

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques
Et des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master
En Sciences Biologiques
Spécialité : Diversité et Adaptation de la Flore Méditerranéenne

Thème

**Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes
chez le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) :
cas de la population de dayate Saadi Hassi-Delâa
(wilaya de Laghouat).**

Réalisé par : M^{elle} HADDOUCHE Sabrina

Soutenu : 07/03/2017 devant le jury :

Président : M^{me} NAIT KACI -BOUDIAF M.

MCA à l'UMMTO.

Promotrice : M^{me} SMAIL-SAADOUN N.

Pr à l'UMMTO.

Examineur : M^{me} LARBI-AIDROUS N.

MAA à l'UMMTO.

Promotion:2016/2017

Remerciements

Je remercie le bon Dieu de m'avoir donné assez de force et de courage pour mener à terme ce modeste travail.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à :

Ma promotrice M^{me} SMAIL-SAADOUN N. Professeure à l'UMMTO pour m'avoir encadré, mais aussi pour son aide, ses conseils et ses recommandations. Merci d'avoir pris le temps de corriger et de finaliser ce travail.

M^{me} NAIT KACI-BOUBIAF M. maître de conférences classe A à l'UMMTO, pour avoir accepté de présider et juger ce travail.

M^{me} LARBI-AIDROUS N. Maître assistante classe A à l'UMMTO, pour avoir accepté de faire partie du jury et d'évaluer ce mémoire.

Je remercie aussi les ingénieurs du laboratoire Ressources Naturelles (Mme BELKEBIR -BOUKAIS A, Mme SKHI -REZKI L. pour leur aide et leur gentillesse.

Je remercie aussi chaleureusement M^{elle} BOUTELBA I. et HALES L. qui ont récolté le matériel végétal et le personnel de la conservation des forêts de la wilaya de Laghouat pour les moyens qu'il a mis à leur disposition.

Je remercie également M^{elle} MECHIAH F. pour son soutien et le partage du savoir et des informations.

Et à toute personne qui m'a aidée de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance, ceux qui ont attendu avec patience les fruits de leur bonne éducation à mes très chers parents

- *A mes chères sœurs : Djawida, Houria, Touas, Lynda et Kenza ;*
- *A mes chers frères : Salim et Smail ;*
- *A mes cousins et cousines ;*
- *A mes tantes ;*
- *A tous mes amies en particulier : Nawal, Ourida, souhila, Thiziri, Houria, Lila, Sadia, Inas et Djamila ;*
- *A tous ce qui m'aiment et qui sont les plus chères pour moi.*

Liste des abréviations

- **CaCO₃ (%)** : Taux de carbonate de calcium
- **CAM** : champignons mycorhiziens à arbuscules
- **DSE** : dark septate endophyte ou champignons septés et foncés
- **MO (%)** : Taux de matière organiques
- **P** : précipitation
- **T** : température

Liste des figures

Figure 1 : organisation d'une racine.....	6
Figure 2 : phylums fongiques et nombre d'espèces décrite.....	7
Figure 3 : principaux types de mycorhizes représentés sur une coupe transversale d'une racine	9
Figure 4 : schéma simplifié de l'ectomycorhize.....	10
Figure 5 : schéma de coupe de racine endomycorhizée.....	11
Figure 6 : cycle de développement du genre <i>Glomus</i>	12
Figure 7 : schéma décrivant le mécanisme de pénétration du champignon mycorhiziens dans la racine et la formation de l'appareil de pré-pénétration	14
Figure 8 : types de colonisation racinaire des champignons mycorhiziens à arbuscule.....	15
Figure 9 : prolifération des hyphes, formation des arbuscules et des vésicules.....	16
Figure 10 : cycle de vie et mode de transmission (verticale et horizontale) du champignon endophytes <i>Neotyphodium</i> sur son hôte <i>Festica arundinaceae</i>	20
Figure 11 : pistachier de l'Atlas (<i>Pistacia atlantica</i>).....	24
Figure 12 : système racinaire du pistachier de l'Atlas.....	25
Figure 13 : feuillage du pistachier de l'Atlas.....	26
Figure 14 : floraison du pistachier de l'Atlas.....	27
Figure 15 : fruits du pistachier de l'Atlas.....	27
Figure 16 : localisation de la wilaya de Laghouat.....	32
Figure 17 : diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la station de Laghouat.....	34
Figure 18 : zonation écoclimatique de la région de Laghouat selon la méthode de Le Houérou (1995.....	35
Figure 19 : sujet 1, daya de Hassi Delâa.....	36

Figure 20 : sujet 2, daya de Hassi Delâa.....	37
Figure 21 : sujet 3, daya de Hassi Delâa.....	38
Figure 22 : sujet 4, daya de Hassi Delâa.....	39
Figure 23 : Sujet 5, daya de Hassi Delâa.....	40
Figure 24 : hyphes sous forme d'un « Y ».....	43
Figure 25 : arbuscule de type « <i>Arum</i> ».....	44
Figure 26 : vésicule sous forme rectangulaire.....	45
Figure 27 : vésicule sous forme sphérique.....	45
Figure 28 : vésicule intracellulaire.....	46
Figure 29 : vésicule irrégulière.....	46
Figure 30 : observations microscopiques des spores mycorhizogènes.....	46
Figure 31 : différentes spores intra- racinaires de genre <i>Glomus</i>	47
Figure 32 : cellules auxiliaires épineuses de genre <i>Gigaspora</i>	48
Figure 33 : hyphes mélanisées et septées de DSE.....	49
Figure 34 : cylindre central d'une radicelle de pistachier de l'Atlas colorée en bleu.....	49
Figure 35 : différentes forme de microsclérotos.....	45
Figure 36 : poils absorbants.....	51

Liste des tableaux

Tableau 1 : intervalles de pH des sols sous pistachier de l'Atlas précédemment étudiés.....	28
Tableau 2 : taux de matière organique obtenus dans différents sols sous pistachiers précédemment étudiés.....	29
Tableau 3 : taux de calcaire obtenus dans différents sols sous pistachiers précédemment étudiés.....	29
Tableau 4 : données et paramètres utilisée dans la classification écoclimatique de la station de Hassi R'mel.....	34

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction général.....	2
Chapitre 1 : Symbioses racinaires.....	5
1. Introduction.....	5
2. Racine.....	5
2.1. Différentes parties de la racine jeune.....	5
3. Principaux groupes chez les champignons.....	7
4. Différentes types de mycorhizes.....	9
4.1. Ectomycorhizes.....	9
4.2. Endomycorhizes.....	10
4.2.1. Infection endomycorhizienne.....	11
4.2.2. Cycle de vie d'un champignon endomycorhizienne.....	11
4.2.2.1. Germination de la spore.....	13
4.2.2.2. Formation de l'appressorium et colonisation de la racine.....	13
4.2.2.3. Formation des arbuscules.....	14
4.2.2.4. Formation de vésicules.....	15
4.3. Ectendomycorhizes.....	16
5. Importance et rôle de la symbiose.....	16
5.1. Amélioration de la nutrition phosphatée et azotée.....	17

5.2. Tolérance au calcium et aux oligoéléments.....	17
5.3. Production de substances de croissance.....	17
5.4. Protection contre les organismes pathogènes.....	17
5.5. Protection contre les polluants.....	18
6. champignons endophytes.....	18
6.1. Reproduction et transmissions des champignons endophytes.....	19
6.1.1. Croissance végétative des hyphes.....	19
6.1.2. Croissance par le biais des spores.....	19
6.2. Colonisation des tissus végétaux.....	20
6.3. Rôles écologiques et physiologiques.....	21
Chapitre 2 : Présentation du pistachier de l'Atlas.....	23
1. Introductio.....	24
2. Principales caractéristiques botaniques du pistachier de l'Atlas (<i>Pistacia atlantica</i> Desf.).....	24
3. Caractéristiques des soles sous pistachier de l'Atlas.....	28
Chapitre 3 : Matériel et méthodes.....	31
1. Présentation de la zone d'étude.....	32
1.1. Bioclimat de la zone d'étude.....	33
2. Echantillonnage des racines.....	36
2.1. Présentation des sujets échantillonnés	36
2.2. Tri et conservation des racines.....	40
2.3. Technique de coloration au laboratoire.....	41
Chapitre 4: Résultats et discussion.....	43
1. Hyphes intra-racinaires.....	44

2. Arbuscules.....	45
3. Vésicules.....	46
4. Spores.....	47
5. Cellules auxiliaires.....	49
6. Champignons endophytes.....	49
6.1. Hyphes.....	50
6.2. Microsclérotos.....	51
7. Poils absorbants.....	52
Conclusion générale et des perspectives.....	51
Références bibliographiques.....	54

Introduction générale

Les plantes indigènes adaptées aux écosystèmes arides sont propices à une contrainte hydrique et nutritive. En effet, ces plantes ont développé des mécanismes uniques telles les associations symbiotiques, qui réduisent ce stress améliorent la nutrition et la survie (Barrow et Aaltonen, 2001) et favorisent la conservation de l'eau chez la plante (Malinowski et Belesky, 2000 ; Kannadan et Rudgers, 2008).

Le pistachier de l'Atlas : *Pistacia atlantica* Desf. porte les noms vernaculaires de bétoum ou botma en arabe et iggh en berbère. C'est une espèce circumméditerranéenne méridionale et irano-touranienne, elle est présente surtout en bioclimat semi-aride (Quézel et Médail, 2003). En Algérie, *Pistacia atlantica* Desf. est associé au *Zizyphus lotus* (jujubier) «Tbakat» en berbère ou « Sedra » en Arabe (Blanguernon, 1955). Le jujubier est un arbrisseau épineux, formant de grands buissons (Ozenda, 1983). Il est considéré comme plante-nurse permettant ou facilitant l'installation et la régénération du bétoum. En effet, il permet une bonne protection aux jeunes pousses contre les vents et le pâturage (Belhadj, 2001).

Selon Limane et *al.* (2014), le système racinaire du pistachier de l'Atlas est opportuniste. Dans des conditions de climat semi-aride, il développe principalement un système racinaire superficiel suffisant pour ses besoins importants en hydrominéraux. Avec l'augmentation de l'aridité climatique et édaphique, la plante adopte une stratégie phréatophytique, en accroissant la longueur et l'épaisseur des racines profondes en contact avec les niveaux d'humidité profonds, protégés de l'évapotranspiration durant les saisons sèches. En effet, le pistachier de l'Atlas réussit à coloniser des niches écologiques inaccessibles à d'éventuels concurrents augmentant ainsi à la fois, sa propre valeur sélective et l'élasticité des biotopes qu'il colonise. Comme la plupart des végétaux, son développement est conditionné par l'existence d'un système mycorhizien qui intervient dans son alimentation minérale et hydrique.

Par ailleurs, il a été établi que la plupart des arbres contractent des associations symbiotiques avec un certain nombre de champignons du sol et que ces associations à bénéfices réciproques permettent à l'arbre de résister aux effets drastiques du climat au manque de nutriments provenant du sol et aux attaques parasitaires (Gebelli et *al.*, in Sturllu, 1991).

La mycorhize est un agent biologique qui signifie une collaboration entre un champignon et les racines d'une plante. Ces dernières réalisent une symbiose durable, vraie et mutualiste (Dommergues et Mangenot, 1970).

Les champignons endophytes sont des microorganismes qui accomplissent tout ou une partie de leur cycle de vie à l'intérieur d'une plante de manière symbiotique avec un bénéfice mutuel et des interactions durables pour les deux organismes. Ils peuvent envahir tous les organes de la plante (Benmazari, 2010). Les endophytes pénètrent dans les tissus des végétaux au niveau du système racinaire, cotylédons, tiges, feuilles et fleurs (Li et *al.*, 2012). Ils ont une plasticité beaucoup plus grande que les plantes, et restent viables et actifs à des potentiels hydriques bien inférieurs à ceux essentiels à leurs hôtes (Duniway, 1979 ; Moricca et Ragazi, 2008). Ils peuvent assimiler des éléments minéraux (azote et phosphore) (Benmazari, 2010).

Dans le présent travail, nous nous sommes proposés d'étudier les symbioses mycorhizienne et endophytiques du pistachier de l'Atlas dans une des nombreuses dayas de la wilaya de Laghouat dans la région de Hassi Delâa. Ce travail rentre dans les problématiques du laboratoire Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Mammeri (Tizi-Ouzou).

- ✓ Dans la première partie, nous avons abordé les généralités sur la symbiose mycorhizienne et les endophytes.
- ✓ Dans la deuxième partie, nous avons présenté l'espèce étudiée *Pistacia atlantica* Desf.
- ✓ Dans la troisième partie, nous avons présenté notre station d'étude, ainsi que le matériel et les méthodes utilisées.
- ✓ Dans la quatrième partie, nous avons donné les résultats obtenus et la discussion de ces derniers.
- ✓ Nous avons terminé le travail par une conclusion générale et quelques perspectives.

Chapitre 1

Symbioses racinaires

1. Introduction

De nombreuses espèces végétales établissant une relation symbiotique avec un champignon. Le partenariat qui en découle est appelé « mycorhize », qui vient de deux mots l'un grec « Makis » : champignon, et l'autre latin « rhiza » : racine (Dalpé, 1997). Les mycorhizes sont des symbioses entre les racines des végétaux et les mycéliums des champignons. Cette symbiose est réputée bénéfique, car elle implique le transfert de nutriments (P, K, N, Ca, Mg) et de l'eau contenus dans le sol, alors que le champignon prélève le carbone organique et l'énergie grâce à la photosynthèse de l'hôte, qui permet la croissance du mycélium végétatif et l'accomplissement du cycle sexué de ces champignons (Le Tacon, 1985).

2. Racine

La racine est un organe cylindrique où les différents tissus racinaires sont organisés en couches concentriques autour d'un axe (Morot-Gaudry *et al.*, 2009).

La racine est un organe propre aux végétaux vasculaires que sont les Ptéridophytes, les Gymnospermes et les Angiospermes chez, lesquels elle est opposée à la tige dès les stades embryonnaires (Drénou, 2006). Elle permet l'ancrage de la plante dans le sol et l'absorption puis la conduction de l'eau et des sels minéraux.

2.1. Différentes parties de la racine jeune

On peut définir quatre parties dans une racine, avec de bas en haut successivement (Figure1) :

- **la coiffe** : c'est une sorte de capuchon recouvrant l'extrémité de la racine, elle est formée de grandes cellules qui se différencient en élaborant du mucilage extra cellulaire (Roland et Roland, 2001), la coiffe est considérée comme une structure qui protège le méristème racinaire (Cofie, 2001) ;
- **la zone d'accroissement** : constituée de méristème et située derrière la coiffe tout à la pointe de la racine, elle est responsable de multiplication cellulaire (Dupont et Guignard, 2007) ;

- **la zone pilifère** : qui porte les poils absorbants et qui mesure quelques centimètres de longueur, les cellules de cette zone ont une paroi mince cellulosique et elles sont unies les unes des autres (Camefort, 1996) ;
- **la zone subéreuse** : c'est la partie la plus âgée de la racine, c'est la zone de formation de liège imperméable et de ramification en radicelles (Dupont et Guignard, 2007).

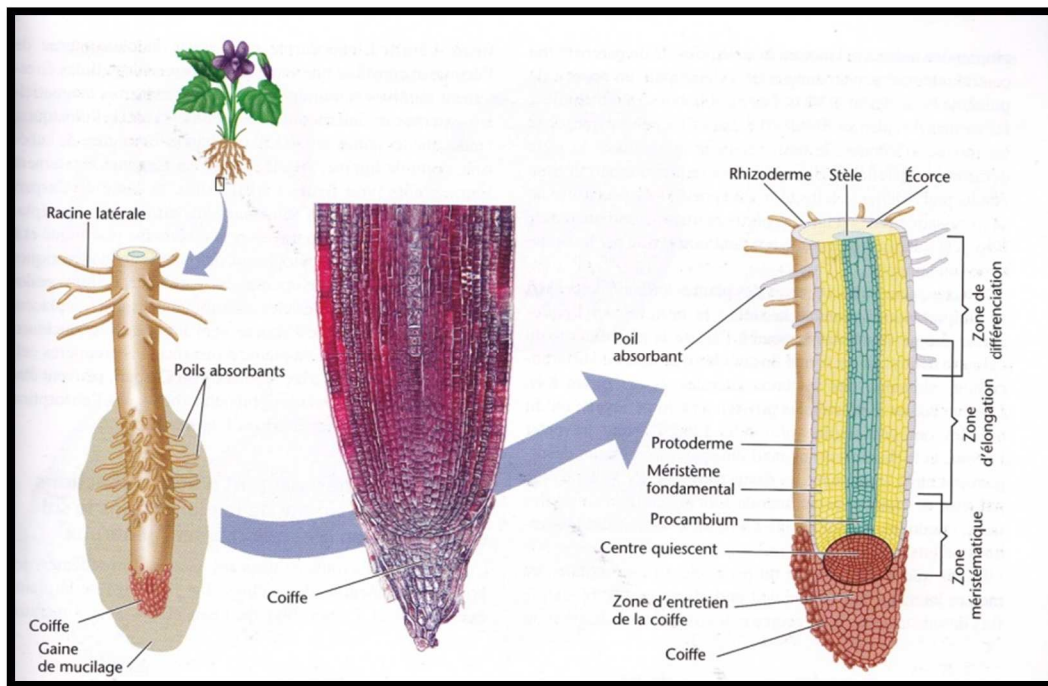


Figure 1: organisation d'une racine (Meyer et *al.*, 2004)

On distingue deux zones sur le plan anatomique :

- l'écorce est constituée du rhizoderme qui porte les poils absorbants puis une assise subéreuse (Norby et *al.*, 2004) ;
 - le parenchyme cortical est souvent épais et forme de grandes cellules aux parois cellulosiques minces séparées par des méats, ces cellules contiennent de l'amidon (Dunod, 2005) ;
 - l'endoderme est constitué d'une seule couche de cellules rectangulaires, étroitement appliquées les unes contre les autres (Dunod, 2005) ;
- le cylindre central comprend un parenchyme d'où se répartissent les faisceaux conducteurs, en nombre variable de la base vers l'apex de la racine, le parenchyme montre trois régions : le péricycle, les rayons médullaires et la moelle (Dunod, 2005).

