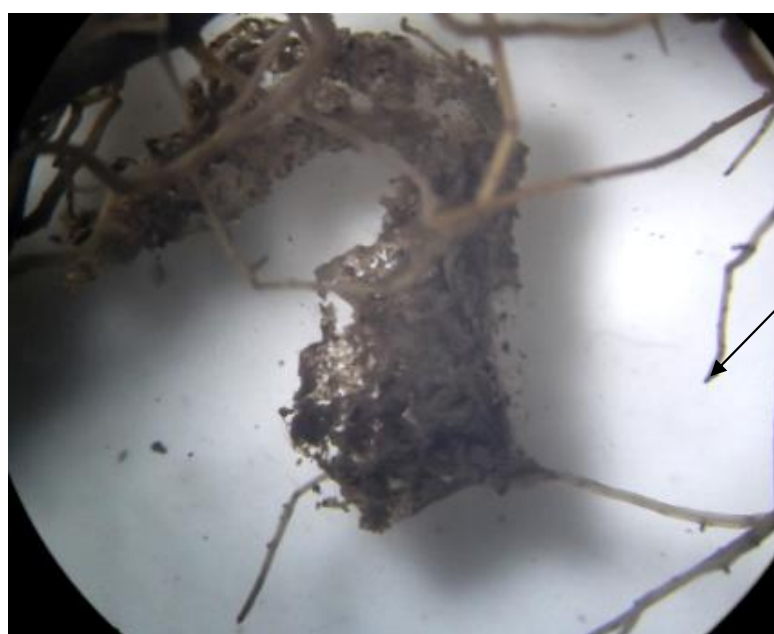
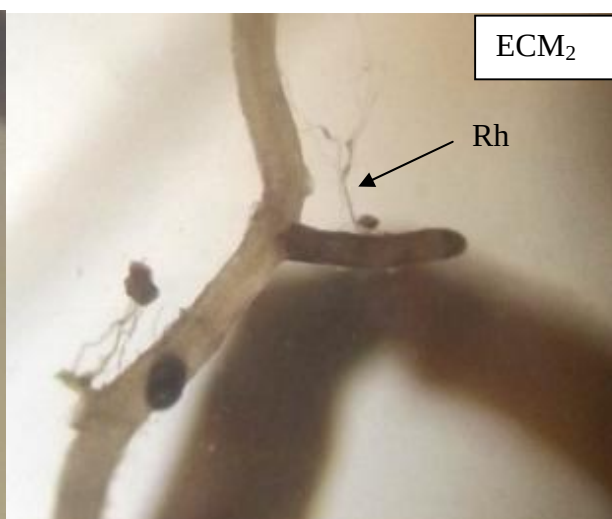
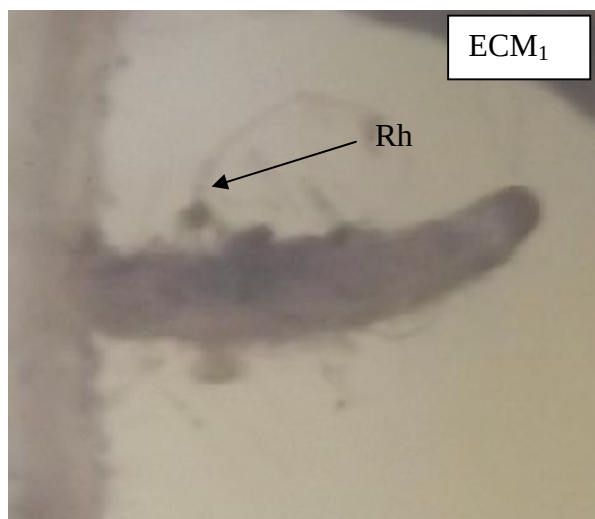
ECM₃ : en patch

ECM₄ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : cylindrique courbée.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes abandants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₅ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure lisse, des hyphes rares.
- Un rhizomorphe de couleur marron



ECM₆ : mycorhize de couleur noir caractérisée par :

- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe long et cotonneux de couleur blanche.

