

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE
ET BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCES BIOLOGIQUES

OPTION : MICROBIOLOGIE
APPLIQUEE

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par :

DEBBI Anwar

GUERROUCHE Ibtessem

Intitulé

**Contribution à l'étude des statuts mycorhiziens
de quelques plantes de *Fabaceae* de la région de
M'sila (Algérie)**

Soutenu le :13/07/2019

Devant le jury composé de :

Mr. SELLOUM Mounir

MAA

Président

Mr. GHADBANE Mouloud

MCA

Rapporteur

Mme. ARIECH Mounira

MCB

Examinatrice

Année universitaire : 2018 /2019



Remerciements

Tout d'abord, nous remercions le bon DIEU qui nous a donné la force et le courage d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre profonde reconnaissance à Dr GHADBANE mouloud notre promoteur pour sa qualité humaine, sa patience, et son dynamisme, par son caractère de noblesse, et de nous avoir guidé, conseillé, pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à remercier aussi les membres de jury d'avoir accepté de juger notre travail.

Mr. SELLOUM Mounir d'avoir accepté présider le jury.

Mme. ARJECH Mounira d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions également Mr : SEGHIRI. K responsable du laboratoire de biologie, ainsi que les ingénieurs de laboratoire, de nous avoir accueilli au sein du laboratoire.

Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants durant les années des études.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire et nos collègues pour tous les bons moments passés.

Merci à tous et à toute.

Dédicace

Ce mémoire représente l'aboutissement du soutien et des encouragements que mes PARENTS m'ont prodigué tout au long de ma scolarité

A mes chers frères ; Imade, Akram

A mes chères sœurs ; Samah, Doha

A toute ma famille

A tous mes amis

A mon binôme Ibtissem et toute sa famille

A toute la promotion de 2018/2019 Microbiologie Appliquée

Anwar

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A ma mère, décédée trop tôt, qui m'a toujours poussée et motivée dans mes études. Puisse Allah avoir pitié d'elle. A mon père et a toute ma famille

A mes chers frères Abde elrrahmmen, Bachir, Abde el Wahab, Adel et Abed

A ma chère sœur Mona

A mes amies et mes camarades

Youcef, Anwar, Fatima, Ghania, Ibtissem, Imane et Roumaissa

A tous les étudiants de Microbiologie Appliquée

Ibtissem

Liste des figures

Figure 1: Les principaux types de morphologie mycorhizienne, représentés sur une coupe transversale de racine.....	4
Figure 2: Prolifération des hyphes, formation des arbuscules et des vésicules.....	8
Figure 3 : Les espèces de Fabaceae étudiées.....	12
Figure 4: Localisation de zone d'étude	14
Figure 5: Répartition en classes de la colonisation du cortex racinaire par les CM et la présence d'arbuscules.	17
Figure 6: Types de mycorhize chez <i>Ononis natrix</i> L.	19
Figure 7: Types de mycorhize chez <i>Scorpiurus muricatus</i> L.	20
Figure 8: Types de mycorhize chez <i>Lotus corniculatus</i> L.....	20
Figure 9: Types de mycorhize chez <i>Tripodion tetraphyllum</i> (L.) Fourr.....	21
Figure 10: Les spores isolées à partir de sol rhizosphérique de <i>Ononis natrix</i> L.....	22
Figure 11: Les spores isolées à partir de sol rhizosphérique de <i>Scorpiurus muricatus</i> L..	22
Figure 12: Les spores isolées à partir de sol rhizosphérique de <i>Lotus corniculatus</i> L... ..	23
Figure 13: Les spores isolées à partir de sol rhizosphérique de <i>Tripodion tetraphyllum</i> (L.) Fourr.. ..	23
Figure 14: Densité des espèces sporales dans le sol rhizosphérique des <i>Ononis natrix</i> L., <i>lotus corniculatus</i> L., <i>Scorpiurus muricatus</i> L., <i>Tripodion tetraphyllum</i> (L.) Fourr. (Spores/100g).	24
Figure 15: Densité des spores dans le sol de <i>Ononis natrix</i> L., <i>Scorpiurus muricatus</i> L., <i>Lotus corniculatus</i> L. et <i>Tripodion tetraphyllum</i> (L.) Fourr.. ..	25
Figure 16: pourcentage d'infection racinaire des espèces des Fabaceae étudiées.....	26

