

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA**  
**RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



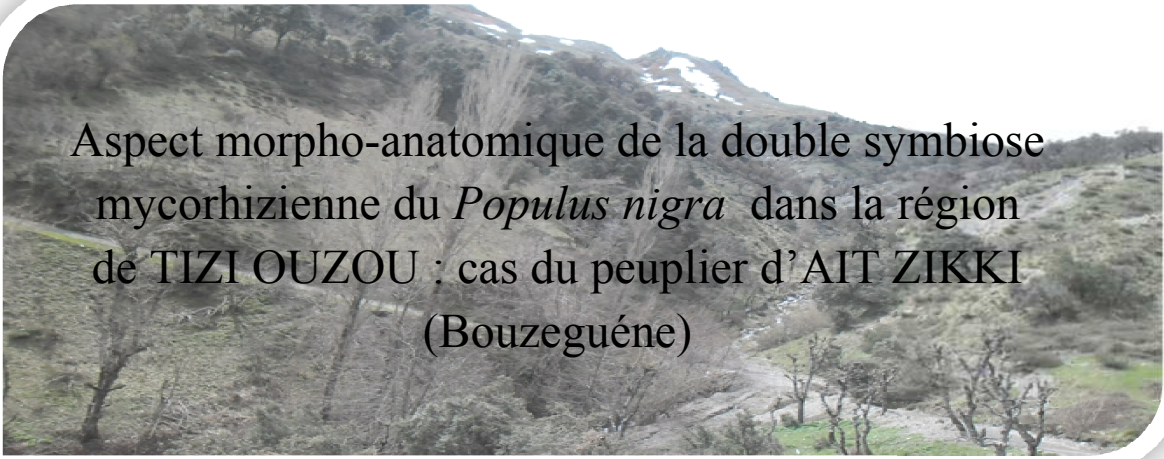
**UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU**  
**FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUE ET AGRONOMIQUES**  
**DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUE**

## **MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**En vue de l'obtention du Diplôme du Master en physiologie et Amélioration végétale**

**Options : Génétique et Amélioration des plantes**

**Thème :**



Aspect morpho-anatomique de la double symbiose  
mycorrhizienne du *Populus nigra* dans la région  
de TIZI OUZOU : cas du peuplier d'AIT ZIKKI  
(Bouzeguène)

**Réalisé par :**

M<sup>elle</sup> KHALFANE Malha

M<sup>elle</sup> BOUGHAZI Amel

**Promotrice :** M<sup>me</sup> HARCHAOUI - Bournine Chafia

M.A.A.UMMTO

**Co-promotrice :** M<sup>me</sup> KADI - Bennane Saliha

M.A.A.UMMTO

**Devant le jury :**

Présidente : M<sup>elle</sup> MOHAMED OUALI Dinar

M.A.A.UMMTO

Examineur : M<sup>me</sup> MEZAOUR Nadjjet

M.A.A.UMMTO



# Remerciement

*Gloire à « ALLAH » le tout puissant et le miséricordieux, qui a exaucé mon rêve et m'a donné force et patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu examiner notre travail, ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation, particulièrement :*

*A notre promotrice M<sup>me</sup> HARCHAOUI.C, maitre assistant au département de Biologie, qui a bien voulu assurer notre encadrement, pour son suivi et ses orientations, on la remercie pour sa disponibilité et sans la quel ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

*A notre Co-promotrice M<sup>me</sup> KADIS, maitre assistant classe A au département de Biologie, qui a suivi de près notre travail et qui nous à apportée toutes ses connaissances, son aide précieuse et son soutien sans lesquels ce travail n'aurai jamais abouti*

*A M<sup>elle</sup> MOHAMED OALI.D, maitre assistant classe A au département de Biologie, qui nous fait l'honneur de présider ce jury ;*

*A M<sup>me</sup> MEZAOURN, maitre assistant classe A au département de Biologie, qui a eu la courtoisie d'accepter d'examiner ce travail.*

*Nous remercions aussi les personnels de l'équipe mycorhize et le responsable M<sup>me</sup> ADJOUD.Dj du laboratoire P.A.P.V, pour nous avoir permis de réaliser ce travail dans leur structure.*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Ma très chère mère qui a donné un sens à mon existence, et qui m'offrir une éducation digne de confiance, que dieu prise le tout puissant la gardé en bonne santé : **Fatima***

*A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et me protéger : **Hamid***

*Que dieu les protège.*

- *A mes chères sœurs : **Souad et Kenza***
- *A mes chers frères : **Brahime et Abd Allah***
- *A mes grand pères : **Ahmed et Zahra** Qui ont toujours été la pour moi, que dieu les protège*
- *A toute la famille : **BOUGHAZI***
- *A tous mes amis qui mon encouragé et soutenu dans mes moments les plus difficile particulièrement : A **LILIA et Wassila***
- *à toute la promotion 2015*
- *A ma binôme et chère amie : **Masha et sa famille***

***AMEL***

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau 1</b> : caractéristiques stationnelles des arbres de l'étude.....	17
<b>Tableau 2</b> : Les moyennes des différentes structures endomycorhiziennes des quatre arbres.....	61

### Liste des abréviations :

- **Ar A** : Arbuscule de type Arum
- **Ar P** : Arbuscule de type Paris
- **Cor** : Cordon
- **H Sph** : Hyphe siphonés
- **H Sp** : Hyphe septés
- **Gl** : Globule lipidique
- **Mpl** : Manteau pléctenchymateux
- **Mps** : Manteau pseudo parenchymateux
- **My** : Mycorhize
- **Myc** : Mycélium
- **Or** : Ornementation
- **Pe** : Pelletons
- **Rh** : Rhizomorphe
- **RHg** : Réseau de Hartig
- **So** : Soie
- **Sp** : Spore
- **T** : Tannin
- **Vo** : Vésicule ovale
- **Vr** : Vésicule ronde
- **L** : Longueur
- **l** : largeur

## Sommaire

### Introduction

### Chapitre 1 : Généralités sur les mycorhizes

1.1. Définition .....	2
1.2. Les différents types de mycorhizes.....	2
1.2.1. Les ectomycorhizes.....	2
1.2.2. Les endomycorhizes.....	6
1.2.3. Les ectendomycorhizes .....	6
1.3. Processus de l'infection mycorhizienne .....	7
1.4. Ecologie des mycorhizes.....	8
1.5. La double symbiose.....	8
1.6. Importances des mycorhizes.....	9

### Chapitre 2 : Généralités sur le peuplier noir

1. Historique.....	12
2. Biologie du peuplier noir :.....	12
2.1. Taxonomie et chronologie :.....	12
2.3. Caractères écologiques :.....	12
2. Intérêt de peuplier noir et menaces rencontrées.....	13
3. Aire de répartition de peuplier noir :.....	14

### Chapitre 3 : Matériels et méthodes

1. Présentation de la station d'étude.....	16
2. Matériels.....	17
2.1. Période et mode de prélèvement .....	18
3. Méthodes d'études.....	18
3.1. Etude qualitatives des ectomycorhizes :.....	18.
3.1.1. Etude morphologique.....	18
3.1.2. Etude anatomique.....	19
3.2. Etude qualitatives des endomycorhizes.....	19
3.3. Mesure de la taille des structures endomycorhiziennes.....	19
4. Déterminations de l'âge des arbres.....	19

## Chapitre 4 : Résultats et discussions

1. Résultats.....	20
1.1. Description des ectomycorhizes.....	20
1.1.1. Description des ectomycorhizes de l'arbre 1.....	20
1.1.2. Description des ectomycorhizes de l'arbre 2.....	23
1.1.3. Description des ectomycorhizes de l'arbre 3.....	26
1.1.4. Description des ectomycorhizes de l'arbre 4.....	28
1.2. Description des endomycorhizes .....	31
1.2.1. Description des endomycorhizes de l'arbre 1 .....	31
1.2.2. Description des endomycorhizes de l'arbre 2 .....	31
1.2.3. Description des endomycorhizes de l'arbre 3 .....	32
1.2.4. Description des endomycorhizes de l'arbre 4 :.....	32
1.3. L'aspect morphologique et anatomique des mycorhizes .....	33
1.3.1. L'aspect morphologique et anatomique des mycorhizes de l'arbre 1.....	33
1.3.2. L'aspect morphologique et anatomique des mycorhizes de l'arbre 2.....	37
1.3.3. L'aspect morphologique et anatomique des mycorhizes de l'arbre 3.....	42
1.3.4. L'aspect morphologique et anatomique des mycorhizes de l'arbre 4 .....	45
1.4. Les structures endomycorhiziennes observées dans les racines de peuplier noir .....	50
1.4.1. Les structures endomycorhiziennes observées dans les racines de l'arbre 1.....	50.
1.4.2. Les structures endomycorhiziennes observées dans les racines de l'arbre 2 .....	52
1.4.3. Les structures endomycorhiziennes observées dans les racines de l'arbre 3.....	55
1.4.4. Les structures endomycorhiziennes observées dans les racines de l'arbre 4 .....	58
1.5. Relations entre les dimensions des structures endomycorhiziennes et l'âge des arbres....	61
2. Discussions .....	64

### Conclusion

## **Introduction :**

Parmi les communautés microbiennes du sol, les champignons mycorhiziens constituent une composante « clé » dans les relations plante-sol. Ces champignons, présents dans les sols de la plupart des écosystèmes, forment des associations symbiotiques avec les racines de nombreuses espèces végétales terrestres (environ 80%) (STRULLU, 1991 ; VANDER *et al*, 1998). En effet, les mycorhizes jouent un rôle important dans l'amélioration et la protection des végétaux. En échange des ressources carbonées reçues de la plante hôte, ces champignons améliorent le prélèvement et le transport vers la plante des éléments nutritifs très peu mobiles principalement le phosphore (BOLAN, 1991). Elles confèrent également à la plante une augmentation de la résistance au stress biotique (agent telluriques pathogènes) et abiotique (sécheresse, toxicité des métaux lourds, etc).

Le peuplier noir est une essence à croissance rapide. Son bois est recherché en menuiserie et en papeterie. Il peut présenter des associations ectomycorhiziennes, des associations endomycorhiziennes et des associations ectendomycorhiziennes (TRUSZKOWSKA, 1953 ; DOMINIK, 1956, 1958 ; VOZZO *et HACSKAYLO*, 1974 ; LODGE, 1989 ; LODGE *et WENTWORTH*, 1990). Cependant les endomycorhizes n'ont été signalée que chez le peuplier au stade juvénile.

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressé à déterminer les différents types ectomycorhiziens et endomycorhiziens présent chez le peuplier noir à l'âge adulte. Pour ce faire l'étude a été réalisée dans la station d'Ait Zikki et présentée selon le plan suivant :

- Introduction.
- Chapitre 1 : Généralités sur les mycorhizes.
- Chapitre 2 : Généralités sur le peuplier noir.
- Chapitre 3 : Matériel et méthodes.
- Chapitre 4 : Résultats et discussion.
- Conclusion.

## **1-Généralités sur les mycorhizes :**

### **1.1. Définition :**

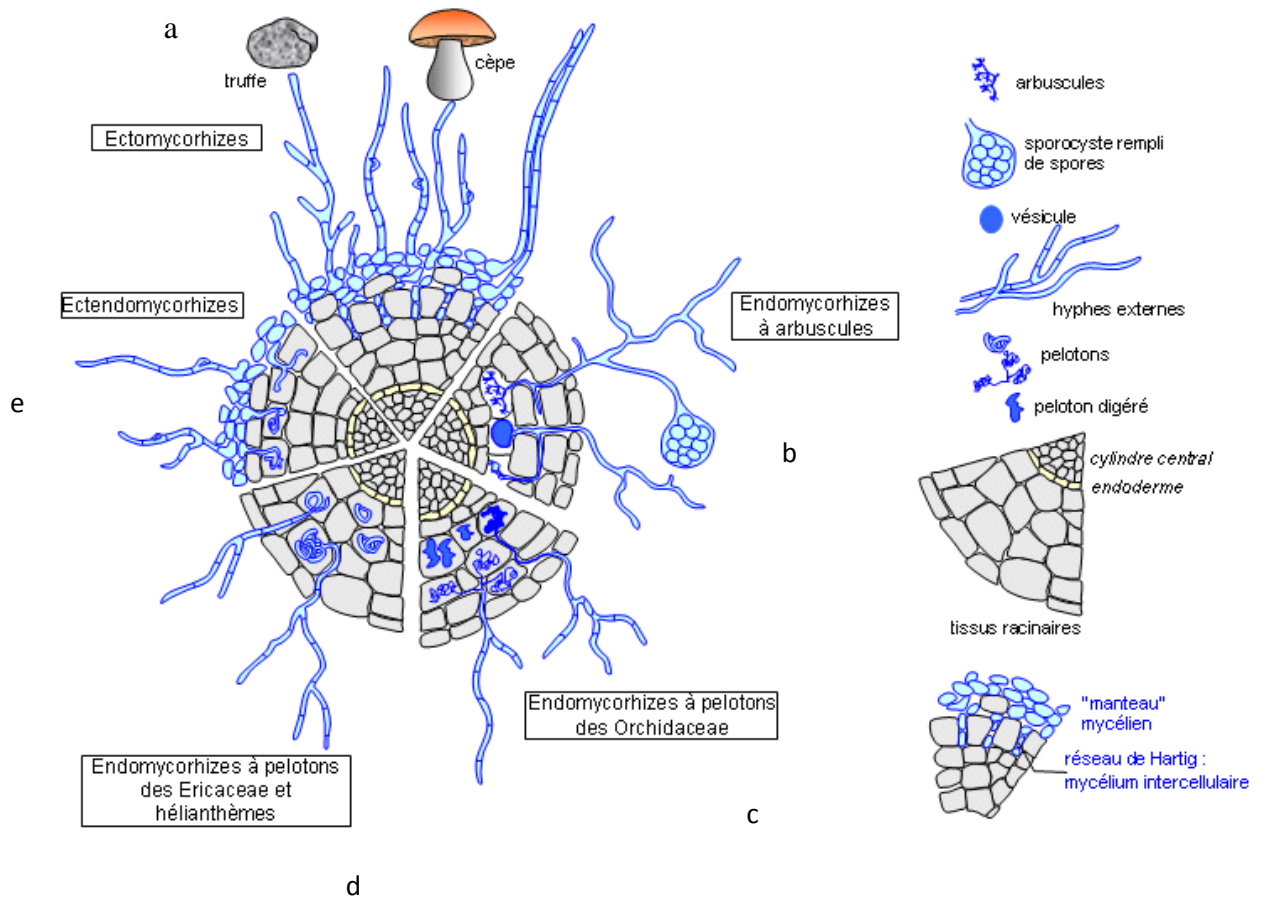
Le terme mycorhizes d'origine grecque (mukes=champignon, rhiza= racine), est une association entre la racine d'une plante et un champignon et l'ensemble constitue la mycorhize (HARLEY et SMITH, 1983). Cette association mutualiste joue un rôle prépondérant dans le fonctionnement des écosystèmes végétaux. Elle est caractérisée par un échange bidirectionnel généralement bénéfique tant pour la plante que pour le champignon (JAKOBSEN, 1995). D'une part, la mycorhize satisfait les besoins du partenaire fongique en composés carbonés synthétisés par la plante hôte et d'autre part, elle permet à la plante hôte de bénéficier d'une meilleure nutrition minérale grâce au réseau d'hyphes extra-radiculaires constituant la phase extra-matricielle qui s'étend bien au-delà de la zone du sol explorée par les racines (SMITH et READ, 1997).

### **1.2. Les différents types de mycorhizes :**

Sur des bases morphologiques et anatomiques, LE TACON (1985) a divisé les mycorhizes en trois groupes: les ectomycorhizes, les endomycorhizes et les ectendomycorhizes (figure 1).

#### **1.2.1. Les ectomycorhizes :**

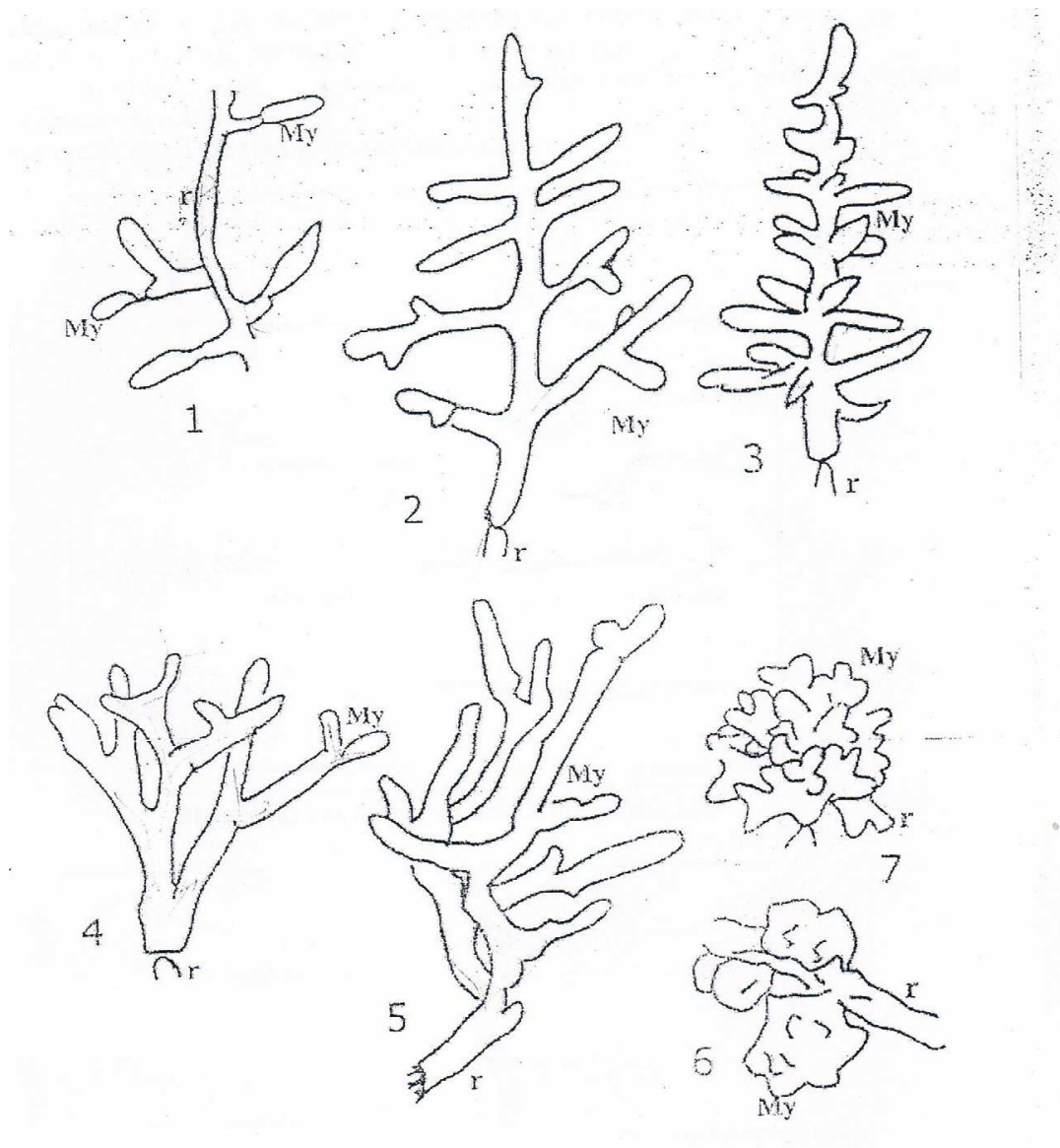
Ce type de mycorhizes concerne 80 à 90% des plantes vasculaires et se rencontre chez une grande majorité des Gymnospermes et un grand nombre d'Angiospermes, Dicotylédones principalement chez les espèces ligneuses forestières. Les partenaires fongiques sont des champignons supérieurs généralement macroscopiques Ascomycètes et surtout Basidiomycètes (HARLEY et SMITH, 1983 ; SMITH et READ, 1997 ; FORTIN et *al.*, 2008).



**Figure 1** : principaux types mycorhiziens représentés sur une coupe transversale de racine (LeTacon,1985).

Du point de vue morphologique, les ectomycorhizes formées sur les racines courtes peuvent être simple ou ramifiées. Dans ce dernier cas leurs distributions le long des racines de la plante connaissent de nombreuses variantes. En effet, (BOULLARD 1968) puis (AGERER 1988) ont distingué plusieurs distributions morphologiques (Figure 2) :

- **Distribution monopodiale :** C'est 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 sont divisées très vite en deux, de façon répétée le long de la racine longue.
- **Distribution racémeuse :** On parle de distribution racémeuse des mycorhizes lorsqu'elles naissent çà et là, échelonnées de part et d'autre le long de la racine longue. C'est bien en effet à une grappe (racémeuse en latin) qu'il faut comparer leur ensemble.
- **Distribution coralloïde :** les mycorhizes dans ce cas, sont le siège de dichotomiques successives et rapprochées, dont l'ensemble rappelle l'aspect d'un arbre.
- **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.



**Figure 2 : les distributions morphologiques des ectomycorhizes**

- 1- Simple
- 2- Monopodiale
- 3- Pyramidale
- 4- dichotomoque

- 5- Racémeuse
- 6- Noduleuse
- 7- Coralloïde

**My** : mycorhize  
**r** : racine latérale  
 porteuse de mycorhize

D'un point de vue anatomique trois éléments caractérisent la structure ectomycorhizienne : (i) le manteau fongique de structure variable qui enveloppe la racine de la plante ; (ii) des hyphes extra-matriciels qui partent du manteau pour explorer et exploiter le sol jusqu'à plusieurs dizaines de centimètres de la racines ; et enfin (iii) le réseau de Hartig qui est constitué par des filaments mycéliens qui s'immiscent entre les cellules corticales de la racine sans pénétration intracellulaire (SMITH et READ, 1997). (Figure 1a)

### 1.2.2. Les endomycorhizes :

Contrairement aux ectomycorhizes, les racines endomycorhisées ne présentent pas de déformation morphologique. Dans ce cas, n'observe pas de manteau fongique, ni de réseau de Hartig. Les hyphes mycéliens sont dans un premier temps intercellulaires puis elles pénètrent dans les cellules corticales racinaires en modifiant considérablement leurs caractères cytologiques (STRULLU ; 1985).

Selon la différenciation morphologique des hyphes intercellulaires, on peut distinguer deux types d'endomycorhizes :

- **Les endomycorhizes à arbuscules :**

Se sont les plus répandues car elles se forment avec 80 à 90% des espèces végétales, les champignons concernés appartiennent à l'ordre des Glomales (Zygomycètes). Les plantes endomycorhisées peuvent être des végétaux herbacés ou ligneux. Les hyphes intercellulaires peuvent se ramifier en arbuscule (rôle d'échanges) ou se dilater en vésicule (rôle de réserve) (SMITH & READ, 2008) (Figure 1b).

- **Les endomycorhizes à pelotons :**

Sont essentiellement formées par des Ascomycètes et des Basidiomycètes. Le filament mycélien pénètre dans les cellules corticales et s'enroule sur lui-même pour former un peloton intercellulaire. Ce sont les mycorhizes des orchidées (mycorhizes orchidoïde) ou des Ericaceae (mycorhizes éricoïdes) (LOUCHE, 2009) (Figure 1c, d).

### 1.2.3. Les ectendomycorhizes :

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

### 1.3. Processus de l'infection mycorhizienne :

Le processus d'infection commence par la germination et le développement des propagules (spores et hyphes) du champignon vivant à proximité des racines de l'hôte. La croissance des hyphes est stimulée par les exsudats racinaires de l'arbre hôte, et seuls les champignons mycorhiziens parmi les habitants de la rhizosphère, sont capables de reconnaître et de répondre au signal de l'hôte. Ces hyphes envahissent alors la racine en formant une gaine fongique établissant ainsi un contact étroit entre les deux partenaires. La pénétration entre les cellules épidermiques semble être mécanique et l'hôte ne résiste pas, contrôle les enzymes fongiques lytiques (BEDIAR, 1987). C'est à travers ce contact que s'établissent des échanges en éléments minéraux (P, Cu, Zn, K) et en substances énergétiques (glucides). Chez les ectomycorhizes nous notons d'abord la formation du réseau de Hartig, puis le manteau fongique. Par la suite le champignon induit des changements morphologiques au niveau du système racinaire de l'hôte. Les cordons mycéliens, les sclérotés et les structures fructifères ne se développent que plus tard (MOUSAIN, 1971 ; PICHE et FORTIN, 1982).

D'après MARKS et FOSTER (1973), l'association n'a jamais lieu avec des cellules mortes ou sénescents. D'autre part, l'infection n'intervient pas dans les tissus meristématiques. Ils ont pu ainsi définir une région précise de la racine, pour laquelle la formation mycorhizienne est possible, cette région est appelée **M.I.Z** (Mycorhizal Infection Zone). Ces auteurs situent cette zone entre l'apex en croissance et la partie de la racine où les cellules corticales, primaires se nécrosent au fur et à mesure que la racine vieillit.

#### 1.4. Ecologie des mycorhizes :

Les mycorhizes sont présentes sous de nombreux types de sol, depuis les podzoles à mor jusqu'aux sols bruns, dont celui à mull. Elles se développent surtout en printemps et en automne. Les facteurs écologiques qui influencent leur croissance sont la lumière, la température (optimum de 15 à 20 °C), l'eau dans sol, l'aération, la concentration des matières organiques et des sels minéraux.

Dans les limites convenables, la lumière et la température élevée sont favorables. Les mycorhizes étant essentiellement des organismes aérobies, l'excès d'eau et les conditions asphyxiques leur sont néfastes, mais la sécheresse prolongée également.

L'aération du sol est très importante et conditionne la localisation des champignons qui, normalement se raréfient avec la profondeur. La pénétration et la répartition varient avec le type de sol, la teneur en humus et en matière organiques des divers horizons également (SMAIL, 2009).

#### 1.5. La double symbiose :

Certaines espèces végétales peuvent contracter les deux types de mycorhizes, les mycorhizes arbusculaires et les ectomycorhizes sur un même système racinaire. Ceci a été rapporté par plusieurs auteurs, chez certains genres notamment chez le genre *Salix* (DHILLION, 1994 et VANDER HEIJDEN, 2000). Chez le genre *Populus* (LODGE, 1989 ; LODGE et VENTWORTH, 1990 ; HARCHAOU, 2003) et chez le genre *Eucalyptus* (ADJOUUD – SADADOU et HALLI-HARGAS, 2000 ; ADJOUUD – SADADOU, 2004).

La double symbiose semble donner aux plantes une plus grande amplitude écologique qui leur permet de s'adapter à des conditions d'environnement très variées et de conquérir des milieux très divers (ADJOUUD – SADADOU, 2004).

## 1.6. Importances des mycorhizes :

Indépendamment du type de mycorhize, diverses fonctions sont modifiées généralement par la présence des mycorhizes : l'absorption de l'eau et des éléments minéraux, les activités hormonales, l'agrégation des sols, la protection contre les organismes pathogènes.

- **Absorption de l'eau et des éléments minéraux :**

L'absorption de l'eau et des éléments nutritifs constitue la toute première fonction attribuée aux mycorhizes, notamment l'absorption des éléments peu mobile du sol, comme le phosphore, qui est un des éléments minéraux les plus importants pour la croissance des plantes car il intervient dans de nombreux processus métaboliques : biosynthèse des acides nucléiques et des membranes, photosynthèse, respiration et régulation des enzymes, c'est aussi l'élément dont la concentration dans la plante est la plus fortement augmentée par la symbiose endomycorhizienne (BOLAN, 1991; SMITH et READ, 1997).

Cependant, généralement, l'intensité de la colonisation racinaire par les champignons symbiotiques est réduite quand le niveau de phosphore augmente dans le sol et devient ainsi directement disponible pour la plante (DICKSON et *al*, 1999).

Cette efficacité accrue dans l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs vient d'abord de l'augmentation de la surface de contact entre le mycélium fongique et la solution du sol. Les hyphes extraradiculaires minces des champignons pénètrent dans le sol sur une large région et peuvent l'exploiter plus efficacement que les racines des plantes (BOTHE et *al*, 1994). Ces mycorhizes augmentent aussi la résistance des plantes au stress hydrique (DAVIES et *al*, 1992 ; SUBRAMANIAN ; CHAREST, 1997) par un signal déclenché qui peut assurer une fermeture plus rapide des stomates, qui prévient un flétrissement irréversible.

Les hyphes ont aussi la possibilité d'acquérir d'autres minéraux peu mobiles dans le sol comme l'azote, le soufre, le calcium, le magnésium, le potassium, le zinc et le cuivre.

- **Activités hormonales :**

Les concentrations des phytohormones (cytokinines, gibberellines, éthylène, acide abscissique, auxine, acide jasmonique), dans la plante peuvent varier selon la présence ou non du champignon (HAUSE et *al*, 2006).

Chez les ectomycorhizes, les régulateurs de croissance comme les auxines jouent un rôle important à faible doses. Nous observons des transformations morphologiques bien évidentes des racines. L'importance des ramifications est proportionnelle aux quantités d'auxine que le champignon libère dans les tissus racinaires qui pourraient favoriser le

transfert des sucres de la racine vers le champignon. L'action globale des hormones produite par le champignon affecte le port général de la plante, dont la croissance des parties aériennes est souvent favorisée à celle des racines (FORTIN et al, 2008).

Chez les endomycorhizes à arbuscules, l'acide jasmonique ainsi que l'éthylène interviennent dans le processus de colonisation et entraîne des modifications biochimiques dans toutes les parties de la plante. Ces modifications hormonales interviennent dans les mécanismes qui contrôlent le degré de colonisation de la plante maintenant ainsi un équilibre entre le champignon mycorhizien et la plante hôte ( FORTIN et al, 2008).

- **Agrégation des sols :**

Par la propriété d'excréter une glycoprotéine, nommée la glomaline, les champignons mycorhiziens qui sont très abondants dans certains sols peuvent en produisent des quantités importantes, dont plusieurs études ont montré le rôle dans la stabilité structurale du sol. La glomaline agit comme une colle qui assemble les particules les plus fines du sol pour en faire des agrégats. Ces derniers ont un rôle fondamental pour la fertilité des sols, en retenant l'eau et les éléments minéraux et en favorisant les échanges gazeux et l'aération (FORTIN et al, 2008).

- **Protection contre les organismes pathogènes :**

Dans la nature, les plantes sont continuellement soumises à des agressions de la part des bactéries, de champignons, de nématodes, d'insectes.

Il a été prouvé expérimentalement que les plantes inoculés avec des champignons mycorhiziens à arbuscules sont plus résistantes aux attaques de champignons pathogènes et l'exposition à des toxines du sol (FITTER, 1991 ; MOSER et HASELWANDTER, 1983 ; SCHTIEPP et al, 1987). Ces champignons mycorhiziens peuvent intervenir de deux façons et à deux endroits pour protéger les racines contre les champignons pathogènes : dans la rhizosphère et dans les tissus racinaires.

A l'échelle de la rhizosphère et surtout de la mycorhizosphère, l'espace entourant immédiatement la mycorhize, les micro-organismes sont confrontés à la compétition et à l'antagonisme, ce qui a pour effet d'établir une flore microbienne diversifiée et équilibrée. Dans cet environnement, les propagules des champignons pathogènes ne parviennent pas à proliférer et leur nombre reste toujours relativement faible.

Le second mécanisme permettant aux plantes mycorhizées de mieux résister aux maladies est lié à des modifications des activités physiologiques dans la racine. Les plantes agressées par un agent pathogène réagissent en produisant des substances antibiotiques contre ces organismes (FORTIN et *al*, 2008).