ECM₇ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : droite.
- Un manteau d'une structure en ficelles, des hyphes abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron

ECM₈ : mycorhize de couleur marron caractérisée par :

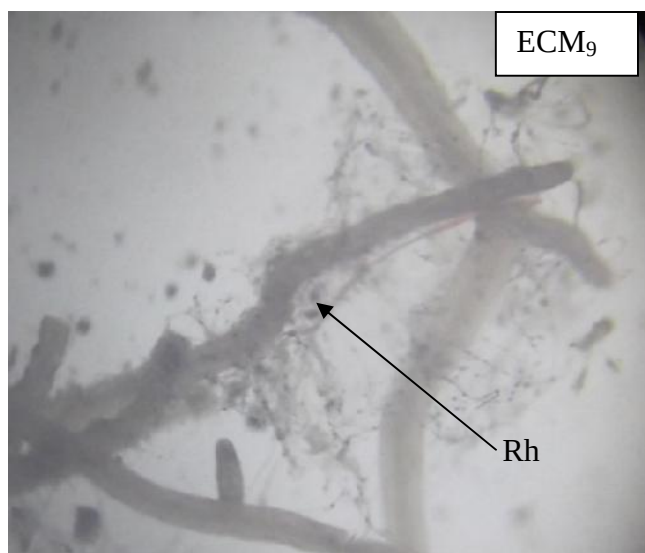
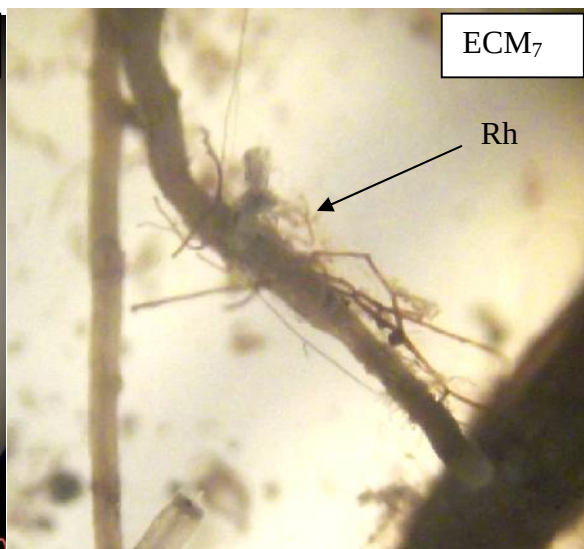
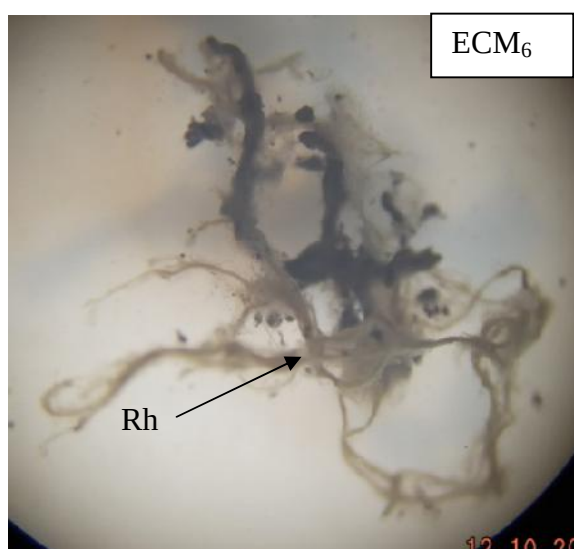
- Une distribution : irrégulière pennée.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes abondants
- Un rhizomorphe laineux de couleur blanche.

ECM₉ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure laineuse, hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe de couleur marron.

ECM₁₀ : mycorhize de couleur miel caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pennée.
- Une forme : arrondie.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, des hyphes rares.
- Deux long rhizomorphes, un au milieu et l'autre à la base de couleur marron.



ECM₁₁ : mycorhize de couleur blanche caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : sinueuse.
- Un manteau d'une structure en denses ficelles, des hyphes rares
- Un long rhizomorphe de couleur marron.