Liste des abréviations

ANOVA : Analysis Of Variance

CMA : Champignons mycorhiziens à arbuscules

ERM: Ericoid mycorrhiza

ECM: Ectomycorhize

INVAM: Manual for the identification of vesicular-arbuscular (VA) Mycorrhizal Fungi

MA : Mycorhize à arbuscule

ORM : Orchid mycorrhiza

W/V : Weight/volume

V/V : volume /volume

Résumé

Notre travail vise à étudier la relation mycorhizienne avec les quatre plantes de la famille des fabacées de la région de Maadid (M'sila). Pour illustrer cette relation on a évalué le statut de mycorhization de (*Ononis natrix* L., *lotus corniculatus* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr.), en suit, en a isolé et identifié les spores du sol rhizosphérique. Les résultats obtenus montrent que toutes les plantes étudiées sont mycorhizées avec des valeurs de fréquence supérieure à 80 % et avec de différentes structures endomycorhiziennes : hyphes, arbuscules et vésicules. Les résultats ont montré une grande diversité des spores fongiques chez les quatre Fabacées. Un total de 92 espèces appartenant principalement à 7 genres (*Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Alternaria*, *Multicellaesporites*, *Pleospora*, *Diversispora*) a été identifié. Le genre *Glomus* est le plus répondu au niveau du sol rhizosphérique des quatre *Fabaceae* étudiées que les autres genres.

Mots clé : Mycorhize, Fabaceae, Endomycorhize à Arbuscules et à Vésicules, Symbiose, Spore.

Abstract

Our work is to study the mycorrhizal relationship with the four plants of the *Fabaceae* family from Maadid region (M'sila). To illustrate this relationship, the mycorrhizal status of (*Ononis natrix* L., *lotus corniculatus* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr.) was evaluated, followed by isolation and identification the spores from rhizosphere soil. The results obtained show that all the plants studied are mycorrhizal with a frequency value greater than 80% and with different endomycorrhizal structures: hyphae, arbuscules and vesicles. The results showed a high diversity of fungal spores in the four Fabaceous plants. A total of 92 Species belonging mainly to 7 genera (*Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Alternaria*, *Multicellaesporites*, *Pleospora*, *Diversispora*) have been identified. The genus *Glomus* is more responsive to the rhizospheric soil level of four Fabaceae studies than the other genera.

Key words: Mycorrhiza, Fabaceae, Arbuscular and vesicular mycorrhiza, Symbiosis, Spore.

ملخص

يهدف عملنا الى دراسة علاقة المكوريزيا بالنباتات الأربعة لعائلة البقوليات في منطقة المعاضيد (المسيلة). من اجل تحقيق هذا العمل قمنا بحساب وتقدير الكثافة الفطرية المتواجدة على مستوى جذور النباتات *Ononis natrix* L., *lotus corniculatus* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr. استخراج الابواغ من التربة. اظهرت النتائج التي تم الحصول عليها ان جميع النباتات المدروسة لها علاقة بالفطريات بتردد أكبر من 80 ٪. وتتوفر اشكال متعددة مثل خيوط، شجيرات وحوصلات. أظهرت النتائج تنوعا كبيرا في الابواغ الفطرية عند البقوليات الأربعة. تم تحديد العدد الإجمالي ب 92 نوعًا ينتمون أساسًا إلى 7 أجناس (*Acaulospora*, *Glomus*) ، *Gigaspora* ، *Alternaria* ، *Multicellaesporites* ، *Pleospora* ، *Diversispora*). الجنس *Glomus* أكثر انتشارًا في مستوى تربة الجذور عند البقوليات الأربعة المدروسة من الأنواع الأخرى.