## 1. Historique :

Le peuplier noir, *Populus nigra* L. (famille des Salicaceae), est une espèce arborescente de la forêt alluviale de nombreux fleuves européens et sibériens. Espèce héliophile, le peuplier noir constitue des populations locales en colonisant les rives et les îles par l'intermédiaire de graines, de boutures de tiges ou de fragments de racines.

Le peuplier noir est une espèce longévive, dioïque, fonctionnant en métapopulation et atteignant la maturité sexuelle à partir de 5-6 ans (Zsuffa 1974). Espèce importante dans le cortège floristique des ripisylves.

Le peuplier noir partage souvent son habitat avec deux autres espèces autochtones de peuplier, le peuplier blanc *P.alba* et le peuplier tremble *P.tremula*

## 2. Biologie du peuplier noir :

### 2.1. Taxonomie et chronologie :

La classification du peuplier noir dans le règne végétal a été établie par MAIRE (1961) dans sa flore d'Afrique du nord comme suit :

Division	Phanérogame
Sous-division	Angiosperme
Classe	Eudicotylédones
Ordre	Salicales
Famille	Salicacées
Genre	<i>Populus</i>
Espèce	<i>Populus nigra</i> L.

### 2.2. Caractères écologiques :

*Populus nigra* est une espèce pionnière héliophile. Ses graines germent uniquement sur des zones mises à nu par des inondations (bancs de sable, limons, ou gravières).

En général, les peupliers réclament une longue période de végétation avec des étés chauds et ensoleillés (BOUDRU, 1986).

Les cimes doivent être espacées, en pleine lumière. Ils sont sensibles aux gelées hors saison, ils souffrent de l'action mécanique du vent, et sont recherchés par la foudre (BOUDRU, 1986)

Les graines ne vivent que quelques jours et ont donc des

Conditions de germination assez strictes : lumière, humidité continue, sol alluvionnaire Minéral. Si ces conditions sont satisfaites les graines germent en formant des colonies denses. Pour cultiver les peupliers noirs, il faut un sol bien pourvu en eau et suffisamment aéré pour éviter l'asphyxie des racines. Ils demandent des sols profonds. Ils résistent aux sols calcaires et résistent à une quantité de sel. Ils redoutent les sols légers ou trop argileux (ANONYME, 1982).

### 3. Intérêt de peuplier noir et menaces rencontrées :

Espèce importante dans le cortège floristique des ripisylves, *Populus nigra L.*

Présente de nombreux intérêts tant pour les écosystèmes alluviaux que pour la société. Les Forêts ripicoles, où cette espèce est présente, possèdent de nombreux atouts écologiques : Habitat particulier pour la faune et la flore, rôle épurateur des eaux, un système racinaire très développé qui joue le rôle de filtre naturel en piégeant certains polluants comme les phosphates et les nitrates d'origines agricole ou urbaine, action protectrice vis-à-vis des berges.(RUFFINONI *et al.*, 2003)

Cependant le peuplier noir est soumis à deux menaces majeures. La première menace que subit le peuplier noir est d'ordre écologique et correspond à l'altération, la fragmentation et la réduction de son habitat engendrées par le développement de l'agriculture et des activités humaines (Dynesius et Nilsson 1994, Naiman *et al.* 2005). Les barrages hydroélectriques, les endiguements et canalisations, l'extraction intensive de Matériaux dans le lit mineur des rivières (avant 1994) ainsi que l'augmentation du prélèvement d'eau notamment pour l'irrigation des zones agricoles ont modifié le régime hydrologique des rivières et perturbé les cycles naturels d'érosion et de sédimentation (Pautou 1983, Dynesius et Nilsson 1994, Bravard *et al.* 1997, Scott *et al.* 1997, Rood *et al.* 1999, Nilsson & Berggren 2000, Steiger *et al.* 2001). Ces changements ont abouti à une réduction des surfaces favorables à la régénération (Rood et Mahoney 1990, Rood *et al.* 1995, Stromberg *et al.* 1996, Friedman *et al.* 1998, Johnson 1998, Scott *et al.* 2000).

La deuxième menace est liée au risque d'introggression depuis le compartiment cultivé, Largement représenté sur le territoire, caractérisé par un niveau de diversité génétique Extrêmement faible, et qui comprend : (i) les plantations d'ornement dominées par le peuplier D'Italie (clone mâle de peuplier noir) et (ii) les plantations de cultivars hybrides (Cagelli et Lefèvre 1995).

#### 4. Aire de répartition de peuplier noir :

Il occupe une aire très vaste, de l'Europe de l'Ouest à l'Asie, comprenant également une étroite frange nord-africaine (figure 3). L'espèce est présente jusqu'à 1800m d'altitude.

Selon RAMEAU et *al.* (1989), le peuplier noir était présent autrefois un peu partout dans les vallées.

Selon Anonyme (1980), deux grandes espèces existent :

- L'une dans l'ancien monde : *Populus nigra* Lanier, à aire naturelle fort étendue dans le tiers méridional de l'Europe, du Danube à la méditerranée et en Asie occidentale ; elle s'étend de façon imprécise en Asie centrale ; des stations disjointes existent en Afrique du nord dans les montagnes du Maroc et de l'Algérie ;
- L'autre *Populus deltoïdes* Marsch : son aire naturelle s'étend de l'océan Atlantique aux grandes plaines de l'ouest de l'Amérique du Nord aux montagnes rocheuses et en latitude de la région des grands lacs et du Saint-Laurent au golfe du Mexique, excepté la Floride

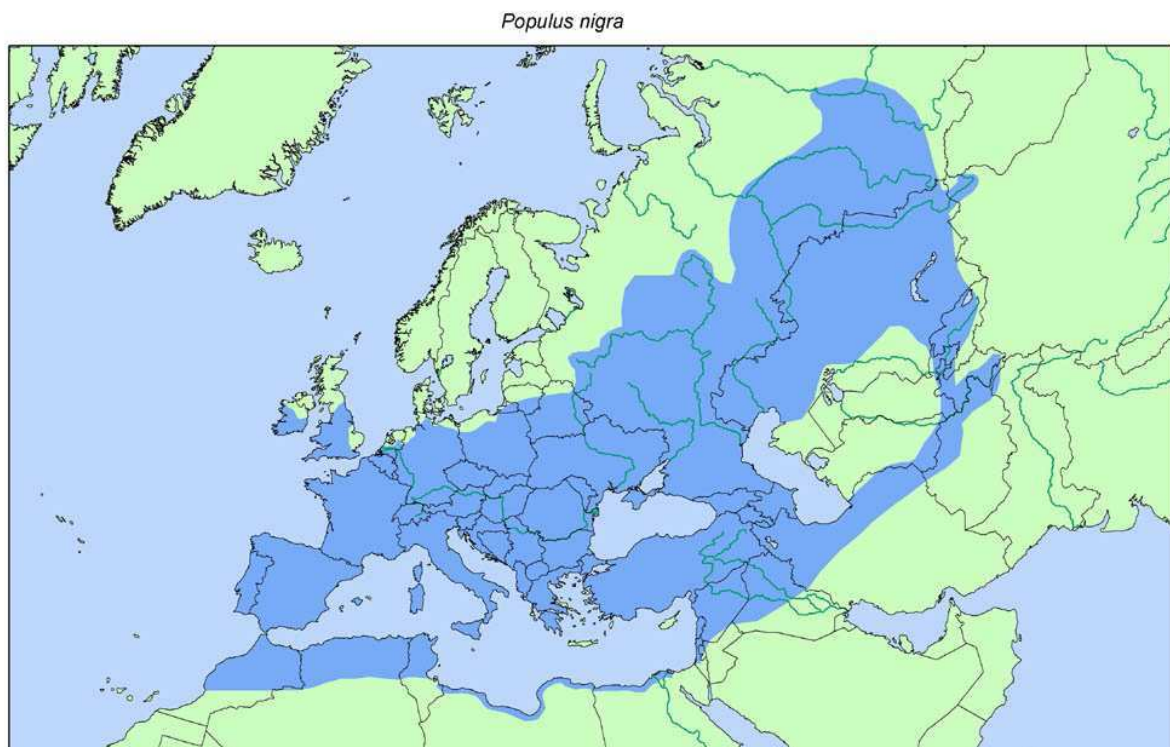


Figure 3 : Aire de répartition de *Populus nigra* L. (VANDEN BROECK, 2003b)

**1. Présentation de la station d'étude :**

La station d'étude est localisée dans la forêt de la commune d'Ait Zikki, Daira de Bouzeguène, à une altitude de 1100 m. Cette commune est située au sud-est de la wilaya de Tizi ousou, sa superficie est de 20,64 km<sup>2</sup>. Ses coordonnées géographiques sont : 36.5649° de latitude et 4.50535° de longitude, 36 ° 33'54'' Nord et 4 ° 30'19'' Est (Google earth)

La végétation de cette forêt est caractérisée par la présence du : Chêne vert (*Quercus ilex*).avec une strate arbustive tels que Merisier, l'Olme, l'Orian, le Gent, le Frêne et le Diss et les Ronces



**Figure 4 :** photo représentant la Zone d'étude

**2. Matériels :**

Au niveau de la station d'Ait Zikki, la récolte des échantillons a été réalisée autour de quatre arbres, choisis de manière subjective. Ces arbres sont désignés respectivement 1, 2,3 et 4, est caractérisé comme suit (Tableau 1) :

**Tableau 1** : caractéristiques stationnelles des arbres de l'étude

	Altitude	Exposition	Circonférence (cm)	Age (ans)	Végétations	PH du sol *	L'état
Arbre 1	1100 m	Sud	137cm	50	Le chêne vert, l'orme merisier, frêne, saule et fougères.	Neutre	Blessée et attaquée par un insecte phytophage
Arbre 2	1100 m	Sud	190cm	73	Le chêne vert, calycotame, merisier, ronce, frêne, oxalis. Diss	Acide	Sain
Arbre 3	1100 m	Est	173cm	+ 54	Le chêne vert, ronce, frêne, Diss	Acide	Sain
Arbre 4	1100 m	Est	165cm	33	Le chêne vert, frêne, saule, ronce, merisier, l'aulne.	Neutre	Sain

\* ph à été indiqué par la végétation observée in situ

### **2.1. Période et mode de prélèvement :**

La récolte des échantillons est effectuée le 30 Mars 2015. Notre travail sur terrain consiste à prélever des mottes de terre renfermant des racines de peuplier noir. Dans un premier temps, nous avons éliminé la litière tout autour de chaque arbre, puis nous avons suivi les grosses racines jusqu'au plus fines. de un à trois prélèvements pour chaque arbre ont été réalisés à une distance de 1 à 1.5 mètre du tronc, et à une profondeur de 10 à 20 cm au maximum. (Figure 15, 16, 17, 18, 19,20)

Chaque échantillon prélevé est mis dans un sachet en plastique, étiqueté portant le numéro de l'arbre et la date du prélèvement, est conservé au réfrigérateur à une température de 4 °C pendant.

### **3. Méthodes d'études :**

#### **3.1. Etude qualitative des ectomycorhizes :**

Au laboratoire, pour observer les mycorhizes, il faut d'abord les laver très soigneusement pour les débarrasser des particules du sol sans altérer leurs morphologies et pour cela les mottes de terres récoltées sont mises à tremper dans une bassine d'eau afin de faciliter l'élimination du sol.

##### **3.1.1. Etude morphologique :**

La mise en évidence de l'existence des ectomycorhizes peut être effectuée à l'œil nu (MARX et BRYN, 1975). Tandis que la description détaillée est faite à la suite d'observation sous la loupe binoculaire (AGERER, 1987-1991).

Les racines sont mises dans des boîtes pétries puis immergées dans de l'eau et sont observés à la loupe binoculaire. Les ectomycorhizes sont classées selon plusieurs critères : le type de distribution, la taille, la présence ou l'absence du mycélium extra matriciel et la présence ou l'absence de cordons et de rhizomorphes.

### 3.1.2. Etude anatomique :

Toutes les mycorhizes identifiés sont séparées et conservées dans un fixateur le FPA constitué de : Formol (3%), Acide propionique (5%) et Ethanol à 70 ° (92%).

Des coupes transversales sont réalisées à main levée pour les différents types d'ectomycorhizes identifiés. Ces coupes sont colorées au bleu de lactophénol, puis elles sont montées entre lame et lamelle. Le montage se fait dans une goutte de glycérine puis observées au microscope optique. Cette étude permet de décrire la structure du manteau fongique, l'aspect du réseau de Hartig et la présence ou l'absence de tanins.

### 3.2. Etude qualitatives des endomycorhizes :

Pour les endomycorhizes, un traitement préalable des racines est réalisé selon la méthode de PHILLIPS et HAYMAN (1970). Les racines sont éclaircies et vidées dans une solution de potasse 10% chauffé au bain-marie durant 30 min. Après rinçage les racines sont neutralisées par l'acide lactique durant 5 min. Elles sont ensuite mise dans le bleu de Trypan et chauffées au bain-marie pendant 15 min. Les racines sont rincées et conservées dans le lactoglycérole. Les observations sont faites au microscope optique aux grossissements 100 puis 400 dans une goutte de glycérine.

### 3.3. Mesure de la taille des structures endomycorhiziennes :

Nous avons mesuré à l'aide d'un micromètre oculaire les différentes dimensions des structures endomycorhiziennes. Pour chaque arbre 3 à 4 lames et ont été sélectionné au hasard. Pour chaque structure, une dizaine de mesure ont été réalisées (vésicules rondes, vésicules ovales, hyphes septés, hyphes siphonnés).

### 4. Déterminations de l'âge des arbres :

Dans notre travail on a utilisé la méthode de la carotte à la tarière de PRESSLER qui se compose de trois éléments : une mèche, un extracteur et une poignée servant d'étui pour le transport. Nous avons suivi les étapes si dessus :

- Prélevez la « carotte » du côté nord de l'arbre, à angle droit par rapport au tronc, à 1.30 m du sol.
- Enfoncez l'outil de sondage (tarière de Pressler) dans l'écorce et extraire la «carotte ».
- Gratter avec un papier vers
- Comptez les cernes à l'aide d'une loupe binoculaire ou d'une grosse loupe.



5



6



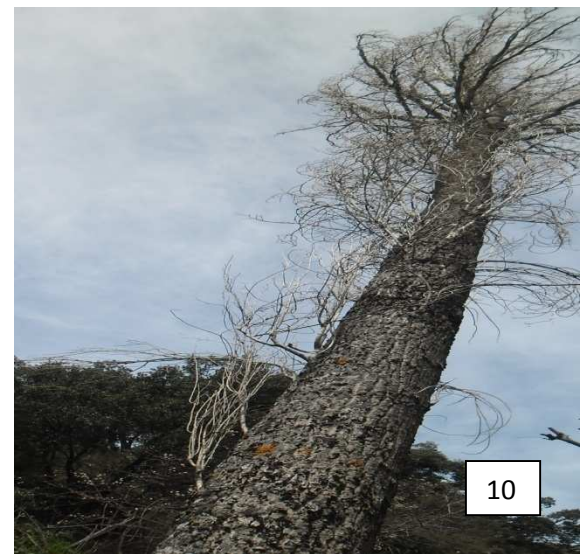
7



8

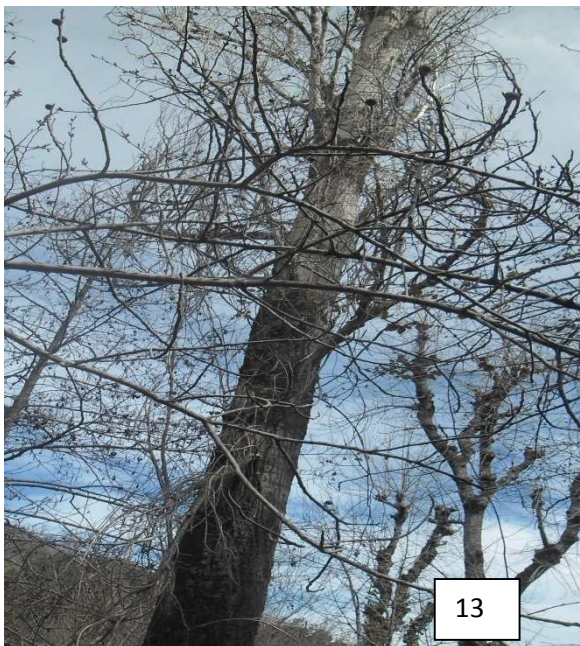


9



10

**Figure (5, 6, 7, 8, 9, 10) :** 5- photo représentant de l'arbre 1  
6 - Existence d'un cours d'eau a coté de l'arbre 1  
7 - Présence d'une blessure au niveau de l'arbre 1  
8 - Attaqué par un insecte phytophage  
9,10 - photo représentant de l'arbre 2



**Figure 11,12 :** photo représentant de l'arbre 3

**Figure 13,14 :** photo représentant de l'arbre 4



**Figure** (15, 16, 17, 18, 19, 20) : les différentes étapes de la collecte des mycorhizes sur terrain



**Figure (21, 22) :** Extraction d'une carotte à l'aide d'une tarière de Pressler

**Figure (23, 24) :** comptages des cernes

## 1. Résultats

### 1.1. Description des ectomycorhizes :

#### 1.1.1. Description des ectomycorhizes de l'arbre 1 :

##### **Mycorhize 1 :**

Elle est de couleur orange, elle présente une distribution simple avec une pointe sinueuse. Absence de mycélium extra matriciel, ainsi que l'absence de cordon et de rhizomorphe (figure.25). (Annexe 1,2)

##### **Mycorhize 2 :**

Elle est de couleur marron foncé, elle présente une distribution simple avec une pointe droite (linéaire) et un mycélium extra matriciel peu abandon, présence de quelques cordons et l'absence de rhizomorphe (figure.26)

##### **Mycorhize 3 :**

Elle de couleur noir (*cenococcum geophilum*) avec un mycélium extra matriciel peu abondant, nous avons noté l'absence de cordon et de rhizomorphe (figure.27)

La coupe transversale révèle l'existence d'un manteau épais pléctenchymateux de type B, formé par des hyphes lâches avec la présence des soies. Elle présente des cellules à tanins (figure.28). (Annexe 3)

##### **Mycorhize 4 :**

Elle est de couleur marron clair à la base et blanche au sommet, présente une distribution ramifiée avec de mycélium extra matriciel peu abondant à la base, nous avons noté la présence de quelques cordons (figure.29)

La coupe anatomique révèle l'existence d'un manteau peu épais pseudo parenchymateux formé par des hyphes serrés. Le réseau de Hartig s'étend sur deux couches de cellule de type D (figure.30)

##### **Mycorhize 5 :**

Elle est de couleur blanche, elle présente une distribution simple avec un apex plus large que la base. Le mycélium extra matriciel est peu abondant avec la présence de quelques cordons (figure.31)

**Mycorhize 6 :**

Elle est de couleur blanche, elle présente une distribution simple avec une pointe droite (linéaire), le mycélium extra matriciel très abondant à la base. Absence de cordon et la présence d'un rhizomorphe de couleur marron (figure.32)

**Mycorhize 7 :**

Elle est de couleur orange, elle présente une distribution monopodiale avec une pointe courbée, présence de mycélium extra matriciel peu abondant, ainsi que l'absence de cordon et de rhizomorphe (figure.33)

**Mycorhize 8 :**

Elle est de couleur orange, elle présente une distribution simple avec une pointe courbée, présence de mycélium extra matriciel peu abondant et l'absence de cordon et de rhizomorphe (figure.34)

**Mycorhize 9 :**

Elle est de couleur noir, elle présente une distribution dichotomique avec un mycélium extra matriciel peu abondant. Nous avons noté la présence des hyphes noirs bien dressés (soie) et l'absence de rhizomorphe (figure.35)

**Mycorhize 10 :**

Elle est de couleur noir, elle présente une distribution ramifiée avec une pointe sinueuse et un mycélium extra matriciel abondant, elle présente des cordons abondant et rhizomorphe sur toute la longueur (figure.36)

**Mycorhize 11 :**

Elle est de couleur beige, elle présente une distribution monopodiale avec un apex plus large que la base avec un étranglement, mycélium extra matriciel peu abondant, absence de cordon et de rhizomorphe (figure.37)

**Mycorhize 12 :**

Elle est de couleur blanc sale avec hyphes extra matriciel de couleur foncé, elle présente une distribution ramifiée et un mycélium extra matriciel peu abondant, absence de cordon et la présence d'un rhizomorphe de couleur marron claire (figure.38)

**Mycorhize 13 :**

C'est une mycorhize monopodiale et lisse, de couleur blanche transparente à la base et plus foncé au sommet avec pointe sinueuse. (figure.39)

**Mycorhize 14 :**

Elle est de couleur blanche, elle présente une distribution ramifiée avec des pointes tortueuses, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant à la base et à l'extrémité (figure.40)

**Mycorhize 15 :**

Elle est de couleur beige, elle présente une distribution ramifié avec un apex plus large que la base avec une phase extra matriciel peu abondante frangeante, nous avons noté la présence de cordon et l'absence de rhizomorphe (figure.41)

**Mycorhize 16 :**

Elle est mixte de couleur marron foncé à la base et claire au sommet, elle présente une distribution ramifié avec des pointes tortueuses, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et quelques cordons de couleur claire (figure.42)

**Mycorhize 17 :**

Elle est de couleur marron, elle présente une distribution dichotomique avec des pointes droites (linéaires) et un mycélium extra matriciel peu abondant, nous avons noté la présence de quelques cordons (figure.43)

**Mycorhize 18 :**

Elle est de couleur beige à extrémité plus foncée avec des tâches marron, elle présente une distribution simple avec des pointes sinueuses, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et de cordon de couleur claire (figure.44)

**Mycorhize 19 :**

Elle est épaisse de couleur beige, elle présente une distribution simple avec des pointes droites (linéaires), nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant de couleur foncée (figure.45)

La coupe anatomique révèle l'existence d'un manteau peu épais pléctenchymateux de type A formé par des hyphes lâches. Le réseau de Hartig parcourt deux couches de cellules de type D (figure.46)

**Mycorhize 20 :**

C'est une mycorhize noir, elle présente une distribution simple à ramifiée (monopodiale) avec des pointes tortueuses, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant avec des cordons très nombreux et rhizomorphe de même couleur que la mycorhize (figure.47)

La coupe anatomique révèle l'existence d'un manteau épais pseudo parenchymateux avec des cellules à tannins. Le réseau de Hartig s'étend sur deux couches de cellule. Elle présente des ornements de type L (figure.48)

**Mycorhize 21 :**

Elle est de couleur marron foncé à la base et clair au sommet, elle présente une distribution simple avec des pointes sinueuses, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel abondant, ainsi que la présence de cordons et de rhizomorphes (figure.49)

**Mycorhize 22 :**

Elle est de couleur grise avec des tâches de fluorescence blanches, elle présente une distribution simple avec des pointes courbées, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et quelques cordons et rhizomorphes (figure.50)

**1.1.2. Description des ectomycorhizes de l'arbre 2 :****Mycorhize 1 :**

Elle est de couleur noir, elle présente une distribution simple avec une pointe droite et arrondi, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et quelques cordons. (figure.51)

**Mycorhize 2 :**

C'est une mycorhize simple et lisse avec une pointe droite, Elle est mixte de couleur marron foncée a la base et claire au sommet, nous avons noté la présence de quelques cordons et l'absence de rhizomorphes. (figure.52)

**Mycorhize 3 :**

Elle est mixte de couleur marron clair à la base et noir au sommet, elle présente une distribution simple à ramifiée avec un apex plus large que la base, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant, ainsi que la présence de cordons et de rhizomorphes (figure.53)

**Mycorhize 4 :**

C'est une mycorhize simple mixte de couleur marron clair à la base et au sommet et blanche opaque au milieu avec une pointe sinueuse, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et quelques cordons (figure.54)

**Mycorhize 5 :**

Elle est de couleur noir, elle présente une distribution ramifiée avec des pointes sinueuses, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel très abondant, ainsi que des cordons et rhizomorphes de couleur claire (figure.55)

La coupe anatomique révèle l'existence d'un manteau très épais pseudo parenchymateux avec des cellules à tanins, ainsi que la présence d'ornementation de type L avec des hyphes septés. Le réseau de Hartig s'entend sur quatre couches de cellules de type A (figure.56, 57)

**Mycorhize 6 :**

Elle présente une couleur blanche transparente, elle a une distribution simple avec une pointe tortueuse, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et des cordons rares (figure.58)

**Mycorhize 7 :**

C'est une mycorhize simple de couleur brune à la base et marron clair au sommet avec une pointe sinueuse, elle présente un mycélium extra matriciel peu abondant frangeante avec quelques cordons à la base (figure.59)

La coupe anatomique révèle l'existence d'un manteau peu épais pseudo parenchymateux de type M, formé par des hyphes lâches. Le réseau de Hartig s'étend sur un à deux couches de cellules de type C. Présence d'ornementation de type E. (figure.60, 61)

**Mycorhize 8 :**

Elle est de couleur beige foncé à la base et plus claire au sommet, elle présente une distribution simple avec points courbées, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel abondant au sommet et quelques cordons (figure.62)

**Mycorhize 9 :**

Elle est de couleur noir, elle présente une distribution ramifiée avec des pointes droites et arrondi, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et des cordons (figure.63)

La coupe anatomique transversale de cette mycorhize montre un manteau très épais pseudo parenchymateux avec beaucoup de tanin, le réseau de Hartig parcourt sur un à deux couches de cellules de type A. Elle présente d'ornementation de type L (figure.64, 65)

**Mycorhize 10 :**

Elle est de couleur jaune claire à beige, elle présente une distribution coraloïde avec des pointes courbées, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et beaucoup de cordons (figure.66)

La coupe anatomique révèle l'existence d'un manteau pseudo parenchymateux de type L avec la présence d'ornementation de type L. le réseau de Hartig s'étend sur un à deux couches de cellules de type A (figure.67, 68)

**Mycorhize 11 :**

Elle est de couleur beige clair, elle présente une distribution ramifiée avec des pointes sinueuses minces à la base, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel très peu abondant et l'absence de cordon et de rhizomorphe (figure.69)

La coupe anatomique révèle l'existence d'un manteau peu épais pseudo parenchymateux de type P, formé par des hyphes lâches vers l'extérieures. Le réseau de Hartig s'étend sur deux à trois couche de cellule de type D (figure.70)

**Mycorhize 12 :**

C'est une mycorhize ramifiée. A la base de couleur marron foncé avec une extrémité noir et des pointes sinueuses, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et des cordons (figure.71)

La coupe transversale de cette mycorhize montre un manteau peu épais pléctenchymateux de type H, formé par des hyphes très lâches vers l'extérieure. Le réseau de Hartig s'étend sur deux à trois couches de cellules de type B (figure.72)

**Mycorhize 13 :**

C'est une mycorhize simple de couleur blanche avec extrémité marron foncé et des pointes droites, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant à l'extrémité et quelques cordons (figure.73)

**Mycorhize 14 :**

C'est une mycorhize simple et lisse de couleur blanche transparente avec pointe droite, elle présente quelques cordons très fins (figure.74)

**Mycorhize 15 :**

C'est une mycorhize simple de couleur jaune verdâtre avec pointe droite, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et quelques cordons (figure.75)

**1.1.3. Description des ectomycorhizes de l'arbre 3 :****Mycorhize 1 :**

Elle de couleur marron, elle présente une distribution ramifiée avec des pointes sinueuses, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et des cordons et rhizomorphes (figure.76)

**Mycorhize 2 :**

Elle est de couleur noir, elle présente une distribution simple (tuber) avec des pointes sinueuses, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et des cordons (figure.77)

**Mycorhize 3 :**

Elle est de couleur marron simple avec une pointe courbée, elle présente un mycélium extra matriciel peu abondant et des cordons (figure.78)

La coupe transversale de cette mycorhize révèle l'existence d'un manteau épais pléctenchymateux de type B avec des cellules à tanins. Le réseau de Hartig s'étend sur deux couche de cellule de type D. Elle présente d'ornementation de type L (figure.79)

**Mycorhize 4 :**

C'est une mycorhize simple mixte de couleur marron foncé à la base et clair au sommet, elle présente un mycélium extra matriciel peu abondant et des cordons (figure.80)

**Mycorhize 5 :**

C'est une mycorhize simple de couleur grise à extrémité clair avec une pointe courbée, elle présente un mycélium extra matriciel peu abondant et quelques cordons (figure.81)

La coupe transversale de cette mycorhize révèle l'existence d'un manteau épais pléctenchymateux de type de I avec peu de tanins. Le réseau de Hartig s'étend deux à trois couches de cellules de type A. Elle présente d'ornementation de type L (figure.82, 83)

**Mycorhize 6 :**

Elle est de couleur noir, elle présente une distribution simple avec une pointe perlée, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et des cordons très abondants (figure.84)

La coupe transversale de cette mycorhize montre l'existence d'un manteau peu épais pseudo parenchymateux de type E avec des hyphes lâches vers l'extérieure ainsi que des cellules à tanins. Le réseau de Hartig s'étend deux à trois couches de cellules de type A. elle présente d'ornementation de type L (figure.85, 86)

**Mycorhize 7 :**

C'est une mycorhize ramifiée de couleur marron foncée à extrémité claire avec des pointes tortueuses, elle a un mycélium extra matriciel peu abondant avec quelques cordons et rhizomorphes (figure.87)

**Mycorhize 8 :**

Elle est mixte de couleur marron foncé à la base et clair au sommet, elle présente une distribution monopodiale avec des pointes courbées, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant, ainsi que la présence des cordons et rhizomorphes (figure.88)

**Mycorhize 9 :**

Elle est de couleur blanc argentée, elle présente une distribution ramifiée avec des pointes sinueuses, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et des cordons et rhizomorphes (figure.89)

**Mycorhize 10 :**

Elle est de couleur noir, elle présente une distribution monopodiale avec des pointes sinueuse, on note la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant et des cordons (figure.90)

**1.1.4. Description des ectomycorhizes de l'arbre 4 :****Mycorhize 1 :**

Elle est de couleur marron clair à la base et foncé au sommet, elle présente une distribution ramifiée avec des pointes droites, nous avons noté l'absence de mycélium extra matriciel, ainsi que l'absence de cordon et de rhizomorphes(figure.91)

La coupe transversale révèle l'existence d'un manteau peu épais pseudo parenchymateux de type L. le réseau de Hartig s'étend sur deux à trois couches de cellules de type D .elle présente d'ornementation de type G (figure.92, 93)

**Mycorhize 2 :**

C'est une mycorhize simple et lisse, de couleur marron clair avec une pointe courbée, Elle présente quelques cordons (figure.94)

La coupe transversale révèle l'existence d'un manteau assez épais pseudo parenchymateux de type L avec des hyphes lâches à l'extérieur et serrés vers l'intérieure. Le réseau de Hartig s'étend sur un à deux couches de cellules de type B. elle présente d'ornementation de type G (figure.95, 96)

**Mycorhize 3**

C'est une mycorhize lisse de couleur marron clair, elle présente une distribution monopodaile avec des pointes sinueuses (figure.97)

La coupe transversale révèle l'existence d'un manteau peu épais pseudo parenchymateux de type B avec des hyphes très lâches. Le réseau de Hartig s'étend sur trois couches de type B (figure.98)

**Mycorhize 4 :**

C'est une mycorhize ramifiée de couleur marron clair (translucide) avec des pointes sinueuses, elle présente un mycélium extra matriciel peu abondant, nous avons noté la présence de quelques cordons (figure.99)