3. Principaux groupes chez les champignons

La systématique des champignons est basé essentiellement sur des critères morphologiques (Guarro et *al.*, 1999 ; Sanchez Marquez et *al.*, 2007 ; Tabuc, 2007). De nombreuses approches alternatives ont été développées, y compris les études nutritionnelles et physiologiques, les tests sérologiques, métabolites secondaires, les systèmes d'ubiquinone et les acides gras (Guarro et *al.*, 1999).

Chez les champignons, on distingue 4 divisions (ou phylums) (Lutzoni et *al.*, 2004) (Figure 2).

Les Chytridiomycota ont été considérés comme ayant les traits les plus primitifs, parce qu'ils sont les seuls champignons qui ont conservé la reproduction par des spores flagellées (zoospores). Ils comprennent des formes unicellulaires ou filamenteuses qui produisent des cellules flagellées à un certain moment de leur cycle de vie (Lutzoni et *al.*, 2004 ; Raven et *al.*, 2007). Les cellules mobiles possèdent le plus souvent un seul flagelle postérieur lisse. Les parois cellulaires sont formées de chitine, mais il peut exister aussi d'autres polymères et leurs réserves sont composées de glycogène. Il existe environ 790 espèces (Raven et *al.*, 2007). Ils vivent dans les habitats aquatiques et terrestres (Lutzoni et *al.*, 2004).

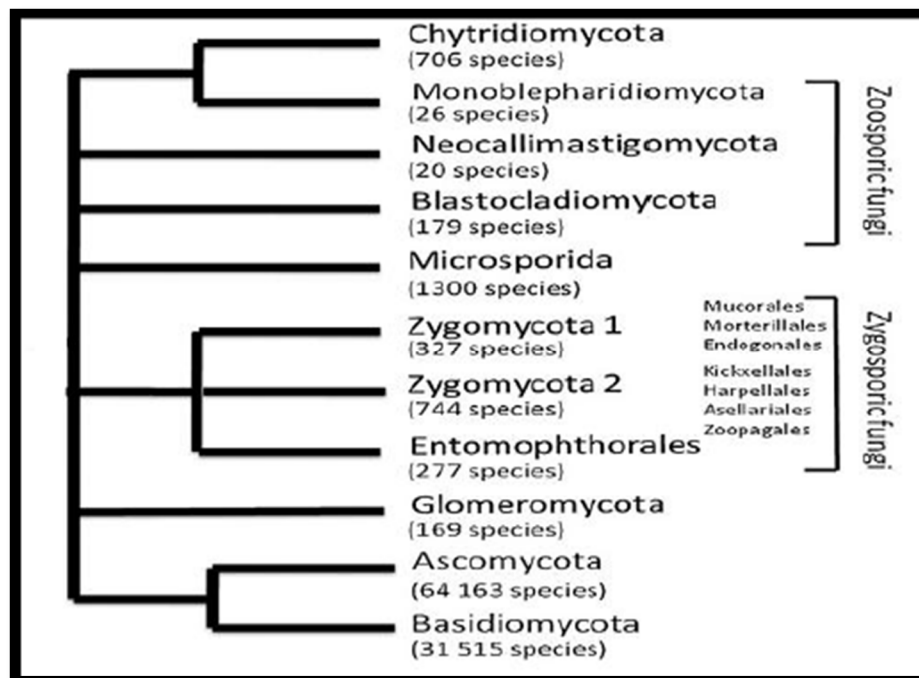


Figure 2 : Phylums fongiques et nombre d'espèces décrites (Blackwell, 2011).

Les Zygomycota constituent un assemblage de champignons zygosporiques écologiquement hétérogènes. Il est divisé en deux classes : Zygomycètes et Trichomycètes et en neuf ordres : Asellariales, Dimargaritales, Endogonales, Entomophthorales, Harpellales, Kickxellales, Mortierllales, Mucorales et Zoopagales. Il est considéré comme une lignée primitive (James et O'Donnell, 2004). Il regroupe de nombreux saprotrophes et parasites d'insectes (Cordier et *al.*, 20012) et de champignons pathogènes facultatifs pour la plante, animal homme et même pour d'autres champignons. Ce sont des champignons ubiquistes omniprésents dans diverses interactions dans le milieu naturel (White et *al.*, 2006).

Les Glomeromycota constituent le groupe de champignons symbiotiques et biotrophes stricts de plantes qui forment des mycorhizes à arbuscules. Il est relativement le groupe le plus petit (Kirch et *al.*, 2008 in Lee et *al.*, 2012).

Les phyla des Ascomycètes et Basidiomycota forment le groupe des Dicarya et représentent la majorité des espèces de champignons décrites, en l'occurrence 67000 espèces sur les 100.000 recensées (Le Calvez, 2009). Ils sont unis par la possession d'hyphes cloisonnées et une étape de la vie dicaryotique, mais différents dans les structures impliquées dans la méiose et la sporulation (Lutzoni et *al.*, 2004). Les Ascomycota sont des champignons caractéristiques par un appareil végétatif sous forme d'un mycélium septé. Ils présentent une structure caractéristique appelée asque, formée au cours de la reproduction sexuée, qui renferme un nombre défini d'ascospores. Ce sporocyste globuleux, cylindrique ou plus ou moins claviforme, avec une paroi simple ou double représente un important critère d'identification. Souvent les asques sont produits, en grand nombre dans des structures de fructification, nommées ascocarpes (Botton et *al.*, 1990 ; Sutton et *al.*, 1998 in Tabuc, 2007). Au sein de ce phylum, nous distinguons les Deutéromycètes ou champignons imparfaits (Tabuc, 2007). Ils réunissent le plus grand nombre d'espèces pathogènes de champignons, pour lesquelles la reproduction sexuée n'est pas connue. Ces champignons sont unicellulaires ou à thalle filamenteux septé. Les Deutéromycètes sont divisés en 3 classes : les Blastomycètes qui réunissent des levures ; les Hyphomycètes qui sont des champignons filamenteux, stériles ou produisant des spores directement sur les hyphes ou sur des conidiospores simples ou agrégés et les Coelomycètes, champignons pour lesquels les conidies sont produites dans des structures de protection : les pycnides (Sphaeropsidables) et les acervules (Mélanconiales) (Kiffer et Morellet, 1997).

Les champignons Basidiomycètes sont des champignons terrestres dont les hyphes sont perforés ; des cloisons complètes isolent les structures reproductrices, telle que les spores. La reproduction sexuée implique la formation de basides : la méiose s'y déroule et sur elles se forment les basidiospores. Les Basidiomycètes sont dicaryotiques pendant la plus grande partie de leur cycle de développement (Raven *et al.*, 2007).

4. Différents types de mycorhizes

Cette symbiose prend différentes formes, appelé ectomycorhizes, endomycorhizes ou ectendomycorhizes. Selon Smith (1997), la classification des mycorhizes est basée sur le type de champignon associé (Figure 3).

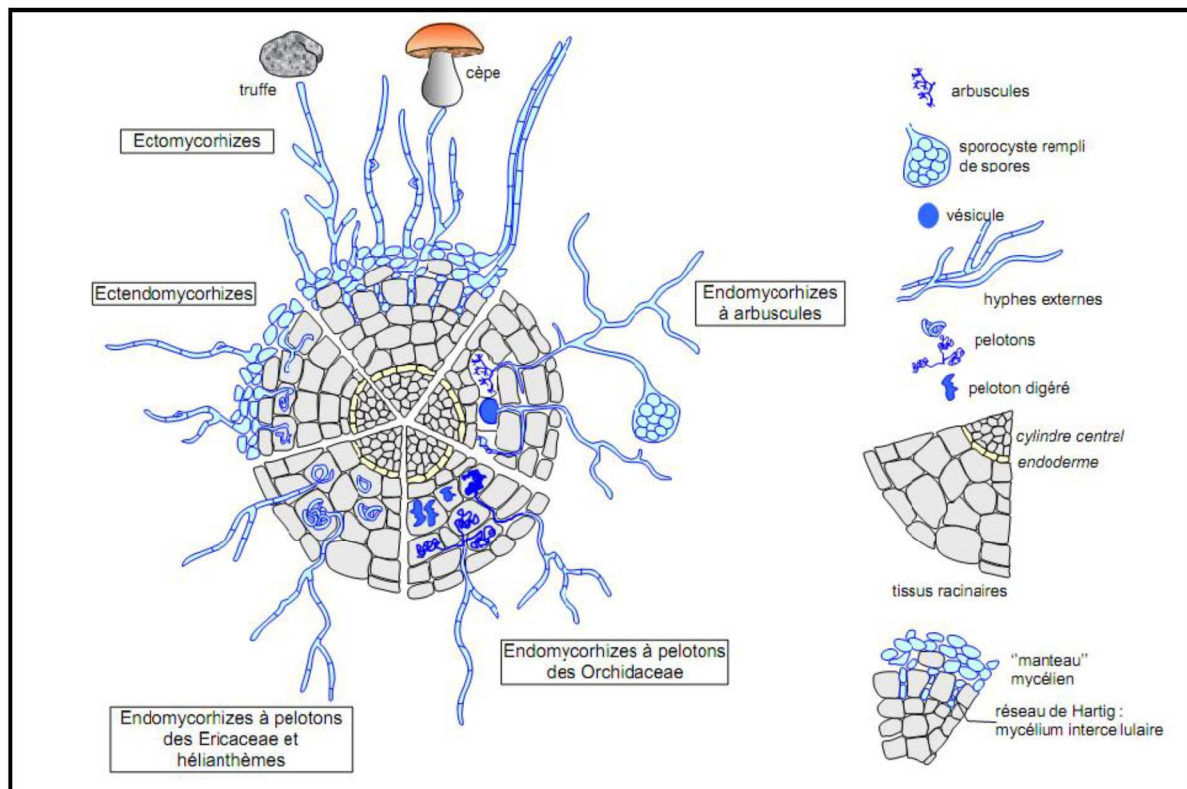


Figure 3 : principaux types de mycorhizes représentés sur une coupe transversale d'une racine (Le Tacon, 1998).

4.1. Ectomycorhizes

Les champignons ectomycorhiziens appartiennent aux Ascomycètes et surtout aux Basidiomycètes. Ces champignons supérieurs se retrouvent dans le sous-bois parce qu'ils ne forment des mycorhizes qu'avec les plantes ligneuses : arbres ou arbustes (Mousain, 1991).

Les ectomycorhizes revêtent les racines latérales à structure primaire d'un manteau fongique, le mycélium ne se développe pas dans les cellules de l'hôte, mais plutôt vers l'extérieur des cellules. Les hyphes en s'accolant les uns aux autres forment un manchon autour des radicelles et pénètrent aussi dans la racine, mais en se confinant aux espaces intercellulaires, formant dans le cortex un système complexe portant le nom de réseau de Hartig, chercheur qui l'a observé et décrit le premier (Figure 4). A partir de cet ancrage, le mycélium peut alors se développer et envahir le sol adjacent (Fortin et *al.*, 2008).

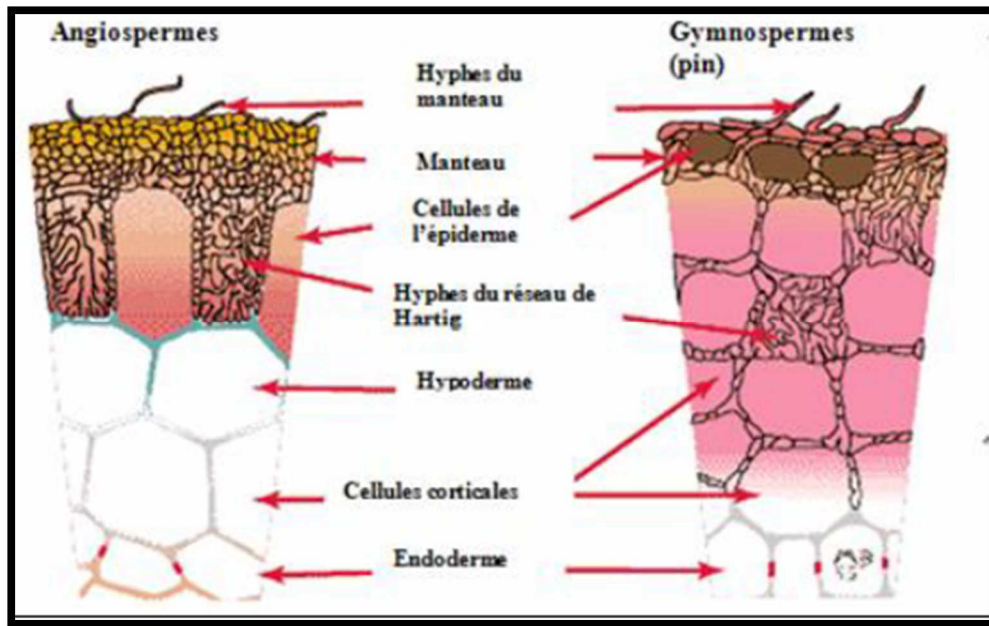


Figure 4 : schéma simplifié de l'ectomycorhize (Philips, 2009).

4.2. Endomycorhizes

Les endomycorhizes (ou mycorhizes internes) sont la forme la plus répandue chez les végétaux et concernent les plantes herbacées et quelque essences ligneuses. Ce type de mycorhize n'entraîne pas de changements majeurs dans la morphologie racinaire (Figures 3 et 5). Il n'y a ni manteau fongique entourant la racine, ni réseau de Hartig, mais seulement des hyphes intercellulaires qui pénètrent dans les cellules du parenchyme cortical de la racine, en modifiant considérablement leurs caractères cytologiques (Boullard, 1968 ; Mangenot et Dommergues, 1970 ; Lanier et *al.*, 1979 ; Scannerini et Bonfanfaslo, 1980 ; Plenchette, 1982 ; Strullu, 1982).

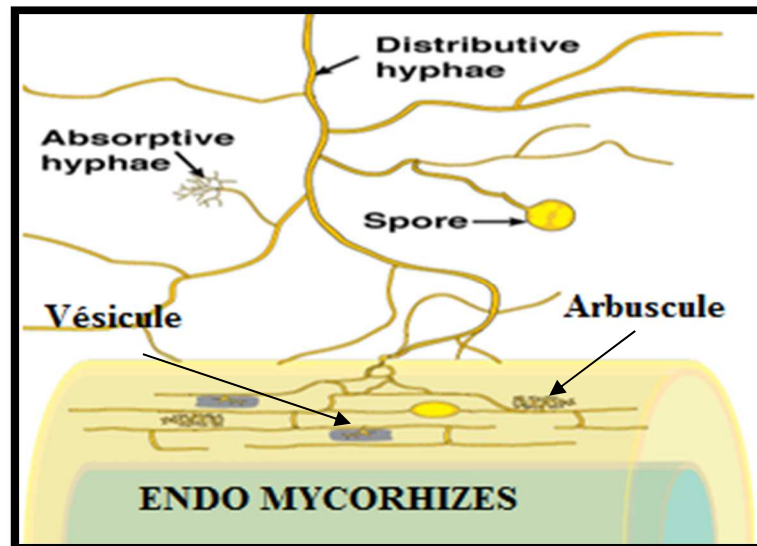


Figure 5 : schéma de coupe de racine endomycorhizée (Rival, 2013).

4.2.1. Infection endomycorhizienne

L'infection endomycorhizienne a lieu uniquement dans la zone apicale des jeunes racines. Le champignon répond à la présence des exsudats racinaires de la plante par une augmentation de la croissance et de la ramification des hyphes mycéliennes. Ces dernières adhèrent à la racine et différencient au contact du rhizoderme une structure spécialisée l'appressorium. La formation de ce dernier nécessite un processus de reconnaissance entre les deux partenaires déclenchée par des signaux de la plante hôte. La pénétration du champignon est caractérisée par la production localisée d'hydrolases, qui vont dégrader la paroi de la plante et par conséquent permettre la progression du filament à l'intérieur de la racine (Duhoux et Nicole, 2004).

4.2.2. Cycle de vie d'un champignon endomycorhizien AM

Les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) sont des symbiotes obligatoires, qui ne peuvent se développer qu'en présence d'une plante hôte. Certaines mycorhizes peuvent se développer en absence de plante hôte, mais le développement de leurs hyphes reste limité (Diop et *al.*, 1994). La colonisation des cellules corticales de la racine passe par plusieurs étapes au cours desquelles se produisent des modifications anatomiques et physiologiques importantes. Des modifications de l'architecture ultrastructurale sont observées, telles que l'invagination du plasmalemme autour du mycélium, la fragmentation de la vacuole, la disparition des amyloplastes et l'augmentation du nombre de vésicules de Golgi et de mitochondries (Bonfante et *al.*, 1981).

L'infection de la plante hôte peut être initiée à partir de plusieurs propagules : spores, fragments racinaires mycorhizés, hyphes présentes dans le sol ou même des vésicules isolées. Les spores germent en donnant un promycélium (Stade 1), qui développe un appressorium lorsqu'il rencontre une racine (Stade 2). Ensuite, le champignon pénètre dans la racine en formant un mycélium secondaire et des arbuscules (Stade 3). Le mycélium progresse entre les cellules racinaires, se renfle en vésicules (Stade 4). La mycorhize ainsi formée produit un réseau extramatriciel qui est à l'origine des spores qui seront libérées dans le sol après maturation (Stade 5). Lors de la sénescence de la racine ou des tissus corticaux, les vésicules sont libérées dans le sol et se développent selon un mode saprophytique (Ouahmane, 2007) (Figure 6).

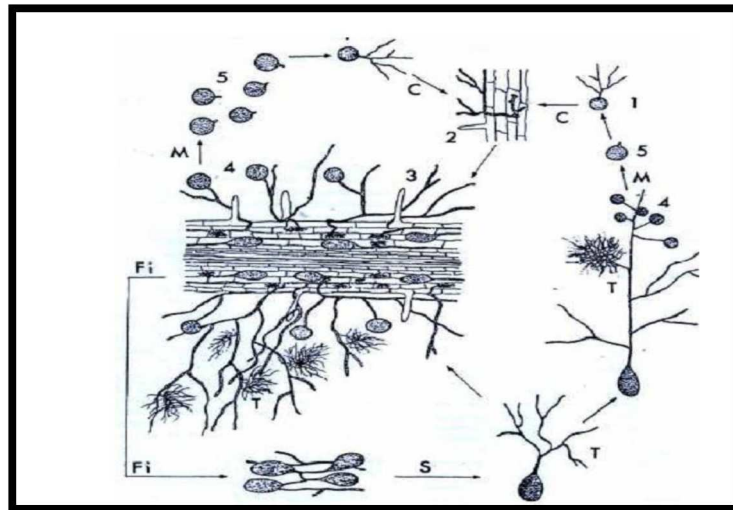


Figure 6 : cycle de développement du genre *Glomus* (d'après Strullu et *al.*, 1997).