ECM₁₂ : mycorhize de couleur grisecaractérisée par :

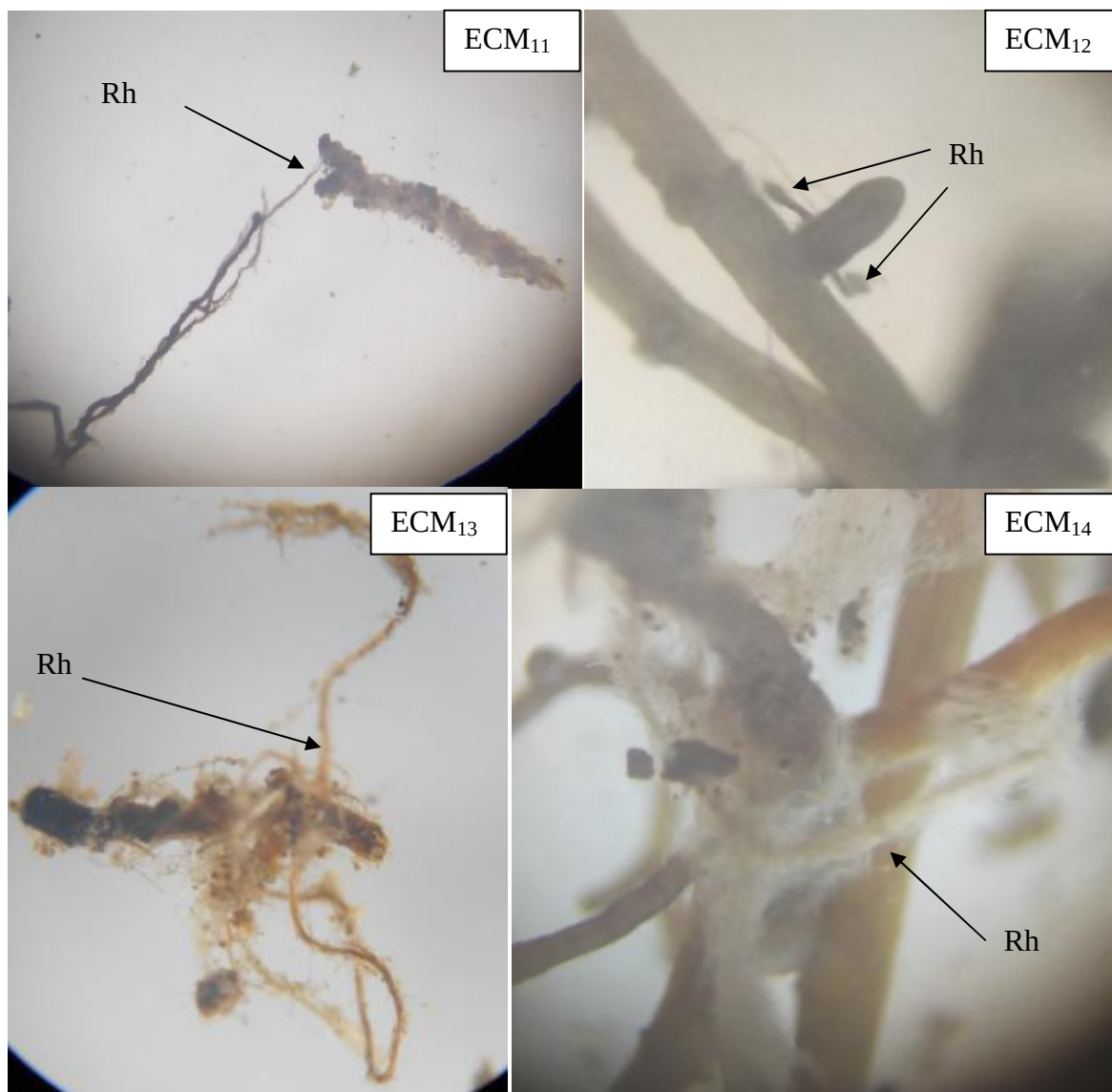
- Une distribution : simple.
- Une forme : cylindrique, arrondie.
- Un manteau d'une structure lisse et transparente, des hyphes rares.
- deux rhizomorphes de couleur marron

ECM₁₃ : mycorhize de couleur marron à la base et noir à l'extrémité caractérisée par :

- Une distribution : monopodiale pyramidale.
- Une forme : cylindrique, arrondie.
- Un manteau d'une structure granuleuse, des hyphes très abondants
- Un long rhizomorphe de couleur marron.