**Mycorhize 5 :**

C'est une mycorhize ramifiée et lisse, elle présente une couleur beige avec des pointes sinueuses, elle ne présente ni cordons ni rhizomorphes (figure.100)

La coupe transversale révèle l'existence d'un manteau peu épais pléctenchymateux avec des hyphes serrés. Le réseau de Hartig s'étend sur un à deux couches de cellules de type B (figure.101, 102)

**Mycorhize 6 :**

Elle est mixte de couleur marron foncé a la base et clair au sommet, elle présente une distribution simple avec des pointes courbées, nous avons noté la présence d'un mycélium extra matriciel peu abondant (figure.103)

La coupe transversale révèle l'existence d'un manteau peu épais pléctenchymateux avec des hyphes serrés. Le réseau de Hartig s'étend sur une seule couche de cellule de type B (figure.104)

**Mycorhize 7 :**

C'est une mycorhize simple de couleur blanc translucide avec des pointes courbées, elle présente un mycélium extra matriciel peu abondant, avec quelques cordons (figure.105)

**Mycorhize 8 :**

C'est une mycorhize ramifiée de couleur blanche transparente avec des pointes sinueuses, elle présente un mycélium extra matriciel peu abondant avec quelques cordons (figure.106)

La coupe longitudinale révèle l'existence d'un manteau épais pléctenchymateux avec des hyphes lâches vers l'extérieur. Elle présente d'ornementation de type L ainsi que la présence de réseau de Hartig (figure.107, 108)

**Mycorhize 9 :**

C'est une mycorhize simple de couleur blanche fluorescente avec une pointe courbée, elle présente un mycélium extra matriciel peu abondant (figure.109)

**Mycorhize 10 :**

Elle de couleur noir à la base et jaune au sommet, elle présente une distribution simple avec un apex plus large que la base, nous avons noté l'absence de mycélium extra matriciel (lisse), ainsi que l'absence de cordons et de rhizomorphes (figure.110)

La coupe transversale révèle l'existence d'un manteau assez épais pseudo parenchymateux avec des hyphes lâches. Le réseau de Hartig s'étend sur un à deux couches de cellules. Elle présente des ornements de type A (figure.111, 112)

**Mycorhize 11 :**

C'est une mycorhize simple de couleur blanche avec une pointe courbée, elle présente un mycélium extra matriciel très abondant avec quelques cordons (figure.113)

La coupe transversale révèle l'existence d'un manteau épais pseudo parenchymateux de type M avec des hyphes lâches. Le réseau de Hartig s'étend sur deux à trois couches de cellule de type A (figure.114)

**Mycorhize 12 :**

C'est une mycorhize simple de couleur marron clair avec un apex plus large que la base, elle présente un mycélium extra matriciel peu abondant. (figure.115)

**1.2. Description des endomycorhizes :****1.2.1. Description des endomycorhizes de l'arbre 1 :**

Les racines de peuplier noir de cette arbre, nous montre diverses structures endomycorhiziennes qui sont :

- Des hyphes qui pénètrent dans les cellules, se ramifient et forment des arbuscules de type Arum (figure.116)
- Des hyphes qui s'enroulent pour former des pelletons (figure.117)
- Amas des vésicules intercellulaires de forme ronde, ovale, avec ou sans globule lipidique. (figure.118, 119)
- La présence des spores (figure.120)
- Des vésicules ovales et rondes, intracellulaires et intercellulaires qui sont portés par des hyphes fins et non septés (figure.121, 122)
- Des hyphes extracellulaires de différents diamètres siphonnés, septés (figure.123, 124)

**1.2.2. Description des endomycorhizes de l'arbre 2 :**

Nous avons observé une diversité endomycorhizienne qui sont :

- Des hyphes qui pénètrent dans les cellules, se ramifient et forment des arbuscules de type Arum et Paris (figure.125, 126, 127)
- Des vésicules de forme ovale /ronde, avec ou sans globule lipidique, intercellulaire et intracellulaire (figure.128, 129, 130)
- Des hyphes extracellulaires de différents diamètres (fins/gros), septés et siphonnés (figure.131, 132)
- Des hyphes qui s'enroulent pour former des pelletons. (figure.133, 134)
- Des vésicules (ovales/rondes), (intracellulaires/intercellulaires) qui sont portés par des hyphes fins et siphonnés (figure.135, 136, 137)

**1.2.3. Description des endomycorhizes de l'arbre 3 :**

Nous avons aussi observés une diversité endomycorhiziennes dans cet arbre qui sont :

- Des hyphes qui pénètrent dans la cellule, se ramifient et forment des arbuscules de type Paris (figure.138)
- Des vésicules (rondes/ovales), (intercellulaires/intracellulaires), avec et sans globules lipidiques (figure.139, 140, 141, 142,143)
- Des hyphes extracellulaires et intercellulaires de différents diamètres, septés/siphonnés (nous avons observée beaucoup des hyphes septés dans cet arbre) (figure.144, 145)
- Des vésicules (rondes/ovales), (intercellulaires/intracellulaires) qui sont portés par des hyphes fins, siphonnés (figure.146, 147, 148)
- Des hyphes qui s'enroulent pour former des pelletons (figure.149, 150)
- La présence des spores (figure.151)

**1.2.4. Description des endomycorhizes de l'arbre 4 :**

Les racines de cet arbre, nous montre quelques structures endomycorhiziennes qui sont :

- Des hyphes qui s'enroulent pour former des pelletons (figure.152, 153)
- Des hyphes extracellulaires et intercellulaires de différents diamètres, septés (y'on a beaucoup d'hyphes septés) (figure.154, 155, 156, 157)
- Cet arbre est plain de vésicule (rondes/ovales), (intercellulaires/intracellulaires) avec et sans globule lipidique (figure.158, 159, 160, 161)
- Des vésicules (rondes/ovales), (intercellulaires/intracellulaires) qui sont portés par des hyphes fins, siphonnés (figure.162, 163, 164, 165)
- nous avons noté aussi dans cet arbre l'absence des arbuscules

**1.3. L'aspect morphologique et anatomique des mycorhizes :****1.3.1. L'aspect morphologique et anatomique des mycorhizes de l'arbre 1 :**

**Figure 25 :** mycorhize de couleur orange caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple ;
- Absence de mycélium extra matriciel.

**Figure 26:** mycorhize de couleur marron foncé caractérisée par (G40×G2.94) :

- Distribution simple ;
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence de quelques cordons
- Absence de rhizomorphe

**Figure 27 :** mycorhize de couleur noir caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple ;
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Absence de cordon et de rhizomorphe

**Figure 28 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Manteau épais pléctenchymateux de type B, formé par des hyphes lâches
- Présence des sois
- Présence des cellules à tannins

**Figure 29 :** mycorhize de couleur marron clair a la base et blanche au sommet caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution ramifié
- Mycélium extra matriciel peu abondant à la base
- Présence de quelque cordons

**Figure 30 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Manteau peu épais pseudo parenchymateux, formé par des hyphes serrés
- Réseau de Hartig sur deux couches de cellules de type D

**Figure 31 :** mycorhize de couleur blanche caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence de quelques cordons

**Figure 32** : mycorhize de couleur blanche caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel très abondant à la base
- Absence de cordon et présence d'un rhizomorphe de couleur marron

**Figure 33** : mycorhize de couleur orange caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution monopodiale
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Absence de cordon et de rhizomorphe

**Figure 34** : mycorhize de couleur orange caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Absence cordons et de rhizomorphe

**Figure 35** : mycorhize de couleur noir caractérisée par (G40×G numérique 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence des hyphes noire bien dressés (soie)
- Absence de rhizomorphe

**Figure 36** : mycorhize de couleur noir caractérisée par (G40×G numérique 2.94) :

- Distribution ramifiée
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Abondant de cordon et de rhizomorphe sur toute la longueur

**Figure 37** : mycorhize de couleur beige caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution monopodiale
- Mycélium extra matriciel peu abondant

**Figure 38** : mycorhize de couleur blanche sale caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution ramifiée
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Absence de cordon et présence d'un rhizomorphe de couleur marron clair

**Figure 39** : mycorhize de couleur blanche transparente à la base et plus foncée au sommet caractérisée par (G40×G 2.94)

- Distribution monopodiale
- Lisse

**Figure 40** : mycorhize de couleur blanche caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution ramifiée
- Mycélium extra matriciel peu abondant à la base et à l'extrémité
- Absence de cordon et de rhizomorphe

**Figure 41** : mycorhize de couleur beige caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution ramifiée
- Phase extra matriciel peu abondante frangeante
- Absence de cordon et de rhizomorphe

**Figure 42** : mycorhize de couleur marron foncé à la base et clair au sommet caractérisé par (G40× G 2.94) :

- Distribution ramifiée
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence de quelque cordon de couleur claire

**Figure 43 :** mycorhize de couleur marron caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution dichotomique
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence de quelques cordons

**Figure 44 :** mycorhize de couleur beige à extrémité plus foncée avec des taches marron clair au milieu caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence de cordon de couleur claire

**Figure 45 :** mycorhize épaisse de couleur beige caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel peu abondant de couleur foncée
- Présence de quelques cordons et absence de rhizomorphe

**Figure 46 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Manteau peu épais pléctenchymateux de type A, formé par des hyphes lâches
- Le réseau de Hartig parcourt deux couches de cellules de type D

**Figure 47 :** Mycorhize de couleur noir caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distributions simple à ramifiée (monopodiale)
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence des cordons et de rhizomorphe de la même couleur que la mycorhize

**Figure 48 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Manteau épais pseudo parenchymateux avec des cellules a tannins
- Réseau de Hartig parcourt deux couches de cellule
- Présence d'ornementation de type L

**Figure 49 :** mycorhize de couleur marron foncé à la base et clair au sommet caractérisé par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel peu abondent
- Présence de cordons et de rhizomorphe

**Figure 50:** mycorhize de couleur grise avec des tâches de fluorescences blanches caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel peu abondent
- Présence de quelques cordons et de rhizomorphes

### 1.3.2. L'aspect morphologique et anatomique des mycorhizes de l'arbre 2 :

**Figure 51 :** mycorhize de couleur noir caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel peu abondent
- Présence de quelques cordons et absence de rhizomorphe

**Figure 52 :** mycorhize de couleur marron foncé à la base et clair au sommet caractérisé par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Lisse
- Présence de quelques cordons et absence de rhizomorphe

**Figure 53 :** mycorhize de couleur marron clair à la base et noir au sommet caractérisé par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple à ramifiée
- Mycélium extra matriciel peu abondent
- Présence de cordons et de rhizomorphes

**Figure 54 :** mycorhize de couleur marron clair à la base et au sommet et blanche opaque au milieu caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel peu abondent

**Figure 55 :** mycorhize de couleur noir caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution ramifiée
- Mycélium extra matriciel très abondent
- Présence de cordons et de rhizomorphes de couleur clair

**Figure 56,57 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Manteau très épais pseudo parenchymateux avec des cellules a tanins
- présence d'ornementation de type L avec hyphe septés
- réseau de Hartig s'entend sur quatre couches de cellules de type A

**Figure 58 :** mycorhize de couleur blanche transparente caractérisée par (G40×G 2.94) :

- distribution simple
- mycélium extra matriciel peu abondant
- présence de cordons et l'absence de rhizomorphes

**Figure 59 :** mycorhize mixte de couleur brune à la base et marron clair au sommet caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- mycélium extra matriciel peu abondant frangeante
- présence de quelques cordons à la base

**Figure 60,61 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94)

- manteau mince pseudo parenchymateux de type M, formé par des hyphes lâches.
- Réseau de Hartig s'étend sur un à deux couches de cellules de type C
- Ornementation de type E

**Figure 62 :** Mycorhize de couleur beige caractérisée par (G40×G 2.94) :

- distribution simple
- mycélium extra matriciel très abondant au sommet
- présence de quelques cordons et l'absence de cordons

**Figure 63 :** mycorhize de couleur noir caractérisée par (G40×G 2.94) :

- distribution ramifiée
- mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence des cordons et l'absence de rhizomorphes

**Figure 64,65 :** La coupe transversale de la mycorhize caractérisé par (G40× G 2.94) :

- manteau très épais pseudo parenchymateux avec beaucoup de tanin
- réseau de Hartig parcourt sur un à deux couches de cellules de type A
- présente d'ornementation de type L

**Figure 66:** mycorhize de couleur jaune claire à beige caractérisé par (G40× G 2.94) :

- distribution coraloïde
- mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence beaucoup de cordons et l'absence de rhizomorphes

**Figure 67,68 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- manteau pseudo parenchymateux de type L
- réseau de Hartig s'étend sur un à deux couches de cellules de type A
- présence d'ornementation de type L

**Figure 69 :** mycorhize de couleur beige clair caractérisée par (G40×G 2.94) :

- distribution ramifiée
- mycélium extra matriciel peu abondant
- l'absence de cordons et de rhizomorphes

**Figure 70 :** La coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- manteau peu épais pseudo parenchymateux de type P, formé par des hyphes lâches
- réseau de Hartig s'étend sur deux à trois couche de cellule de type D

**Figure 71 :** mycorhize de couleur marron foncé avec une extrémité noir caractérisée par (G40×G 2.94) :

- distribution ramifiée
- mycélium extra matriciel peu abondant
- présence des cordons et l'absence de rhizomorphes

**Figure 72 :** La coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- manteau peu épais pléctenchymateux de type H, formé par des hyphes très lâches
- réseau de Hartig s'étend sur deux à trois couche de cellule de type B

**Figure 73 :** mycorhize de couleur blanche avec extrémité marron foncé caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- mycélium extra matriciel peu abondant à l'extrémité
- présence de quelques cordons et l'absence de rhizomorphes

**Figure 74 :** mycorhize de couleur blanche transparente caractérisée par (G40×G 2.94)

- distribution simple
- lisse
- présence de quelques cordons fin et l'absence de rhizomorphes

**Figure 75 :** mycorhize de couleur jaune verdâtre caractérisée par (G40×G 2.94)

- distribution simple
- mycélium extra matriciel peu abondant
- présence de quelques cordons et l'absence de rhizomorphes

### 1.3.3. L'aspect morphologique et anatomique des mycorhizes de l'arbre 3 :

**Figure 76 :** mycorhize de couleur marron caractérisée par (G40×G 2.94) :

- distribution ramifiée
- mycélium extra matriciel peu abondant
- présence des cordons et l'absence de rhizomorphes

**Figure 77 :** mycorhize de couleur noir caractérisée par (G40×G 2.94) :

- distribution simple (tuber)
- mycélium extra matriciel peu abondant
- présence des cordons et de rhizomorphes

**Figure 78 :** mycorhize de couleur marron caractérisée par (G40×G 2.94) :

- distribution simple
- mycélium extra matriciel peu abondant
- présence de cordons et l'absence de rhizomorphes

**Figure 79:** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- manteau épais pléctenchymateux de type B avec des cellules à tanins
- réseau de Hartig s'étend sur deux couche de cellule de type D.
- présente d'ornementation de type L

**Figure 80 :** mycorhize mixte de couleur marron foncé à la base et clair au sommet caractérisé par (G40× G 2.94) :

- Distribution simple
- mycélium extra matriciel peu abondant
- présence de cordons et l'absence de rhizomorphes

**Figure 81** : mycorhize de couleur grise à extrémité clair caractérisé par (G40× G 2.94) :

- distribution simple
- mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence de quelques cordons et l'absence de rhizomorphes

**Figure 82,83** : la coupe transversale de la mycorhize caractérisé par (G40× G 2.94) :

- manteau épais pléctenchymateux de type de I avec peu de tanins.
- réseau de Hartig s'étend sur deux à trois couches de cellules de type A.
- présence d'ornementation de type L

**Figure 84** : mycorhize de couleur noir caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence de cordons très abondant et l'absence de rhizomorphes

**Figure 85,86** : la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Manteau peu épais pseudo parenchymateux de type E avec des hyphes lâches ainsi que des cellules a tannins
- réseau de Hartig s'étend sur deux à trois couches de cellules de type A
- présence d'ornementation de type L

**Figure 87:** mycorhize de couleur marron foncé à extrémité clair caractérisée par (G40×G2.94) :

- Distribution ramifiée
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence de quelques cordons et de rhizomorphes

**Figure 88 :** mycorhize de couleur marron foncé a la base et clair au sommet caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution monopodiale
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence des cordons et de rhizomorphes

**Figure 89 :** mycorhize de couleur blanc argentée caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution ramifiée
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence des cordons et de rhizomorphes

**Figure 90 :** mycorhize de couleur noir caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution monopodiale
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence des cordons et l'absence de rhizomorphes

**1.3.4. L'aspect morphologique et anatomique des mycorhizes de l'arbre 4 :****Figure 91 :** mycorhize de couleur marron clair caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution ramifiée
- Absence de mycélium extra matriciel ainsi que l'absence de cordons et de rhizomorphes

**Figure 92,93 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- manteau peu épais pseudo parenchymateux de type L
- réseau de Hartig s'étend sur deux à trois couches de cellules de type D
- présence d'ornementation de type G

**Figure 94 :** mycorhize de couleur marron clair caractérisée par (G40×G 2.94) :

- distribution simple
- lisse
- présence de quelques cordons et absence de rhizomorphes

**Figure 95,96 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- manteau assez épais pseudo parenchymateux de type L avec des hyphes lâches à l'extérieur et serrés vers l'intérieure
- réseau de Hartig s'étend sur un à deux couches de cellules de type B.
- présence d'ornementation de type G

**Figure 97 :** mycorhize de couleur marron clair caractérisée par (G40×G 2.94) :

- distribution monopodaile
- lisse

**Figure 98 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- manteau peu épais pseudo parenchymateux de type B avec des hyphes très lâches.
- réseau de Hartig s'étend sur deux à trois couches de type B

**Figure 99 :** mycorhize de couleur marron claire (translucide) caractérisée par (G40×G2.94) :

- Distribution ramifiée
- mycélium extra matriciel peu abondant
- Présence de quelques cordons

**Figure 100 :** mycorhize de couleur beige caractérisée par (G40×G 2.94) :

- distribution ramifiée
- lisse
- absence de cordons et de rhizomorphes

**Figure 101,102 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94)

- manteau peu épais pléctenchymateux avec des hyphes serrés
- réseau de Hartig s'étend sur un à deux couches de cellules de type B

**Figure 103 :** mycorhize mixte couleur marron foncé à la base et clair au sommet caractérisé par (G40× G 2.94) :

- distribution simple
- mycélium extra matriciel peu abondant
- absence de cordons et rhizomorphes

**Figure 104 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- manteau peu épais pléctenchymateux avec des hyphes serrés.
- réseau de Hartig s'étend sur une seule couche de cellule de type B

**Figure 105:** mycorhize de couleur blanc translucide caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- mycélium extra matriciel peu abondant
- présence de cordons et absence de rhizomorphes

**Figure 106 :** mycorhize de couleur blanche transparente caractérisée par (G40×G 2.94) :

- distribution ramifiée
- mycélium extra matriciel peu abondant
- présence de quelques cordons et absence de rhizomorphes

**Figure 107,108 :** la coupe longitudinale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- manteau épais pléctenchymateux avec des hyphes lâches vers l'extérieure.
- Présence de réseau de Hartig
- Présence d'ornementation de type L

**Figure 109:** mycorhize de couleur blanche fluorescente caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- Absence de cordons et de rhizomorphes

**Figure 110 :** mycorhize de couleur noir à la base et jaune au sommet (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Absence de mycélium extra matriciel
- Absence de cordons et de rhizomorphes

**Figure 111,112 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Manteau assez épais pseudo parenchymateux avec des hyphes lâches
- Réseau de Hartig s'étend sur un à deux couches de cellules
- Présence d'ornementation de type A

**Figure 113:** mycorhize de couleur blanche caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel très abondant
- Présence de quelques cordons et absence de rhizomorphes

**Figure 114 :** la coupe transversale de la mycorhize caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Manteau épais pseudo parenchymateux de type M avec des hyphes lâches
- Réseau de Hartig s'étend sur deux à trois couches de cellules de type A

**Figure 115** : mycorhize de couleur marron clair caractérisée par (G40×G 2.94) :

- Distribution simple
- Mycélium extra matriciel peu abondant
- présence de cordons et absence de rhizomorphes

**1.4. Les structures endomycorhiziennes observées dans les racines de peuplier noir :****1.4.1. Les structures endomycorhiziennes observées dans les racines de l'arbre 1 :**

**Figure 116 :** cette figure montre, des arbuscules de type Arum (G100×G 4.92).

**Figure 117 :** pelotons forme par un hyphe septé (G100×G 4.92).

**Figure 118,119 :** Amas des vésicules intercellulaires de forme ronde, ovale, avec ou sans globules lipidiques (G400×G 1.87).

**Figure 120 :** la figure montre des spores intracellulaires (G100×G 4.92).

**Figure 121 :** une vésicule ovale intercellulaire, portée par un hyphe non septé (G400×G 1.87).

**Figure 122 :** une vésicule ronde intercellulaire, portée par un hyphe non septé (G400×G 1.87).

**Figure 123,124 :** Des hyphes extracellulaires de différents diamètres siphonnés, septés (G100×G 4.92).

**1.4.2. Les structures endomycorhiziennes observées dans les racines de l'arbre 2 :**

**Figure 125, 126,127 :** les figures montre, des arbuscules de type Arum et paris (G100×G 4.92).

**Figure 128 :** Amas des vésicules intercellulaires de forme rondes, ovales, sans globules lipidiques (G400×G 1.87).

**Figure 129,130 :** Amas des vésicules intercellulaires de forme rondes, ovales, avec globules lipidiques (G400×G 1.87)

**Figure 131,132 :** Des hyphes extracellulaires de différents diamètres siphonné, septé (G100×G 4.92).

**Figure 133:** pelotons forme par un hyphe siphonné (G100×G 4.92).

**Figure 134:** pelotons forme par un hyphe septé (G100×G 4.92).

**Figure 135,136 :** une vésicule ronde intercellulaire et intracellulaire, portée par un hyphe non septé (G100×G 4.92)

**Figure 137 :** une vésicule ovale intercellulaire et intracellulaire, portée par un hyphe non septé (G100×G 4.92)

**1.4.3. Les structures endomycorhiziennes observées dans les racines de l'arbre 3:**

**Figure 138 :** la figure montre, des arbuscules de type paris (G100×G 4.92).

**Figure 139,140 :** Amas des vésicules intercellulaires et intracellulaires de forme rondes, ovales, sans globules lipidiques (G400×G 1.87).

**Figure 141,142 :** une vésicule ronde intracellulaire sans globule lipidique (G100×G 4.92)

**Figure 143 :** une vésicule ovale intracellulaire, sans globule lipidique (G100×G 4.92)

**Figure 144,145 :** Des hyphes extracellulaires de différents diamètres siphonné, septé (G100×G 4.92).

**Figure 146,147 :** une vésicule ronde intracellulaire et intercellulaire, portée par un hyphe non septé (G100×G 4.92)

**Figure 148 :** une vésicule ovale intracellulaire, portée par un hyphe non septé (G100×G 4.92)

**Figure 149 :** pelotons forme par un hyphe siphonné (G100×G 4.92), (G400×G 1.87).

**Figure 150** : pelotons forme par un hyphe siphonné (G100×G 4.92), (G400×G 1.87).

**Figure 151** : la figure montre des spores (G100×G 4.92)

**1.4.4. Les structures endomycorhiziennes observées dans les racines de l'arbre 4 :**

**Figure 152,153:** pelotons forme par un hyphe siphonné (G400×G 1.87), (G100×G 4.92).

**Figure 154 :** Des hyphes extracellulaires de différents diamètres siphonnés (G100×G 4.92)

**Figure 155, 156,157 :** Des hyphes extracellulaires de différents diamètres septés (G100×G 4.92), (G400×G 1.87)

**Figure 158,159 :** Amas des vésicules intercellulaires de forme rondes, ovales, avec et sans globules lipidiques (**G400×G 1.87**)

**Figure 160 :** une vésicule ronde (**G100×G 4.92**)

**Figure 161 :** une vésicule ovale (**G400×G 1.87**)

**Figure 162,163 :** une vésicule ronde intracellulaire et intercellulaire, portée par un hyphe non septé (**G100×G 4.92**)

**Figure 164,165** : une vésicule ovale intercellulaire et intracellulaire, portée par un hyphe non septé (G400×G 1.87)

### 1.5. Relations entre les dimensions des structures endomycorhiziennes et l'âge des arbres :

Nous avons mesuré les différentes structures endomycorhiziennes à l'aide d'un micromètre oculaire. Après lecture du nombre de graduations sur le micromètre (U×10), nous avons calculé les moyennes de ces structures que nous avons corrélées avec l'âge des arbres. Les résultats sont désignés comme suit dans le Tableau 2 :

**Tableau 2 :** Les moyennes des différentes structures endomycorhiziennes des quatre arbres

Numéro de l'arbre	Les moyennes des structures endomycorhiziennes (unité = u)				
		Vésicule ovale	Vésicule ronde	Hyphe septé	Hyphe siphoné
Arbre 1 (50ans)	largeur	272	306	80	60
	longueur	488			
Arbre 2 (73ans)	largeur	404	448	68	92
	longueur	612			
Arbre 3 (+54ans)	largeur	376	260	80	100
	longueur	584			
Arbre4 (33ans)	largeur	324	342	88	72
	longueur	364			

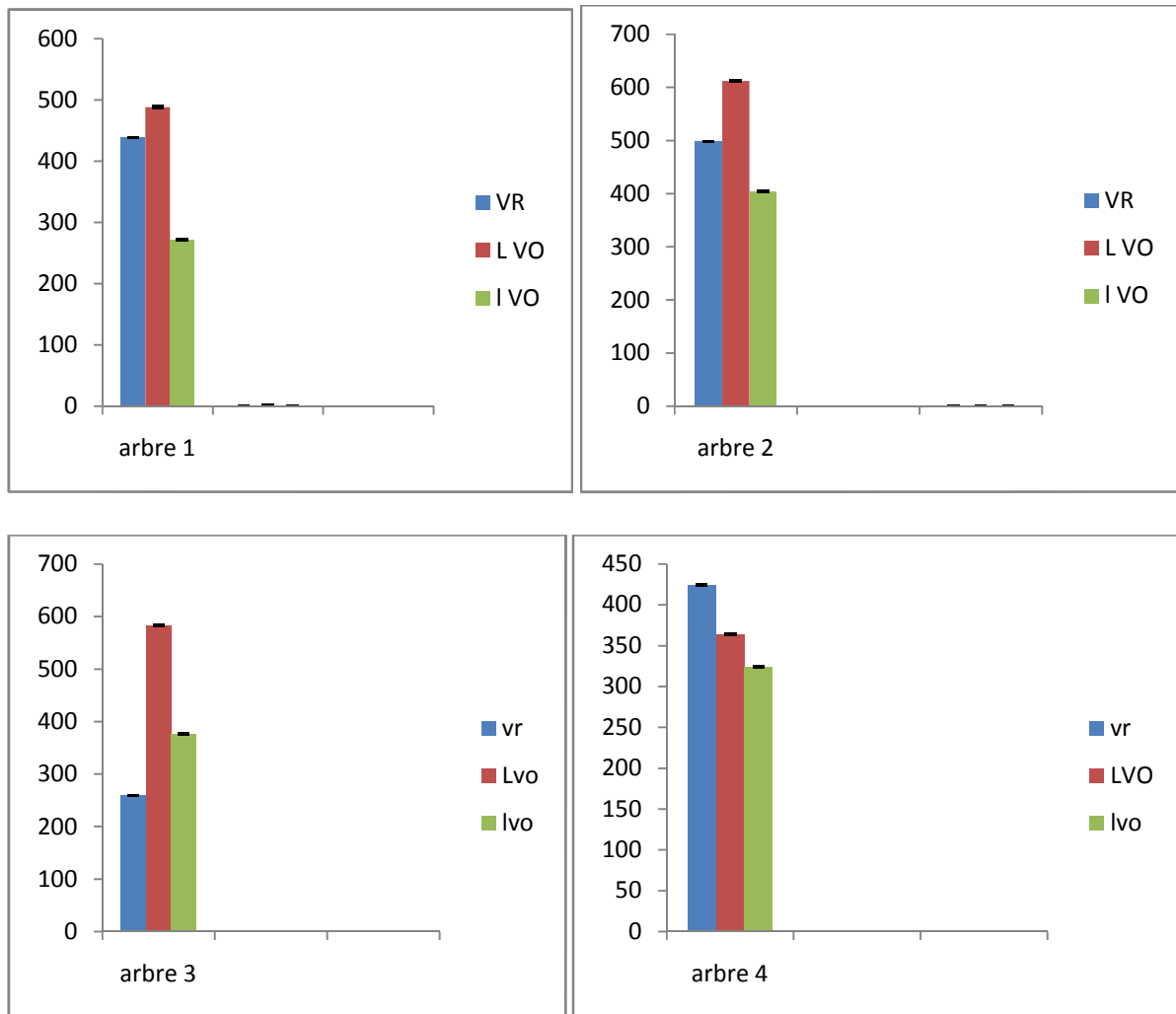


Figure 166 : Distributions des dimensions des **VR** et **VO** à travers les arbres (L : longueur, l : largeur)

Nous avons représenté les résultats obtenus pour les caractères structuraux endomycorhiziens selon les arbres dans la figure 166 et nous notons que les longueurs et largeurs les plus importantes sont observées pour les **VO** au niveau de l'arbre 2 et 3. Les dimensions des **VR** les plus importantes sont observées au niveau de l'arbre 4. Selon les chiffres des coefficients de corrélations obtenus entre les différentes variables et le facteur âge des arbres, il ressort une forte corrélation positive entre la longueur et la largeur des **VO** avec l'âge d'une valeur respectivement 0.92 et 0.64 ; par contre une faible corrélation est révélée entre les dimensions des **VR** et l'âge des arbres, d'une valeur 0.085.

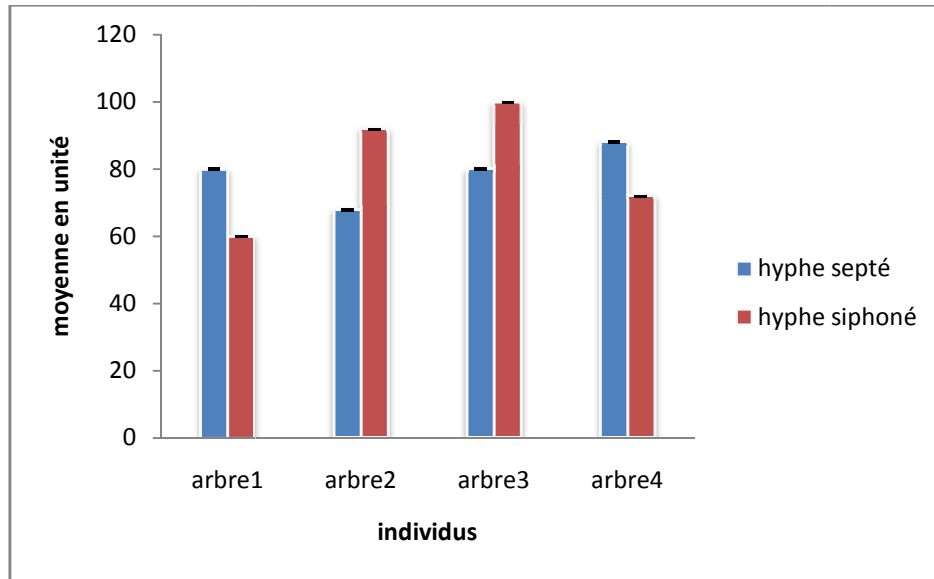


Figure167 : Distributions des dimensions des hyphes septés et des hyphes siphonnés à travers les arbres

Nous notons au niveau de l'histogramme de la figure 167 que les mesures des hyphes siphonnés les plus importantes sont observées au niveau du l'arbre 3 et 2. Le calcul du coefficient de corrélation révèle une relation moyenne entre les hyphes siphonnés et l'âge des arbres d'une valeur de 0.53 et une très forte corrélation et négative entre la largeur des hyphes septés et l'âge des arbres d'une valeur de -0.98

## 2. Discussions :

Nos résultats ont montré l'existence d'une dynamique complexe des types mycorhiziens : ectomycorhizes et endomycorhizes, chez le peuplier noir.