- 1 : germination des spores
- 2 : colonisation des cellules corticales de la racine
- 3 : formation des arbuscules et des vésicules
- 4 : infection des racines néoformées
- 5 : développement des spores.
- C : contact racinaire
- Fi : forme intraracinaire
- M : maturation sporale
- S : phase saprophytique
- T : thalle.

4.2.2.1. Germination de la spore

Le déclenchement de la germination des spores et la croissance de mycélium sont stimulés par la présence des racines de la plante hôte et les exsudats racinaires des plantes riches en sucres, composés phénoliques et acides aminés. C'est la raison pour laquelle les champignons mycorhiziens arbusculaires nécessitent la présence des racines de la plante hôte, pour se développer (Giovanetti et *al.*, 1993). Koske et Gemma (1992) suggèrent que la croissance fongique est stimulée par des composés volatils, contenus dans les exsudats racinaires, notamment le CO₂, comme source de carbone (Becard et Piché, 1989).

Dans le sol, la germination de la spore est sous le contrôle de plusieurs facteurs externes tels que l'humidité, la température, le pH, la salinité (Hepper, 1979 ; Estaun, 1991) et endogènes, tels que le stade de maturation, la dormance et la taille de la spore (Gemma et Koske, 1988 ; Hetrick, 1984).

4.2.2.2. Formation de l'appressorium et colonisation de la racine

Après germination, les spores développent un mycélium fongique. Ce dernier entre en contact avec la racine, ce qui permet la formation des structures appelées appressoria, dont le rôle réside dans la propagation du mycélium intraracinaire (Giovanetti et *al.*, 1996). Les mycéliums pénètrent et se développent entre les cellules du rhizoderme et colonisent les parties superficielles du cortex racinaire (Smith et Read, 1997). L'infection a lieu dans la zone d'élongation de la racine, ce qui influence l'apparition des racines latérales qui, à leur tour, sont infectées et permettent l'extension de la mycorhize (Figure 7).

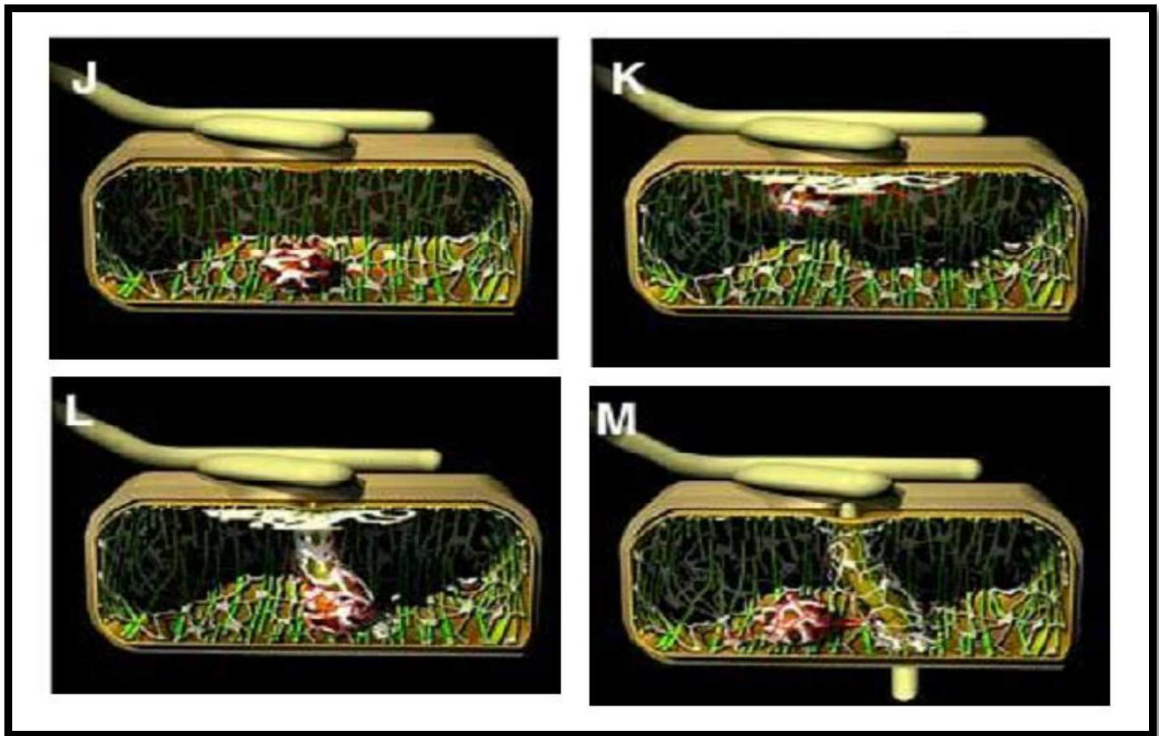


Figure 7 : schéma décrivant le mécanisme de pénétration du champignon mycorhizien dans la racine et la formation de l'appareil de pré-pénétration (d'après Genre et *al.*, 2005).

J : contact entre le champignon et une cellule épithéliale de la racine au niveau de l'appressorium

K : au contact du champignon, le noyau (n) de la cellule végétale migre à la surface de la racine, à proximité de l'appressorium.

L : en migrant vers la face basale de la cellule, le noyau entraîne la formation d'une structure tubulaire riche en cytosquelette et en réticulum endoplasmique : l'appareil de pré-pénétration

M : une hyphé du champignon (Hp) traverse la cellule végétale et pénètre la racine par l'intermédiaire de l'appareil de pré-pénétration (PPA).

Code couleur : vert ; microtubules, rouge ; micro-filaments d'actine ; blanc ; réticulum endoplasmique.

4.2.2.3. Formation des arbuscules

Une ramification du mycélium dans les cellules, au contact de l'endoderme, permet l'élaboration des arbuscules qui ont comme rôle, d'augmenter la surface de communication entre le mycélium fongique et la cellule hôte, via l'invagination du plasmalemme. Cette surface, appelée interface arbusculaire est le siège favorisé des échanges entre les deux partenaires. Deux types de colonisation racinaire sont généralement différenciées en fonction de la structure de l'arbuscule: le type *Arum* et le type *Paris* (Figure 8). Le type *Arum* se distingue par une phase intercellulaire de croissance d'hyphes et une production d'arbuscules

terminaux sur les branches d'hyphes intracellulaires. Le type *Paris* se caractérise par une croissance d'hyphes intracellulaires considérables, formant des enroulements et portant des petits arbuscules (Smith et Read, 1997).

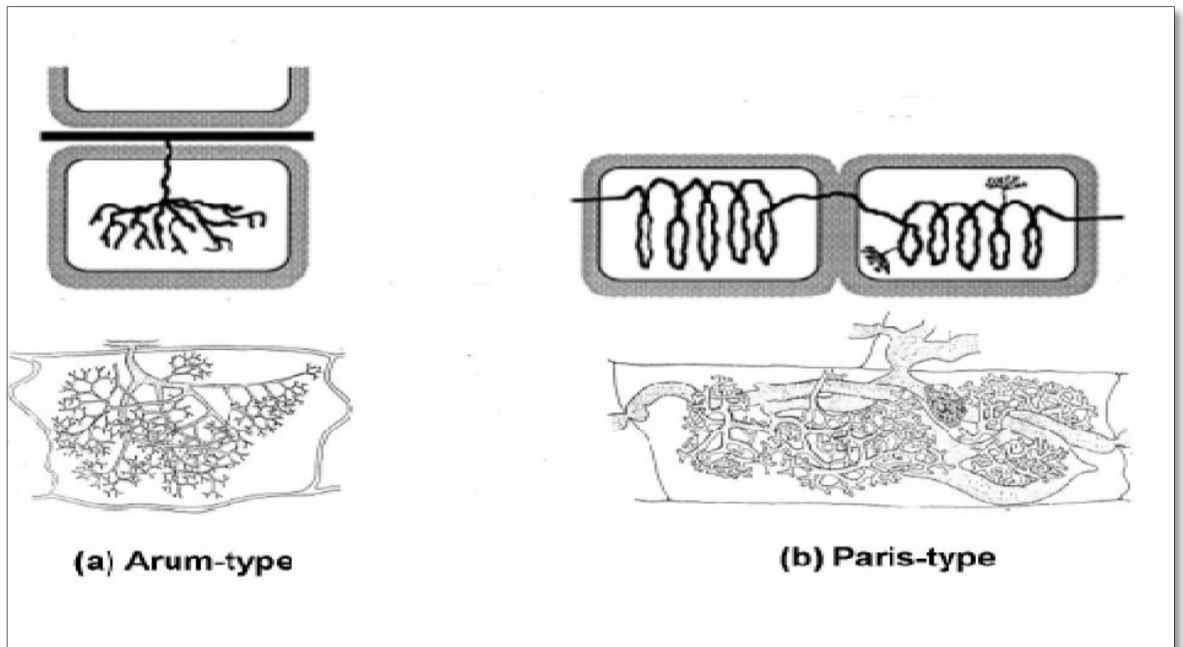


Figure 8: types de colonisation racinaire des champignons mycorhiziens à arbuscules (D'après Smith et Smith, 1997).

4.2.2.4. Formation de vésicules

Le renflement du mycélium qui progresse dans et entre les cellules racinaires aboutit à la formation des vésicules, qui ont des formes ovoïdes, possédant plusieurs noyaux et des lipides (Figure 9). Lors de la sénescence de la racine, les vésicules sont débarrassées dans le sol, où elles peuvent générer de nouvelles mycorhizes (Strullu et *al.*, 1996).

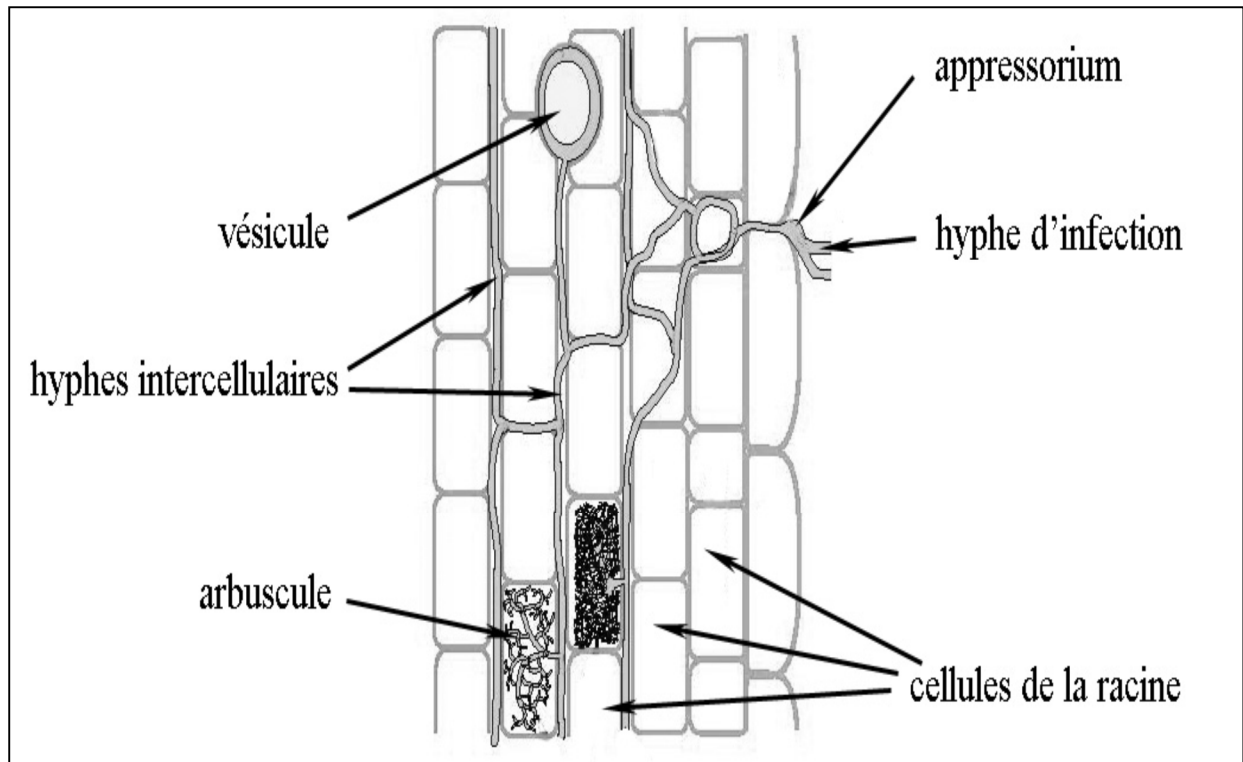


Figure 9: prolifération des hyphes, formation des arbuscules et des vésicules (Brundret et *al.*, 1996).

4.3. Ectendomycorhizes

Les ectendomycorhizes possèdent à la fois des caractères d'ectomycorhizes (la présence du manteau et du réseau intercellulaire) (réseau du Hartig), et des caractères d'endomycorhizes (la colonisation des cellules racinaires par les hyphes mycéliennes). Ce type d'association symbiotique est formé par des champignons mycorhiziens de type Basidiomycètes (Nikola, 1988). Il a été envisagé comme une interaction moins importante chez les conifères, mais juste une colonisation précoce des plantules (Smith et Read, 1997).

5. Importance et rôle de la symbiose

Selon Gianinazzi (2013), les champignons mycorhiziens sont considérés comme :

- biofertilisants, améliorant ainsi la nutrition du végétal, notamment en phosphore ;
- biorégulateurs, ils contrôlent la croissance et le rendement des plantes (taille et productivité accrues), mais aussi leur développement (architecture des racines plus dichotomisées et floraison plus abondante) ;

- bioprotecteurs en renforçant les défenses naturelles de la plante contre les bactéries et les champignons phytopathogènes, et en augmentant la tolérance des végétaux à différents stress abiotiques (métaux lourds, sécheresse) ;
- biostabilisants : ils favorisent la rétention des agrégats du sol, en stabilisant ainsi sa structure et sa qualité.

5.1. Amélioration de la nutrition phosphatée et azotée

Le sol contient du phosphore sous divers états dont une petite partie se trouve sous forme assimilable par la plante. Le transfert du Pi est assuré par les cordons mycéliens vers la plante hôte. Le transport est unidirectionnel (Mousain et *al.*, 1997). Le champignon mycorhizien possède les équipements enzymatiques nécessaires à l'utilisation de l'ammonium et des nitrates. Ceci permet aux plantes mycorhizées de s'adapter à des conditions édaphiques très variées (Strullu, 1991).

5.2. Tolérance au calcium et aux oligoéléments

Les mycorhizes permettent d'éviter les perturbations du métabolisme de l'azote et des cations (chloroses) et la toxicité causée par le manganèse, par l'activité de microorganismes du sol en présence de champignons mycorhiziens (Strullu, 1991).

5.3. Production de substances de croissance

De nombreux échanges de vitamines et de substances de croissance (tels que : auxine, cytokinine, gibbérelline, oligosaccharides ...) ont lieu entre la plante et le champignon (Le Tacon, 1982). Au cours de leur longue co-évolution avec les plantes, les champignons mycorhiziens ont acquis la capacité de produire les mêmes substances ou des molécules analogues dotées des mêmes propriétés physiologiques, avec comme effet de favoriser la prolifération des racines qu'ils peuvent coloniser (Gono, 2009).

5.4. Protection contre les organismes pathogènes

Dans la nature, les plantes sont continuellement soumises à des agressions de la part de bactéries, de champignons, de nématodes et d'insectes (Fitter, 1991 ; Moser et Hasehwandter, 1993 ; Schtiepp et *al.*, 1987).

Les champignons mycorhiziens peuvent intervenir de deux façon 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 mycorrhizosphère, les microorganismes sont confrontés 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 viennent pas ou restent toujours relativement faibles. Le second mécanisme permettant aux plantes mycorhizées de mieux résister aux maladies est lié à des modifications des activités physiologiques, en produisant des substances antibiotiques contre ces organismes (Fortin et *al.*, 2008).

5.5. Protection contre les polluants

Les mycorhizes améliorent la protection contre les polluants. Les émissions de polluants contiennent certains métaux lourds toxiques tels que le plomb, le cadmium, le nickel, le mercure, qui ne sont pas décomposables, et des substances radioactives, comme le césium qui se dépose aussi en forêt, ce qui constitue un danger croissant pour les organismes vivants. Mais une partie des champignons mycorhiziens résistent à ces polluants, qui peuvent se fixer sur le mycélium. Chez les plantes mycorhizées, ils sont retenus dans le manteau fongique et ils ne parviennent à la racine de la plante qu'en quantités réduites (Egli et Brunner, 2002).

6. champignons endophytes

Carroll (1986) définit l'endophyte comme étant un organisme qui cause des infections asymptomatiques des tissus végétaux. Ainsi, Petrini (1991 *in* Willson, 1997) développa cette définition, en incluant l'ensemble des microorganismes occupant les organes du végétal et qui pour une période du cycle de vie, peuvent coloniser les tissus internes de l'hôte sans apparition de symptômes (Willson, 1997 ; Strobel et *al.*, 1999 ; Li et *al.*, 2007 et Radji et *al.*, 2011).

Le mot endophyte est dérivé du grec « Endo » ou « Endon » c'est-à-dire « intérieur » et « phyte » ou « phyton » c'est-à-dire « plante » (Hawksworth et *al.*, 1995) dans « the dictionary of the fungi » le mot « endophytes » désigne « l'organisme qui vit dans la plante » (Pirttila, 2001 ; Schulz et Boyle, 2006).

Les champignons endophytes sont des microorganismes qui habitent à l'intérieur de la plante est spécialement dans les tiges, les feuilles et les racines sans causer de dommages pour la plante hôte. Ils forment dans les racines des végétaux un mycélium stérile, septé et pigmenté, c'est ainsi qu'ils sont appelés endophytes foncés septés (DSE), pouvant produire des sclérotés (Jumpponen, 2001 ; Peterson et *al.*, 2004 *in* Benmazari, 2010).