الكلمات المفتاحية: الفطريات الجذرية، البقوليات، المكوريزيا الداخلية الشجيرية والحوصلية، التعايش، الابواغ.

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Liste des abréviations

Résumé

Introduction 1

Chapitre I Synthèse Bibliographique

I.1 Mycorhizes 3

I.1.1 Historique..... 3

I.1.2 Différents types de mycorhizes 4

I.1.2.1 Ectomycorhizes 5

I.1.2.2 Ectendomycorhizes 5

I.1.2.3 Endomycorhizes 5

I.1.3 Etapes de la formation des mycorhizes..... 7

I.1.3.1 Développement des hyphes dans le sol 7

I.1.3.2 Rencontre avec la racine 8

I.1.3.3 Prolifération intra-racinaire et la formation des arbuscules 8

I.1.3.4 Formation des Vésicules 9

I.1.4 Rôle du mycorhize..... 9

I.2 Fabaceae 9

I.2.1 Classification..... 9

I.2.2 Caractères botaniques..... 10

I.2.2.1 Appareil végétatif 10

I.2.2.2 Appareil reproducteur 10

I.2.3 Espèces de fabacées..... 11

I.2.3.1 *Ononis natrix* L. (Bugrane jaune) 11

I.2.3.2 <i>Scorpiurus muricatus</i> L. (chenillette poilue)	11
I.2.3.3 <i>Lotus corniculatus</i> L. (Lotier corniculé)	11
I.2.3.4 <i>Tripodion tetraphyllum</i> (L.) Fourr. (Anthyllide à quatre feuilles)	12
I.3 Mycorhize et Fabaceae	13

Chapitre II Matériel et Méthodes

II.1 Matériel végétal.....	14
II.2 Evaluation du taux de mycorhization des espèces végétales	14
II.2.1 Echantillonnage	14
II.2.1.1 Préparation des échantillons	14
II.2.2 Montage	15
II.2.3 Observation	15
II.2.4 Estimation de taux de colonisation	16
II.3 Extraction des spores à partir de sol.....	17
II.4 Analyse statistique des données.....	18

Chapitre III Résultats et Discussions

III.1 Résultats	19
III.1.1 Formes et structures microscopique des mycorhizes	19
III.1.2 Observation et identification des spores	21
III.1.3 Dénombrement des spores.....	24
III.1.4 Les paramètres d'estimation de taux de mycorhization	25
III.2 Discussion	27
III.2.1 Types de mycorhization chez <i>Ononis natrix</i> L., <i>Lotus corniculatus</i> L., <i>Scorpiurus muricatus</i> L., <i>Tripodion tetraphyllum</i> (L.) Fourr.	27
III.2.2 Identification des spores.....	28
III.2.3 Taux de mycorhization.....	28
Conclusion.....	30

Références bibliographies

Annexes

Introduction

Les végétaux constituent un règne vivant très vaste colonisant pratiquement tous les milieux de la surface du globe terrestre (Genet, 1999). Lorsque ces végétaux vivent dans des endroits difficiles, elles développent souvent des mécanismes pour les aider à survivre, ce qui implique la création de relations (symbiotiques) mutuellement bénéfiques entre les racines des plantes et des organismes présents dans le sol, tels que des bactéries et des champignons (Allen, 1991). Des associations symbiotiques entre certains champignons du sol et les racines des plantes ont été un sujet de recherche très captivant. Vers la fin des années 1880, ces associations ont été nommées Mycorhizes. Le terme mycorhize est dérivé du grec mukês : champignon ; rhiza : racine et constitue le type de symbiose le plus répandu chez les plantes (Fortin *et al.*, 2016).