D'un point de vue morphologique et à l'issue de nos observations, nous avons identifié 22 morphotypes ectomycorhiziens pour l'arbre un (01), 15 morphotypes ectomycorhiziens pour l'arbre deux (02), 10 morphotypes ectomycorhiziens pour l'arbre trois (03) et enfin 12 morphotypes ectomycorhiziens pour l'arbre quatre (04). Nos résultats rejoignent ceux de Trappe (1962) sur la même espèce qui dénombre 10 espèces de champignons ectomycorhiziens. De plus HASHIMOTO et HYAKUMACHI (2000) signalent que le nombre d'espèces ectomycorhiziennes retrouvées à l'intérieure des communautés du peuplier varie de 8 à 24.

Les caractères ectomycorhiziens observés chez les peupliers étudiés sont soit simples, monopodiales, coralloïdes, ramifiées ou dichotomiques, de taille et de couleur variées. Ces mycorhizes peuvent être classées en trois groupes (AGERER, 1990) :

- Des ectomycorhizes à mycélium extra matriciel abondant (ECMMA) ;
- Des ectomycorhizes à mycélium extra matriciel peu abondant (ECMMPA) ;
- Des ectomycorhizes sans mycélium extra matriciel (lisse ECML).

Les résultats obtenus pour l'arbre 1 révèlent 17 ECMMPA, 3 ECMMA et 2 ECML. L'arbre deux révèle 11 ECMMPA, 2 ECMMA et 2 ECML. L'arbre trois toutes les ectomycorhizes (10) observées sont à mycélium extra matriciel peu abondant. L'arbre quatre révèle 6 ECMMPA, 1 ECMMA et enfin 5 ECML.

L'analyse des résultats fait ressortir l'abondance des ECMMPA au niveau de toutes les arbres étudiés suivies par ECML et en dernière position les ECMMA.

Sur le plan anatomique, ces ectomycorhizes sont caractérisées par la présence :

- D'un manteau fongique épais ou peu épais. Il présente différentes textures selon le type mycorhiziens : pseudoparenchymateux ou pléctenchymateux. Dans certains cas, le manteau présente des ornements à sa surface
- D'un réseau de Hartig qui s'étale sur deux ou trois couches des cellules corticales

Les mycorhizes que nous avons décrits dans les quatre arbres, nous avons observé la dominance d'un morphotype au niveau l'arbre 1 de couleur noir à mycélium extra matriciel peu abondant. D'après Dommergues et Mangenot (1970), les mycorhizes noirs seraient due au *Cenococcum geophilum*. Nous avons observée des ectomycorhizes lisses avec peu ou pas de rhizomorphes qui selon AGERER (1990) seraient dus à plusieurs champignons ectomycorhiziennes comme, *Lactarius badiusanguineus*, *Russula ochroleuca*, *Boletus* et *Xerocamus*, qui forment toujours avec leurs hôtes des ectomycorhizes lisses avec peu ou pas de rhizomorphes

En ce qui concerne les endomycorhizes, nous avons rencontré différentes structures fongiques dans les racines des quatre arbres étudiés:

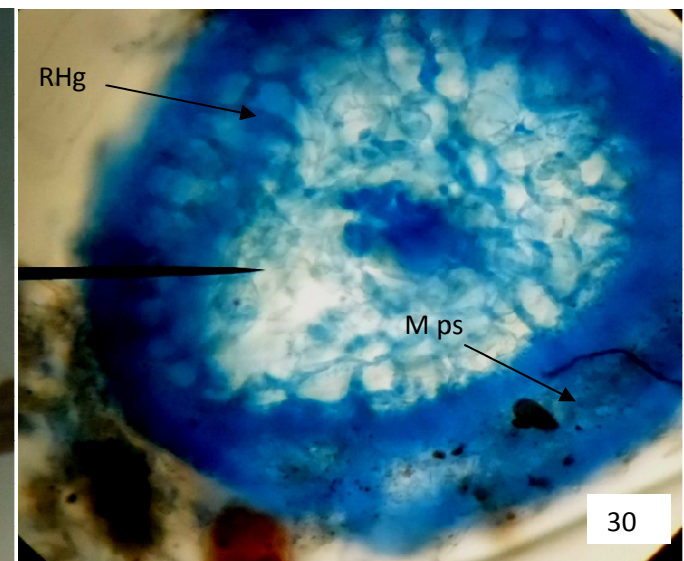
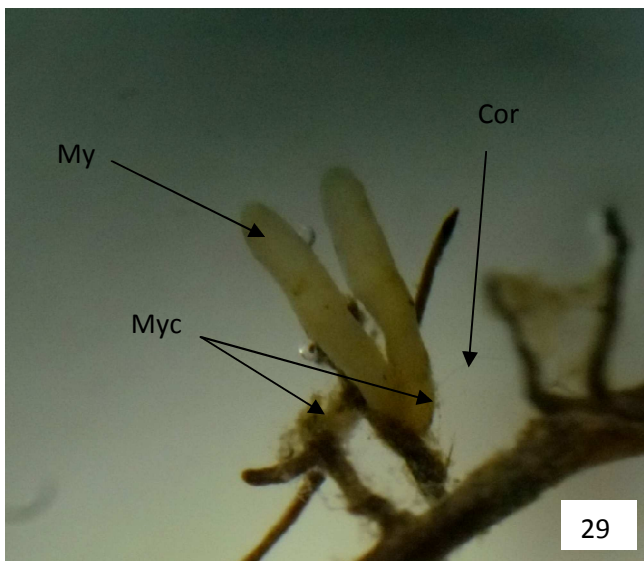
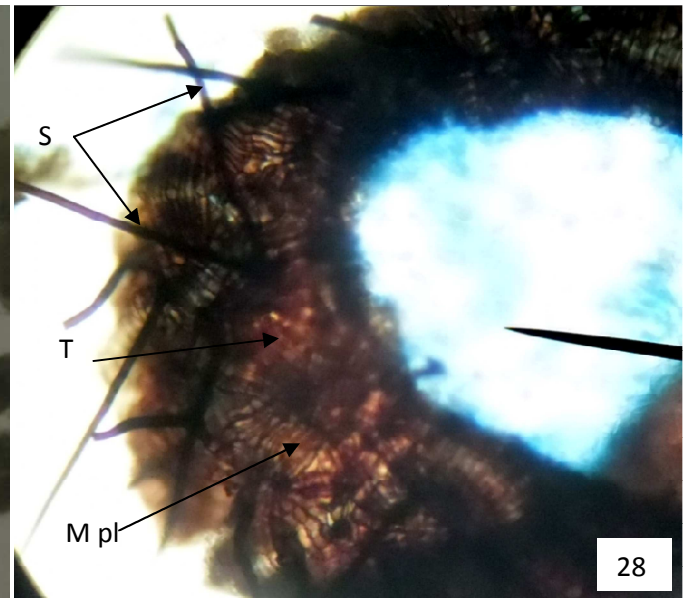
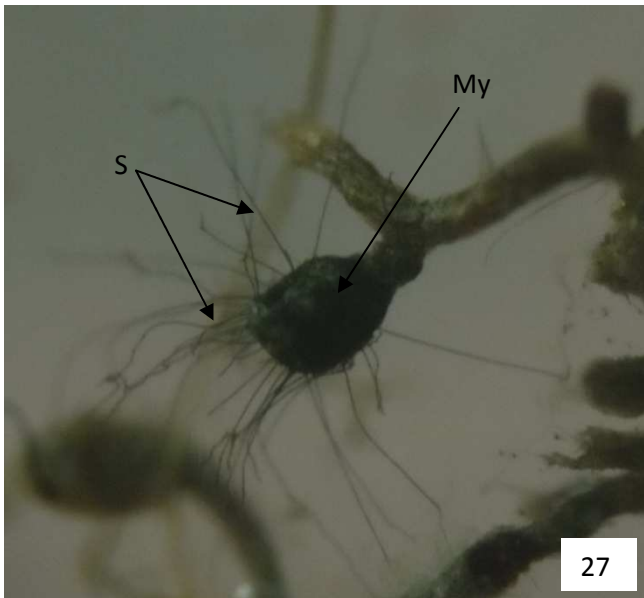
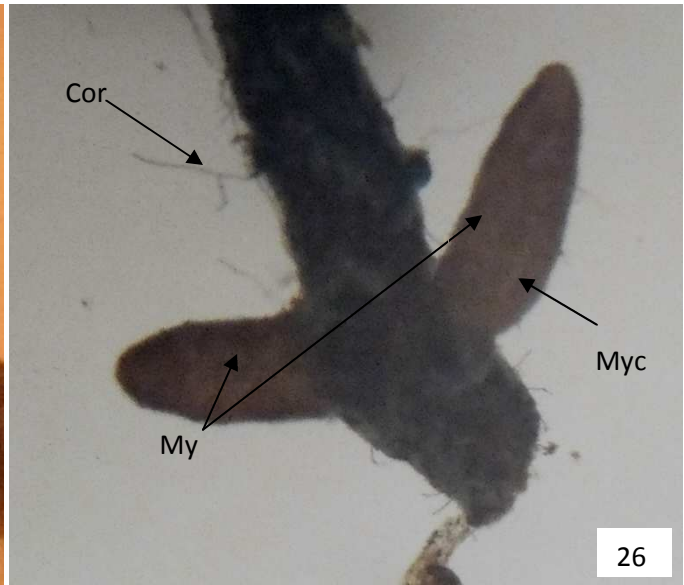
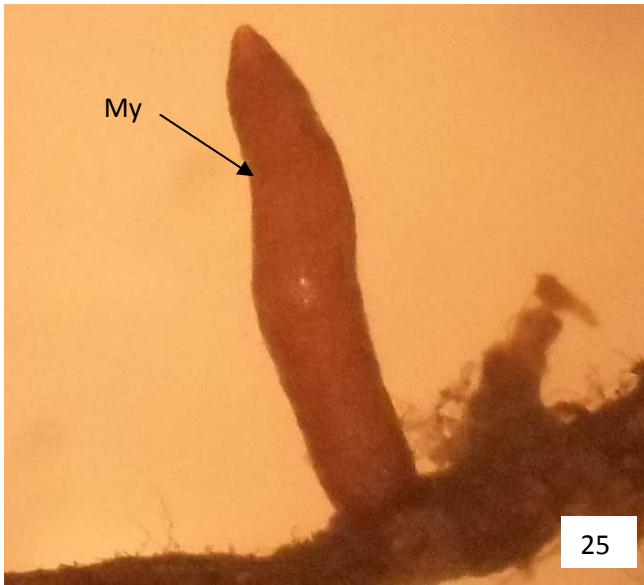
- Des vésicules intracellulaires et intercellulaires de différentes formes (ovales /rondes) et tailles, avec ou sans globule lipidique
- Des hyphes qui s'enroulent en pelotons, d'autre se ramifient pour former des arbuscules, ces derniers prennent deux types : Arum ou Paris
- Des spores
- Des hyphes extracellulaires ou intercellulaires de différents diamètres (septés/siphonnés)

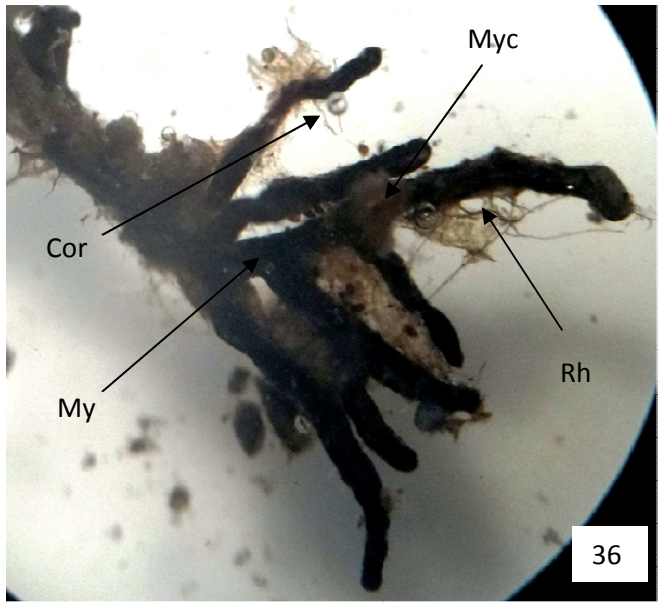
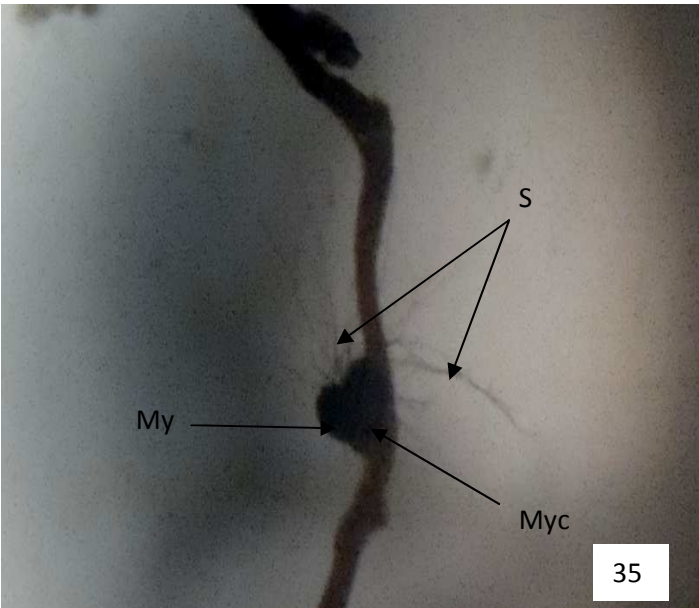
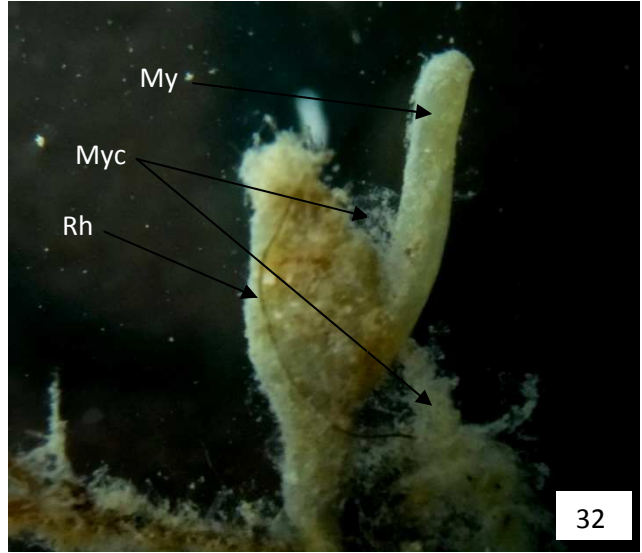
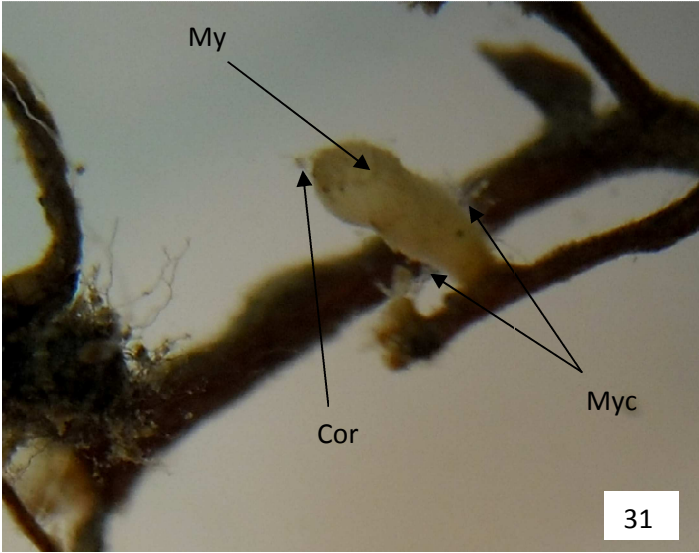
Or, les structures les plus souvent observées sont : des hyphes septés pour l'arbre trois (03), et des vésicules pour l'arbre quatre (04).

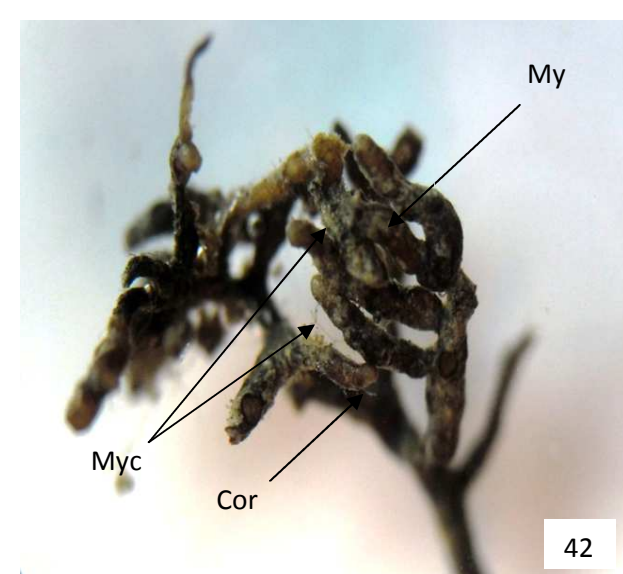
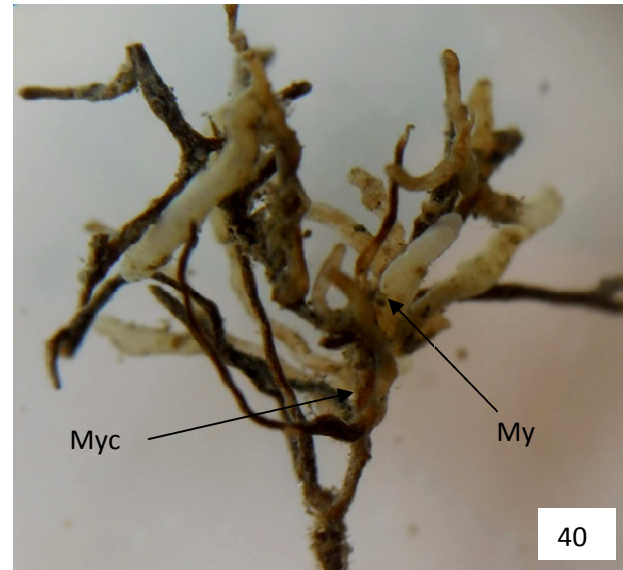
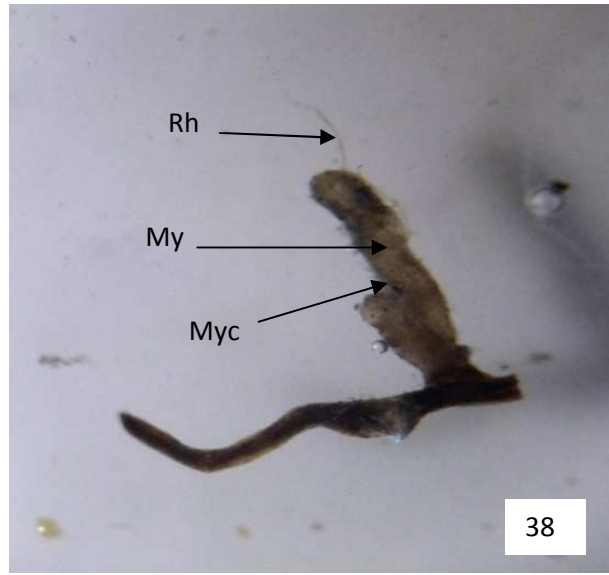
Selon PHILIPS et HAYMAN (1970), ces structures pourraient être liées à des caractères anatomiques spécifiques du genre *Glomus*, *Gigaspora* et *Acaulospora*. En effet, les vésicules intercellulaires, les hyphes septés intercellulaires et les arbuscules de type Paris observé chez le peuplier sont des caractéristiques qui indiqueraient d'après ces auteurs l'infection par le genre *Glomus*. Par contre des hyphes non septés qui s'enroulent en pelotons observés peuvent être une infection due par le genre *Gigaspora* (PHILIPS et HAYMAN, 1970)

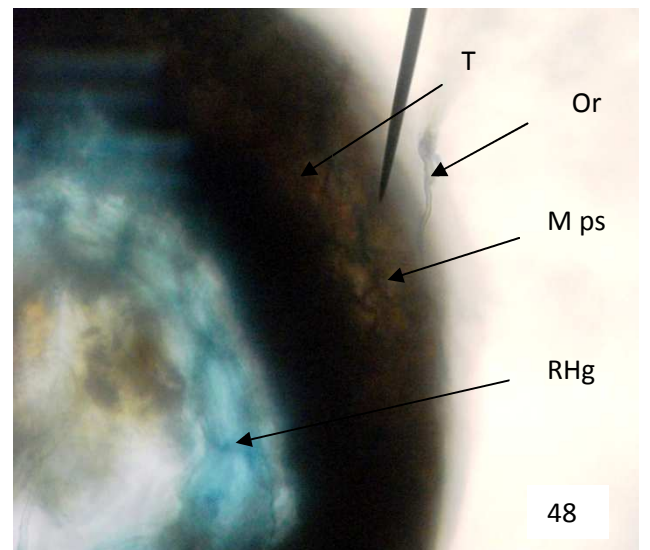
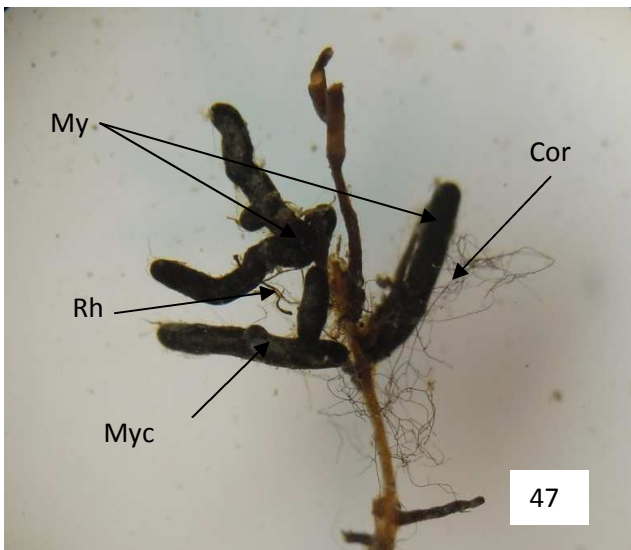
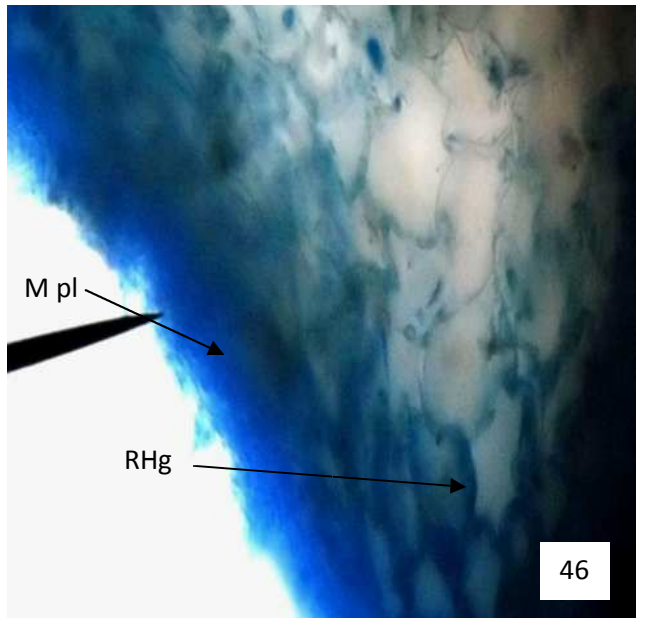
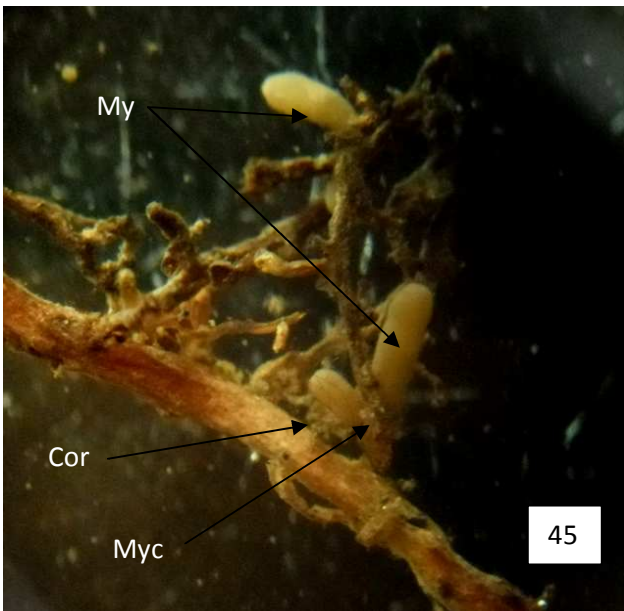
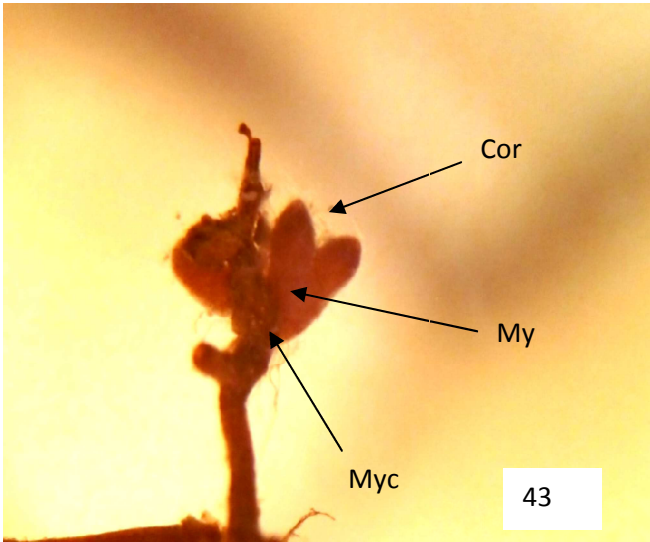
D'après les résultats de l'étude de l'état mycorhizien de *Populus nigra* de Ait zikki situé à Bouzeguène, nous pouvons affirmer que le peuplier noir présente la double mycorhization même au stade âgé qui se traduit par la présence de différents types d'ectomycorhizes et de structures endomycorhiziennes, contrairement aux observations faites par TRUSZKOWSKA, 1953 ; DOMINIK, 1956 ,1958 ; VOZZO et HACSKAYLO, 1974 ; LODGE, 1989 ; LODGE et WENTWORTH, 1990 qui n'attestent que pour la période juvénile de la même espèce

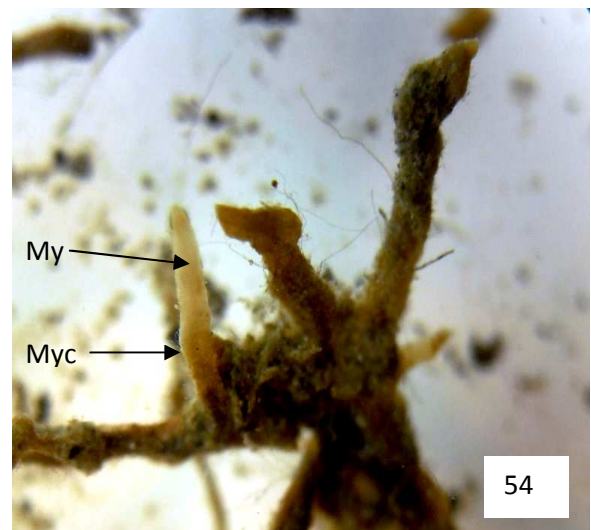
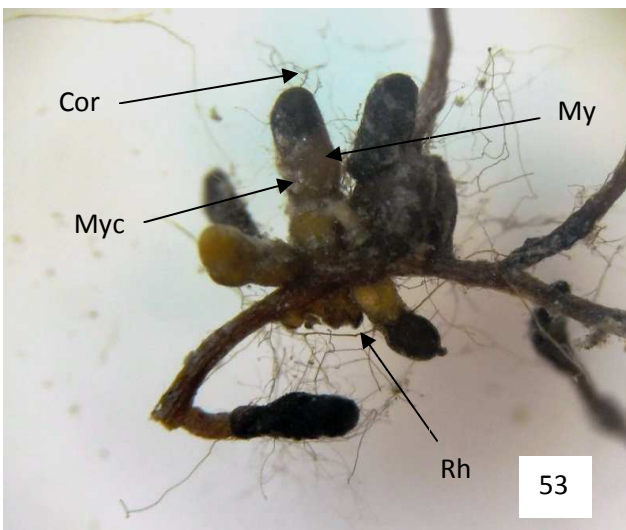
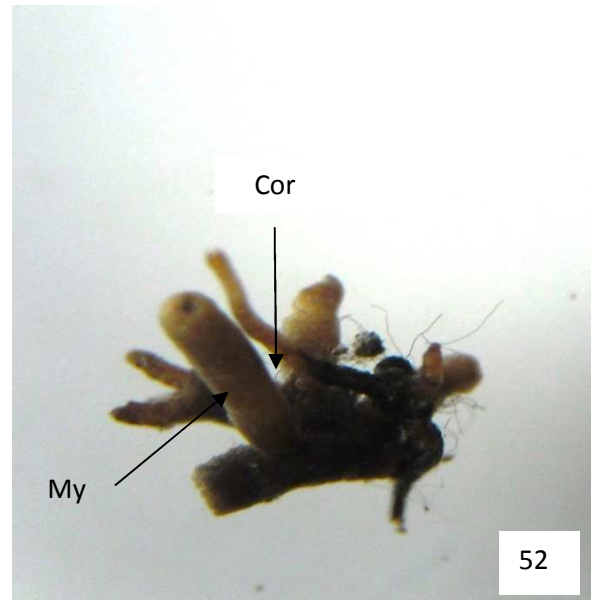
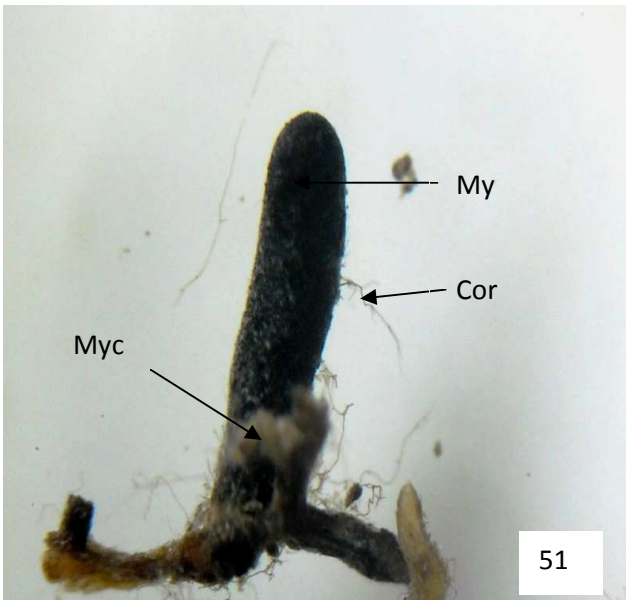
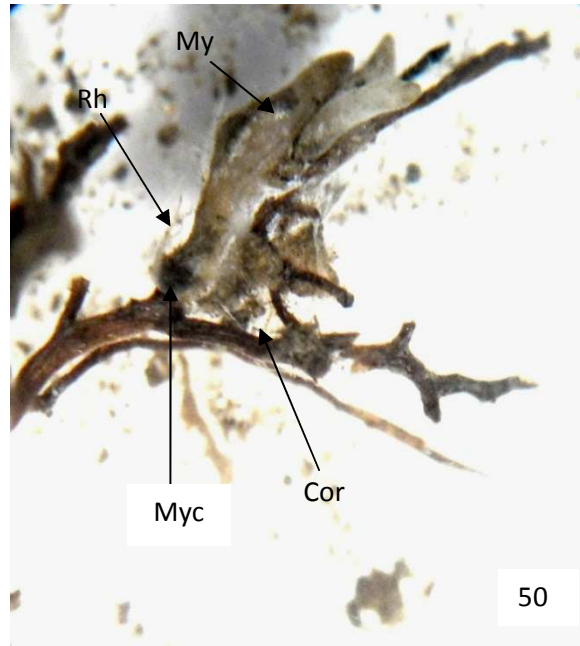
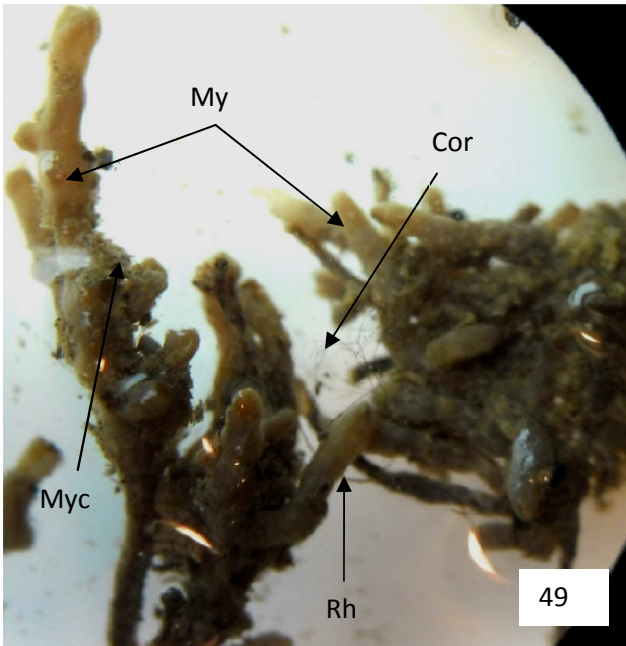
L'étude des paramètres dimensionnels des structures endomycorhiziennes en fonction de l'âge révèle une évolution progressive entre les dimensions vésicules ovales et l'âge des arbres, par contre évolution opposée entre les hyphes septés et l'âge des arbres.