6.1. Reproduction et transmission des champignons endophytes

Deux modes de transmission des endophytes sont recensés.

6.1.1. Croissance végétative des hyphes

Elle est accompagnée par la transmission verticale, la croissance se fait à l'intérieur des tissus de la plante hôte. Le passage et la transmission des hyphes des champignons de la plante vers la descendance sont effectuées par le biais de la graine (Selosse et Schardl, 2007). C'est le cas des Poacées (Figure 10). Cela peut procurer à la plante hôte plusieurs bénéfices : augmentation de la tolérance à la sécheresse, protection contre les herbivores et résistance contre les pathogènes (Clay et Schardl, 2002).

6.1.2. Croissance par le biais des spores

La transmission dans ce cas est horizontale, c'est-à-dire que les champignons sont transmis par les spores sexuées ou asexuées et vont donc infecter les autres plantes (Arnold et *al.*, 2003 ; Gallery et *al.*, 2007). Ce mode de transmission peut fournir une tolérance thermique pour la plante (Redman et *al.*, 2002). La majorité des plantes étudiées à ce jour sont infectées horizontalement par plusieurs groupes de mycoendophytes (Davis et *al.*, 2003). En général, la transmission horizontale des endophytes est associée aux tissus photosynthétiques de la plante (la feuille) (Saikkonen et *al.*, 1998 *in* Higgins et *al.*, 2007) (Figure 10).

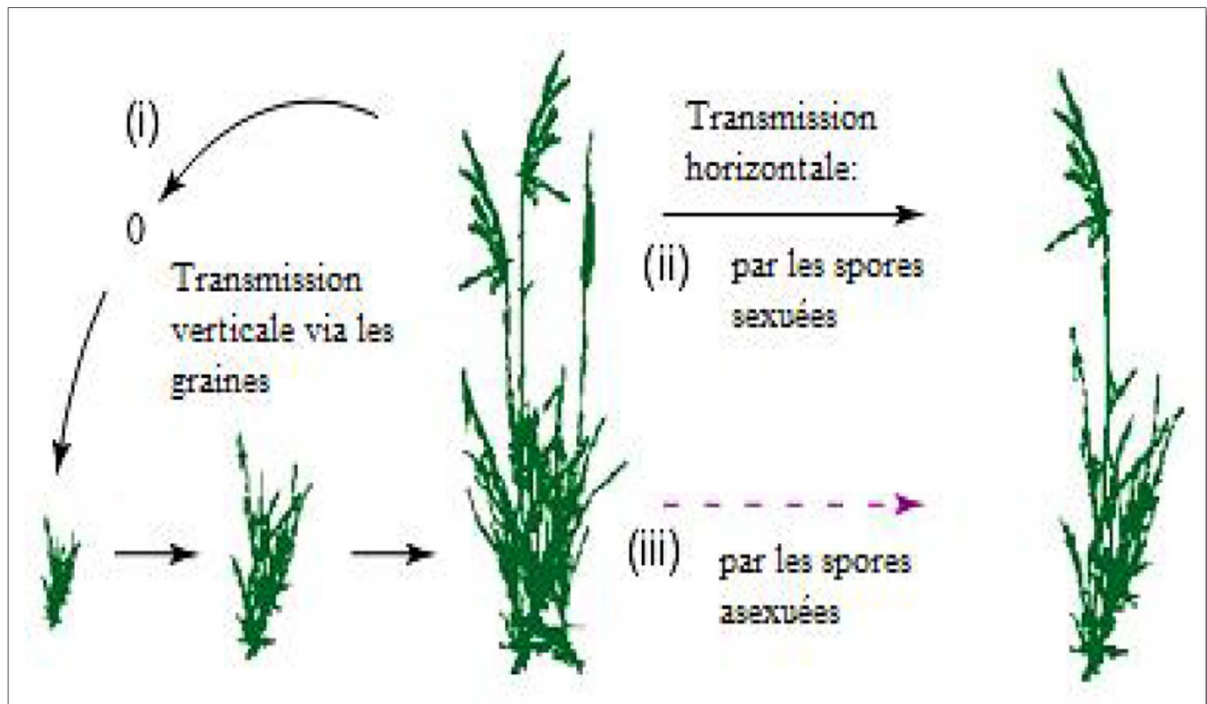


Figure 10 : cycle de vie et mode de transmission (verticale et horizontale) du champignon endophytes *Neotyphodium* sur son hôte *Festuca arundinaceae* (Saikkonen et al., 2004).

6.3. Colonisation des tissus végétaux

Les études portées sur les champignons endophytes ont été réalisées sur un large spectre de biotopes (Wilson, 1997 ; Arnold et al., 2001 ; Stone et al., 2004 ; Suryanarayanan et al., 2005).

Eu égard à l'universalité des infections endophytes, la diversité des espèces fongiques en la matière est significative à l'échelle interspécifique ou intraspécifique de l'hôte. Des ce fait, il est admis que les mycoendophytes peuvent représenter une trame substantielle d'espèces non découvertes encore. La spécificité des champignons endophytes à l'égard de la plante-hôte est déterminée par plusieurs facteurs : des régulateurs de nature chimique, le génotype de l'hôte, la période de l'année et des facteurs physico-chimiques environnants (Stone et al., 2004).

La colonisation des tissus internes des plantes-hôtes par les endophytes peut être intracellulaire et limitée à quelques cellules individualisées, intercellulaire localisée ou systémique, ou bien à la fois intra et intercellulaire (Stone et al., 2004). Elle peut s'avérer limitée au système racinaire, comme pour les endophytes bruns septés ou DSE (Dark Septate Endophytes) (Jumpponen, 2001 ; Sieber, 2002), confinée aux feuilles et aiguilles,

(Schulz et Boyle, 2005), intercellulaire à la fois au niveau des racines et des jeunes pousses, ou adaptée à une croissance au niveau de l'écorce (Fisher et Pitirini, 1990).

Le champignon peut infecter souvent son hôte, en développant des structures particulières : les appressoriums et les haustoriums (Stone et *al.*, 2004), ou en pénétrant directement la paroi cellulaire, ou bien à travers les ouvertures naturelles du végétal (stomates et les chambres sous-stomatiques) (Schulz et Boyle, 2005).

6.4. Rôles écologiques et physiologiques

L'ubiquité et l'hyperdiversité des mycoendophytes supposent que ces derniers peuvent jouer des rôles extrêmement importants dans le fonctionnement des écosystèmes. Ainsi, il est probable que leurs actions au sein d'un biotope donné soient multiples (Deckert, 2000 ; Rudgers et *al.*, 2005).

Deckert (2000) considère que l'endophytisme peut refléter une stratégie caractéristique des organismes opportunistes d'être présents et actifs, lorsque les conditions deviennent convenables pour le développement éventuel d'une maladie sur l'hôte. Pour beaucoup d'espèces forestières, notamment les conifères, la communauté mycoendophyte renferme une vaste gamme d'espèces potentiellement pathogènes, ou modérément commensales. Mais, le spectre de leur interaction symbiotique mutuelle avec leurs hôtes est encore mal compris.

En contre partie de la nutrition offerte par la plante-hôte, les champignons endophytes confèrent à cette dernière la capacité de maintenir et d'améliorer ses performances biotiques, même sous conditions écologiques sévères, par la protection contre beaucoup de ravageurs et d'agents phytopathogènes et même contre des facteurs de stress abiotiques (stress hydrique, salin, radiatif, pollution...) (Carroll, 1986 ; Azevedo et *al.*, 2000 ; Rodriguez et *al.*, 2004). Les champignons endophytes jouent également un rôle déterminant en matière d'assimilation des éléments minéraux (N et P notamment) (Malinowski et Belesky, 2000).

Dans ce contexte de bioprotection, il a été constaté que les plantes colonisées par ce groupe fongique se développent mieux. Ceci est dû en partie à la synthèse de certains types de régulateurs de croissance, tels que l'acide 3-indolacétique (AIA) et des cytokinines (Tan et Zou, 2001).

Il est admis que le statut quantitatif et notamment qualitatif des champignons endophytes foliaires et la sénescence des feuilles sont étroitement corrélés. Bien que la nature de cette relation demeure mal élucidée, il est apparent que les endophytes sont parmi les premiers microorganismes à envahir les tissus morts des feuilles, et de ce fait, contribuent dans le cycle biogéochimique dans les écosystèmes forestiers (Deckert, 2000). Avant l'abscission et la tombé des feuilles sur le sol, les champignons endophytes ayant - les premiers- l'opportunité d'exploiter les ressources nutritives à partir des feuilles mortes, avant qu'elles ne soient disponibles pour les autres trames microbiennes du sol. Selon Wilson (1997), ce changement marquant de l'aspect trophique de ces organismes contribue dans le succès de l'endophytisme.

Chapitre 2

Présentation du pistachier de l'Atlas

1. Introduction

Le pistachier de l'Atlas est l'une des rares espèces arborescentes présentes dans les régions semi arides, arides et voir même sahariennes (Smail-Saadoun, 2005). Il colonise de façon diffuse un territoire considérable centré sur les pays méditerranéens, à saison sèche et chaude bien marquée, il est le plus ubiquiste des arbres du nord de l'Afrique et du proche Orient (Monjauze, 1980) (Figure 11).



Figure 11 : pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) (Laghouat, avril 2014).

2. Principales caractéristiques botaniques du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.)

Cette essence peut atteindre une hauteur de 10 à 20 mètres et de 5 mètres de circonférence, à tronc bien individualisé (Benhassini et Belkhoja, 2004). Le port est arrondi et les ramifications sont étalées (Négre, 1962).

Son système racinaire n'est pas moins impressionnant. En effet et selon Chaba et *al.* (1991), Ait Slimane (2004), Limane et *al.* (2004) et Boubrima (2014), le pistachier de l'Atlas présente un système racinaire vigoureux à extension horizontale et verticale (Figure 12). Au stade juvénile, il présente un pivot séminale et orthogéotrope à ramifications latérales se ramifiant profondément dans le sol pour que la plante puisse se fixer au sol et s'alimenter en ressources hydrominérales. Il offre par la suite un système racinaire mixte à extension verticale profonde et horizontale superficielle. Mais au stade adulte, le pivot peut se

développer et se lignifier, comme il peut disparaître et laisser place aux racines secondaires pour se développer et donner par la suite un système racinaire à extension latérale ou superficielle.



Figure 12 : système racinaire du pistachier de l'Atlas (Ait Slimane, 2004).

Le système racinaire du pistachier de l'Atlas établit des relations symbiotiques principalement avec des espèces fongiques pour faire face aux conditions climatiques et édaphiques (Redjda, 2010). Ces derniers sont observés et confirmés par plusieurs travaux menés aux laboratoires Ressources Naturelles de l'Université de Tizi Ouzou : Abed (2006), Ait Zegagh-Benamara (2006), Mellah (2007), Amarache et Chelli (2008), Smail et *al.* (2008), Hadj Benamane et Ould Amrouche (2009), Raab (2010), Redjda (2010), Yazag (2013), Farhani (2015), Mechiah (2015) et Hales (2016). Ces travaux montrent que le pistachier de l'Atlas établit des symbioses mycorhiziennes et endophytiques (DSE)

Amarache et Chelli (2008) travaillant sur la population de la daya de Tilrhemt (wilaya de Laghouat), soulignent la double symbiose des radicelles de cette espèce. Le même résultat est signalé par Raab (2010) de la daya de Timzerth (wilaya de Laghouat), Kaddache et Kal (2012) pour les individus de la daya de Sidi Naamane (wilaya de Médea) et Béni Ounif (wilaya de Béchar), Mechiah (2015) et Hales (2016) pour les individus de dayate El Gouffa (wilaya de Laghouat), Zareb (2014) (daya de Timzerth) et Benfoddil (2015) (dayate El Gouffa) toujours dans la wilaya de Laghouat ont signalé des mycoendophytes dans les feuilles du pistachier de l'Atlas.

Les feuilles sont composées, astipulées, elles ont une couleur vert pâle et sont imparipennées, de 3 à 5 paires de folioles (Figure 13) (Monjauze, 1980). Le pétiole est non ailé et mesure de 3 à 5 cm de long (Meikle, 1977 *in* Belhadj, 2007) le rachis est aplati (Zohary, 1987) et à peine ailé (Tutine et *al.*, 1981).

Les feuilles du pistachier de l'Atlas sont adaptées à la sécheresse atmosphérique. En effet, les travaux de Smaïl-Saadoun (2005) ont mis en évidence chez les populations étudiées, une absence totale de stomates au niveau de la face supérieure. A l'inverse, les épidermes de la face inférieure montrent une densité stomatique élevée. Les travaux de Kadi-Bennane et *al.* (2005) ont conclu que cette essence est polytypique, l'épiderme foliaire renferme des stomates à potentialités évolutives accusés ; son adaptation aux milieux arides se traduit par une forte densité stomatique.



Figure 13 : feuillage du pistachier de l'Atlas (Laghout, avril 2014).

La floraison qui apparaît juste avant la feuillaison débute le mois de février (Gundwag, 1976). C'est une espèce dioïque, les fleurs mâles et femelles sont portées par des pieds différents (Ozenda, 2004). Son inflorescence mâle est une panicule, l'inflorescence femelle est une grappe (Alyafi, 1979) (Figure 14).



Figure 14 : floraison du pistachier de l'Atlas (Laghout, avril 2014).

Les fruits du pistachier de l'Atlas sont appelés par les populations locales «El Khodiri», à cause de la prédominance de la couleur vert foncé à sa maturité (Limane, 2009). Ce sont des drupes de la grosseur d'un pois, légèrement ovales, quelques fois plutôt allongées, plus rarement sensiblement trapues, aplaties, à épicarpe qui se ride en séchant sur un endocarpe induré, mais très mince abritant deux cotylédons exalbuminés, riche en huile et comestible (Monjauze, 1980) (Figure 15).



Figure 15 : fruits du pistachier de l'Atlas (Laghout, avril 2014).

3. Caractéristiques des sols sous pistachier de l'Atlas

Selon Nègre (1962), le pistachier de l'Atlas est indifférent au type de sol, il occupe une variété de sols qui se caractérisent par un pH élevé (alcalin) et pauvres en matière organique (Brown et *al*, 1994 *in* Mellah, 2007).

Cette essence supporte bien les sols limono-argileux et se développe sur les roches calcaires, où les racines s'insinuent et se développent à l'intérieur des fissures (Khaldi et Khodja, 1996). Il préfère aussi les terrains argileux et les alluvions des plaines (1985 *in* Tahrou, 2005).

Selon Quézel et Médail (2003), le pistachier de l'Atlas peut occuper les fentes de rochers et de falaises dans ce cas sous forme d'individus prostrés et plaqués aux rochers, les terrains plats sur sols profonds ou rocailleux, les lits d'oueds ou les grandes dépressions temporairement humides.

Concernant le sol, les travaux réalisés au laboratoire Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou sont résumés dans les tableaux 1, 2 et 3

Tableau 1 : intervalles de pH des sols sous pistachier de l'Atlas précédemment étudiés

Population			Intervalle de pH
Oued Besbes	(Médéa)	(Tahrou, 2005)	7,26-7,86
Boucédraia	(Djelfa)	(Bournine, 2007)	7,96-8,00
El Mergueb	(M'sila)	(Limane, 2009)	7,50-8,70
Timzerth	(Laghouat)	(Deguiche, 2008)	8,07-8,51
Tilghemt (centre)	(Laghouat)	(Bounceur, 2009)	8,26-8,44
Beni Ounif	(Béchar)	(Bournine, 2007)	8,09-8,46

De ce tableau, nous pouvons dire que les pH des sols sous pistachiers sont légèrement à fortement basique. Ce qui concorde avec les résultats de Brown et *al*. (1994), qui souligne que l'essence se retrouve des sols à pH élevés. Selon Dambrine (2001), les sols neutres ou alcalins se rencontrent sous des climats secs, se caractérisant par une faible pluviométrie et une forte évapotranspiration.

Pour la matière organique, les résultats obtenus révèlent que les sols sous pistachier de l'Atlas en sont pauvres, ce qui corrobore les résultats de Brown et *al.* (1994 in Mellah, 2007) (Tableau 2).

Tableau 2 : taux de matière organique obtenus dans différents sols sous pistachiers précédemment étudiés.

Population			MO (%)
Boucédraia	(Djelfa)	(Bournine, 2007)	0,98-1,65
El Mergueb	(M'sila)	(Limane, 2009)	1,11-5,45
Timzerth	(Laghouat)	(Deguiche, 2008)	0,10-2,42
Tilghemt (centre)	(Laghouat)	(Bounceur, 2009)	0,50-1,69
Beni Ounif	(Béchar)	(Bournine, 2007)	1,74-2,76

Le calcaire n'affecte pas le développement du pistachier de l'Atlas. Ceci est confirmé par des résultats d'analyses qui sont reportés dans le tableau 3.

Tableau 3 : taux de calcaire obtenus dans différents sols sous pistachiers précédemment étudiés.

Population			CaCO ₃ total (%)
Boucédraia	(Djelfa)	(Bournine, 2007)	10,41-16,66
El Mergueb	(M'sila)	(Limane, 2009)	3,13 -34,37
Timzerth	(Laghouat)	(Deguiche, 2008)	5,62-51,87
Tilghemt (centre)	(Laghouat)	(Bounceur, 2009)	7,81-32,81
Beni Ounif	(Béchar)	(Bournine, 2007)	25-30

Selon les résultats du tableau 3, les sols sous pistachier de l'Atlas sont modérément à frottements calcaire.

Les textures des sols influencent l'enracinement des plantes. Il est généralement admis que la croissance des racines est favorisée par une texture grossière (Maury et Rivoire, 1963).

Les textures des sols qu'occupe le pistachier de l'Atlas sont très hétérogènes. D'après, les travaux effectués par Tahrour (2005), Bournine (2007), Deguiche (2008), Bounceur (2009), Limane (2009) et Tisgouine (2010), les textures sont variable d'une région à l'autre.