ECM₁₄ : mycorhize de marron caractérisée par :

- Une distribution : simple.
- Une forme : apex plus large que la base.
- Un manteau d'une structure cotonneuse, hyphes très abondants.
- Un rhizomorphe de couleur blanche.



L'étude des ectomycorhizes chez *Quercus canariensis* de la forêt de Béni Ghobri pour les arbres adulte et les jeunes plants élevés aux différentes conditions d'arrosage montre une bonne mycorhization quel que soit l'âge de l'arbre ou bien la rupture en eau pour les jeunes plants.

Comme CHILVERS(1968) l'a signalé comme un critère non stable, la couleur, a servi pour la description des ectomycorhizes, mais pas été utilisée dans leur classification.

Lors de nos observations et comparation de nos morphotypes ectomycorhiziens avec celles de cite DEEMY, nous avons pu déterminé certain morphotype caractéristique et formé par les partenaires fongique comme des *Cortinariussp.*, *Leccinumsp.*, *Piceinrhizasp.*, *Pinirhizasp.*, *Ramariasp.*, *Ramarialargentii* Marr & D.E. Stuntz., *Russulasp.*, *Sarcodonsp.*, *suillussp.*, *thelephorasp.*, *tomentellopsissp.*, *tricholomasp.*, *tubersp.*, *Tuber puberulum* Berk. & Br., *Xerocumussp.*, *Amantiasp.*, *Piceirizasp.*

Selon Drénou (2006) les ectomycorhizes formées en association avec les espèces du genre *Laccaria* sont spécialisées dans la décomposition de la litière et du bois par le biais de la batterie de laccase peroxydases, cellulase et hydrolases (Courty *et al.*, 2005). Garbaye (2013) signale que les mycorhizes de *Russulasp.*, *Lactarius subdulcis*, *L. chrysorrheus*, *sp.* et *Laccariasp.*, *Cenococcum geophilum*, *Tuber sp1.* et *Inocybe sp.* sont capables, à travers leurs hyphes isolés ou faiblement agrégés en faisceaux lâches à surface hydrophile, d'absorber l'eau sur toute leur longueur et sont revêtus d'un film d'eau capillaire lorsque le sol est humide. Plusieurs auteurs rapportent que les champignons qui produisent un abondant réseau d'hyphes extramatriciels présentent des taux d'absorption du phosphore plus élevés (Coalpert *et al.*, 1999; Van Tichelen & Coalpert, 2000). De plus, Lilleskov *et al.* (2011) rapportent la sensibilité (réponse négative) des types à moyenne et longue distance à la concentration en azote organique du sol. La présence en grand nombre et richesse des ectomycorhizes du type moyenne et longue distance serait donc induite par les faibles concentrations d'azote organique et du phosphore dans le sol de la station d'étude (Kadi-Benane, 2016)

Conclusion générale

Notre étude a permis de démontrer la présence effective d'une richesse morphotypique importante chez les adultes en peuplement naturel et les petits plants en pots au laboratoire. Il est noté que les communautés des différentes catégories d'âge ne présentent pas de similitude, et que une différence significative est enregistrée entre la communauté morphotypique des ectomycorhizes du stade *early stage fungi* et *late stage fungi*.

Les résultats de notre étude a permis de conclure de que les plants du chene zeen sont sensible au stress hydrique édaphique. En effet, les plants ont présenté une croissance différente ainsi que' un communauté qui s'est révélée plus riche chez les plants arrosé que chez les plants avec rupture d'arrosage.

Lors de nos observations, nous avons pu déterminé certain morphotype caractéristique et formé par les partenaires fongique comme des *Cortinarius sp.*, *Leccinum sp.*, *Piceinrhiza sp.*, *Pinirhiza sp.*, *Ramaria sp.*, *Ramaria largentii* Marr & D.E. Stuntz., *Russula sp.*, *Sarcodon sp.*, *suillus sp.*, *thelephora sp.*, *tomentellopsis sp.*, *tricholoma sp.*, *tuber sp.*, *Tuber puberulum* Berk.& Br., *Xerocumus sp.*, *Amantia sp.*, *Piceiriza sp.*

L'étude de l'effet de la symbiose sur les différents caractères et paramètre de la croissance en fonction de multiples facteurs écologiques et environnementaux peut rapporter des éléments de réponse pour le maintien des espèces forestières dans leurs milieux naturelle.