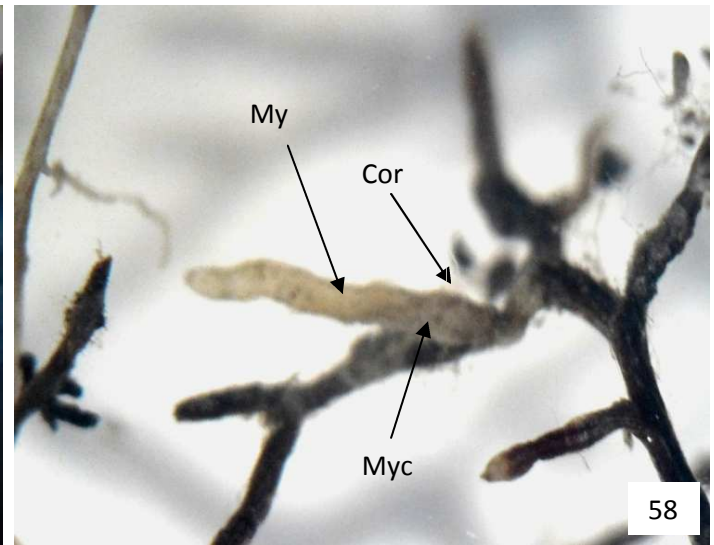
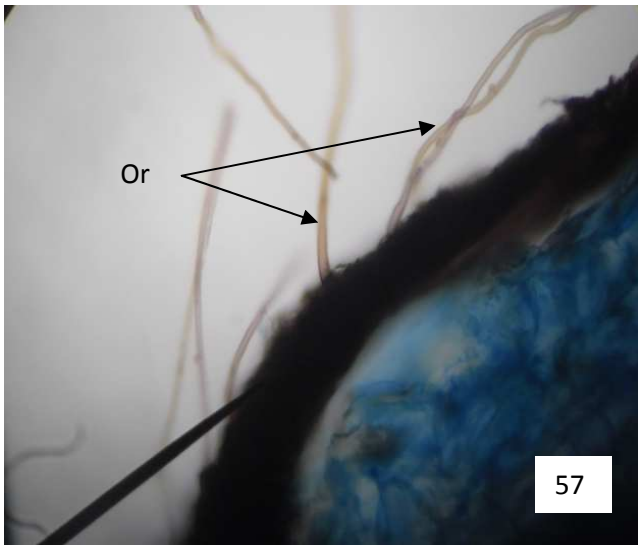
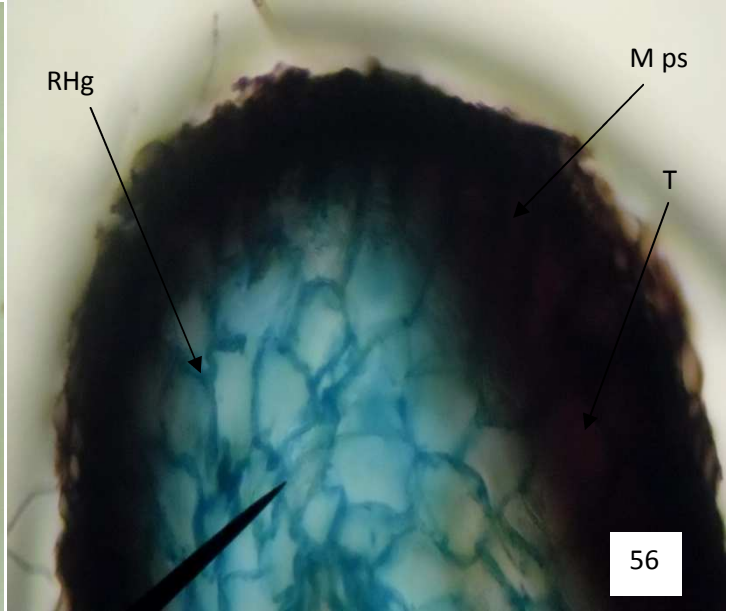
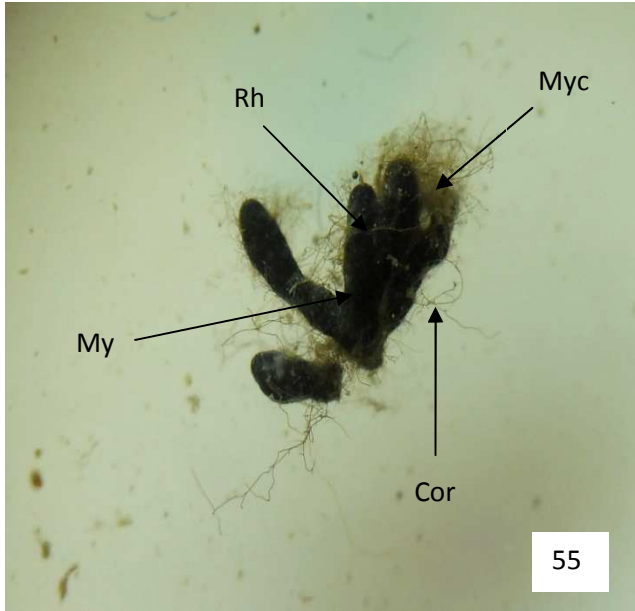


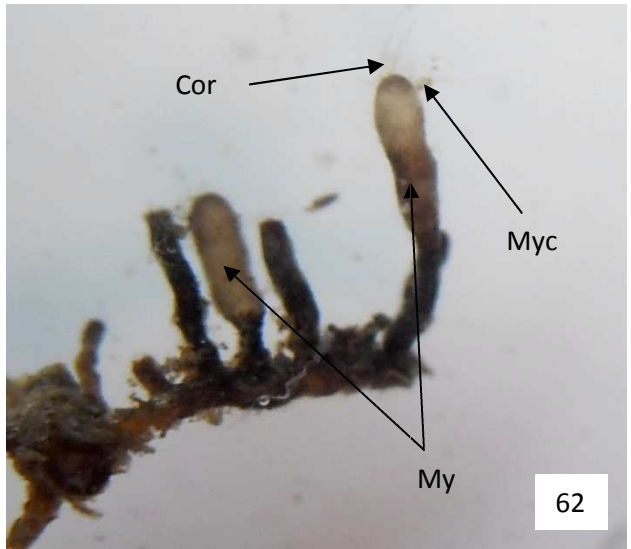
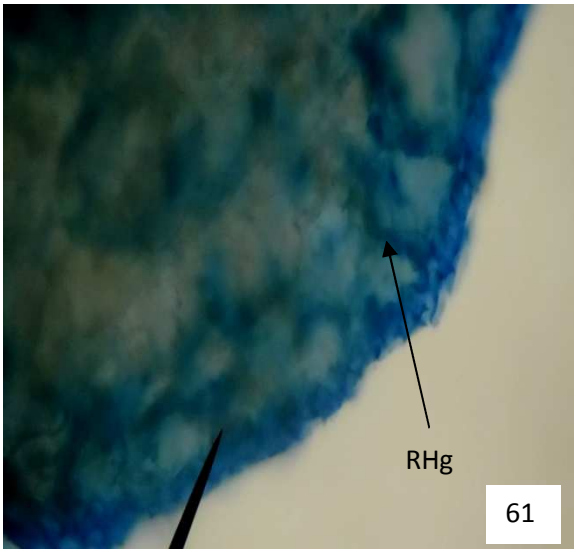
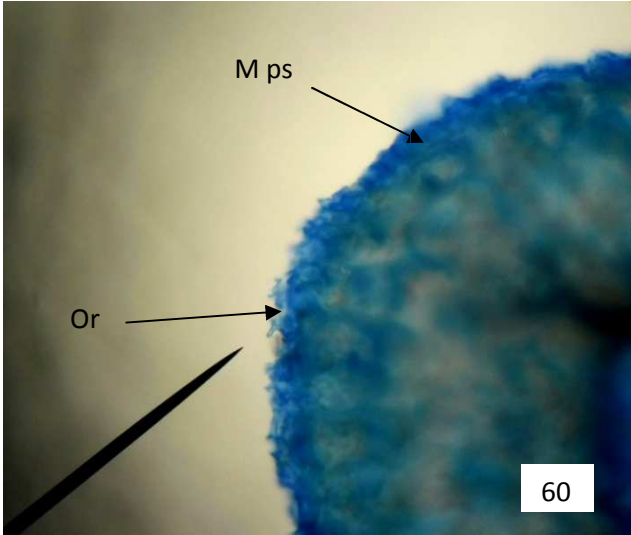
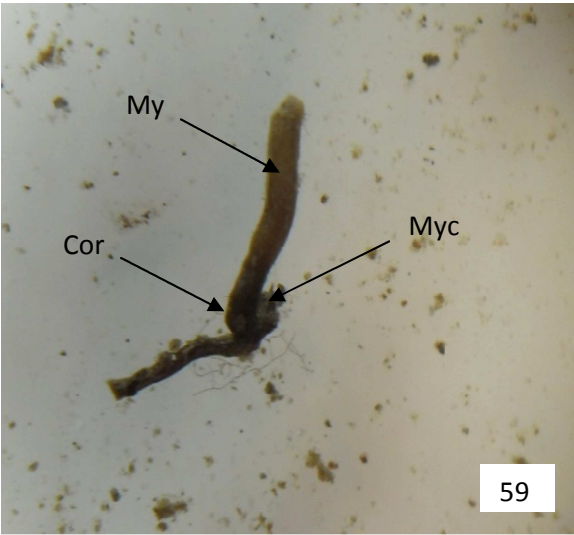


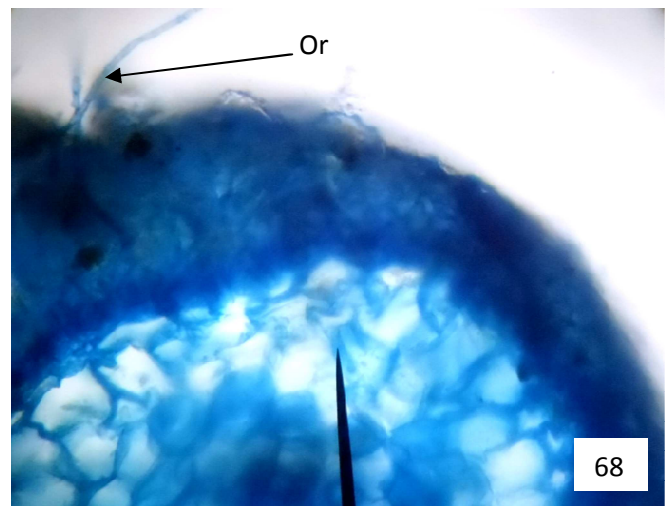
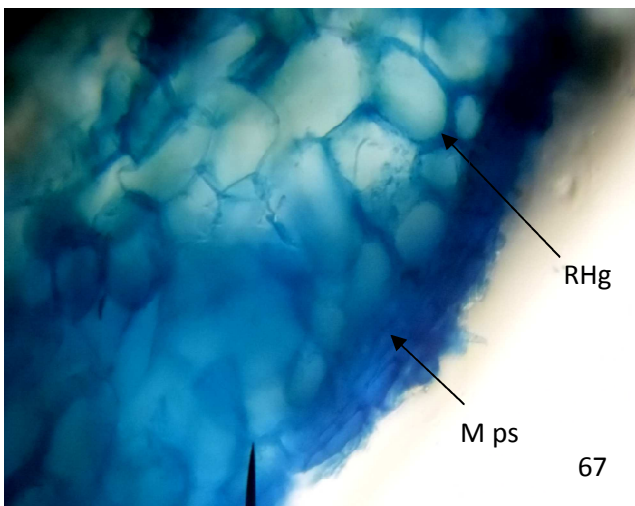
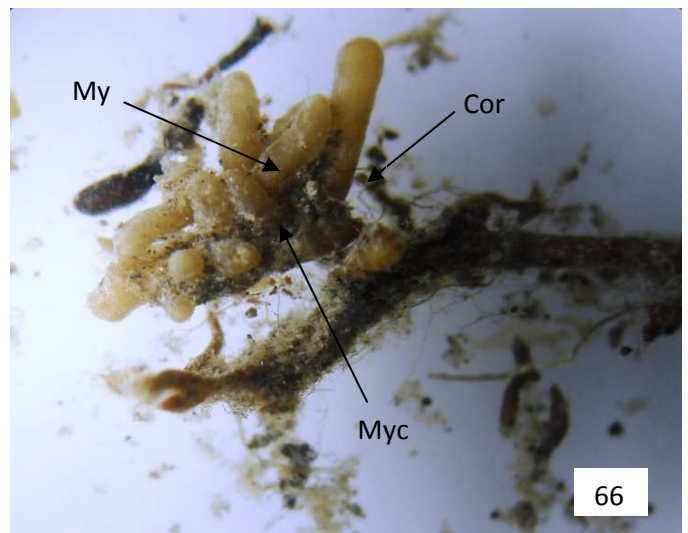
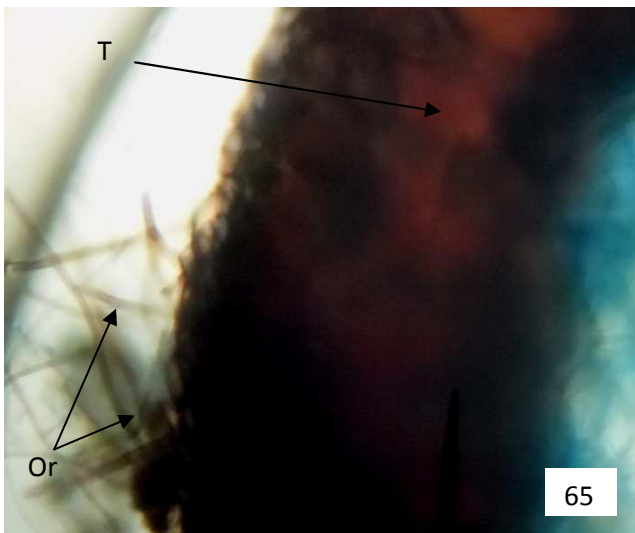
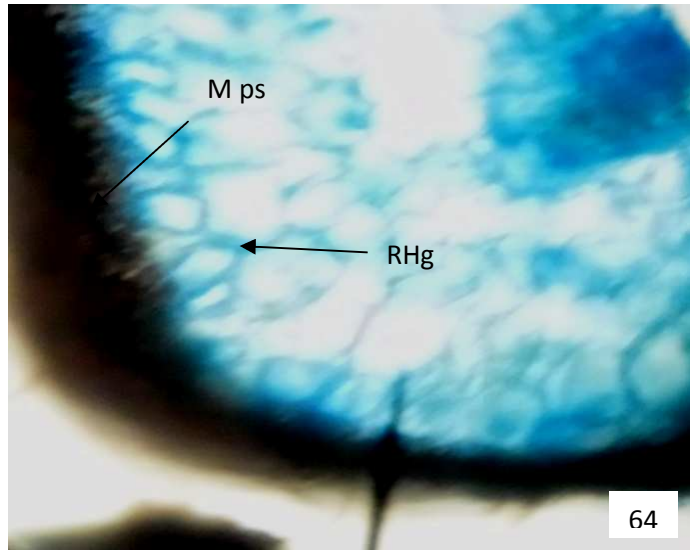
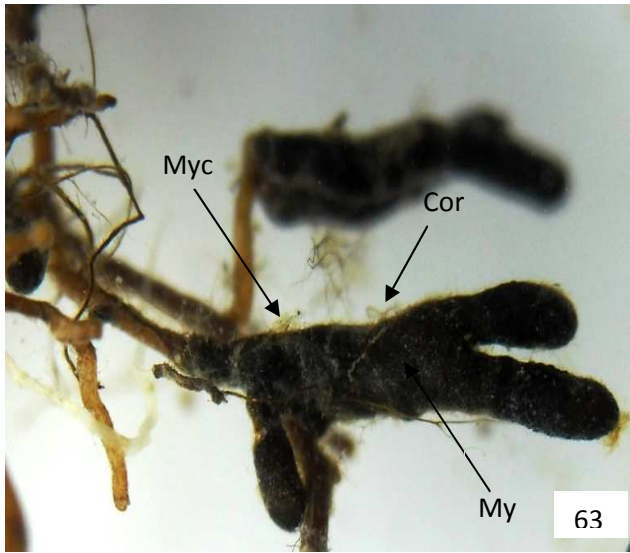


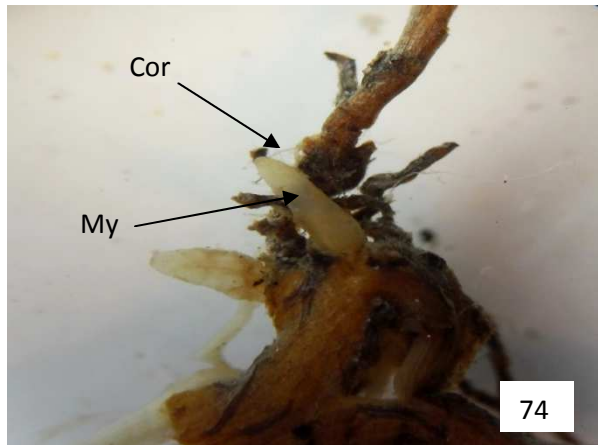
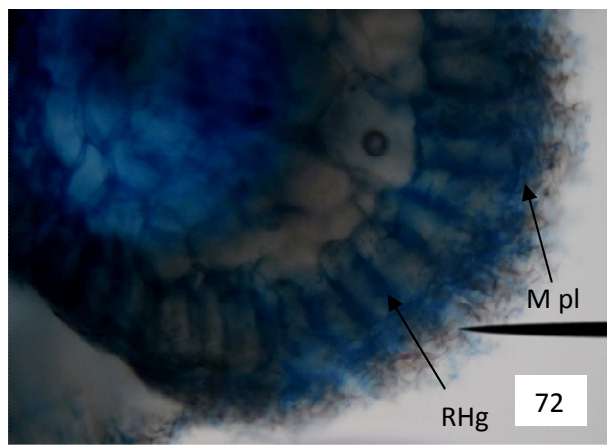
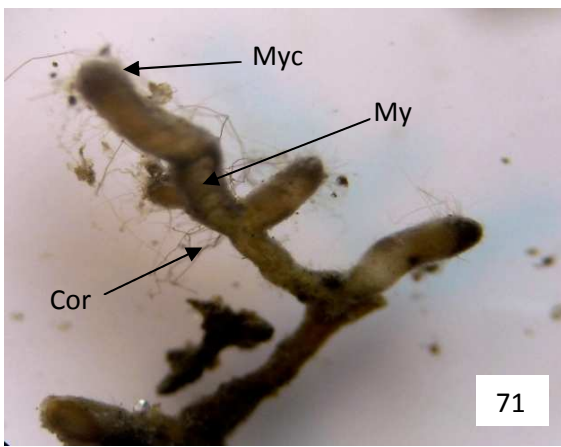
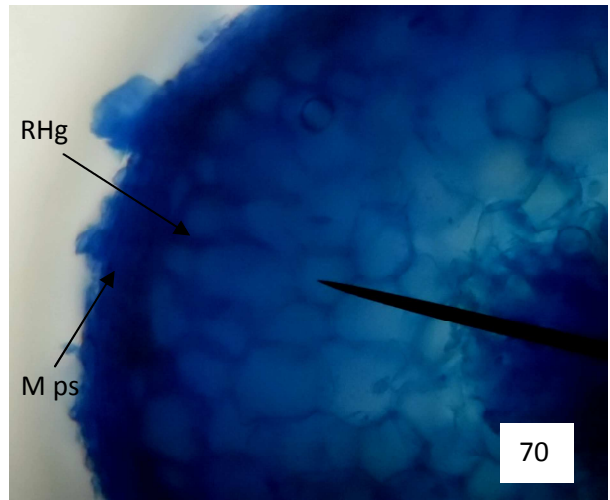


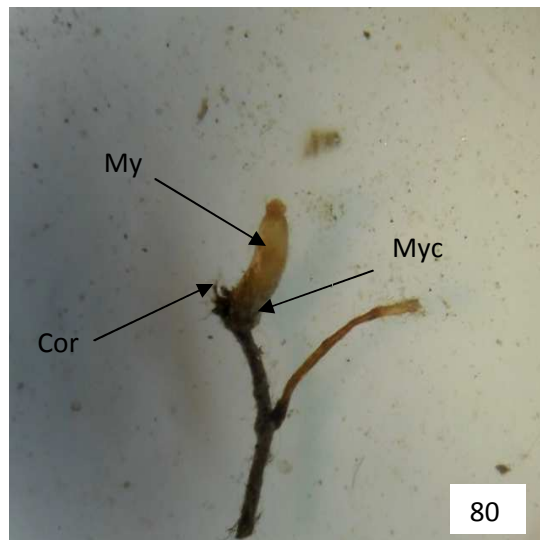
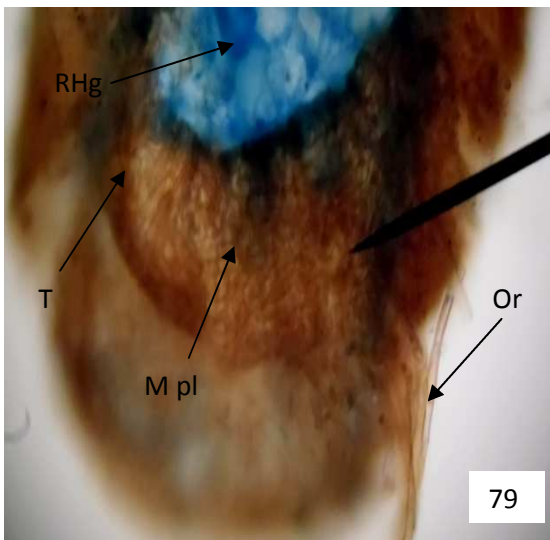
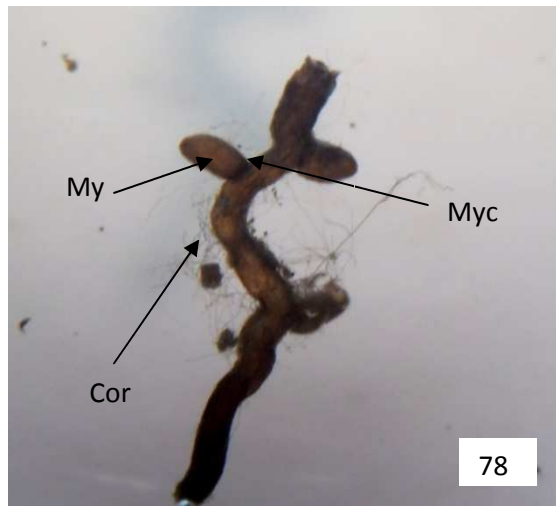
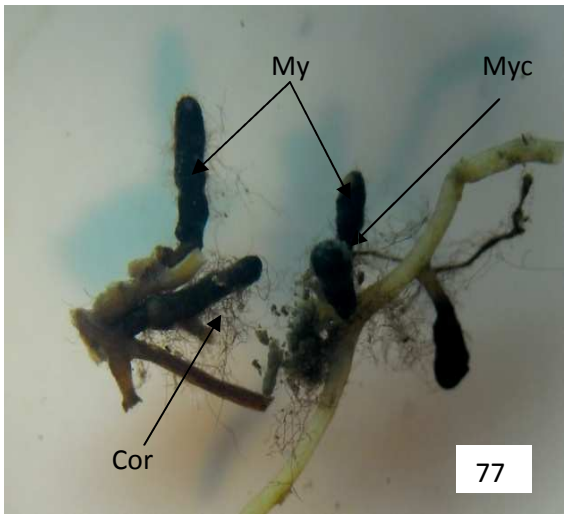
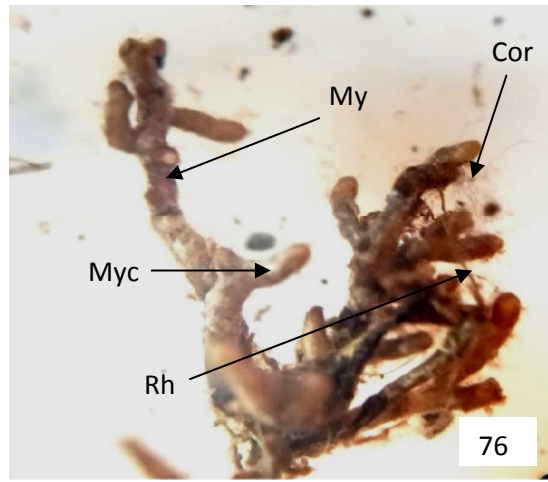
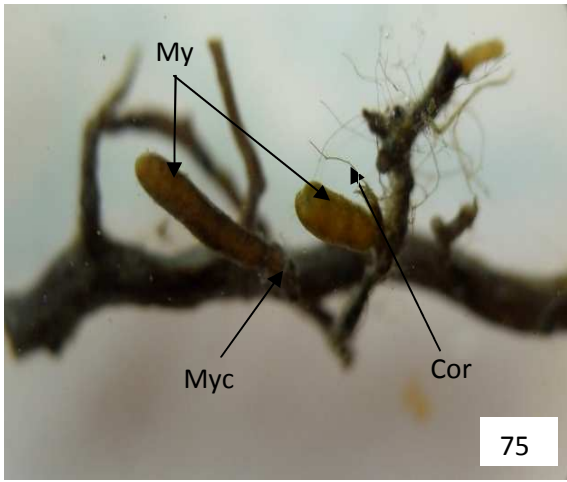


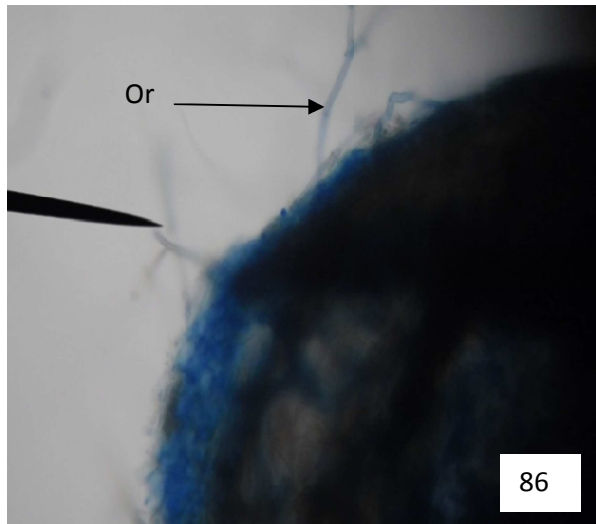
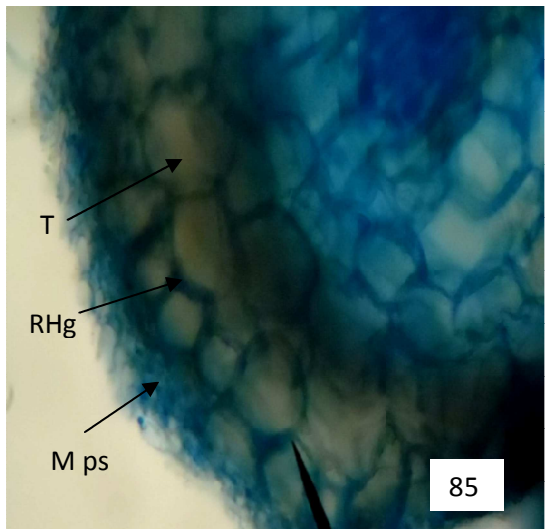
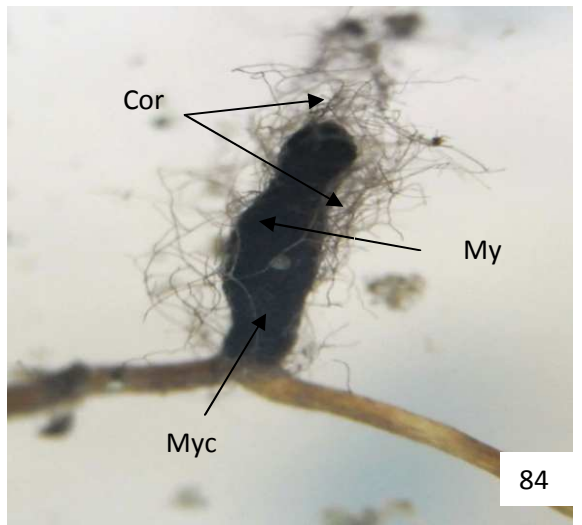
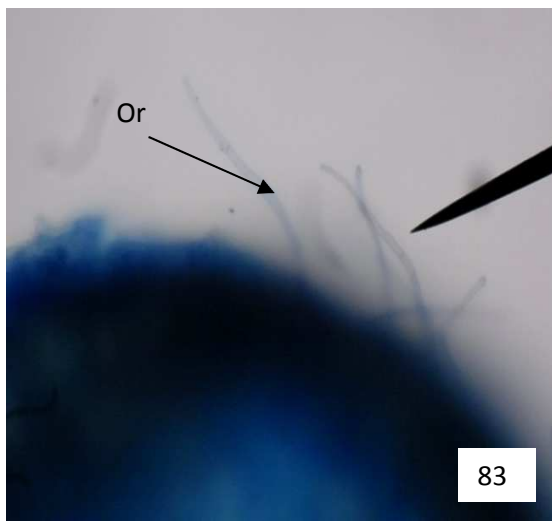
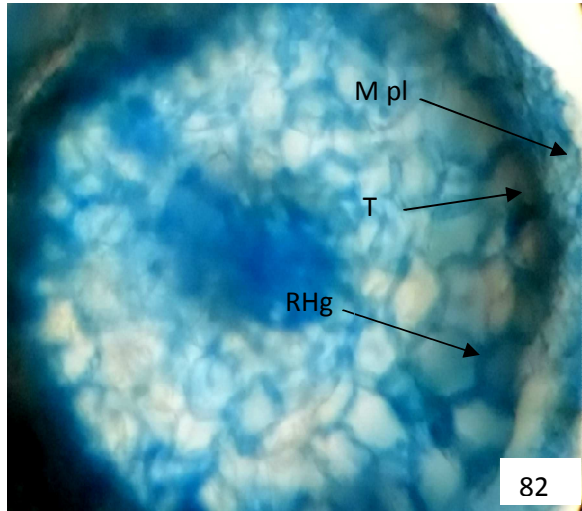
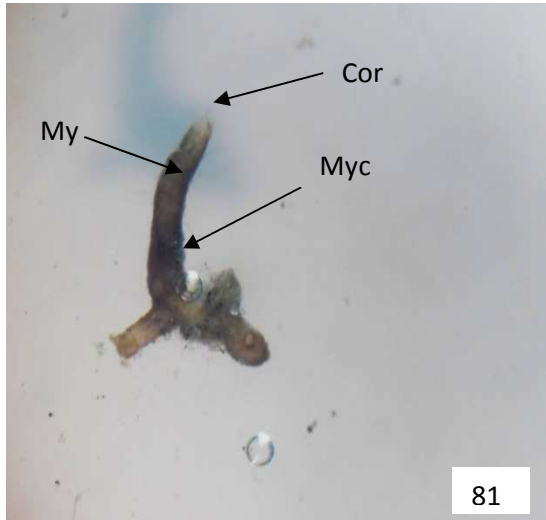