Les sols sous pistachier de l'Atlas du la forêt de Theniet El Had présentent des textures hétérogènes. Elles varient d'une texture argileuse, limono-argileuse fine, limoneuse fine, limoneuse à limono-sableuse. La fraction limoneuse semble dominante.

Les sols sous pistachier d'Oued Besbes (Béni Slimane) se caractérisent par une texture hétérogène (Tahrour, 2005).

Les sols de la réserve nationale d'El-Mergued (wilaya de M'sila) varie d'une texture limoneuse fine, limono-sableuse, limono-argilo-sableuse, sablo-limoneuse à sableuse (Limane, 2009).

La texture des sols de la daya de Timzerth (wilaya de Laghouat) varie de limono-sableuse, limoneuse fine, limoneuse très fine à limono-argileuse (Deguiche, 2008).

1. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Laghouat se situe à 400 km au sud de la capitale Alger, sur l'axe routier Alger–Ghardaïa. Elle se trouve à 750 m d'altitude sur le flan sud de l'Atlas Saharien. Elle s'étale sur une superficie de 25052 km² (Amghar ; Kadi-Hanifi, 2002). Cette wilaya est limitée administrativement par la wilaya d'Ouargla à l'est, Djelfa et Tiaret au nord, El Bayadh à l'ouest et Ghardaïa au sud (Figure 16).

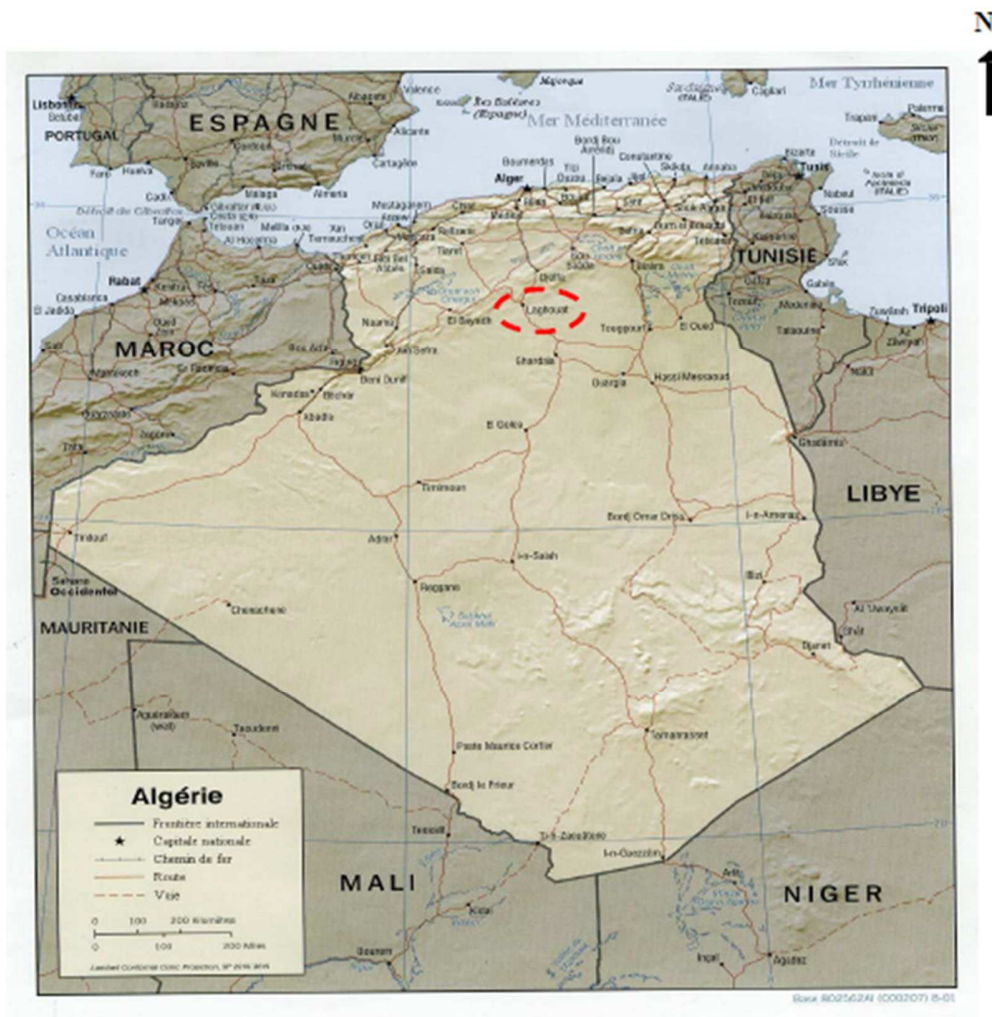


Figure 16 : localisation de la wilaya de Laghouat (google.Maps) échelle 1/120 000°

Les dayas de Laghouat sont à fond très plat, de forme régulière et peuplées de pistachier de l'Atlas. Elles couvrent environ 2% de la surface des terrains de parcours (Monjauze, 1982).

Chapitre 4

Résultats et discussion

Le travail effectué au laboratoire nous a permis d'observer au microscope photonique des écrasements de radicelles du pistachier de l'Atlas de sujets d'âges différents, localisés au niveau de Hassi Delâa, celles-ci, ayant un diamètre $\leq 0,5$ mm

L'observation des écrasements de radicelles du pistachier de l'Atlas montre la présence de différentes structures fongiques, telles que les spores, les hyphes intra-racinaires, les cellules auxiliaires, les arbuscules, les vésicules, les microsclérotés et les hyphes foncées septées. Ces structures fongiques confirment la présence des endomycorhizes à vésicules et à arbuscules (CAM) et des champignons endophytiques (DSE).

1. Hyphes intra-racinaires

Nous avons observé dans le système racinaire du pistachier de l'Atlas des hyphes formant un « Y », qui sont plus au moins épaisses qui se colorent en bleu clair (Figure 24). Les résultats obtenus par Mechiah (2015) notent la présence de trois types de mycélium intra-racinaire (la forme « Y », la forme « H » et des hyphes sous forme de boucle. Hales (2016) a noté la présence de la forme « Y », la forme « H » au niveau de la même daya, dayate El Gouffa

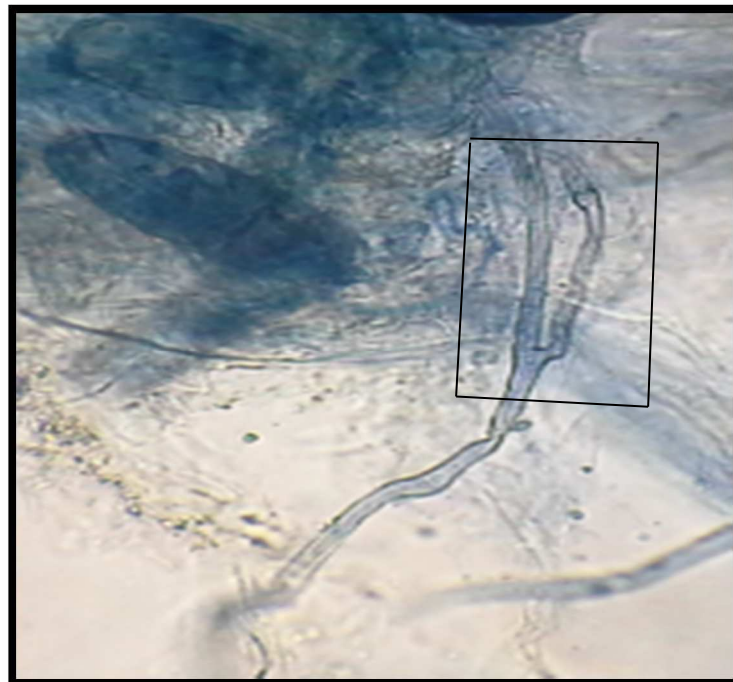


Figure 24 : hyphes sous forme d'un « Y »

Les hyphes intra-racinaires sont coenocytiques, d'aspect et de diamètre différents (Giovannetti et *al.*, 2010). A l'extérieur de la racine se développe un fin réseau d'hyphes explorant le sol. Ces hyphes forment un réseau dans le sol, ils agissent comme une extension des racines des plantes hôtes et augmentent le volume du sol accessible à la plante, aboutissant ainsi à une meilleure mobilisation de l'eau et des nutriments du sol (N, P, K, Mg). Le réseau d'hyphes joue un rôle fondamental dans la formation, la stabilisation des agrégats du sol par la production de la glomaline (Dodd, 2000, Chotte, 2001 ; Murulanda et *al.*, 2003 ; Porcel et *al.*, 2003).

2. Arbuscules

Au cours de nos observations, nous avons noté la présence des arbuscules de type «*Arum*» (Figure 25), contrairement aux résultats obtenus par Mechiah (2015) et Hales (2016) au niveau de dayate El Gouffa (wilaya de Laghouat), qui ont noté la présence de deux types (type *Arum* et type *Paris*).

Notre résultat est en accord avec celui de Yazag (2013) au niveau de daya de Saadi (Hassi Delâa) (wilaya de Laghouat) qui a noté la présence des arbuscules de type «*Arum*».

Nos résultats rejoignent ceux de nombreux auteurs qui ont rapporté ce type «*Arum*» chez les ligneux (Yamato, 2004 et 2005 ; Muthukumar et Prakach, 2009),

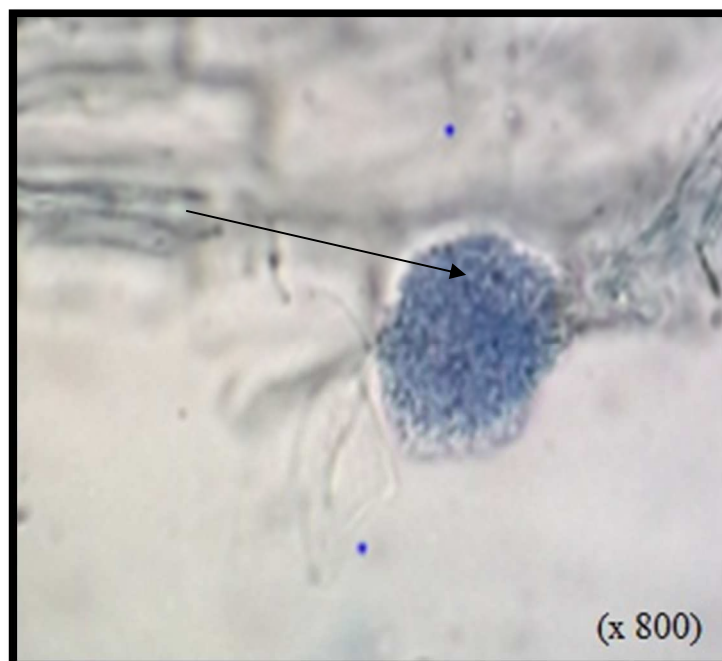


Figure 25 : arbuscule de type «*Arum*» (× 800).

Les arbuscules sont des ramifications dichotomiques des hyphes intracellulaires qui perforent la paroi cellulaire et pénètrent à l'intérieur de la cellule (Descheiner, 1997).

Dans le type *Arum*, les hyphes se développent entre les cellules corticales puis pénètrent dans les parois de ces cellules pour former des arbuscules ramifiés (Yano et al., 1996). L'arbuscule augmente la surface de contact entre les symbiotes, cette interface arbusculaire représente le site d'échange des nutriments (Guether et al., 2009).

3. Vésicules

Nos observations microscopiques nous ont montré que les vésicules ont une forme soit irrégulière, rectangulaire ou parfois sphérique (Figure 26, 27, 28 et 29).

Des résultats analogues ont été rapportés par Souza (2005), Wubet et al. (2003), Yazag (2013), Mechiah (2015) et Hales (2016).

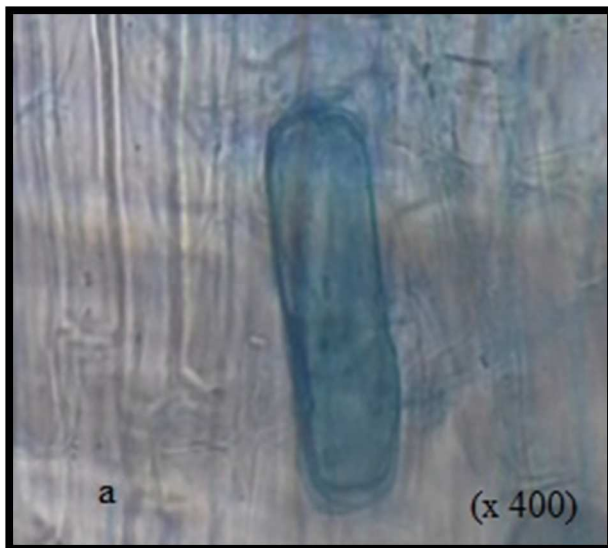


Figure 26 : Vésicule sous forme rectangulaire
(x400).

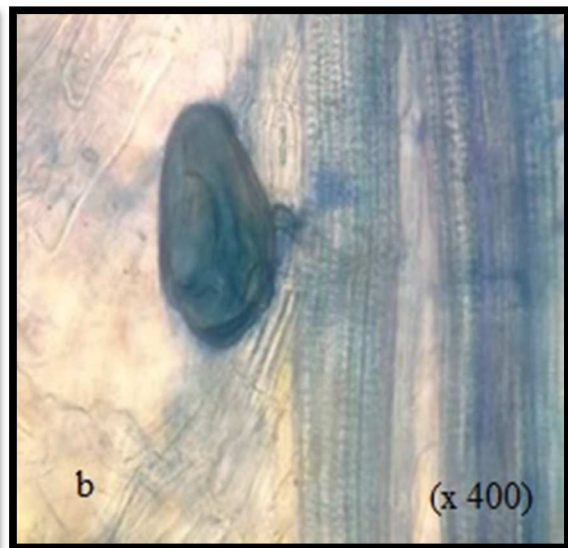


Figure 27 : Vésicule sous forme sphérique
(x 400).

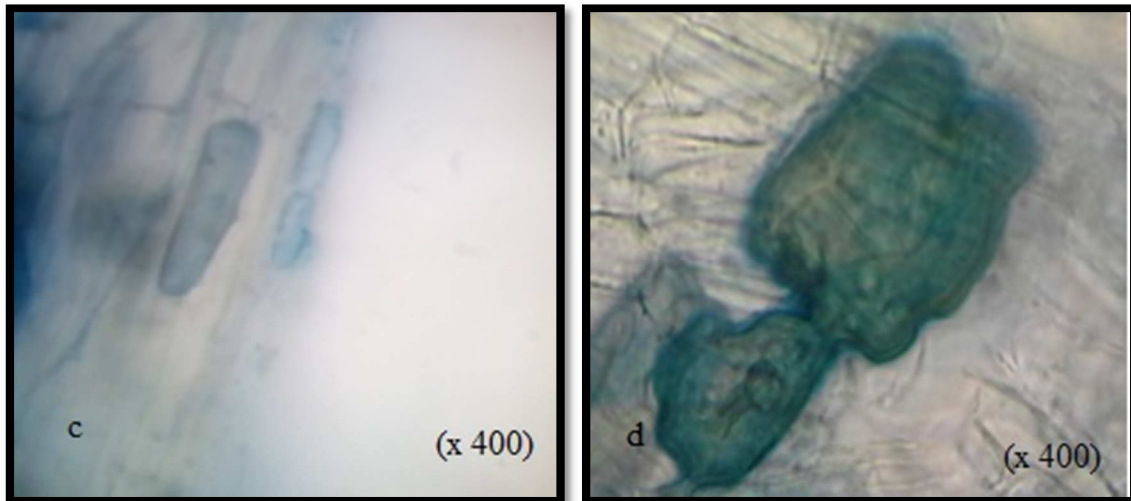


Figure 28 : Vésicule intracellulaire ($\times 400$).

Figure 29 : Vésicule irrégulière ($\times 400$).

Les vésicules sont des organes de réserve, constituées de lipides et des glycolipides (Dodd et *al.*, 2000). Elles ont différentes formes. Ils sont un lieu de stockage des lipides nécessaires au métabolisme du champignon, alors que les arbuscules sont le lieu d'échanges entre les deux partenaires de la symbiose (Schubler et *al.*, 2001).

4. Spores

Les racines du pistachier de l'Atlas prélevées à Hassi Delâa présentent des spores de différentes tailles, certaines sont colorées en bleu et d'autres non (Figure 30). Des résultats analogues ont été rapportés par Wubet et *al.* (2003), Tao et Zhiwei (2005), Yazag (2013), Mechiah (2015) et Hales (2016).

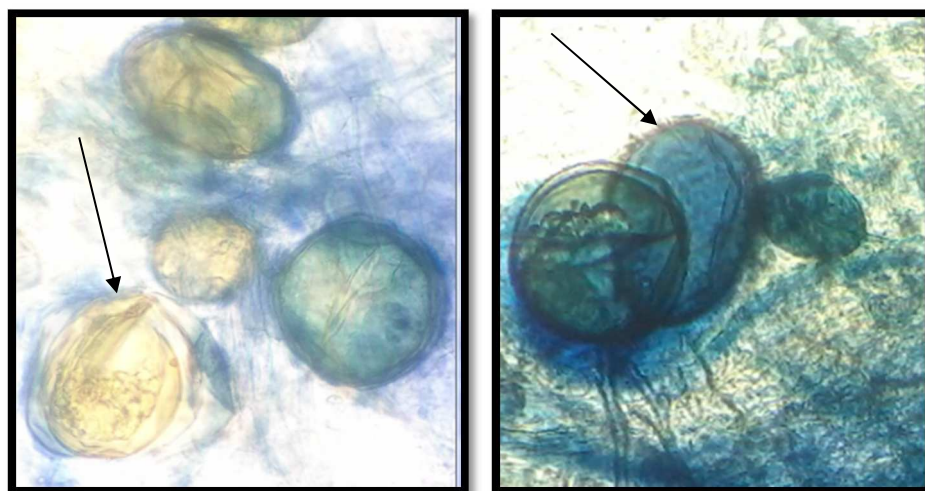


Figure 30 : observations microscopiques des spores mycorrhizogènes ($\times 200$).

Les spores sont unicellulaires à paroi épaisse, avec plusieurs couches, de forme généralement globoïdes, asexuées et riche en lipides (Morton, 1993).

Les spores des champignons mycorhiziens à arbuscules sont grandes (Smith et Read 2008). Elles possèdent également des parois ou enveloppes extrêmement épaisses, qui les protègent contre les stress environnementaux (Fortin et *al.*, 2008).