Références bibliographique

- AGERER R. 1987-2002.** Colour atlas of ectomycorrhiza. Schäbisch Gmünd, Munich : Einhorn-Verlag.
- AGERER R. 2001.** Exploration types of ectomycorrhizae. Aproposol to classify ectomycorrhizal mycelial systems according.
- BA Â., DUPONNOIS R., DIABATE M., DREYFUS B. 2011.** Les champignons ectomycorhiziens des arbres forestiers en Afrique de l'Ouest, n°6536212, IRD Edit, Marseille, p13, 141, 142.
- BOLAN N. 1991.** Acritical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. Plant and soil, 134.p 189,207.
- BOUDY P. 1950.** Economie forestière Nord-Africaine. T. II, monographie et traitements des ressources forestières. Ed. Larose. Paris.525p.
- BOUDY P. 1955.** Economie forestière Nord Africaine. Ed. Larose. Paris. T4. Description forestière de l'Algerie et de la Tunisie. 450p.
- BOULARD H. 1968.** Les mycorhizes. Ed Masson et cie. Paris. 135p.
- CHILVERS G.A. 1968.** Some distinctive types of encalypt mycorhiza. Aust. J. Bot 16. P49-70.
- DEXHEIMER T. PARGNEY J. 1991.** les interfaces des mycorhizes, un exemple d'interaction pariétales. Bull.soc. (3/4). p 244, 249.
- DRENOU C. 2006.** Les racines. Face cachée des arbres, n° 95 408. IDF. Edit, Paris. pp28-33-38-49.
- DRENOU C., BONNEAU M., CHARNET F., CRUIZIAT P., FROCHOT H., GARBAYE J., GIRARD S., LARRIEU L., LEVY G., MARCAIS MOORE W., ROSSIGNOL J.P. 2006.** Les racines. Face cachée des arbres. Institut pour le développement forestier CNPPF. 335p.
- DOMMERGUES Y., DUHOUX E., DIEM H.G.** les arbres fixateurs d'azote à caractéristiques fondamentales et rôles écosystémiques méditerranéennes et tropicaux avec référence particulière aux zones subhumides et arides. Edt.IRD. 499 p.
- DONNELLY D.P., BODDY L., LEAKE T.R. 2004.** Development, persistence and regeneration of foraging ectomycorrhizal mycelial systems in soil microcosms. Mycorrhiza. 14(1), p 37, 45.
- DUPONNOIS R., SANON A., HAFIDI M., NDOYE I., BA A. M. 2013.** Généralité sur la symbiose mycorhizienne. IRD. Edit. Marseille. 25p.
- FORTIN J.A., PLENCHETTE C., PICHE Y. 2008.** Les mycorhizes : la nouvelle révolution verte. Ed. Quae. 131 p.