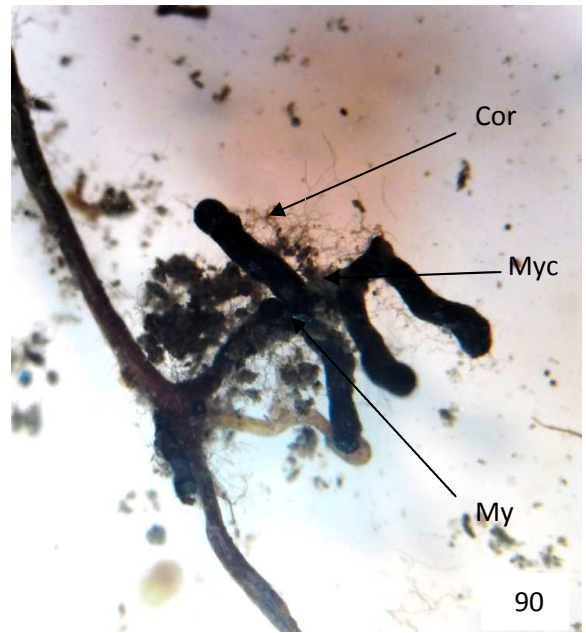
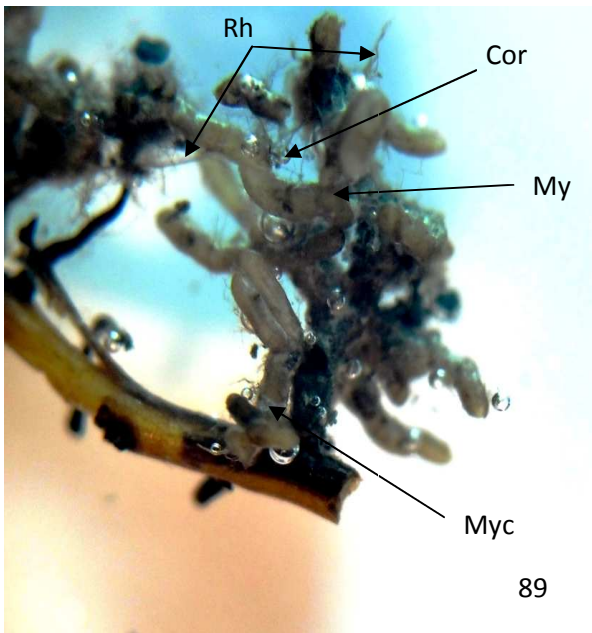
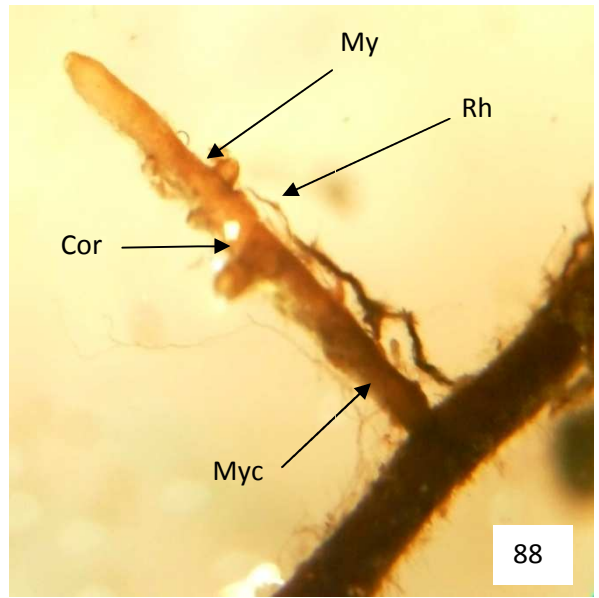
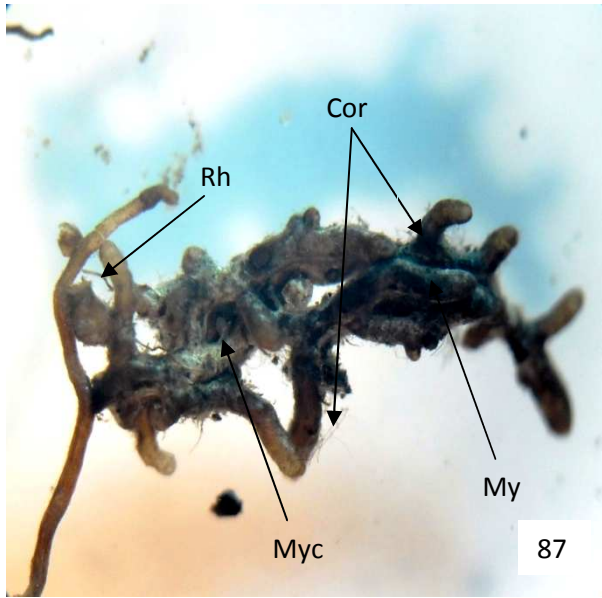


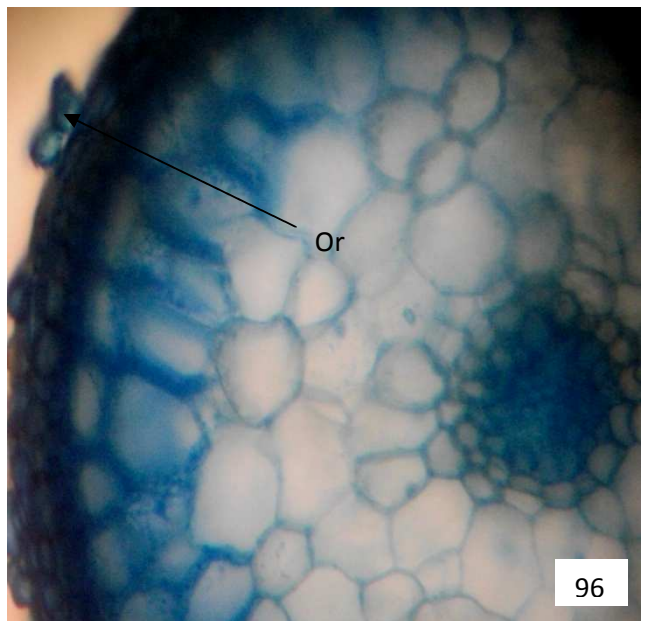
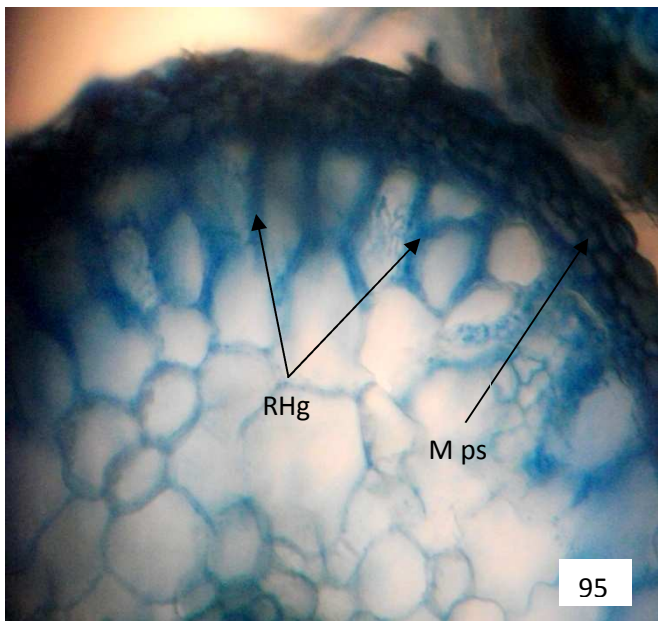
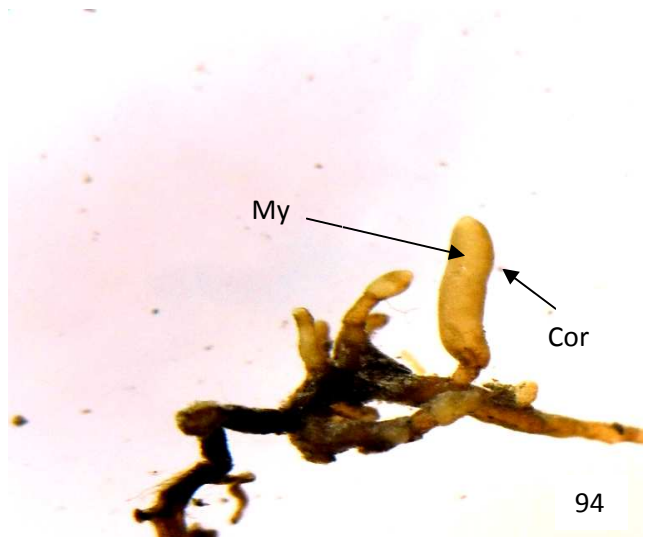
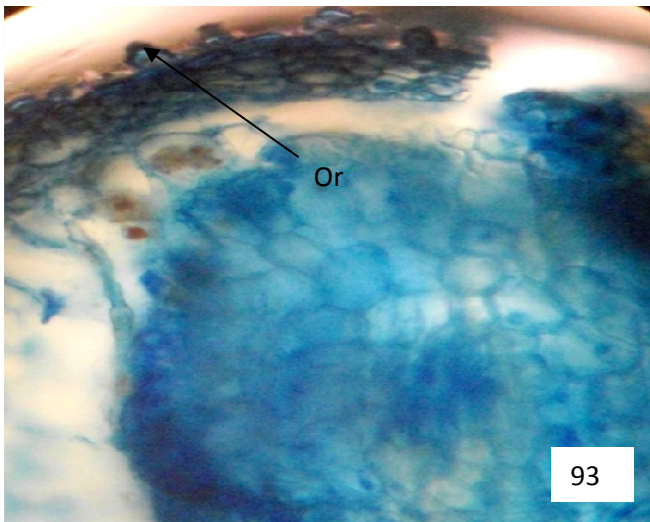
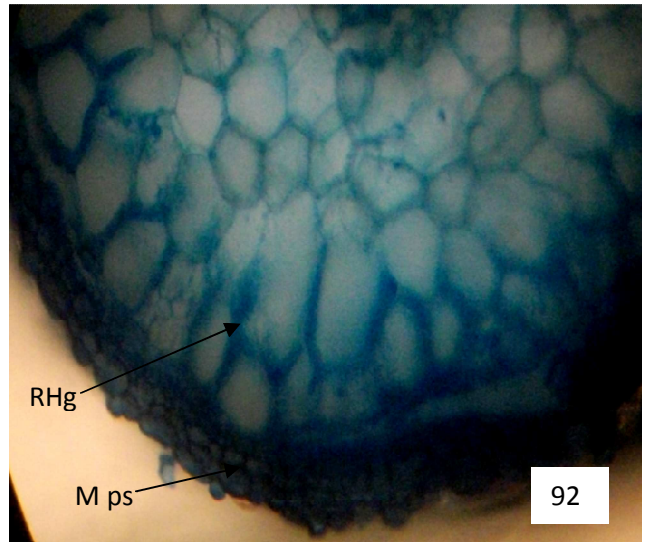


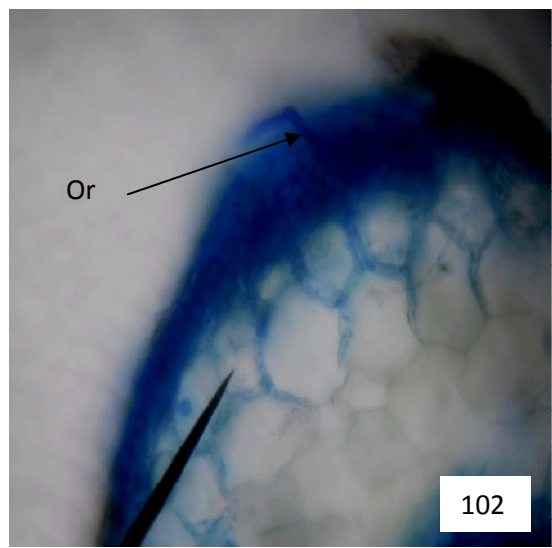
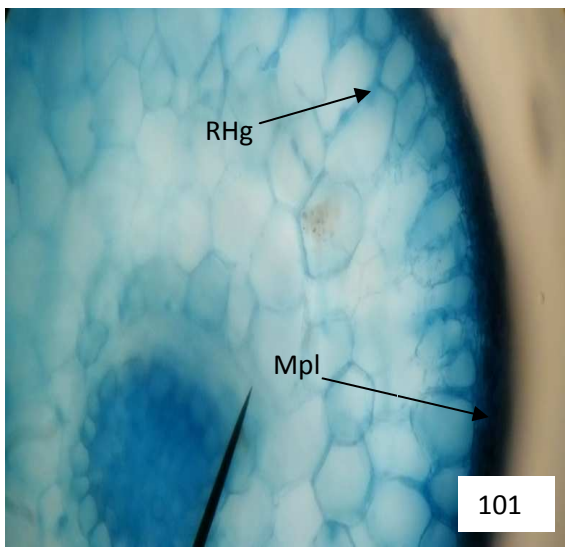
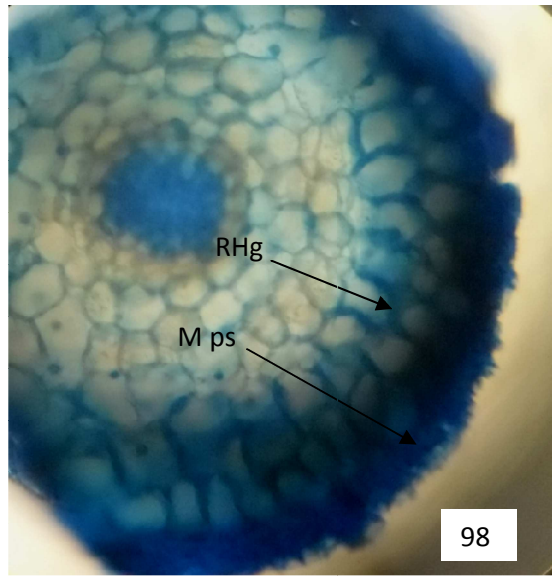


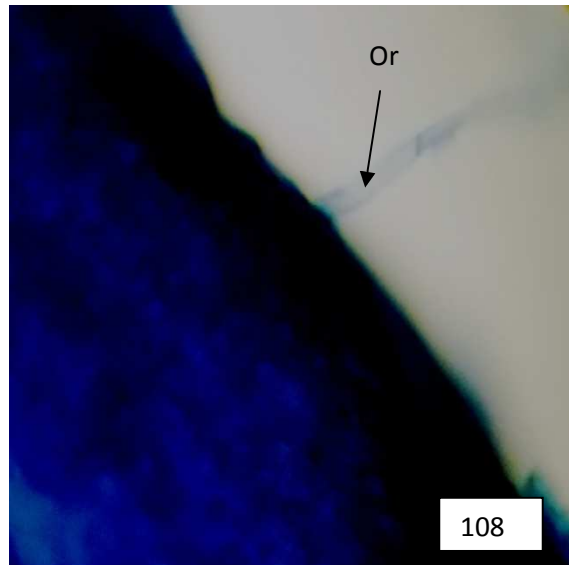
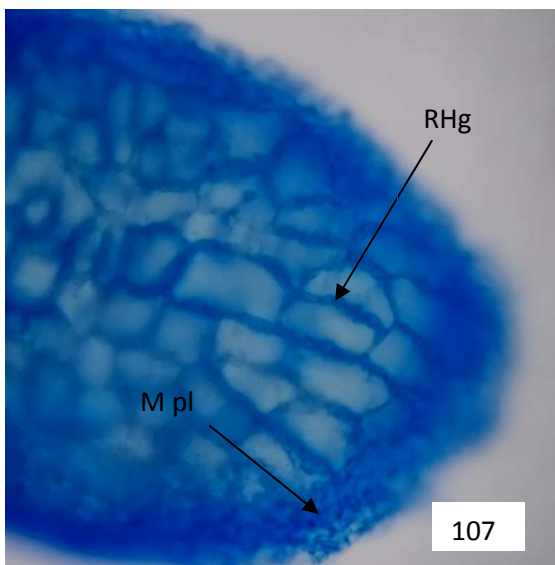
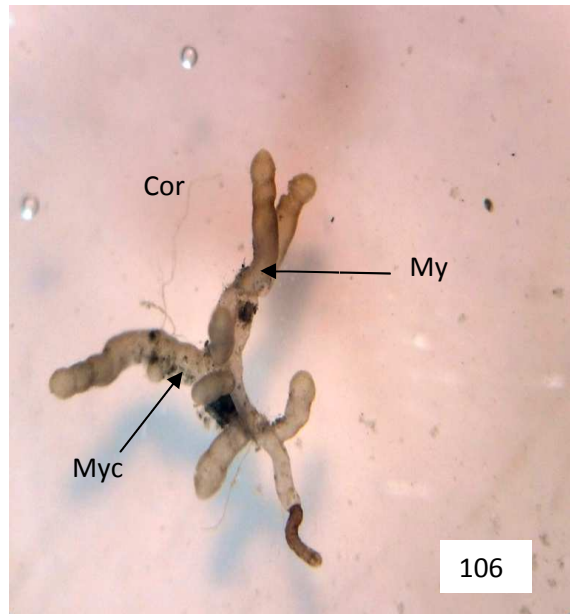
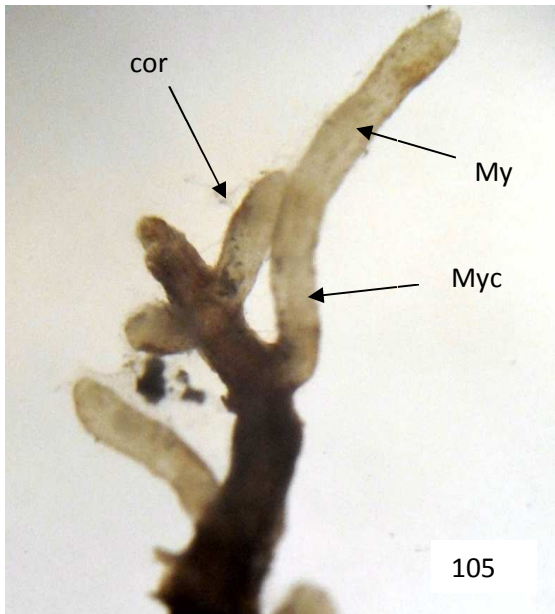
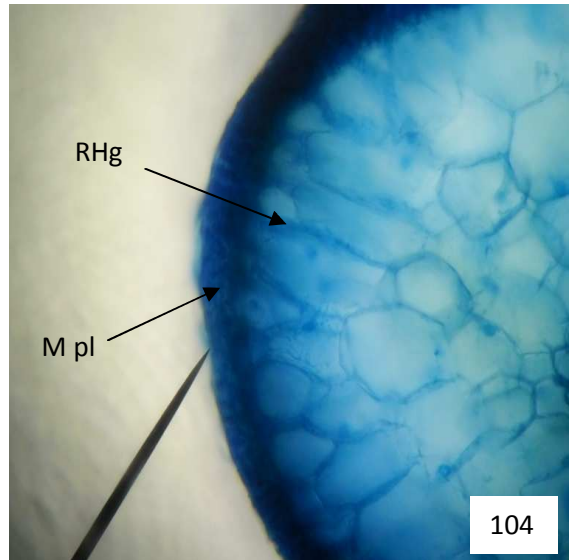
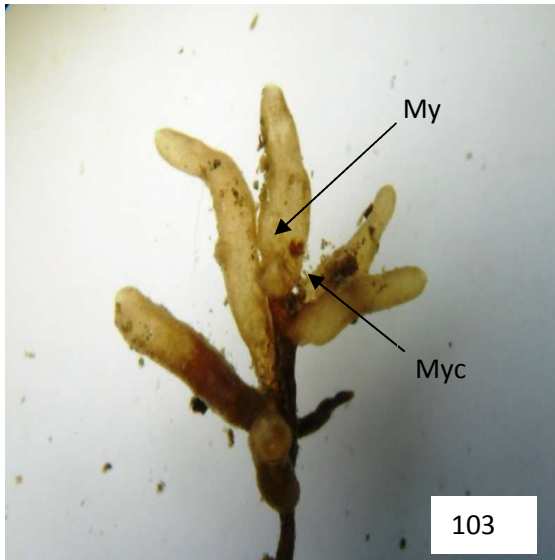


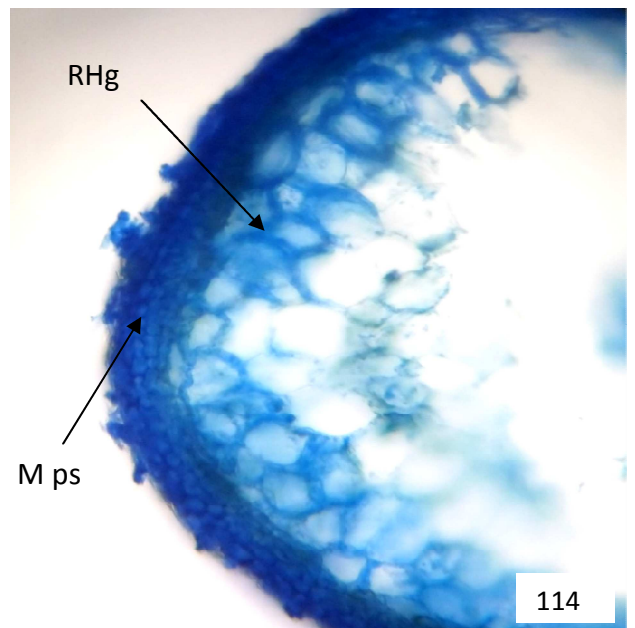
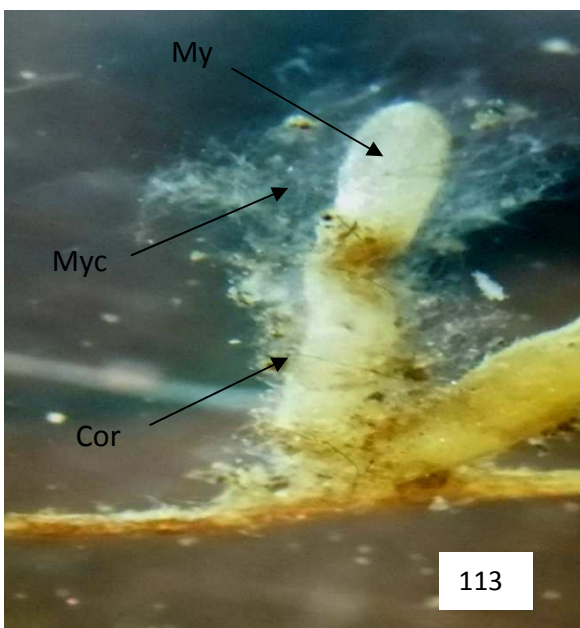
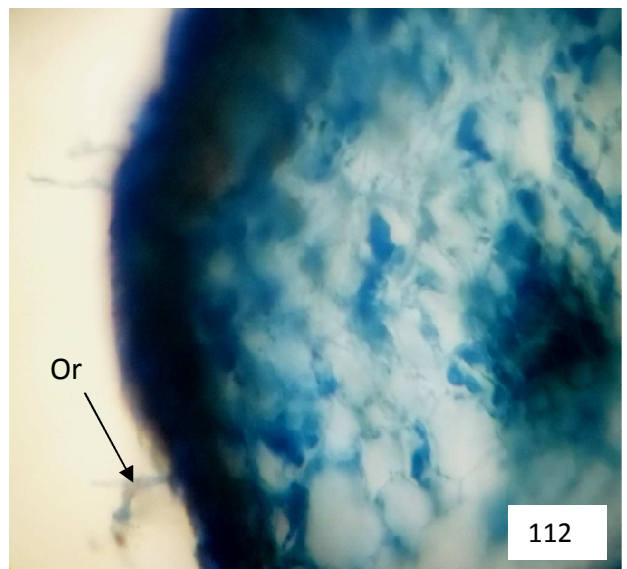
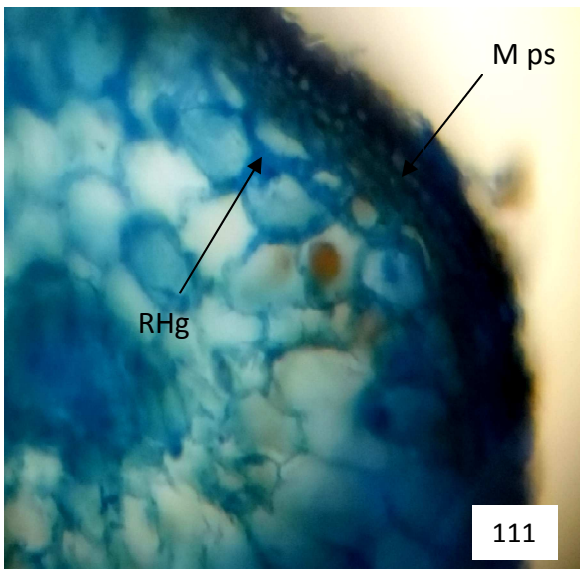
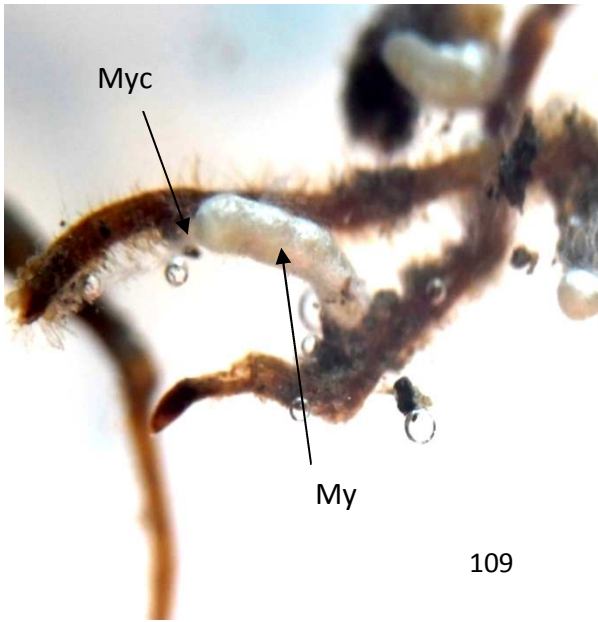