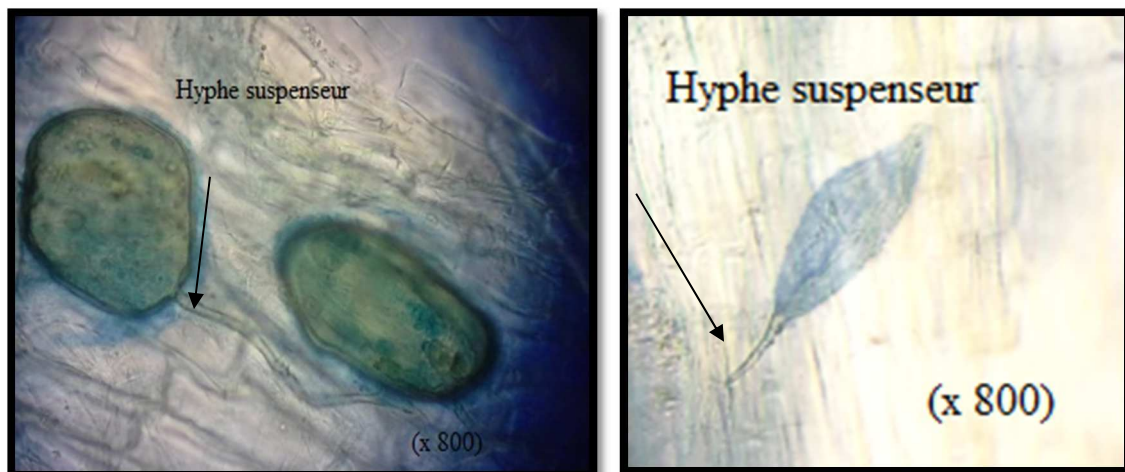


Figure 31 : différentes spores intra- racinaires de genre *Glomus* (x 800).

Nous notons aussi la présence de spore intra-racinaire (Figure 31). La plupart de ces spores sont très petites globulaires ou sphériques, attachées à des hyphes suspenseurs. Ces spores appartiennent au genre *Glomus*. Des résultats analogues ont été rapportés par Wubet et *al.* (2003), Tao et Zhiwei (2005) Yazag (2013), Mechiah (2015) et Hales (2016).

5. Cellules auxiliaires

Nous avons remarqué au cours de nos observations des structures épineuses dans les racines du pistachier de l'Atlas (Figure 32). Ces cellules annexes appartiennent au genre *Gigaspora*, contrairement à Mechiah (2015) qui a observé des cellules auxiliaires lisses qui appartient au genre *Scutellospora*. Hales (2016) qui travaillé sur la même espèce (*Pistacia atlantica*) n'a pas observé de cellules auxiliaires au niveau des fragments racinaires

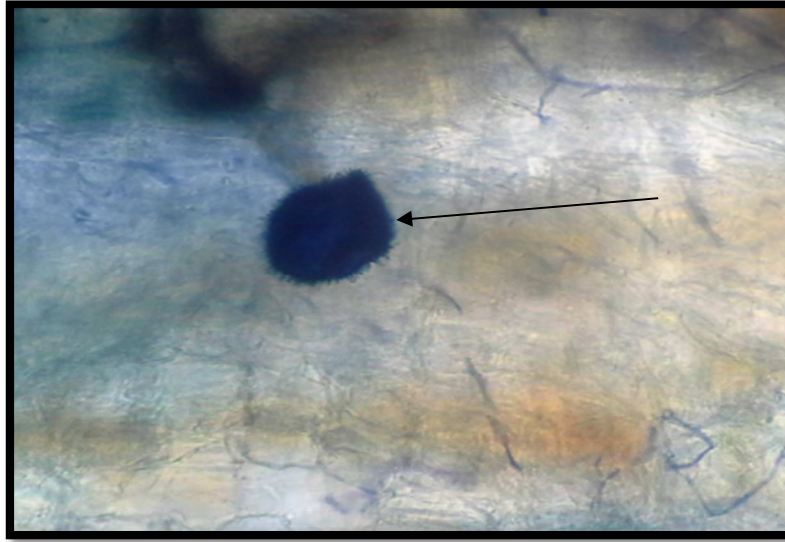


Figure 32 : cellules auxiliaires épineuses de genre *Gigaspora* (x 200).

Nous avons noté une abondance de mycorhizes en association avec les racines de *Pistacia atlantica*. Cela s'expliquerait par le fait que les prélèvements ont été effectués au printemps, période de débourrement, floraison et fructification.

6. Champignons endophytes

6.1. Hyphes

Au niveau de tous les écrasements des fragments racinaires du pistachier de l'Atlas prélevés au niveau de Hassi Delâa, il y a lieu de noter la présence d'une infection endophytique (Figure 33).

Les champignons endophytiques dénommés endophytes foncés septé (DSE) en anglais Dark Septate Endophyte, de couleur marron foncé ont été observés dans la majorité des échantillons des sujets jeunes et âgés de *Pistacia atlantica*, au niveau du cortex racinaire et du cylindre central. Ces résultats sont similaires à ceux de Hadj Benamane et Ould Amrouche (2009), Raab (2010), Redjdal (2010), Mechiah (2015) et Hales (2016) qui ont travaillé au sein du laboratoire Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, sur les racines des individus de la même espèce.

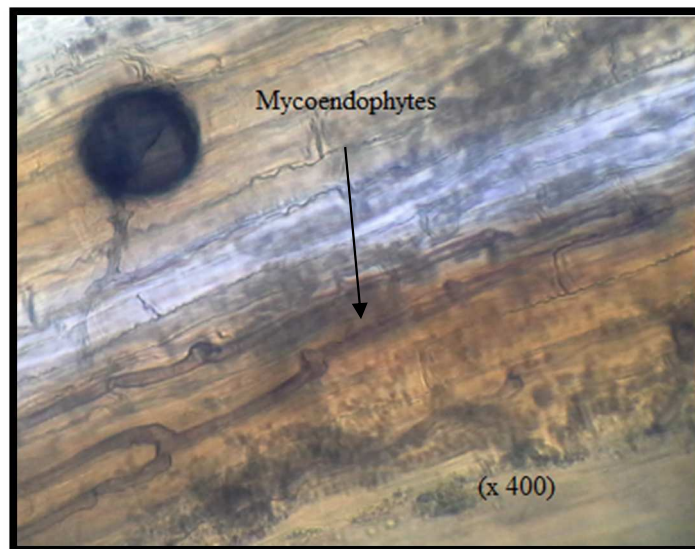


Figure 33 : hyphes mélanisées et septés de DSE (×400).

Nous avons remarqué que la majorité des écrasements réalisés que le cylindre central apparaît coloré en bleu. Cette coloration montre la présence des champignons endophytiques au niveau des tissus conducteurs. Ces résultats confirment ceux obtenus par Redjdal (2010), Mechiah (2015) et Hales (2016) qui ont suggéré la présence d'endophytes dans les tissus conducteurs (xylème) de *Pistacia atlantica* Desf.

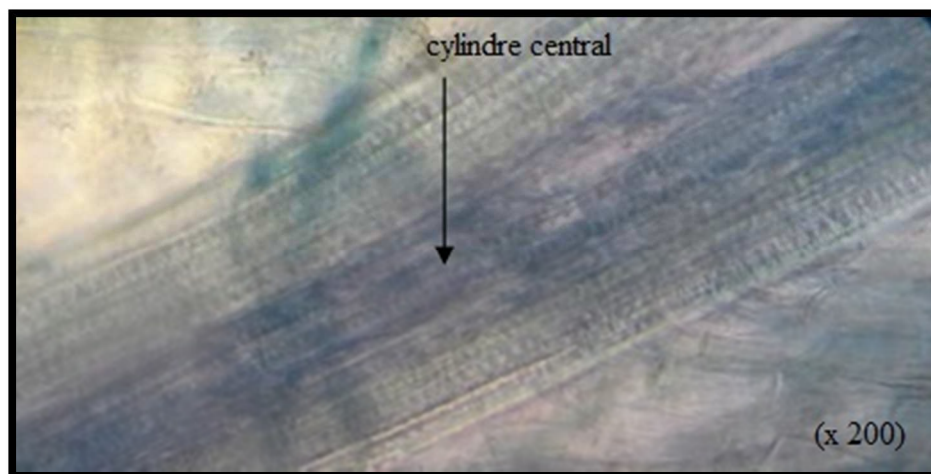


Figure 34 : cylindre central d'une racicelle de pistachier de l'Atlas colorée en bleu (× 200).

Les champignons endophytes sont une partie intégrante du microbiome de la plante. Ils infectent et colonisent les végétaux (Algue, Bryophytes, Ptéridophytes, Gymnospermes et Angiospermes) (Hyde et Soyong, 2008 ; Suryanarayanan et *al.*, 2002), sans déclencher de

symptômes visibles de la maladie (Wilson, 1995 ; Arnold *et al.*, 2001 ; Khan, 2007 ; Hyde et Soyong, 2008 ; Huang *et al.*, 2008 ; Morica et Reggazi, 2008).

Les champignons endophytes protègent les plantes hôtes contre les maladies (Clay, 1988). En effet, ils produisent des métabolites secondaires variés, à activités antivirale, antifongique et antibactérienne (Gunatilara, 2006). Ils produisent aussi des alcaloïdes qui confèrent à la plante hôte une résistance contre les herbivores (Faeth et Saari, 2012). Ils améliorent aussi la thermotolérance des plantes (Redman *et al.*, 2002) et la résistance à la sécheresse (Arnold, 2002).

Le DSE sécrètent des petites molécules, lorsqu'ils sont en compétition avec les phytopathogènes. Ces molécules appartiennent à la famille des oxylipines, des composés dérivés de l'oxydation des acides gras polyinsaturés. Les oxylipines sont capables d'inhiber la production d'une mycotoxine puissante, la beauvéricine, par le phytopathogène. L'inhibition de la production de mycotoxines par les oxylipines fongiques pourrait donc conférer un avantage écologique aux champignons endophytes, au bénéfice de la plante hôte, lors de leur compétition avec les phytopathogènes (Combés *et al.*, 2012).

6.2 Microsclérotos

Sur les fragments racinaires colorés, nous avons noté la formation de microsclérotos dans les cellules corticales des racines des plantes formés par les champignons DSE (Figure 35). Ces résultats sont similaires à ceux de Mechiah (2015) et Hales (2016).

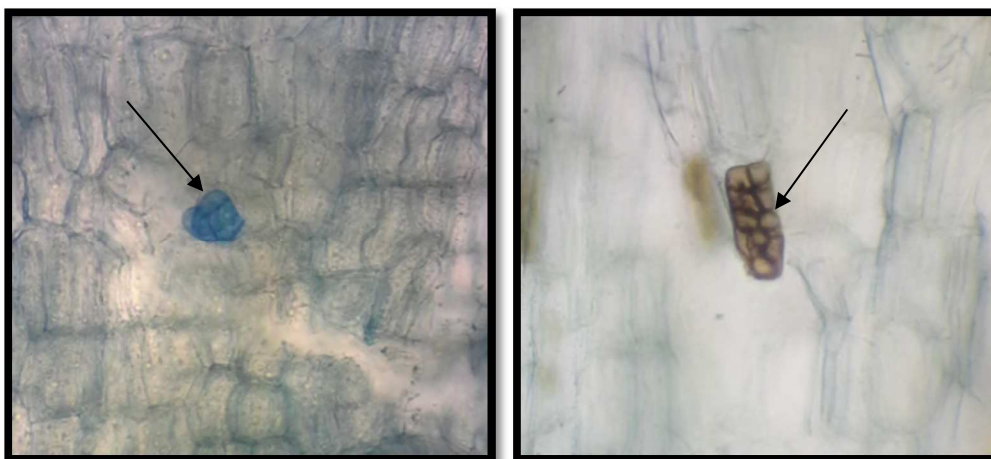


Figure 35 : différentes formes de microsclérotos ($\times 200$).

Les microsclérotés (sclérotés) sont des structures résultant du l'organisation d'hyphes septées intracellulaires en pseudo tissus et ne possèdent pas de membrane périfongique dérivée de la cellule hôte (Peterson et *al.*, 2004 *in* Benmazari, 2010). Elles sont considérées comme des organes de résistance des champignons dans les conditions de stress abiotiques (Trappe, 1969 ; Baa et Thoen, 1990 *in* Duponnois, 2011).

7. Poils absorbants

Nos observations permettent de révéler aussi une présence fréquente de poils absorbants (Figure 36). Ces résultats rejoignent celles de Baghdadi (2012) et Mechiah (2015) et s'oppose à celle de Yazag (2013) au niveau de daya Saadi (Hassi Delâa), Hales (2016) à dayate El Gouffa qui sont travaillé sur la même espèce (*Pistacia atlantica*) et qui ont noté l'absence de poils absorbants.

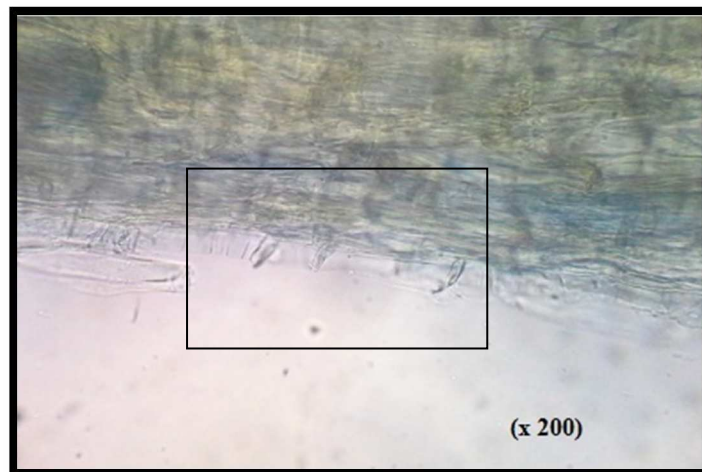


Figure 36 : poils Absorbants (x 200).

Danjon et Fourcaud (2009) précisent que les poils absorbants assurent l'interface avec les mycorhizes.

Des recherches de Janos (2007) ont montré que la longueur et la densité des poils absorbantes sont un indicateur de la dépendance mycorhizienne de la plante. Ce développement des poils absorbant signifie l'absence des ectomycorhizes (Eglis et Brunner, 2002).

Conclusion générale

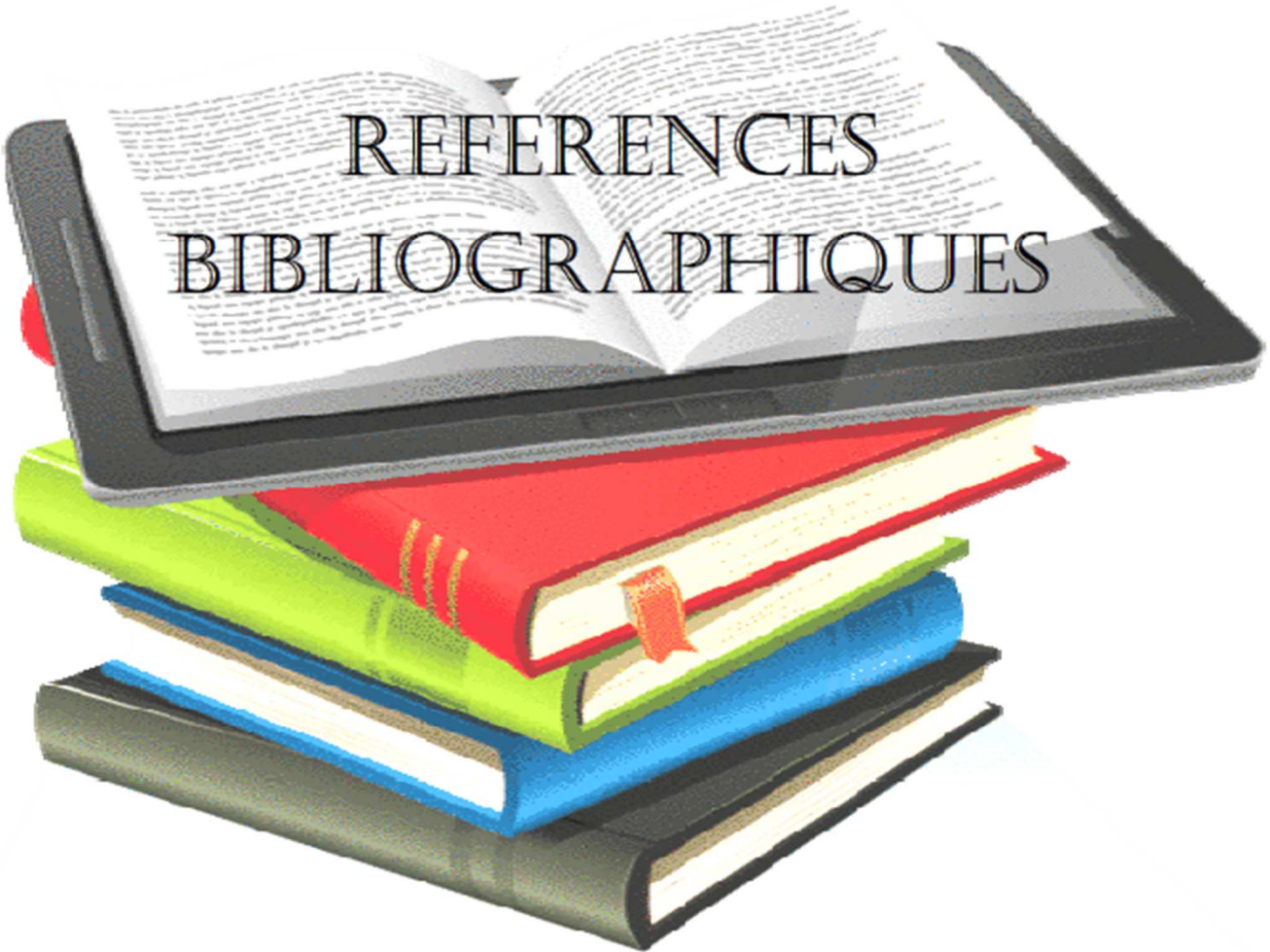
Le travail que nous venons d'exposer a été réalisé dans le but de mettre en évidence les différents types de symbioses impliquées dans la survie du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) de Hassi Delâa, wilaya de Laghouat.