D'après la morphologie de l'organe résultant de l'association plante – symbiote fongique, différents types de mycorhizes sont distingués : Les endomycorhizes à arbuscules et à vésicules, les mycorhizes orchidoïdes, les ectomycorhizes, les ectoendomycorhizes et les endomycorhizes éricoïdes. Les mycorhizes à arbuscules sont les plus primitives et les plus répandues dans les écosystèmes naturels et cultivés (Tedersoo *et al.*, 2010).

Chez les plantes actuelles, la majorité des symbioses mycorhiziennes sont des associations de type mutualiste, à partir desquelles la plante et le champignon échangent les éléments nutritifs nécessaires à leur croissance et à leur développement (Strullu-Derrien, 2007). Actuellement, on estime que 90% des plantes terrestres sont mycorhizées (Smith et Read, 2008).

Fabaceae (légumineuse), elle est constituée l'une des familles les plus importantes dans le règne végétal avec 730 genres et plus de 19400 espèces (Welbaum, 2015). Les espèces de cette famille sont généralement des plantes herbacées, arbuste et des arbres. Elles ont une distribution quasi cosmopolite et se trouvent dans les zones tropicales, subtropicales ou tempérées (Klein *et al.*, 2014). Elles constituent de loin le groupe le plus important de plante participant à la fixation de l'azote avec des bactéries symbiotiques. Par ailleurs, des chercheurs ont découvert que des échanges de composés chimiques existaient entre les champignons du sol (mycorhizes) et les Fabacées, ce qui correspond également à un dialogue moléculaire entre les deux partenaires permettant leur reconnaissance et établissement de la symbiose.

Ces champignons assurent aux végétaux qui leurs sont associés un apport minéral, notamment du phosphate et hydrique, qui sont essentiels à leur développement, ainsi leur compétitivité dans le milieu naturel. Pour ces raisons nous avons consisté à identifier les types

de mycorhizes présents chez quatre espèces de la famille *Fabaceae* (*Ononis natrix* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Lotus corniculatus* L. et *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr.) ont été collectées de la forêt de Maadid de la wilaya de M'sila.

Les objectifs de ce travail sont : en premier lieu l'évaluation du taux de mycorhization de ces 4 espèces (Fréquence de mycorhization, Intensité globale de la mycorhization, Intensité de mycorhization des fragments mycorhizés, Intensité arbusculaire dans le système racinaire et la richesse arbusculaire de la partie mycorhizée), en deuxième lieu, l'identification des spores extrait à partir du sol rhizosphériques des espèces.

Ce travail se compose de trois chapitres : Le premier chapitre présente une revue générale sur les mycorhizes et une description botanique de la famille des *Fabaceae*.

Le Deuxième chapitre présente le matériel et les méthodes : présentation de la zone d'étude, et la méthodologie expérimentale utilisée.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation des résultats obtenus, les interprétations, les discussions éventuelles et la conclusion.

Chapitre I
Synthèse
Bibliographique

I.1 Mycorhizes

Au sein de la rhizosphère, certains champignons peuvent établir une relation symbiotique avec les racines des plantes. Ainsi, en 1885, Albert Bernhard Frank fut le premier à donner à cette relation symbiotique le nom mycorhize (Batron et Northup, 2011). Le terme de mycorhize vient de l'association de deux mots grecs, mykes qui signifie champignon et rhiza qui signifie racine (Fortin *et al.*, 2016).

Les mycorhizes se définissent comme des associations durables impliquant des échanges à bénéfices réciproques, au sein de structures spécifiquement mises en place par les partenaires de la symbiose au niveau des racines des végétaux (Smith et Read, 2008). La fonction du mycorhize est primordiale dans tout ou partie du cycle de la plante hôte, surtout mais non exclusivement pour la nutrition. Elles favorisent l'absorption par les racines des éléments minéraux de la mycorhizosphère et améliorent ainsi la nutrition de la plupart des espèces végétales. En retour, le végétal fournit le carbone nécessaire ; qu'ils sont incapables de tirer eux-mêmes du soleil (sous forme de sucres issus de la photosynthèse) à son partenaire fongique hétérotrophe et chaque partenaire optimise son développement grâce à cette symbiose (Fortin *et al.*, 2016).