Références bibliographique

- GARBAYE J. 1990.** Pour quoi et comment observer l'état mycorhizien des plants forestiers (biologie et forêt). Rev. For. Fr. XLII-1-1990. 37p.
- GARBAYE J., GHEHL J.M. 1997.** Le rôle des ectomycorhizes dans l'utilisation de l'eau par les arbres forestiers. Rev. For. Fr. XLIX n° SP. 1997. p112, 114, 115.
- HASNAOUI B. 1992.** Chênaie du nord de la Tunisie. Ecologie et régénération. Thèse. Université de Provence- Aix- marseille1. 202p.
- KADI-BENANE S. 2016.** Les ectomycorhizes du chêne liège : Effet des facteurs environnementaux. Thèse doc. Inst. Agro.Bio.Univ de Tizi-Ouzou. P33.92
- KARABAGHLI C., SOTTA B., GAY G. 1997.** Hormones fongique, ectomycorhizes et rhizogénèses. Rev. For. Fr. XLIX-n°sp. p 106-107.
- KRISHNA K.R., BAGGARAJ D.J. 1984.** Growth and nutrient uptake of plant inoculated with mycorrhizal fungi *Glomus fasciculatum* compared with non-inoculated ones. Plant soil 77. pp 405-408.
- KSONTINI M., LONGUET P., LAFFRAY D., REJEB M.N. 1998.** Comparaison des effets de contrainte hydrique sur la croissance, la conductance stomatique et photosynthèse de jeunes plants de chênes méditerranéens (*Quercus suber*, *Q. faginea*, *Q. coccifera*) en Tunisie. Ann. Sci. For.55 (477-495). Inra. Elsevier. Paris. p. 483-495.
- LE TACON F; 1997.** Vers une meilleure prise en compte des champignons mycorhiziens dans la gestion forestière. Rev.for.fr.XLIX-n° sp. 1997. 245p.
- LE TACON F et SELOSSE M.A ; 1997.** Le rôle des mycorhizes dans le colonisation des continents et la diversification des écosystèmes terrestre. Rev. For. XLIX-n°-sp.1997. 20p.
- LAMHAMED M. FORTIN S., ORTIN J.A., AMMARI Y., BEN JALLOUN S., POIRIER M., FECTEAU B., BOUGACHA A., GODIN L. 1997.** Évaluation des composts, des substrats et de qualité des plants (*Pinus pinea*, *Pinus halepensis*, *Cupressus sempervirens* et *Quercus suber*) élevés en conteneurs. Projet Bird 3601. Rapport technique : Exécution des travaux d'aménagement de trois pépinières pilotes en Tunisie. Direction Générale des Forêts, Tunisie et Pampev Internationale Ltée. Canada.121p.
- MENKIS A. 2005.** Root associated fungi of conifer seedlings and their role in afforestation of agricultural land. Doctoral thesis swedish university of agricultural sciences uppsala. 18p.
- MOSSE B ; 1981.** V.A.M. research for tropical agriculture. Research Bulletin 194, (Hawaiï institue of tropical adriculture and humain resource). University of Hawaiï. 82p.
- MOUSAIN D., MATUMATO-PINTRO P., QUIQUAMPOIX H. 1997.** Le rôle des mycorhize dans la nutrition phosphatée des arbres forestiers. Rev. For.fr.XLIX-n°sp. 78p.

Références bibliographique

- NICOLSON T.H. 1959.** Mycorrhizas in gramineae. I-vesicular-arbuscular endophyte, with special reference to the external phase. Trans. Brit. Mycol. 42p.
- PLANCHETTE C. 2003.** Mycorhizes et nutrien phosphatée des plantes. Mem. Acad. Natl.art. Lett. Sci 49. France. 219p.
- PLASSARD C., CHALOT M., BOTTON B., MARTIN F. 1997.** Le rôle des ectomycorhizes dans la nutrition azotée des arbres forestiers. Rev. For.fr. XLIX-n°sp. p93-94.
- PURRIN R. 1985.** L'aptitude des mycorhizes à protéger les plantes contre les maladies Pannacée ou chimères. Ann.sci. for. 185, 42(4), (453-470). p462-465.
- QUEZEL P. 1956.** Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques d'Algerie. Service des forêts de l'Algerie. Alger. 57p.
- QUEZEL P., MEDAIL. 2003.** Ecologie et biogéographie des forêts et maquis méditerranéen. Edition Elsevier. Paris. 571p.
- SARIR R., BENMAHIOUL B. 2017.** Etude comparative de la croissance végétative et du développement de jeunes semis de trois espèces de chênes cultivés en pépinière. Agrc. For.j. vol.1, n°1(2017).
- SCUILLER I. 1990.** Exploitation de la variabilité des comportements ecophysiologique de semis de chênes blancs européens soumis à la sécheresse. Thèse université de Nancy I. 103p.
- SMITH S.E., READ D.J. 1997.** Mycorrhizal symbiosis, second edit. Academic Press ; Harcourt Brace and company Publisher. 605p.
- SMITH S.E., READ D.J. 2008.** Mycorrhizal symbiosis. 2nd edit. Acad. Press. Toronto, Canada. 605p.
- STRULLU D.G., GOURRET J.P.1980.** Données ultrastructurels sur l'intégration cellulaire de quelques parasites symbiotiques de plantes. II champignons mycorrhiziens. Bull. Sci. Bot. Fr. 1980 (1). p97-106
- STRULLU D.G. 1991.** Les mycorhizes des arbres et des plantes cultivées. Edit. Technique et Documentation Lavoisier. p 36-38.