Au cours de notre travail, nous avons noté :

- ✓ la présence des poils absorbants ;
- ✓ la présence d'une forte colonisation endomycorhizienne à arbuscules et vésicules ;
- ✓ la présence des spores de tailles et de couleurs différentes ;
- ✓ la présence d'arbuscules de type *Arum* qui sont caractérisés par l'existence d'hyphes intercellulaires, qui pénètrent dans les cellules corticales ;
- ✓ la présence des microsclérotés et d'hyphes qui correspondent à des filaments des champignons endophytes foncés septés (DSE).

Notre travail ne constitue qu'une des étapes de la recherche dans ce domaine, il serait souhaitable de poursuivre cette étude :

- en explorant le système racinaire à différentes périodes de l'année, afin de connaître les successions des infections mycorhiziennes et mycoendophytiques caractéristiques de cette essence ;
- l'identification des champignons mycorhiziens, ainsi que les mycoendophytes des racines du pistachier de l'Atlas.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- **Abed K., 2006.** Approche anatomique des racinelles de *Pistacia atlantica* Desf. *Subsp. atlantica* : cas de la population de Ain Oussara (wilaya de Djelfa). Mémoire d'Ingénieur en Biologie, Département des Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 67p.
- **Ait Slimane L., 2004.** Architecture racinaire et adaptation du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. *subsp. atlantica*) à la sécheresse ; cas de la population de Béni Ounif (wilaya de Béchar). Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 10 p.
- **Ait Youcef M., 2006.** Plantes médicinales de Kabylie .Ed, LBIS press, 181 p.
- **Ait Zegagh-Benamara N., 2006.** Approche anatomique des racinelles de *Pistacia atlantica* Desf. *Subsp. atlantica* : cas de la population de Béni Ounif (Wilaya de Béchar). Mémoire Ingénieure en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 54 p.
- **Alyafi J., 1979.** Approche systématique et écologique du genre *Pistacia atlantica* L. dans la région Méditerranéenne. Thèse de Doctorat de 3eme cycle. Faculté des Sciences et techniques, St Jérôme, Marseille.
- **Amarache C., et Chelli O., 2008.** Contribution à la recherche de symbiose mycorhizienne de (*Pistacia atlantica*. Desf. *ssp. atlantica*) de la station de Tilghemt (wilaya de Laghouat) Mémoire d'Ingénieure en Biologie, Département des Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 78 p.
- **Arnold Gs., 2001.** Fungal endophytes in dicotyledonous neotropical trees: patterns of abundance and diversity. Mycol. Res. 105(12): 1502-1507.
- **Arnold A.E., 2002.** Tropical endophytes: diversity and ecology. Dissertation. University of Arizona, Tucson. USA.
- **Ba A., Duponnois R., et Diabate M., 2001.** Les champignons ectomycorhiziens des arbres forestiers en Afrique de l'Ouest. Méthodes d'études, diversité, écologie, utilisation en forestier et comestibilité. Ed : IRD. Marsille : chavet, M.O. 268 : 38-156.
- **Baize D., et Jabiol B., 1992.** Guide pour la description des sols. INR. Paris. 375 p.

Références bibliographiques

- **Barrow J.R., and Aaltonen R.E., 2001.** Evaluation of the internal colonization of *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Roots by dark septate fungi and the influence of host physiological activity. *Mycorrhiza*. 11: 199-205.
- **Becard G., and Piche Y., 1989.** Fungal growth stimulation by CO₂ and root exudates in vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Appl. Environ. Microbiol.* 55: 2320-2325.
- **Belhadj S., 2001.** Les pistacheraies algériennes : état actuel et dégradation. *Cahiers option méditerranéennes*. 56 : 107-109.
- **Belhadj S., 2007.** Étude éco-botanique de (*Pistacia atlantica* Desf.) (*Anacardiaceae*) en Algérie préalable à la conservation des ressources génétiques de l'espèce et sa valorisation Thèse de Doctorat d'Etat Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 184 p.
- **Benhassini H., Mehdadi Z., Hamel L., et Belkhouja M., 2007.** Phytoécologie de (*Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica*) dans le Nord-Ouest Algérien. *Sécheresse*. 18(3) :199-205.
- **Benmazari N., 2010.** Recherche des conditions adéquates pour la micro-propagation du cyprès de tassili *Cupressus dupreziana* A. Camus et étude préliminaire des mycorhizes : interaction plante-environnement. Mémoire de Magister : Biologie et Ecologie des populations et des communautés : Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.
- **Blanguernon C., 1955.** Le Hoggar. Arthaud. SNED Algérie: 223-224.
- **Blackwell M., 2011.** The fungi: 1, 2, 3...5.1 million species. *American Journal of Botany*. (98): 426-438.
- **Bonfante-Fasalo P., Dexheimer J., Gianinazzi S., Gianinazzi V., Pearson and Scannerini S., 1980.** Cytochemical modifications in the host-fungus interface during intracellular interaction in vesicular arbuscular mycorrhizae. *Plant Science*. 22: 13-21.
- **Bounceur D., 2009.** Contribution à l'étude de caractéristiques physiques et chimiques des sols sous pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica*) : cas de la dayate de Tirlhemt (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 85 p.
- **Bournine K., 2007.** Contribution à l'étude des sols rhizosphériques et non rhizosphériques sous pistachier de l'Atlas dans la région de Ain Oussara (wilaya de Djelfa) et Béni Ounif

Références bibliographiques

(wilaya de Béchar). Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 96 p.

- **Boullard B., 1968.** Les mycorhizes. Monographie 2 Masson et Cie, Paris, France.
- **Boubrima A., 2014.** Type d'enracinement du pistachier de l'Atlas en relation avec les propriétés physico-chimiques du sol sous-jacent : cas de dayate Saadi (Hassi Delâa) et de dayate Aiat (Timzerth) de la Wilaya de Laghouat. Mémoire de Magister Ecologie végétale, Université Amar Telidji. Laghouat. 244 p.
- **Brown P.H., Zhang Q., and Fergusson L., 1994.** Influence of rootstock on nutrient Acquisition by Pistachio. *Journal of plant nutrition*. 17:1137-1148.
- **Brundrett M.C., Ashwath N., and Jasper D.A., 1996.** Mycorrhizas in the Kakadu region of tropical Australia.II. Propagules of mycorrhizal fungi in disturbed habitats. *Plant Soil*. 184: 173-184.
- **Camefort H., 1996.** Morphologie des végétaux vasculaires : cytologie, anatomie, adaptation. 2^{ème} Edition Doin. Paris. 432 p.
- **Carrol G.C., 1986.** The biology of endophytism in plants with particular reference to woody perennials. *Microbiology of the phyllosphère*. Cambridge. Université Press. 205-222 p.
- **Chebieb N., 2008.** Approche de l'adaptation de l'architecteur racinaire du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica*) à la sécheresse : cas de dayate Tilrhemt (wilaya de Laghouat). Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomique Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 100 p.
- **Clay K., 1988.** Fungal endophytes of grasses: a defensive mutualism between plants and fungi. *Ecology*. 69: 10-16.
- **Clay K., 2001.** Evolution origins and ecological consequence of endophyte symbiosis with grasses. *American Naturalist*, 160: 99-127.
- **Combés A., Ndoye I., Bance C., Brujaud J., Djedjat C., Dupont, J., and Nay B., 2012.** Chemical communication between the endophytic Fungus *Paracoiothyrium Variable* and the phytopathogen *Fusarium oxysporum*. *Plos. One*.

Références bibliographiques

- **Cofie P., 2001.** Mechanical properties of roots soil reinforcement models. PHD, Department of Agrotechnology and Food Sciences of Wageningen University. 165 p.
- **Cordier T., 2012.** Structures des assemblages fongiques de la phytosphère des arbres forestiers et effet potentiel de changement climatique. Thèse de Doctorat: Science et Environnements, Spécialité écologie évolutive, fonctionnel des communautés Université Bordeaux, 1 : 3-16.
- **Danjon F. et Fourcaud T., 2009.** L'arbre et son enracinement. Innovations Agronomiques. 6: 21 p.
- **Davis E.C., Franklin J., Sharv A.J., and Vilgalys R., 2003.** American Journal of Botany. 90 (11):1661-1667.
- **Davet P., 1996.** Vie Microbienne du sol et production végétale. Ed. I.N.R.A. 344 p.
- **Deckert R.J., 2000.** Structural and ecological aspects of the relationship of phyllosphere fungi with their host, *Pinus strobes* l. Thèse PhD, University of Guelph (Canada), 172 p.
- **Deguiche M., 2008.** Caractérisation des sols sous pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) : cas de dayate de Tirlhemt (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 88 p.
- **Dianda M., 1991.** Comparaison des effets de champignon VA introduits et indigènes associés ou non Bradyrhizobium sur la fixation d'azote et la croissance d'*Acacia albida*: physiologie des arbres et arbustes en zone arides et semi-aride .Groupe d'étude de l'Arbre, Paris. 263-269.
- **Diaz-Baradas M.C., and Andcorreia O., 1999.** Sexual dimorphism, excretion and spatial distribution of male and female shrubs in the dioecious species *Pistacia lentiscus* L. Folia geobotanica. 34:163-174.
- **Diop T.A., Plenchette C., and Strullu D.G., 1994.** *In vitro* culture of sheared Mycorrhizal roots, Symbiosis. 17:217-227.
- **Dodd J., Boddington C., Rodriguez A., Gonzalez-Chavez C., and Mansur I., 2000.** Mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) from different genera: from, function and detection. Plant and soil. 226 : 131-151.

Références bibliographiques

- **Dommergues Y., 1983.** Les principales symbioses avec les plantes supérieures. Microbiologie du sol 2^{ème} partie 55-73 p.
- **Dommergues Y., et Mangenot F., 1970.** Ecologie microbienne du sol. Paris Fr, Masson et Cie, 802 p.
- **Duhoux et Nicole M., 2004.** Atlas de biologie végétale : Association et interactions chez les plantes .Ed. Dunod, Paris. 166 p.
- **Duniway J.M., 1979.** Water relations of water molds. Annu. Rev. Phytopathol. 17 : 431-460.
- **Dupont J., 2007.** Etude des bases moléculaires de l'interaction symbiotique de champignons endophytes et de la plante hôte *cephalotaxus drupacea*.
- **Drenoy C., 2006.** Les racines. Face cachée des arbres. Edition CNPPF. Paris. 335 p.
- **Egli S., et Brunner L., 2002.** Les mycorhizes une fixant biocénose en forêt. 35 : 5.
- **Estaun M.V., 1991.** Efecto de micorrizas vesiculares arbusculares en relaciones hidricas en el crecimiento de plantas sometidas a estrés salino, Thèse Doctoral, Facultad de Ciencias Universidad de Granada. 139 p.
- **Faeth S.H., and Saari S., 2012.** Fungal grass endophytes and arthropod communities: lessons from plant defense theory and multitrophic interaction: Fungal ecology. 5:364-371.
- **Fitter A.H., 1991.** Implication for functioning under natural conditions, Experientia. 47: 350-355.
- **Fisher P.J., Petrini O., 1990.** A comparative study of fungal endophytes in scylen and bark of *Alnus* species in England (UK) and Switzerland. Mycol Res. 94:313-319.
- **Fortin J.A., Plenchette C., et Piche Y., 2008.** Les mycorhizes – la nouvelle révolution verte .Quae et multimondes, Québec. 148 p.
- **Gemma J.N., and Koske R.E., 1988.** Seasonal variation in spore abundance and dormancy of *Gigaspora gigantea* and in mycorrhizal inoculum potential of a dune soil. Mycologia. 80: 211-216.

Références bibliographiques

- **Genre A., Chabaud M., Timmers T., Bonfante P., and Barker D.G., 2005.** Arbuscular Mycorrhizal Fungi Elicit a Novel Intracellular Apparatus in *Medicago truncatula* Root Epidermal Cells before Infection. *The Plant Cell*. 17(12): 3489-3499.
- **Gianinazzi S., 2013.** La biotechnologie des mycorhizes à arbuscules en horticulture. Ed. I.N.R.A. 4 p.
- **Giovanetti M., Avivio L., and Sbrana C., 1993.** Factors affecting appressorium development in the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mossae*. *New Phytologist*. 123: 114-122.
- **Giovannetti M., Sbrana C., Citernesi A.S., and Avio L., 1996.** Analysis of factors involved in fungal recognition responses to host derived signals by arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*. 133: 65-71.
- **Giovannetti M., AVIO L., and Sbrana C., 2010.** Fungal Spore Germination and Pre-symbiotic Mycelial Growth-Physiological and Genetic Aspects. In: *Arbuscular Mycorrhizas*. Eds. Koltai H., Kapulnik Y. *Physiol, Funct*. 3-32.
- **Gillary R.E., Dalling J.X., and Arnold A.E., 2007.** Diversity, host affinity, and distribution of seed-infecting fungi: a case study with *Cercopia*, *Ecology*. 3(88):582-588.
- **Guignard J.L., Cosson L., et Henry M., 1985.** *Abrégé de phytochimie*. Ed. Masson. 224 p.
- **Guther M., Balestrini R., and Hannach M.A., 2009.** Udvardi-wide reprogramming of regulator network, transport, cell Wall and membrane biogenesis during arbuscular mycorrhizal symbiosis in *Lotus Japonicus*. *New Phytol*. 182:200:212.
- **Guarro J., and Stehigel A.M., 1999.** *Développements in Fungal Taxonomy*. *Clin Microbiol*. 12(3): 454-500.
- **Guntalika A.L., 2006.** Natural products from plant-associated microorganisms: distribution, structural diversity, bioactivity and implications of their occurrence, *Journal of Natural Products*. 69(3): 509-526.
- **Grundwag M., 1976.** Embryology and fruit development in four species of *Pistacia* L. (Anacardiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 73,355-370.

Références bibliographiques

- **Hadj Benamane D., et Ould Amrouche S., 2009.** Contribution à la recherche des endophytes mycorhiziennes du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. *Subsp. atlantica*), population de Theneit El had (wilaya de Tissemsilt). Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 51 p.
- **Hales L., 2016.** Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes chez le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.): cas de la population de dayate d'El Ghoffa (wilaya de Laghouat). Mémoire de Master. Département des Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 49 p.
- **Happer C.M., 1979.** Germination and growth of *Glomus caledonius* spores: the effects of inhibitors and nutrients. *Soil Biol in Biochem.* 11: 269-277.
- **Haung W.Y., Caiy Z., Hyde K.D., Cork H., and Sun M., 2008.** Biodiversity of endophytic fungi associated with 29 traditional chinse medicinal plants. *Fungal Diversity.* 33: 61-75.
- **Hawksworth D. L., Kirkp M., Sutton B., and Pegler D.N., 1995.** Dictionary of the fungi, 8 the eds. CAB, International Walling Ford. United Kingdom.
- **Hetrick B.A.D.1984.** Ecology of VA mycorhizal Fungi. In VA Mycorhizal, Edit. By Powell C.L. and Bagyaraj D.J.
- **Higgis K.L., Arnold A.E., Miadlikonska J., Sarvade., S.D., and Lutzoni F., 2007.** Phylogenetic relations hips host affinity and geographic structure from three major plant lineages. *Mol. Ahyl. and Eval.* (42):543-555.
- **Hyde K.D., and Soyton K., 2008.** The fungal endophyte dilemma. *Fungal Diversity.* (33): 163-173.
- **Janos D.P., 2007.** Plant responsiveness to mycorr.36.hizal differs from dependence upon mycorrhizae. *Mycorrhiza.* 17:75-91.
- **Kaddache A., et Kal A., 2012.** Les symbioses racinaires associées au pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*. Desf. *ssp. atlantica*). Mémoire d'Ingénieur en Biologie, Département des Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 62 p.

Références bibliographiques

- **Kadi Bennane S., 2004.** Etude biosystématique et evolution adaptative de trois populations de *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *Atlantica* (Ain Oussera, Messaad et Tamanrasset) par le biais du complexe stomatique. Mémoire de magister en Science Agronomiques. Option : Forêtierie et conservation de la biodiversité. 63 p.
- **Kannadan S., and Rudgers J.A., 2008.** Endophytes symbiosis benefits a rare grass under low water availability. *Functional Ecology*. 22: 706-713.
- **Kadi-Bennane S., Ait Said S., et Smail-Saadoun N., 2005.** Adaptations study of thee (*Pistacia atlantica* Desf. *Sub-sp atlantica*) populations (Ain Oussera-Messad-Taissa) through stomatal complex, *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens*, 63:365-368.
- **Kebe I., 2008.** Approche de l'adaptation de l'architecture racinaire du pistachier du l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) à la sécheresse cas de la population de Tirlhemt (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingénieur Agronomie, Département des Sciences Agronomique Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 118 p.
- **Khan R., 2007.** Isolation, identification and cultivation of Endophytic fungi from Medicinal plants for the production and characterization of fungal Bioactif fungal Metabolites. Thèse de Doctorat en philosophies du Département of Microbiology University of Karachi Pakistan. 75-270.
- **Khaldi A., and Khouja M.K., 1996.** Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) in North Africa: Taxonomy, geographical distribution, utilization and conservation. In Padulosi, Caruso and Barone, Project on underutilized Mediterranean species: Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* gentic resources. Report of a workshop IPGRI, Palermo, Italy.57-62.
- **Kiffer E., et Morellet M., 1997.** Les deutéromycètes : classification et clés d'identification génétique. Edition (INRA). Paris, France. 306 p.
- **Lanier L., Joly P., Boudoux P., and Bellmere A., 1979.** Cité mycology et pathologie forestière I : mycologie forestière. Ed. Masson. p 469.
- **Le Houérou., 1995.** Bioclimat et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification, Option Méditerranéenne B. p 396.