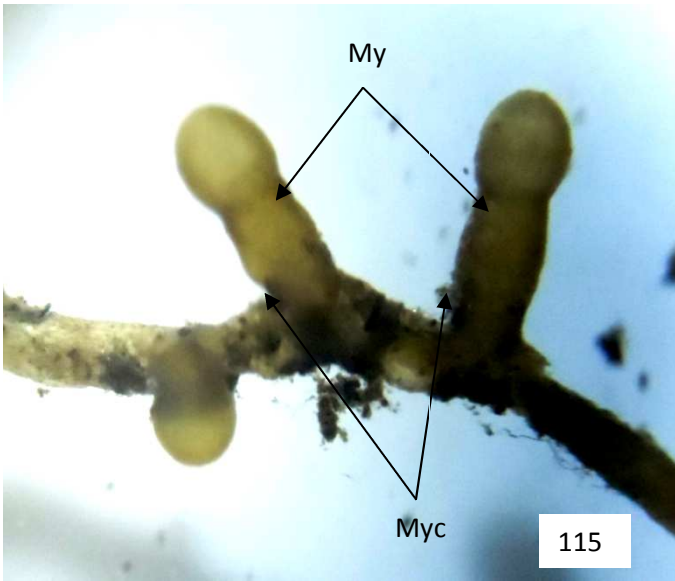


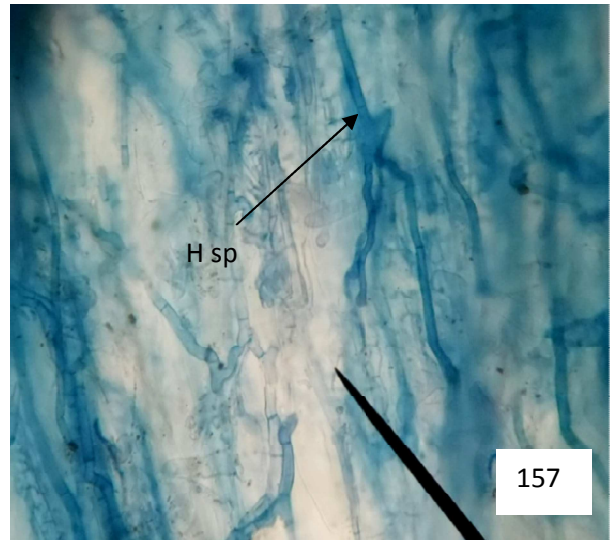
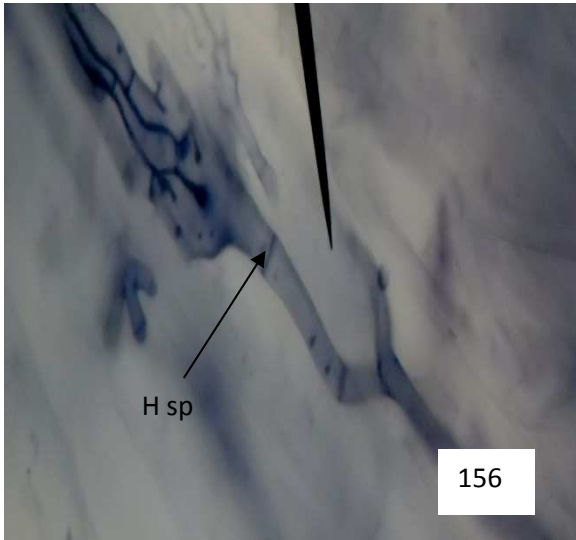
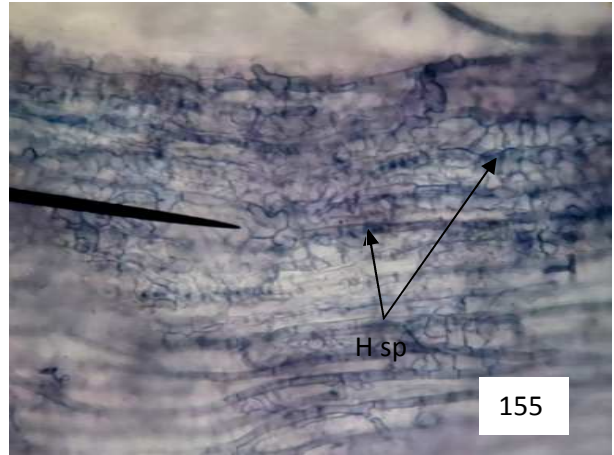
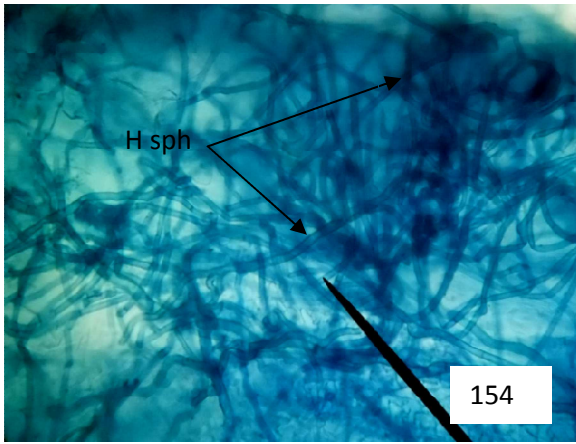
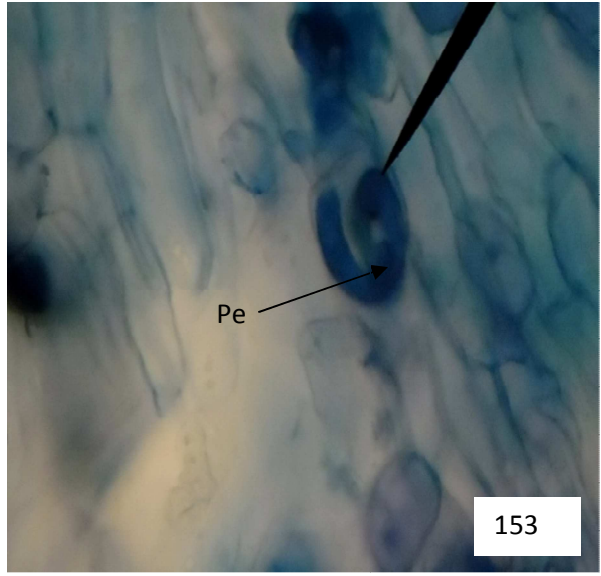
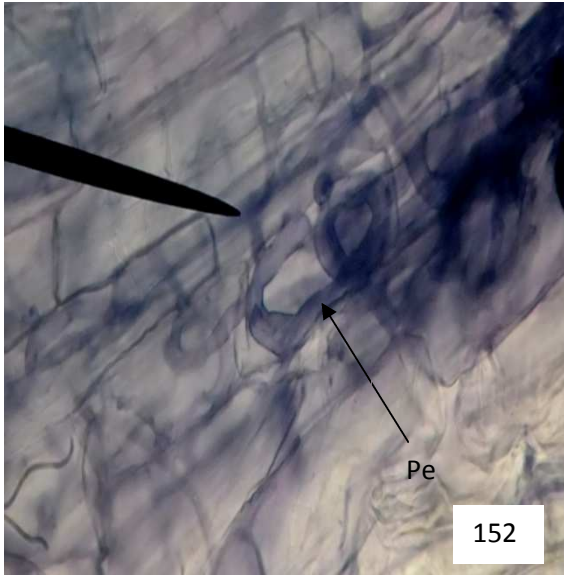


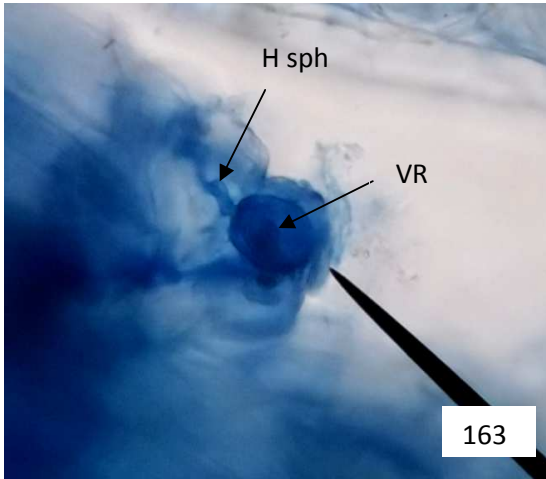
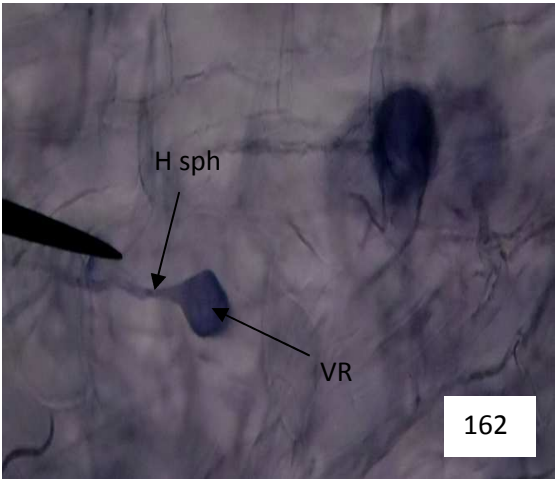
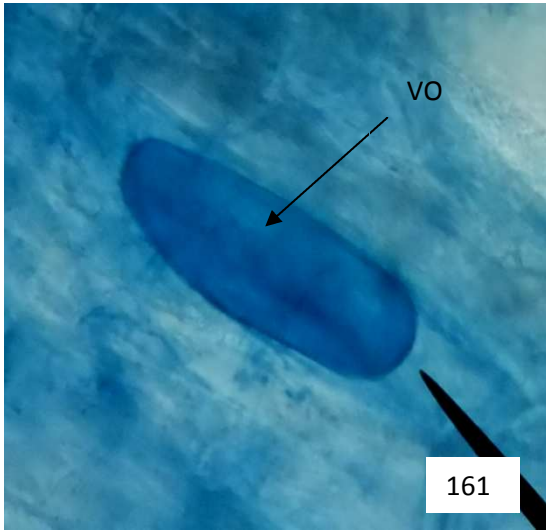
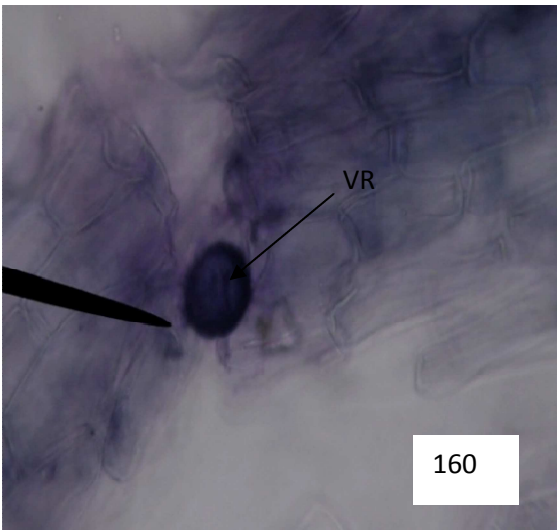
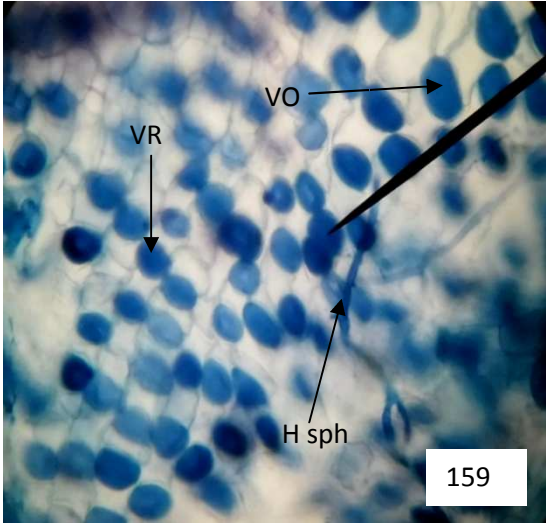
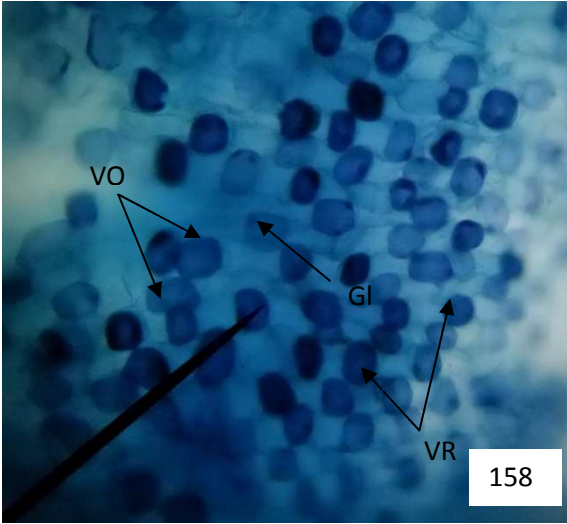


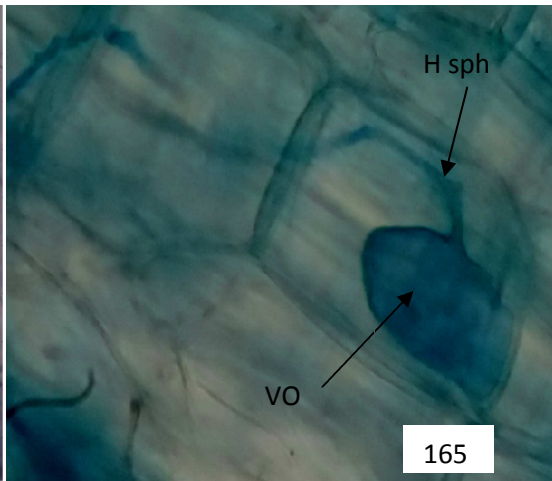
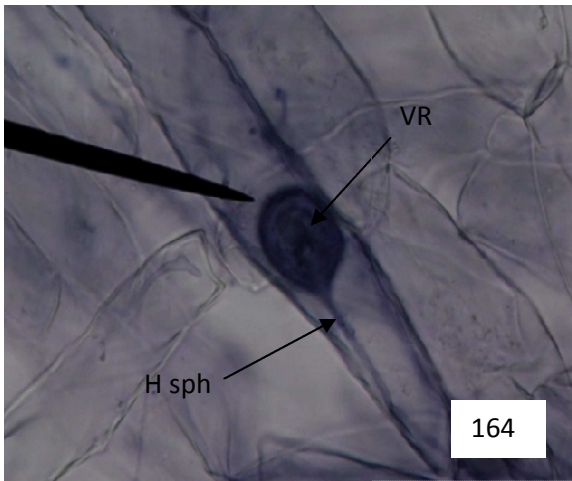


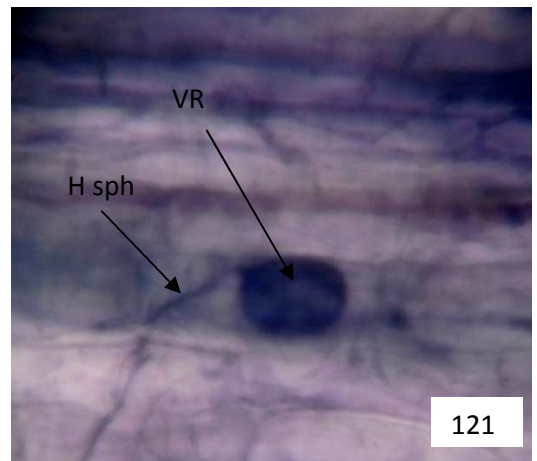
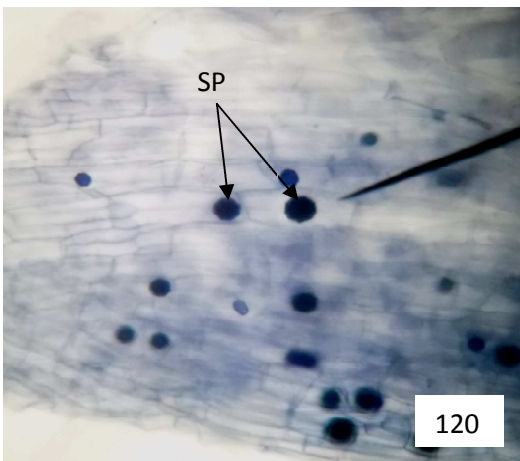
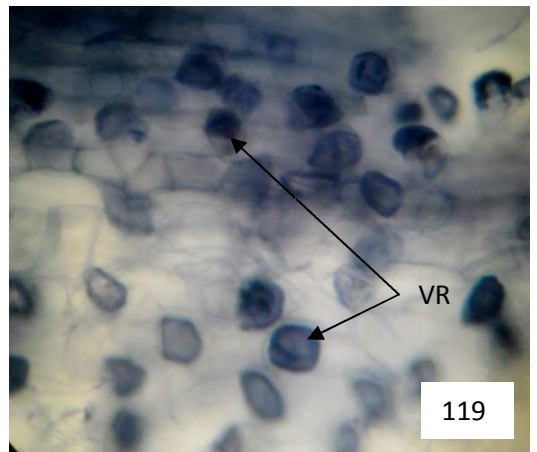
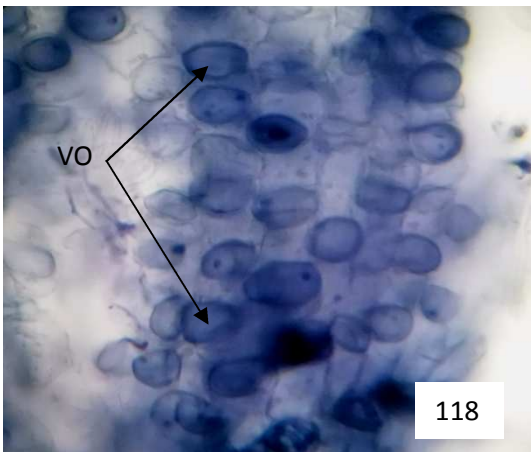
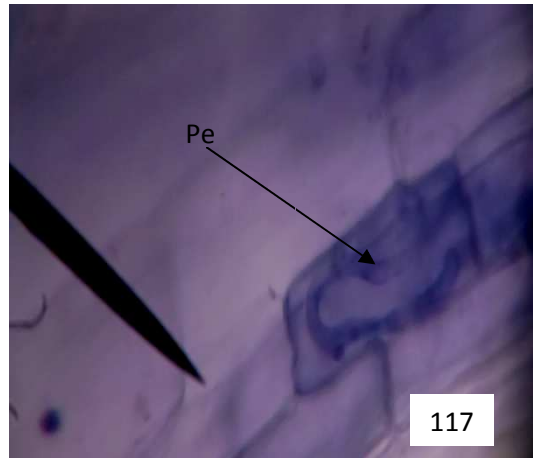
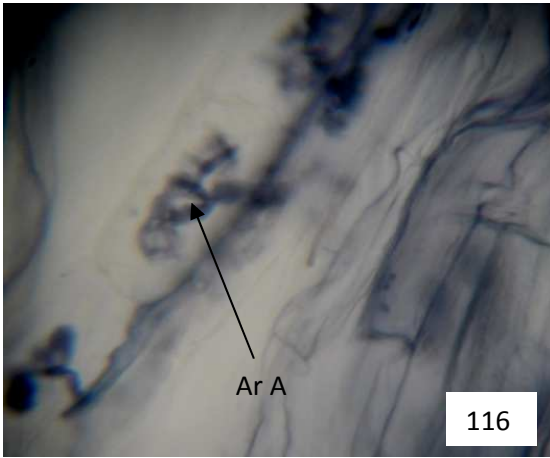


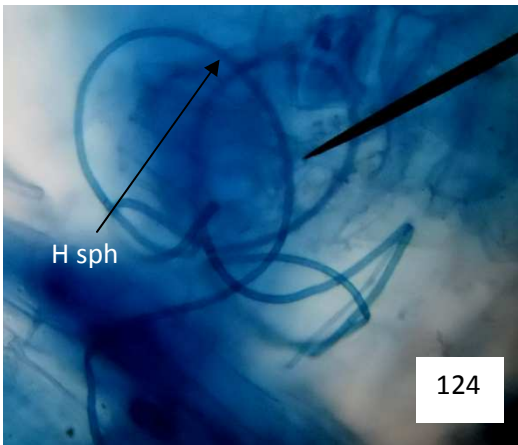
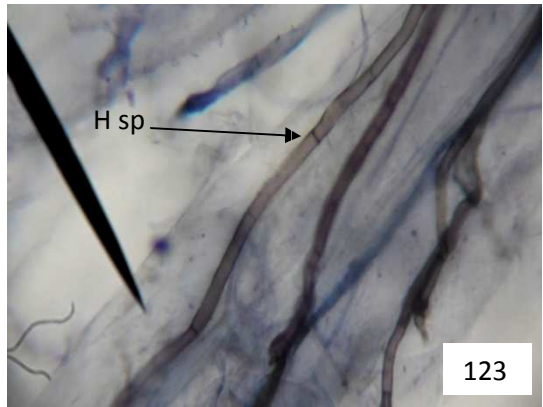
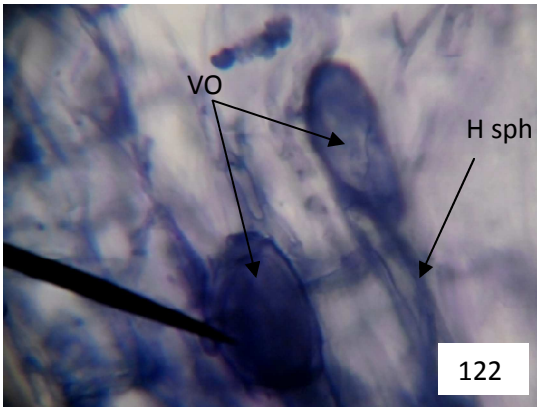


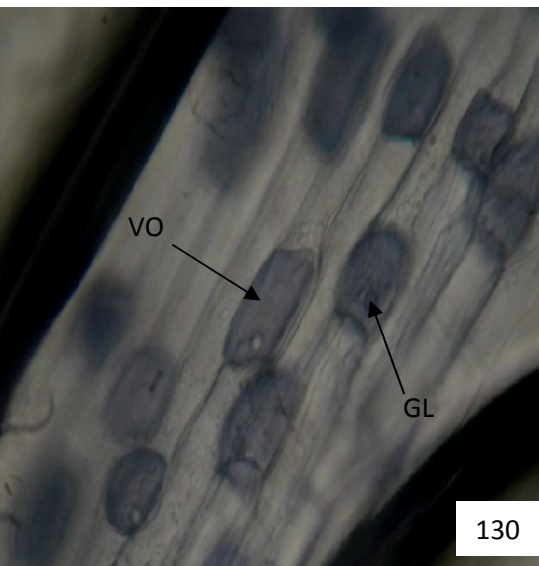
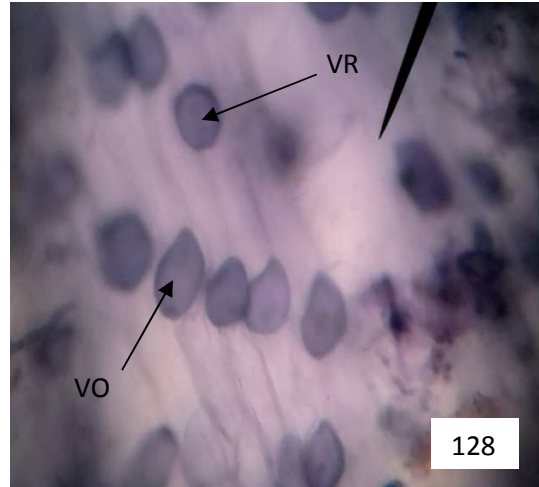
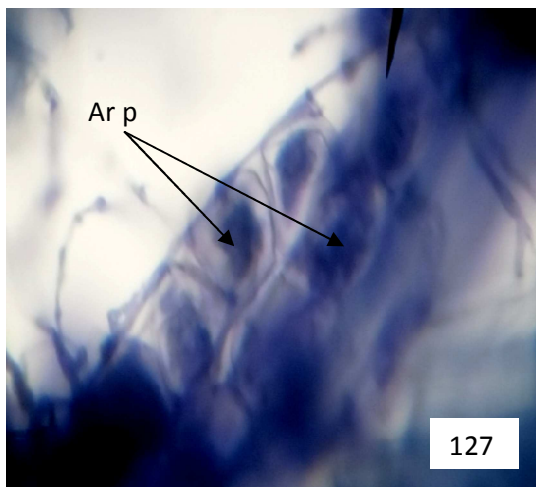
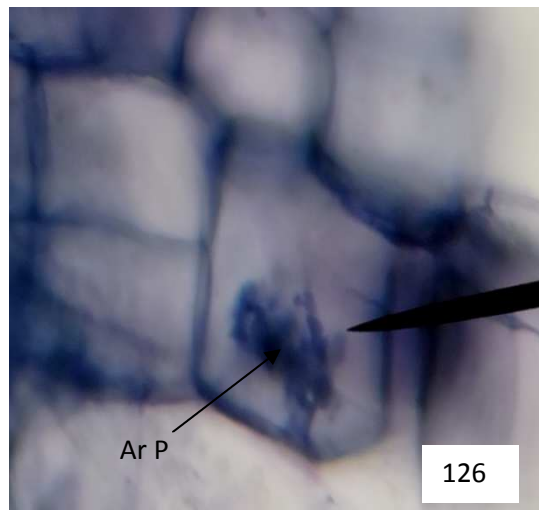
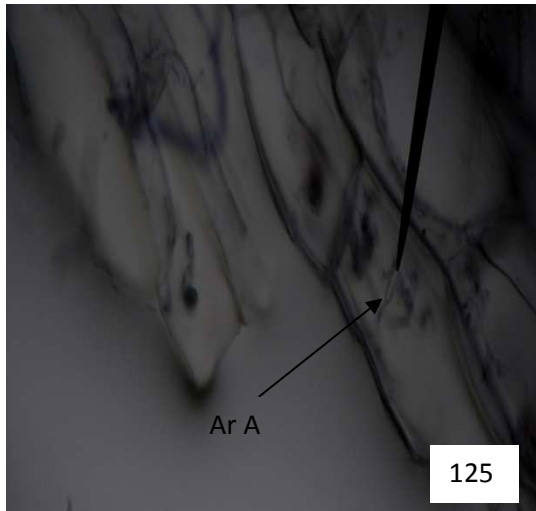


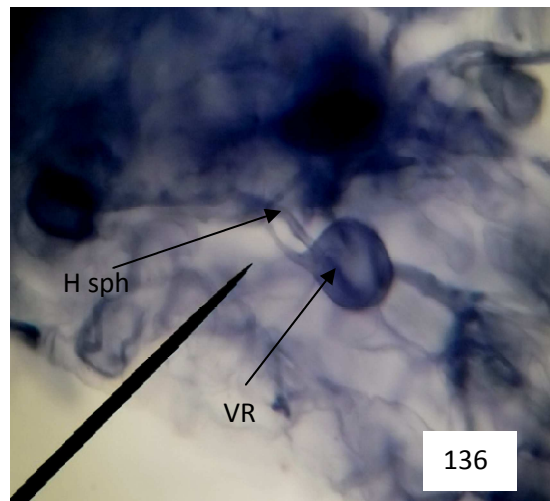
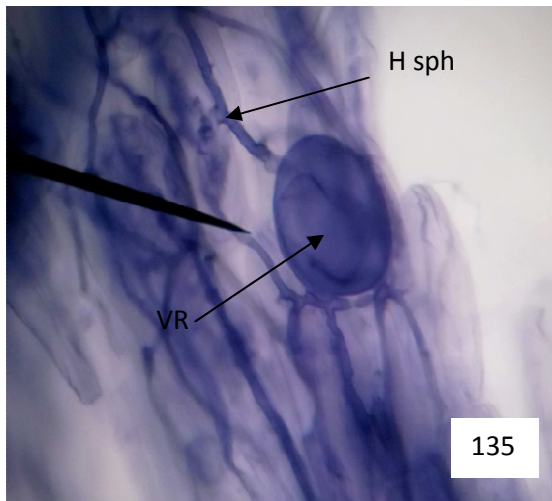
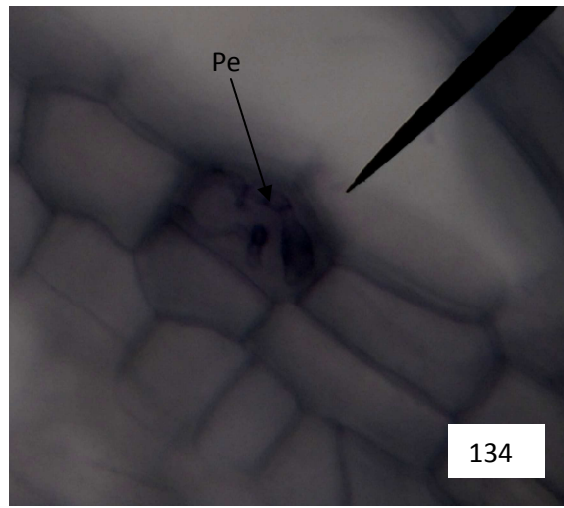
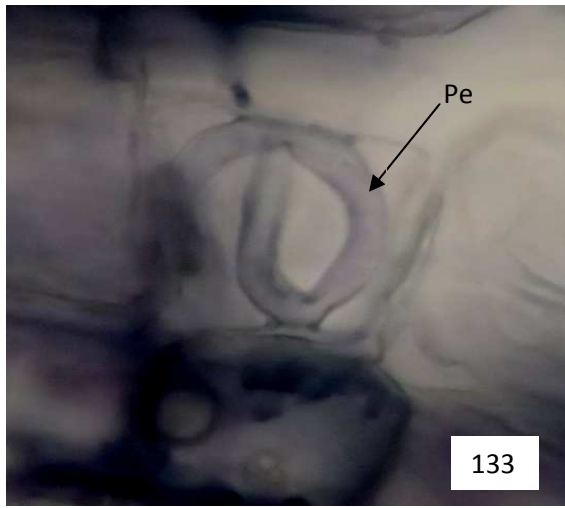
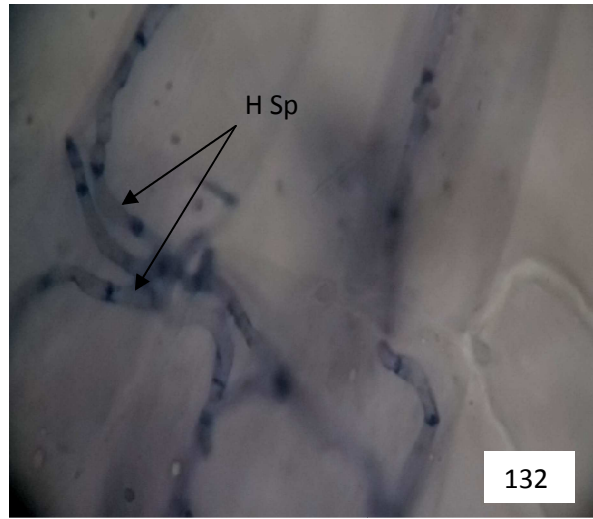
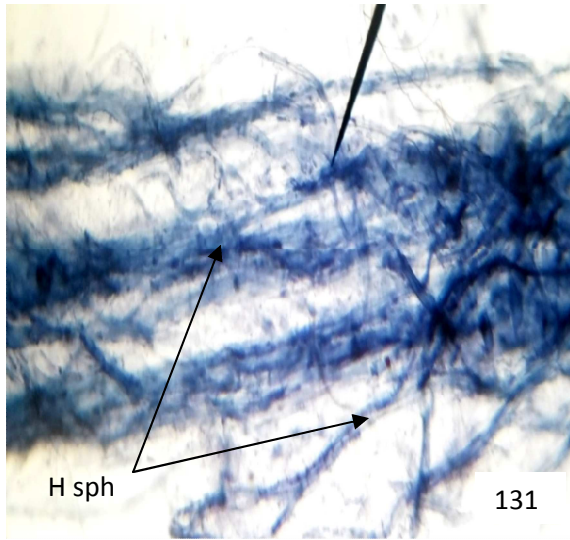