Les racines de plus de 80 % des espèces de plantes vasculaires présentent ou sont susceptibles de présenter des symbioses mycorhiziennes (Tedersoo, 2017). La symbiose mycorhizienne est donc un phénomène général chez les plantes à l'exception de quelques familles comme les Brassicacée, les Caryophyllacée, les Cypéracées, les Juncacées, les Chénopodiacées et les Amaranthacées qui ne présentent pas d'associations mycorhiziennes (Duponnois *et al.*, 2013).

I.1.1 Historique

Les premières observations microscopiques de mycorhizes de différentes espèces d'arbres sont décrites dès 1840 par Theodor Hartig qui ne reconnaît pas la nature fongique des structures observées. En 1874, Bruchmann renouvelle sur des racines de pin ces premières observations et reconnaît la nature fongique du réseau qui enserre toutes les cellules des tissus externes de la racine. Albert Bernard Frank était le premier à synthétiser toutes les observations de cette association en prenant d'abord acte de la présence systématique de filaments fongiques à la surface et à l'intérieur des racines des arbres observés, il a soumis ce fait à l'expérience, et a démontré de façon causale le caractère obligatoire et bénéfique pour la plante de la présence des champignons et il a conclu que l'association était nécessaire au bon développement des jeunes arbres. Ensuite en 1885, Frank a introduit le terme de mycorhize pour désigner les

organes mixtes racines-champignons. En 1886, Robert Hartig approuve et défend la nouvelle théorie et fait définitivement adopter le nom de Réseau de Hartig en l'honneur de son père Theodor Hartig qui avait le premier décrit cette structure dès 1840. Par la suite, tout au long du XXe siècle, plusieurs chercheurs étudièrent d'autres types de mycorhizes (Garbaye, 2013).

I.1.2 Différents types de mycorhizes

Selon le partenaire fongique, il existe plusieurs formes d'association mycorhiziennes. En effet, sept types de mycorhizes ont été définis, ils se différencient entre eux par des caractères systématiques, morphologiques et physiologiques, dont deux prédominants chez les légumineuses : les mycorhizes à vésicule et à arbuscule et les ectomycorhizes (Peterson *et al.*, 2004) (figure 1).