Références bibliographiques

- **Le Calvez T., 2009.** Diversité et fonctions écologiques des champignons en écosystème hydrothermal marin profond. Université de Rennes 1/ CNRS. Ecole Doctorale Vie-Agro-Santé. UFR Science de la Vie et de l'Environnement.
- **Le Tacon F., 1982.** Les perspectives de la maîtrise de la mycorhization en sylviculture. Les mycorhizes: biologie et utilisation, Paris. I.N.R.A.
- **Le Tacon F., 1985.** Les mycorhizes : une coopération entre plante et champignon, 16 : 624-632.
- **Le Tacon F., 1998.** The land ora: a phototroph fungus partnership. Trends in Ecology and Evolution. 13(1): 15-20.
- **Lees S., Alias S.A., Jones E.G.B., Zainuddin N., and Chan H.T., 2012.** Checklist of fungi of Malaysia. Research Pamphlet. N° 132.
- **Li L., Tao L., and Zhiwei Z., 2007.** Differences of arbuscular mycorrhizal fungal diversity and community between a cultivated land, an old field, and a never-cultivated field in a hot and arid ecosystem of southwest china. Mycorrhiza. 17: 655-665.
- **Limane A., 2009.** Architecture racinaire du pistachier de l'Atlas en relation avec les propriétés physico-chimiques du sol sous-jacent : cas de la population de la réserve nationale d'El Mergueb (wilaya de M'sila), Mémoire de Magister en Biologie, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 149 p.
- **Limane A., Smail-Saadoun N., Belkbir-Boukais A., and Kissoum-Hamdin K., 2014.** Root architecture adaptation of *Pistacia atlantica subsp. atlantica* according to an increasing climatic and edaphic gradient: case of a north-south transect in Algeria. Turk J Bot. 38:536-549.
- **Lutzoni F., Khaff F., Cox, C.J., Mclaughlin D., Celio G., Bryn Dentinger Mahajabeen Padamsee H.D., James T.Y., Baloch E., Grube M., Reeb V., Hofstetter V., Schoch C., Arnold A.E., Miadlikowska J., Spatafora J., Johnson D., Hambleton S., Crockett M., Shoemaker R., Sung G.H., Lucking R., Lumbsch T., O' Donnell K., Binder M., Diederich P., Ertz D., Gueidan C., Hansen K., Harris R.C., Hoska K., Lim Y.W., Matheny B., Nishida H., Pfister D., Rogers J., Rossman A., Schmitth I., Sipman H., Stone J., Sugiyama J., Yahr R., and Vilgalys R., 2004.** Assembling the fungal tree of life:

Références bibliographiques

progress, classification, and evolution of subcellular traits American Journal of botany. 91(10):1446-1480.

- **Malinowski D.P., and Belesky D.P., 2000.** Adaptation of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. Crop Science. 40: 923-940.

- **Mausain D., 1991.** Ectomycorhizes et tolérance des arbres à la sécheresse : Physiologie des arbres et arbustes en zone arides et semi-arides. Groupe d'Etude de l'Arbre. Ed. John Libbey Eurotext.

- **Mandyam K., and Jumpponen A., 2005.** Seeking the elusive function of the root-colonising dark septate endophytic fungi. Division of biology. Kansas State University. Manhattan, KS 66506. USA. Studies in Mycology. 53: 173-189.

- **Mechiah F., 2015.** Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes chez le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) : cas de la population de dayate d'El Ghoffa (wilaya de Laghouat). Mémoire de Magister. Département des Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 36 p.

- **Mellah H., 2007.** Approche anatomique des radicelles de *Pistacia atlantica* Desf. *Subsp.atlantica* : cas de la population d'Oued Besbés (wilaya de Médéa). Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 86 p.

- **Meikle R.D., 1977.** Flora of Cyprus. Benthana –Maxon Trust, Royal Botanic Gardens, Kew, R-U-1. 364-371.

- **Meyer S., Reeb C., et Bosdeveix R., 2004.** Botanique: Biologie et physiologie végétales. Collection 'Sciences fondamentales' Edition Maloine, Paris, 461 p.

- **Moricca S., and Ragazzi A., 2008.** Fungal endophytes in Mediterranean Oak forests: A lesson from *Quercus ilex* L. Phytopathology. 98:380-386.

- **Monjauze A., 1968.** Répartition et écologie de *Pistacia atlantica* Desf. en Algérie Bull .soc . Nat. Afrique du nord.

- **Monjauze A., 1980.** Connaissance du bétoum (*Pistacia atlantica* Desf. *subsp ,atlantica*) Biologie et forêt .XXXII. (44) :357-383.

Références bibliographiques

- **Mousain D., 1991.** Ectomycorhization et tolérance des arbres à la sécheresse : physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides .Groupe d'étude de l'arbre .Ed . John Libbey Eurotext, Paris.167-174.
- **Mousain D., Matumoto P., Pintro H., and Quiquam P., 1997.** Les rôles des mycorhizes dans la nutrition phosphatent des arbres forestiers. For. FR.XLI. 67-81.
- **Morot-Gaudry J.F., Prat R., Bohn-Courseau I., Jullien M., Pary F., Peroot-Rechenmman C., Reisdorf-Cren M., Richard L., et Savoure A., 2009.** Biologie végétale, Croissance et développement. Ed. Dunod. Paris. 241 p.
- **Moser M., and Hasclwandter K., 1983.** Ecophysiology of mycorrhizal symbiosis, in Eucyclopedia of plant physiology, New Series, vol.12: 392-421.Eds O.L. Lange. P.S.Nobel, C.B.Osmond and H. Ziegler. Springer, Berlin- Heidelberg New York.
- **Muthukumar T., and Prakash S., 2009.** Arbuscular mycorrhizal morphology in crops and associated weeds in tropical agro-ecosystems. Mycoscience. 50: 233-239.
- **Négre R., 1962.** Petite flore des régions arides du Maroc occidental, tome II Ed. C, N, R, S. 55 p.
- **Newsham K.K., 2011.** A meta-analysis of plant respons to dark septate root endophytes.
- **Nikola P., 1988.** Ectendomycorhizes of conifers. *Silvia fennec.* 22: 19-27.
- **Ouahmane L., 2007.** Rôles de la mycorhization et des plantes associées (lavande et thym) dans la croissance du cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica* G.) : conséquences sur la biodiversité rhizosphérique et la réhabilitation des milieux dégradés, Thèse de Doctorat. Universite Cadi Ayyad Faculté des Sciences Semlalia. 196 p.
- **Ozenda P., 1977.** Flora du Sahara. Ed. C.N.R.S. 622 p
- **Ozenda P., 1983.** Flor du Sahara deuxième édition C.N.R.S. 566 p.
- **Ozenda P., 2004.** Flora et végétation du sahara .2éme eds, du C.N.R.S, Paris. 624 p.
- **Perotto R., BettinI V., Favoron F., Alghisi P., and Bonfante P., 1995.** Polygala activity and location in arbuscular mycorrhizal roots of *Allium porrum* L. Mycorrhizal. 5: 157-163.

Références bibliographiques

- **Petrini O., 1991.** Fungal endophyte of tree leaves. Eds. Microbial Ecology of Leaves. Springer Verlag. 199-197.

- **Pirttila A.M., 2001.** Endophytes in the buds humans. Molecular Nutrition & Food Research, en Science, Department of Biology and Biochemistry, University of Oulu (Finland). 52.5(1):61-99.

- **Plenchette C., 1982.** Les endomycorhizes à vésicules et arbuscules (VA) : Un potentiel à exploiter en Agriculture. Phytoprotection. 63: 86-102.

- **Phillips JM., Hayman D.S., 1970.** Improved procedures for clearings roots and staining parasitic vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapide assessment of infection. Trans Br: Mycol. Soc. 55.158-160.

- **Philips O.L., Aragao L.E.O.C., and Lewis S.L., 2009.** Drought sensitivity of the Amazon rainforest. Science. 323: 1344-1347.

- **Porcel R., Bare J.M., and Ruiz-Lozano J.M., 2003.** Antioxidant activities in mycorrhizal soybean plants under drought stress and their possible relations ship to the process of nodule senescence. New Phytol. 157:135-143.

- **Quezel P., et Medail F., 2003.** Ecologie et biogéographie biologie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier. Pris. 573.

- Raab G., 2010.** Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes du pistachier de l'Atlas : Cas de la population de dayate de Timzerth (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingenieur en .Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 76 p.

- **Radji M., Sumiati A., Rachmayani R., and Elya B., 2011.** Isolation of fungal endophytes from *Garcinia mangostana* and their antibacterial activity. African Journal of biotechnology. 10(1): 103-107.

- **Raven P.H., Evert E., et Eichor N., 2007.** Biologie végétale 2^{ème} édition de Boech et Larcier S.A. Edition de Boeck Université. 944 p.

- **Redjdal L., 2010.** Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes du pistachier de l'Atlas : Cas de la population du centre de dayate Tilrhemt (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 93 p.

Références bibliographiques

- **Redmane R.S., Sheehan K.B., Stout R.G., Radriguez Raj., and Hensen J.M., 2002.** Thermotolerance Conferred To plant host and fungal endophytes during mutualic symbiosis. *Science*. 298: 158 p.
- **Rodriguez R.J., Redman R.S., and Henson J.M., 2004.** The role of fungal symbiosis in the adaptation of plants to high stress environments Mitigation and Adaptation Strategies for Global change. 9: 261-272.
- **Roland J.C., et Roland F., 2001.** Biologie végétale. Ed. Dunod, Paris. 144 p.
- **Rudgers J.A., and Mattingley W.B., 2005.** Mutualistic fungus promotes plant invasion into diverse communities. *Ecologia*. 144: 463-471.
- **Salhi F., 1997.** Journées d'étude sur les zones arides et Saharienne. Publication INRF.
- **Sanchez Marquez S., Bills G.F., et Zabalgoceazcoel., 2007.** The endophytic mycobiota of the grass *Dactylis glomerata*. *Fungal Diversity*. 27: 171-195.
- **Sarri S., Lehtonen P., Helander M., and Saikkonen K., 2009.** High variation in frequency of infection by endophytes in cultivars of meadow fescue in Finland. *Grass and Forage Science*. 64: 169-176.
- **Saikkonen K., Wali P., Helander M., and Faeth S.H., 2004.** Evolution of endophyte-plant symbiose trends in plant *Science*. (9) N°6: 275-280.
- **Schardl C., 2002.** Evolution origins and ecological consequence of endophyte symbiosis with grasses. *American Naturalist*, 160 99-127.
- **Schubler A., Schwarzott D., and Walker C., A. 2001.** New fungal phylum, the Glomeromycota: phylongeny and evolution. *Mycological Research*. 105: 1413-1421.
- **Schulz B., and Bouyle C., 2006.** What are Endophytes Technical University of Braunschweig, Spilmannstr, Germany. 1 p.
- **Schtiapp H., Dhn B., and Sticher H., 1987.** Interaction en Zwis-chen VA- Mycorrhiza and Schwer. *Angew .Bot*. 61 : 85-96.
- **Siegre A., 1985.** La forêt circum méditerranéenne et ses problèmes .Techniques agricoles et protection méditerranéenne .G.P Maisonneuve et Larousse, 502 p.

Références bibliographiques

- **Smail-Saadoun N., 2005.** Types stomatiques du genre *Pistacia* : *Pistacia atlantica* Desf. *spp atlantica et Pistacia lentiscus L.* Options méditerranéennes série A, 63 :396-371.
- **Smith F.A., and Smith S.E., 1997.** Structural diversity *in* vesicular-arbuscular mycorrhizal symbioses. Tansley Review. 96: 337-338.
- **Smith S.E., and Read D.J., 1997.** Mycorrhizal symbiosis. San Diego. CA, USA: Academic Press.
- **Smith S. E., and Read D.J., 2008.** Mycorrhizal Symbiosis, 3rd edition .Academic Press, London, UK.
- **Strobl GA., Miller R.V., Mrtinez-Miller C., Condrón M.M., Teplow D.B., and Hess W.M.,1999.** Cryptocandin, a potent antimycotic from the endophytic fungus *Cryptosporiopsis F C. quencina*. Microbiology. 145:1919-1956.
- **Stone J.K., Polisook J. D., and White J.F., 2004.** Endophytic fungi. In Mueller G.M., Bill G.F and Foster M.S. (eds.) Biodiversity of Fungi: inventory and monitoring methods Elsevier Academic Press. 241-269 p.
- **Strullu D.G., and Gourret J.P., 1982.** Analyse des mycorhizes de *Taxus baccata* par microsonde électronique : Rev Forest. Fr. 6 :392-398.
- **Strullu D.G., 1991.** Les mycorhizes des arbres et des plantes cultivées Paris : J. André.
- **Strullu D.G., Diop T.A., et Plenchette C., 1996.** Contribution à la réalisation de collections de *Glomus in vitro* et proposition de cycle de développement. C.R. Acad. Sci Paris. 320-1447.
- **Strullu D.G., Diop T.A., et Plenchette C., 1997.** Réalisation de collection de *Glomus intraradices* (schenck et Smith) et *Glomus versiforme* (Karsten et Berch) et proposition d'un cycle de développement C. R. Acad.Sci.Paris.Sciences de la vie / Life Sciences. 320 :41-47.
- **Suryanaryamam T.S., and Venn Katesan G., 2002.** Occurrence and distribution of fungal endophytes in tropical forests across a rainfall gradient. Canadian Journal of Botany.
- **Tan R.X., and Zou W.X., 2001.** Endophytes: rich source of functional metabolites Natural Product Reports. 18(4): 448-459.
- **Tao L., and Zhiwei Z., 2005.** Arbuscular mycorrhizal in a hot and arid ecosystem in southwest China. Appl. Soil Ecol. 29:135-141.

Références bibliographiques

- **Tauc C., 2007.** Flore fongique de différents et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse de Doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse, Université de Bucaret, Spécialité. Pathologie. Mycologie, Génétique et Nutrition UPSP de Mycotoxicologie. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse Laboratoire Biologie Animale. 190 p.
- **Tahrour A., 2005.** Architecture racinaire et adaptation du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf .subsp.atlantica) à la sécheresse ; cas de la population de Oued Bébés (wilaya de Média), Mémoire d'ingénieur en Agronomie. Département des Sciences Agronomique, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 101p.
- **Tisgouine Z., 2010.** Approche de caractéristiques physiques et chimiques des sols sous pistachier de l'Atlas de la forêt de Theniet El Had (Wilaya de Tissemsilt). Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 68 p.
- **Tommerup I.C., 1984.** Effect of soil water potential on spores germination by VA mycorrhizal fungi .Trans .Brit. Mycol. Soc.83:193-2020.
- TAO L., and Zhiwei 2005.** Arbuscular mycorrhizas in a hot and arid ecosystem in southwest China. Appl.Soil Ecol, 29:135-141.
- **White M.M., James T.Y., O'donnel K., Cafaro M.J., Tanabe Y., and Sugiyama J., 2006.** Phylogeny of the Zygomycota based on nuclear ribosomal sequence data. Mycologia. 6 (98): 872-884.
- **Wilson D., 1995.** Endophyte- the evolution of a terme, and clarification of its use and denifinition. Oikos. 73:274-276.
- **Wilson R., 1997.** Endophytic fungi from four tree species in New Brunswick and a comparison of two methods of identification of leptostroma isolates of *Pinus resinosa*. Morphology and molecular proding- these philososphia Doctor (PhD). University of New Brunswick (Canada). 131 p.
- **Wiright S.F., and Upadhyaya A., 1998.** A survery of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein in produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. Plant soil. 198: 97-107.

Références bibliographiques

- **Wubet T., Kottke I., Teketay D., and Obe Rwinkle F., 2003.** Mycorrhizal status of indigenous trees in dry Afromontane forests of Ethiopia. *For. Ecol. Manage.* 179:387-399.
- **Yamato M., 2004.** Morphological types of arbuscular mycorrhizal fungi roots of weeds on vacant land. *Mycorrhiza.* 14:127-131.
- **Yamato M., 2004.** Morphological types of arbuscular mycorrhizal in pioneer woody plants growing in an oil palm in Sumatra, Indonesia. *Mycoscience.* 46:66-68.
- Yano K. Yamanchi A., and Kano Y., 1996.** Localized alteration in lateral root development in roots colonized by an arbuscular mycorrhizal fungus. *Mycorrhiza.* 6:409-415
- Yazag S., 2013.** Contribution à l'étude des symbioses mycorrhiziennes chez le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*. Desf.). Cas de la population de dayate Saadi Hassi-Delâa (Wilaya de Laghouat) Mémoire de Master. Département des Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 62 p.
- **Zareb, 2014.** Contribution à l'étude des symbioses mycoendophytes foliaires du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) de dayate Aiat (Timzerth, Laghouat). Mémoire de Magister. Département des Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 36 p.
- **Zohary M., 1952.** A monographic study of the genus *Pistacia*. Palistine. *J. Bot.* 5, 187-228
- **Zohary M., 1987.** Flora Palaestina. Platanaceae to Umbelliferae. 2: 296-300

Résumé

L'objectif de notre travail est de mettre en évidence les symbioses racinaires chez le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) au niveau d'une daya de Hassi Delâa (wilaya de Laghouat). Notre région se place dans un étage bioclimatique aride inférieur avec une période de sécheresse qui dure douze mois. Au niveau de tous les fragments racinaires nous avons observés la présence de l'infection mycorhizienne qui est prouvée par l'existence de différentes structures fongiques : arbuscules et vésicules au niveau du cortex caractérisant la symbiose endomycorhizien à arbuscules et vésicules. L'observation des fragments racinaires colorés par la technique de Philips et Hayman a montré aussi la présence des filaments septés et de microsclérotés qui correspondent à une infection endophytique (DSE). La présence des champignons endophytes et endomycorhizogènes permet à cette essence (*Pistacia atlantica*) la protection contre les organismes pathogènes et la résistance au stress environnementaux.

Mots clés : *Pistacia atlantica* Desf., mycorhizes, mycoendophytes, Laghouat.

Abstract:

The aim of our study is to determine the presence of root symbiosis with the Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) At dayate Saadi Hassi Delâa (Wilaya of Laghouat), province, in semi-arid, arid.

The observation of root colored fragments by the coloration of Hayman and Philips showed the presence of accessory cells and microsclerotia which corresponds to an endophytic infection (DSE).

At all fragments we observed the presence of mycorrhizal infection that is proven by the existence of different fungal structures: arbuscules and vesicles in the cortex characteristic endomycorrhizal symbiosis.

Indeed the presence of endophytic fungi and endomycorrhizal allows to that essence (*Pistacia atlantica*) protection against pathogens and resistance to environmental stress.

Key words: *Pistacia atlantica* Desf., Mycorrhizal, endophytic, fungi, Laghouat.