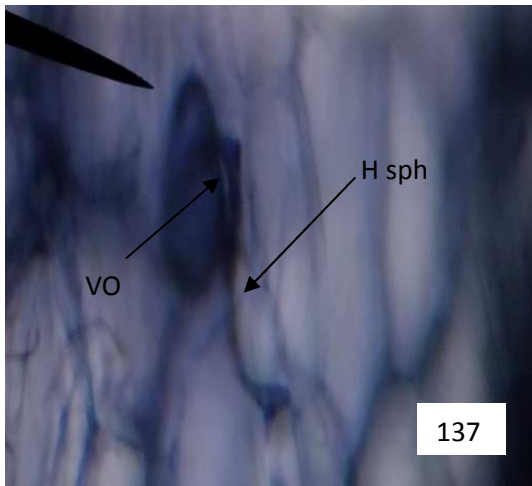


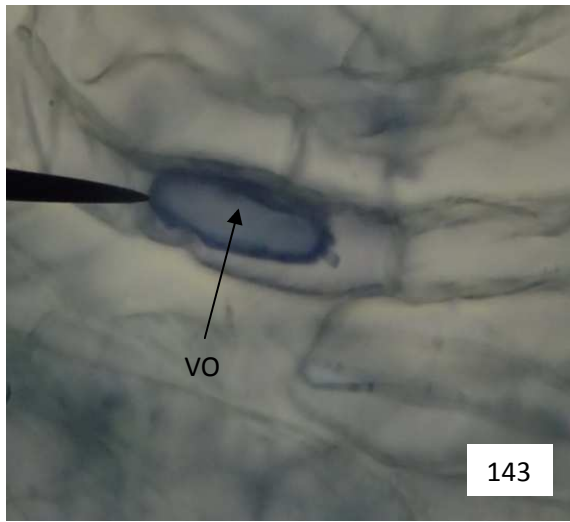
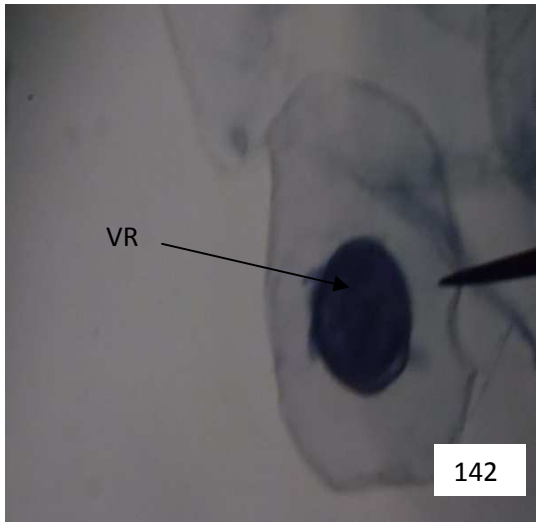
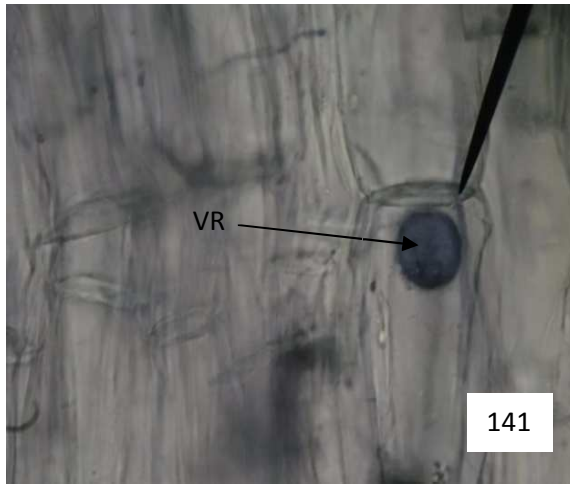
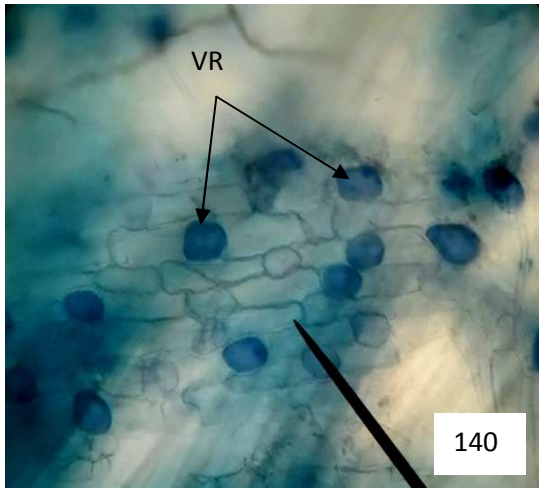
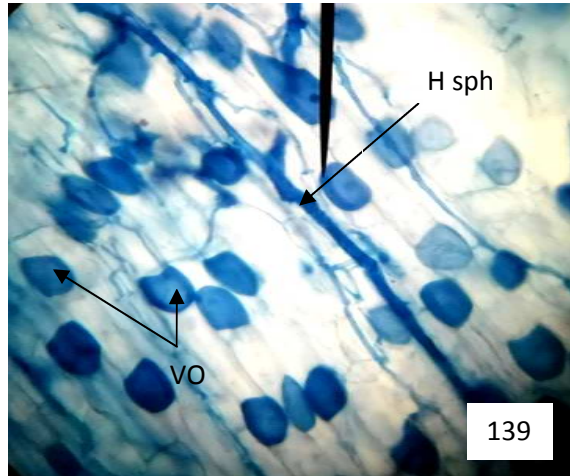
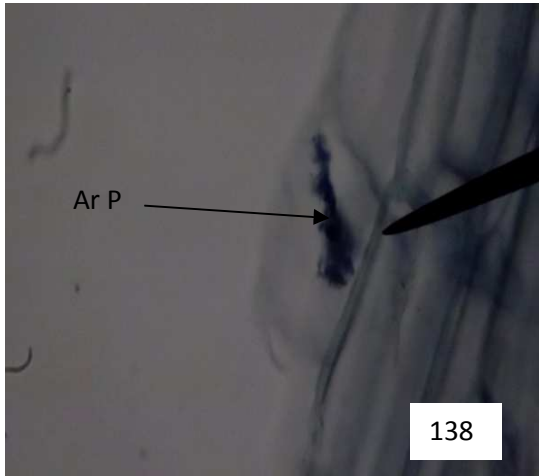


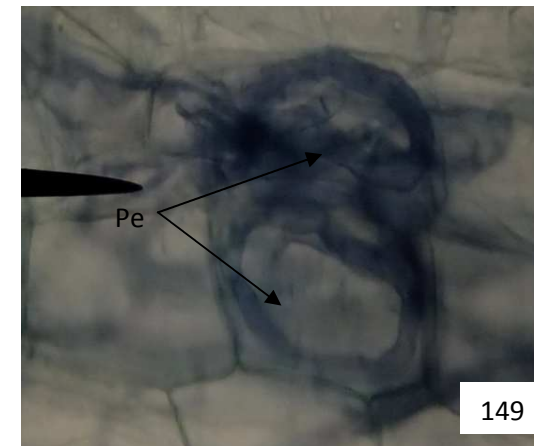
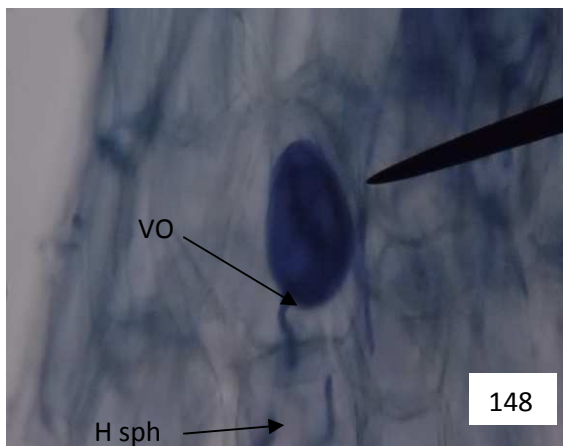
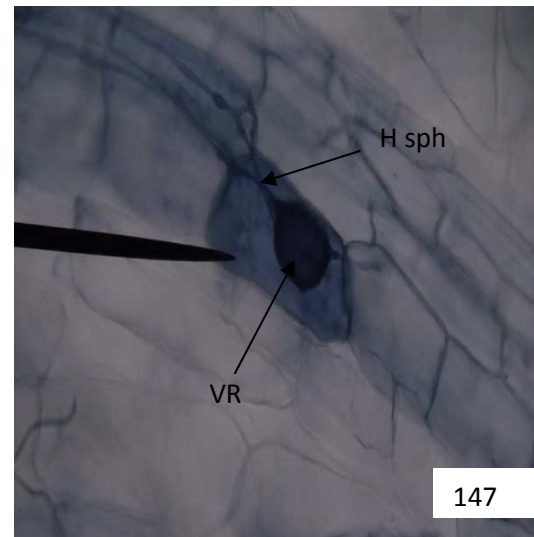
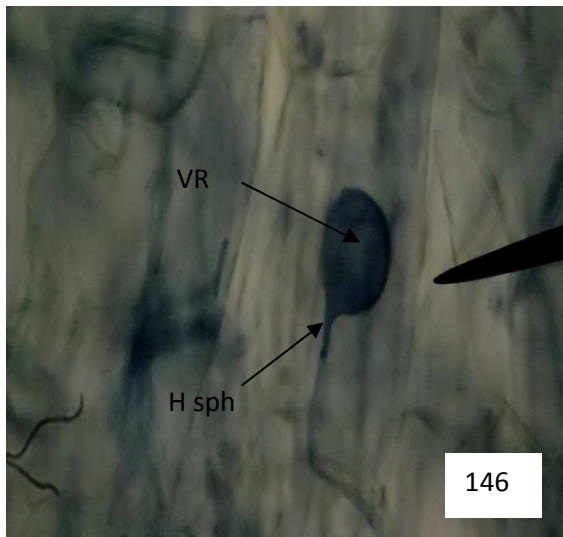
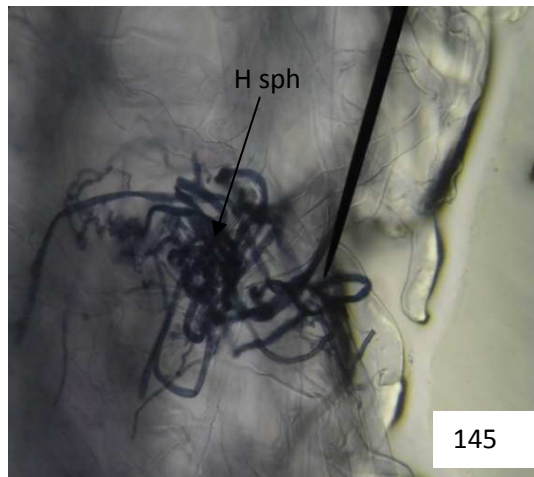
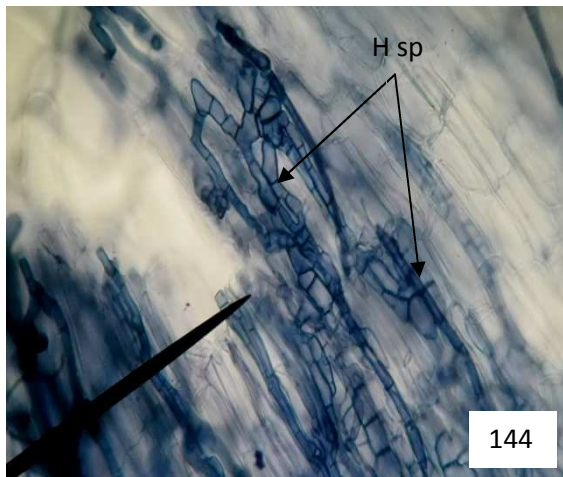


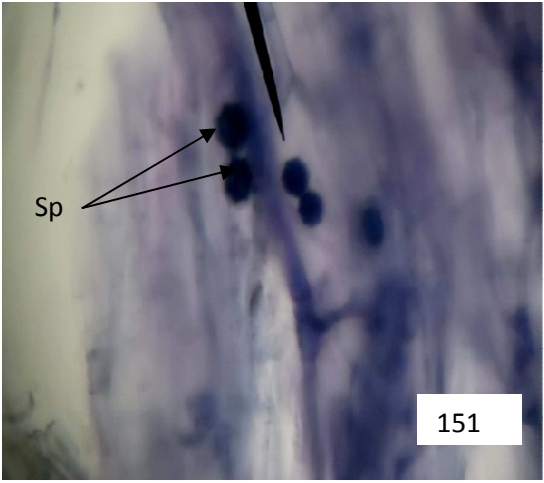
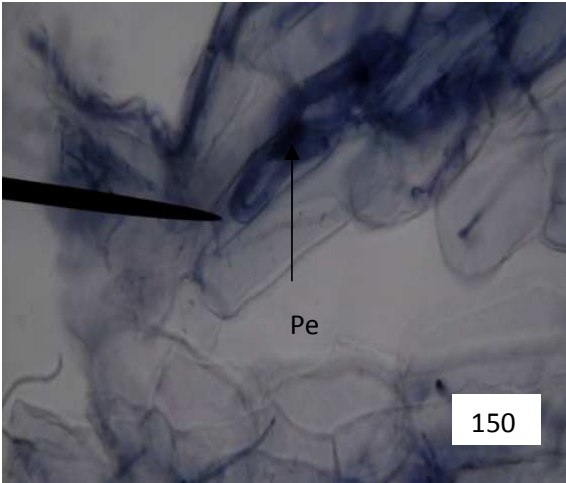












## **Conclusion :**

La contribution à l'étude des mycorhizes de *Populus nigra* a mis en évidence la double mycorhization : les ectomycorhizes et les endomycorhizes, même au stade les plus avancés.

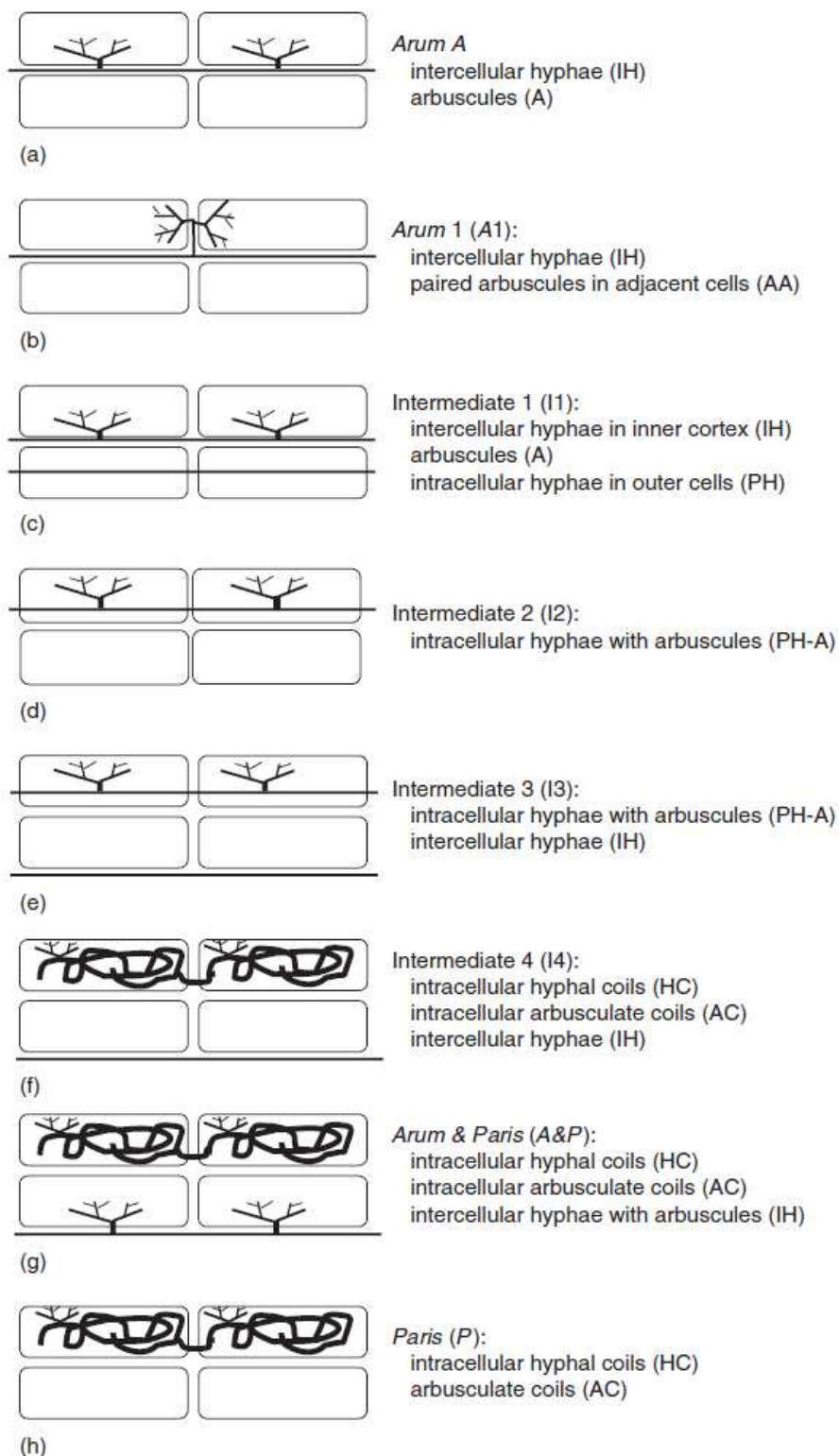
Les ectomycorhizes sont de couleur blanche, marron, noir, beige et orange, elles présentent des distributions simples, coralloïde, ramifiées, monopodiale et dichotomiques à mycélium extra matriciel abondant, peu abondant et lisse. Certains des mycorhizes présentent des cordons mycéliens et de rhizomorphes. La morphologie et la couleur des ectomycorhizes sont en fonction du champignon symbiotique.

Les coupes transversales des ectomycorhizes montrent un manteau fongique épais ou peu épais, de type pseudo parenchymateux ou pléctenchymateux, et un réseau de Hartig qui s'étend sur une à deux couches de cellules. Ce manteau peut présenter à sa surface des ornements. Les résultats font ressortir l'abondance des ectomycorhizes à mycélium extra matriciel peu abondant au niveau de tous les arbres étudiés du peuplier noir.

Les structures endomycorhiziennes identifiées sont des vésicules intracellulaires et intercellulaires de différentes formes (ronde/ovale), des arbuscules de type Arum ou Paris, des pelotons, des spores. Ces différentes structures représentent des caractéristiques morphologiques variées indiquant l'implication de plusieurs champignons endomycorhiziennes. D'après nos résultats, nous pouvons conclure qu'il existe une corrélation entre l'âge des arbres et les dimensions des structures endomycorhiziennes, plus l'âge des arbres et âgé plus les structures sont grosses. Les deux types de mycorhizes (ectomycorhizes et endomycorhizes), coexistent sur le même système racinaire, cette cohabitation serait les résultats des conditions climatiques, édaphiques et de la richesse d'inoculum dans le sol.

Le peuplier noir est un modèle végétal intéressant pour la compréhension de la double symbiose mycorhizienne puisqu'il est une des rares espèces végétales à pouvoir héberger simultanément deux types de mycorhizes : des endomycorhizes et des ectomycorhizes. Il pourrait faire l'objet d'études sur cette espèce dans le but d'optimiser son utilisation dans le reboisement, la lutte contre les glissements de terrain, à la remise en état des terres dégradées et fragiles, dans la bonification des sites contaminés par des métaux lourds et à la conservation de la biodiversité

- ❑ ils seraient intéressant d'identifier les partenaires fongiques de peuplier noir et de déterminer les espèces les plus performantes afin de produire des plans mycorhizés résistant aux différents aléas de milieu
- ❑ seraient aussi intéressant d'étudier l'influence des facteurs écologiques sur cette symbiose



**Figure 2.6** Stylized diagrams of colonization types observed in roots of different plant species, colonized by different AM fungi. (a) *Arum*-type; (b) *Arum*-type 2; (c–f) four different intermediate types; (g) *Arum*- and *Paris*-types in the same root system; (h) *Paris*-type. IH, intercellular hyphae; PH, intracellular hyphae; A, arbuscules; AA, paired arbuscules; HC, hyphal coils; AC, arbusculate coils; IH-A, arbuscules associated with intercellular hyphae; PH-A, arbuscules associated with intracellular hyphae. From Dickson (2004), with permission.

## Annexe 3

## A

**ADJOUUD-SADADOU DJ., HALLI-HARGAS R., 2000.** Occurance of arbuscular mycorrhiza and aged eucalyplus .Mycorrhiza 9:297-290.

**ADJOUUD-SADADOU D., 2004 .**La symbiose mycorrhizienne chez l'Eucalyptue .Interactions multiples et dynamiques de la symbiose en relation avec l'environnement. Thèse de Doctorat d'Etat en Biologie .Université MOULOUD MAMMERI-Tizi- ouzou.161P.

**AGERER R; 1988.** Colour atlas of ectomycorrhizeae . Ed .Prof. Dr. Reinhold. Institut for systematic botanic universitat. Munchen.15-30.

**AGERER R., 1990.** crypt.Bot.(in press)

**ANONYME, 1980.** Peuplier et Sauls dans la production du bois et l'utilisation des Terres. Colletion FAO, Rome,10 : 1-343.

**ANONYME (1982)** Auprès de mon arbre. Caisse rurale : 57-59p.

## B

**BARSOU N (2003)** Regeneration-requirements and prmotion measures, in populus nigra network, report of the seventh (25-27 october 2001, Osijek, Croatia) and eighth (22-24 may 2003, teppeln, Germany) meetings, IPGRI: 27-28

**BOLAN NS (1991),** A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants .plant and soil, vol.134: 189-207P.

**BOTHE H , KLINGNER A ,KALDORF M,SCHMITZ O, ESCH H ,HUNDESHAGEN B,KERNEBECK BOTANISCHES H (1994),**Biochemical approaches to the study of plant-fungal interactions in arbuscular mycorrhize Institut,University Zu kdln .Gyrhofstr.15,D-50923 K6LN(Germeny).

**BOULLARD B ; 1968.** Les mycorrhizes .Ed Masson et cle, paris .135p

**BOURDU H(1986)** Foret et sylviculture appliquée : 244p

**BRAVARD J.P., Amoros C., Pautou G., Bornette G., Bournaud M., Creuzé des Châtelliers M., Gibert J., Peiry J.L., Perrin J.F., Tachet H (1997)** River incision in South-East France: morphological phenomena and ecological effects. *Regul River* 13:75–90.

## C

**Cagelli L., Lefèvre F (1995)** The conservation of *Populus nigra* L. and gene flow with cultivated poplars in Europe. *For Genet* 2:135–144.

**Chilvers G.A (1968)** a. low power electron microscopy of the root cap region of encalypt mycorrhizas. *New phytol* 67.665-665

**Chilvers G.A** (1968) b.some distinctive types of encalypt mycorrhiza. Aust.J.Bot 16.49-70

## D

**DAVIES FT, POTTER JR, LINDERMAN RG (1992)**, Drought resistance of mycorrhizal pepper plants independent of leaf P concentration-response in gas exchange and water relations. *Physiologia Plantarum*, 87: 45-53.

**DELARQUE C** (2006) Etudes en vue d'un programme de conservation *in-situ* du peuplier noir (*Populus nigra L.*) dans la réserve naturelle nationale des gorges de l'Ardèche, Rapport de stages du Master 1 d'ingénierie en écologie et en gestion de la biodiversité : 47 p + Annexes

**DHILLION S.S., 1994.**Ectomycorrhizae, Arbuscular mycorrhizae, and Rhizoctonia Sp of Alpine and Boreal salix Sp.In Norway Artic Alp .Res .26.304-307.

**DICKSON S ,SMITH SE ,SMITH FA (1999)**,characterization of two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Allium porum*:Clonisation , plant growth and phosphate uptake-New phytologist ,vol.144:163-172P.

**DOMINIK, T. (1956)** Mycotrophy of poplars in their natural association in Poland. *ROCZN. NAUKLESN.* 14:247-266.1958.Study of mycotrophisation of the genus *Populu*. In: Study on mycotrophy of forest trees. Prace Institut Badawczego les nictwa 181 English translation.

**DOMINIK, T. (1958)** study of mycotrophy of the genus *Populus* . In:Study on mycotrophy of forest trees. Prace Instytutu Badawczego les'nictawa 181,English translation.117-172.

**DOMMERGUES, et MANGENOT, F. (1970)** : Ecologie microbienne du sol Ed.Masson et cie Ed.Paris, 796p.

**Dynesius M., Nilsson C** (1994) Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. *Science* 26:753-762.

## F

**FITTER AH (1991)**, Implication for functioning under natural conditions. *Experientia* 47(1991) 350-355.

**FORTIN JA ; PLENCHETTE C; PICHE Y (2008)**, les mycorhizes la nouvelle révolution verte, édition Multi Mondes.

**FRAGA-BEDIAR A ., 1987** .Interaction entre les symbiotes mycorhizes et les symbiotes fixateurs d'azote chez l'Aulne glutineux.[*Alnus glutinosa(L)Geertn*].

**FRANK A.B., 1885.**Über die auf Wurzel symbiose beruhende Ernährung gewisser baume durch unterirdische pilze .Ber.Dt.Bot.Ges.3, 128-145.

**FRIEDMAN J.M., OSTERKAMP W.R., SCOTT M.L., AUBLE G.T (1998)** Downstream effects of dams on channel geometry and bottomland vegetation: regional patterns in the great plains.*Wetlands* 18:619–633

**FRIES E.M., 1832.**In: The physical basis of mycotrophy in pinus.Hatch A.B., The Black Rock Forest Bull .N°6 (1937).

## H

**HARCHAOUI-BOURNINE C ., 2003.**La mycorhization de peuplier .Influence de l'environnement sur cette mycorhization.Mémoire de Magistère en écologie et biologie de population .université MMTO.80P.

**HARLEY J.L., SMITH S.E., 1983.**Mycorrhizas symbiosis. Academic press, London, New-York.483P.

**HARLY J.L., SMITH S.E., 1983.**Mycorrhizas Symbiosis. Academic press, London, New-York.483P.

**HASHIMOTO Y., HYAKUMACHI M (2000)** quantities and types of ectomycorrhizal and endophytic fungi. Associated with platyphylla var.p.21, 31

## J

**JAKOBSEN. I.1995.**Transport of phosphorus and carbon in arbuscular mycorrhizas.in: Mycorrhizas: Structure, function, molecular biology and biotechnology.spinger 305-332.

**JOHNSON W.C (1998)** Adjustment of riparian vegetation to river regulation in the great plains, USA. *Wetlands* 18:608–618

## L

**LEFERVRE F., BORDACS S.,COTTRELL J.,GEBHARDT K.,SMULDRES M.J.M.,VANDEN B (2001)** Recommandations pour la gestion de l'écosystème riparien issues du cadre général d'Euforgen et basées sur les résultats du projet européen d'Europop, in *Genetic diversity in river populations of European Black Poplar* : 16-20.

**LODGE, D.J. (1989)** The influence of soil moisture and flooding on formation of Va endo and ectomycorrhizal in populus and salix. *Plant soil.* 117:225-262.

**LODGE, D.j., WENTWORTH, TH.R. (1990)** Negative associations among VA mycorrhizal fungi and some ectomycorrhizal fungi inhabiting the same root system. *OIKOS.* 57:347-356.

## M

**MARKS G.C&FOSTER G., 1973.**Structure ,morphogenesis and ultra structure of ectomycorhizes .In : Ectomycorhizae,their ecology and physiology ,MARKS G C ., KOZLOWSKI T.T ., Academic press, New York et Londre,1-41.

**MASSENET J.Y;2005.**forme et âge d'un arbre épaisseur de l'écorce.8p

**MOSER M; HASELWANDTER K (1983),** Ecophysiology of mycorrhizal symbiosis, in: Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, vol. 12, pp. 392-421. Eds O. L. Lange. P. S. Nobel, C. B. Osmond and H. Ziegler. Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork.

**MOUSAIN D., 1971.**Essais of mycorrhizal symbiosis in forestry practice .See ref .55,383-411P.

## N

**NAIMAN R.J., DÉCAMPS H., MCCLAIN M.E (2005)** Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands

**NILSSON C., BERGGREN K (2000)** Alterations of riparian ecosystem caused by river regulation.*Bioscience* 50:783–792.

## P

**PAUTOU G (1983)** Répercussions des aménagements hydroélectriques sur le dynamisme de lavégétation (L'exemple du Haut-Rhône français). *Rev Geogr Alp* 71:331–342.

**PEYRONNEL, G.B., FASSI, B., FONTANA, A., TRAPPE, J.H. (1969)** Terminology of mycorrhizae .*mycologia*.61:410-411.

**PHILIPS ET HAYMAN (1970),,** Improved procedure for clearing and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi rapid assessment of infection. *Tranc Mycol. Soc.*55:158-161

**PICHE &FORTIN J.A., 1982.**New physiologiste 91, p:211-220.In interaction entre les symbiotes fixateurs d'azote chez l'Aulne glutineux (Aluns glutinoza L.Gaetn).

## R

**RAMEAU J.C., MANSION.D., DUMEG(1989)** Flore forestière française, guide écologique illustré, tome 1 Plaines et collines, Institut pour le développement forestier, Paris : 1785p

**ROOD S.B., MAHONEY J.M (1990)** The collapse of river valley forest downstream from dams inthe western prairies: probable causes and prospects for mitigation. *Environ Manag* 14:451–464.

**ROOD S.B., MAHONEY J.M., REID D.E., ZILM L (1995)** Instream flows and the decline of riparian cottonwoods along the St Mary River, Alberta. *Can J Bot* 73:1250–1260.

**ROOD S.B., TABOULCHANAS K., BRADLEY C.E., KALISCHUK A.R (1999)** Influence of flow regulation on channel dynamics and riparian cottonwoods along the Bow River, Alberta. *Rivers* 7:33–48.

## S

**SCHTIEPP H; DEHN B; STICHER H (1987)**, Interaktionen zwischen VA-Mykorrhiza und Schwermetallbelastungen. *Angew. Bot.* 61 85-96.

**SCOTT M.L., AUBLE G.T., FRIEDMAN J.M (1997)** Flood dependency of cottonwood establishment along the Missouri River, Montana, USA. *Ecol Appl* 7:677–690.

**SCOTT M.L., LINES G.C, AUBLE G.T (2000)** Channel incision and pattern of cottonwood stress and mortality along the Mojave River, California. *J Arid Environ* 44:399–414.

**SMAIL A ., 2009.** Contribution à l'étude de la mycorrhization de pin noir .Etude de l'état mycorrhizien de jeunes plantes obtenus en pépinière avant et après introduction d'un inoculum provenant de la réserve naturelle de Tikjda.Thèse de magistère en Biologie et Ecologie des populations et des communautés .Université MMTO .8p

**SMITH S.E, READ D.J .1997.** Mycorrhizal Symbiosis (Second edition).Academic press .London, UK.605P.

**SMITH, S.E., and READ, D.J., 1997.** Transley Review No.96.Structural diversity in (vesicular)-arbuscular mycorrhizal symbiosis.*New Phytol.*137:373-388.

**STEIGER J., GURNELL A.M., ERGENZINGER P., SNELDER D (2001)** Sedimentation in the riparian zone of an incising river. *Earth Surf Proc Land* 26:91–108

**STROMBERG J.C., TILLER R., RICHTER B (1996)** Effects of groundwater decline on riparian vegetation of semiarid regions: The San Pedro, Arizona. *Ecol Appl* 6:113–131.

**STRULLU D.G., 1985.** Les mycorhizes.Eds Gebruder, Borntraerer, Berlin, Stuttgart.p:198.

**STRULLU D. G., (1991)** : les mycorhizes des arbres et des plantes cultivées.p.36-37.

**SUBRAMANIAN KS, CHAREST C (1997)**, Nutritional, growth, and reproductive responses of maize (*Zea mays* L.) to vesicular mycorrhizal inoculation during and after stress at tasseling. *Mycorrhiza*, 7: 23-25.

## T

**TRUSZKOWSKA ,W. (1953)** Mycotrophy of *abietae* in Bialowieza National park and in Domaszyn near Wroclow.In : LODGE, D.J. (1989) The influence of soil moisture and flooding on formation of VA endo and ectomycorrhizae in *Populus* and *Salix plant soil* 117:243-253.

## V

**VANDER HEIJIDEN L., 2000.** Mycorrhizal Symbioses of salix repens .Diversity and functional significance .Thesis van Doctor. Van Wageningen Universities Dutch.

**VANDEN BROECK. A., (2003B),** EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European black poplar (*Populus nigra L.*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy

**VILLAR M., LE BOULER H., FORESTIER O (2004)** Le Peuplier noir: un patrimoine naturel à conserver. *Biofutur* 247:24–27.

**VILLAR M., CHANTEREAU M., FORESTIER O., LE BOULER H., COLLIN E (2005)** Conservation et valorisation de deux espèces forestières ligériennes : le peuplier noir et l'orme lisse.

**VILLAR M., FORESTIER O (2009)** Le Peuplier noir en France : pourquoi conserver ses ressources génétiques et comment les valoriser? *Rev For Fr LXI – 5:457–466.*

**VOSSO, J. A., HOCSKALA, E. (1974)** Endo and ectomycorrhizal associations in five populus species. *Bull. Torry. Bott.* 101(4):182-186.

## Z

**Zak B (1973).** classification of ectomycorrhizae. In marks G.C et Koslowski, T.T.(éds). *Ectomycorrhizae their ecology and physiology.* Academic press, London, New York.43-78

**Zsuffa L (1974)** The genetics of *Populus nigra L.* *Annales Forestales* 6a (2):29-53