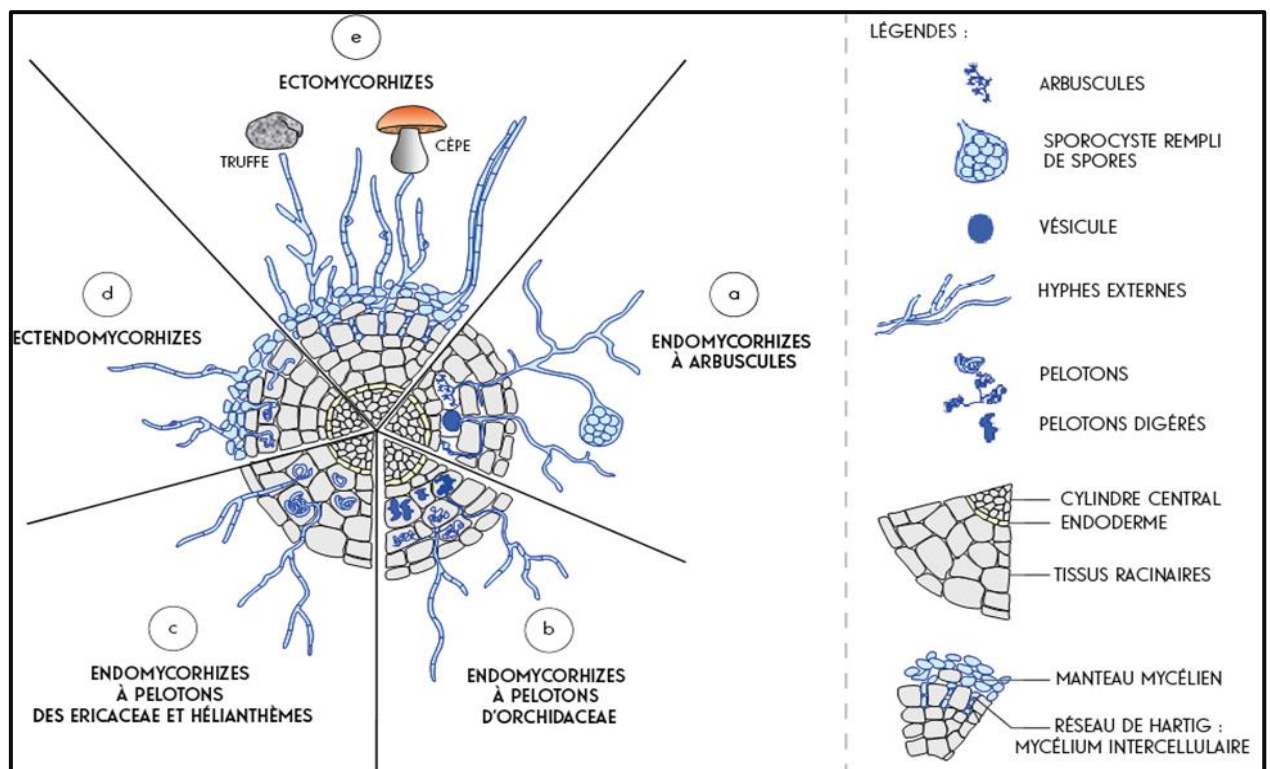


Figure 1. Les principaux types de morphologie mycorhizienne, représentés sur une coupe transversale de racine. (a) endomycorhizes à arbuscules ; (b) endomycorhizes à pelotons d'Orchidaceae ; (c) endomycorhizes à pelotons des Ericaceae et Hélianthèmes ; (d) ectendomycorhizes ; (e) ectomycorhize (Le Tacon, 1985).

I.1.2.1 Ectomycorhizes (ECM)

Les ectomycorhizes (du grec *ektos* : à l'extérieur) sont des champignons qui se développent essentiellement autour de la racine, sans jamais entrer à l'intérieur de ces dernières. Ils forment des associations avec des plantes ligneuses notamment la sylviculture. Ce type d'association concerne 13 à 15% des plantes vasculaires. Ils appartiennent majoritairement à la famille des Ascomycètes (*Truffes, Pezizes...*) et des Basidiomycètes (*Laccaires, Paxilles, Hébélomes, Bolets...*). Ils se développent de manière intercellulaire, en effet le mycélium progresse entre les cellules du cortex racinaire mais ne pénètre pas dans les cellules vivantes.

Les ectomycorhizes sont formées par trois composants : un manteau fongique, Les hyphes constituent le réseau de Hartig et un réseau d'hyphes extra radiculaires (Wang et Qiu, 2006) (figure 1).

I.1.2.2 Ectendomycorhizes

Les ectendomycorhizes présentent à la fois les caractères structuraux des ectomycorhizes et des endomycorhizes, par la présence du manteau mycélien et le développement d'hyphes inter et intracellulaires. Cependant elles ont une morphologie semblable à une ectomycorhize simple. En effet, il y a un manteau fongique mince, un réseau de Hartig et une formation de pelotons d'hyphes intracellulaires. Ce type de mycorhize a été observé chez les Arbutacées et les Monotropacées, ils sont formés par des Basidiomycètes (*Cortinarius, Boletus*). Et il a été également observés chez d'autres genres tels que *Casuarina, Eucalyptus* et *Populus* qui sont formées par les Ascomycètes (Peterson *et al.*, 2004) (figure 1).

I.1.2.3 Endomycorhizes

Les endomycorhizes ou les mycorhizes endotrophes sont différencient par l'absence de manteau fongique autour de la racine dont l'aspect extérieur ne varie pas par rapport à une racine non infectée par le champignon et par la pénétration des hyphes mycéliennes à l'intérieur des cellules corticales, et par conséquent par l'absence de réseau de Hartig (Soualmia, 2010). Celles-ci ne peuvent pas décelées à l'œil nu ; on les observe sous microscope après une coloration spécifique et selon la forme que prennent leurs champignons associés et selon le type de formation intra ou extra cellulaires on distingue : les endomycorhizes à pelotons d'hyphes cloisonnés (les endomycorhizes éricoïdes et les endomycorhizes orchidoïdes), et les endomycorhizes à vésicules et arbuscules (Suty, 2015) (figure 1).

I.1.2.3.1 Mycorhizes à pelotons

Dans ce type d'endomycorhize, le champignon pénètre dans les cellules de la racine mais ne forme que très rarement un réseau intercellulaire. L'infection se propage directement d'une cellule à l'autre. Ces mycorhizes à pelotons sont essentiellement formés par des Ascomycètes ou des Basidiomycètes. Ce sont par exemple les mycorhizes des Orchidées ou les mycorhizes de divers genres d'Éricacées (*Calluna*, *Erica*, *Gaultheria*, *Vaccinium*) (Dexheimer, 1997).

I.1.2.3.1.1 Endomycorhizes éricoïdes (ERM)

Les champignons éricoïdes sont surtout des Ascomycètes (ex : *Hymenoscyphus*) et rarement des Basidiomycètes. Ils s'associent avec les plantes de la famille des *Ericacées* qui se développent dans divers milieux, très pauvres en nutriments (Kohout, 2017). Le mycélium éricoïde forme un peloton intracellulaire (Smith et Read, 2008).

Les ERM ont de nombreuses caractéristiques communes avec les ECM et dériveraient probablement de ces dernières (Wang et Qiu, 2006). D'ailleurs de nombreuses espèces fongiques formant des ERM sont également capables de former des ECM avec d'autres espèces végétales (Kjoller *et al.*, 2010) (figure 1).

I.1.2.3.1.2 Mycorhizes d'orchidées

Les mycorhizes d'orchidées sont les partenaires indispensables des Orchidaceae qui sont toutes, à un stade de leur vie, dépendantes d'une source externe de carbone. Dans ce type de champignons endomycorhiziens, on trouve les espèces *Rhizoctonia*, *Sebacina*, *Tulasnella* et *Russula* (ce sont des Basidiomycètes) (Redecker *et al.*, 2000). Les mycorhizes orchidoïdes sont caractérisées par la formation des pelotons d'hyphes dans les cellules corticales du tissu de la racine. De passage, le champignon pénètre dans les cellules exodermiques et les hyphes se ramifient à travers le tissu cortical par pénétration intracellulaire. Les pelotons s'effondrent au fil du temps et les cellules peuvent être colonisées par plus d'un hyphe plusieurs fois (Smith et Read, 2008) (figure 1).

I.1.2.3.2 Endomycorhizes à vésicules et arbuscules

Elles concernent environ 95 % des taxons végétaux à mycorhizes : ligneuses, herbacées, mousses, fougères, gymnospermes et angiospermes plusieurs conifères et la majorité des plantes à fleurs, mono et dicotylédones. Ce type est non visible à l'œil nu. Contrairement aux autres types de mycorhizes, ce sont des champignons aseptés faisant partie de l'ordre des Glomales (anciennement classé dans les Zygomycètes, il a été placé récemment dans un nouveau phylum : les Glomeromycètes) (Oehl *et al.*, 2016). Les hyphes des champignons

mycorhize à arbuscule (MA) se développent dans le cortex racinaire où ils forment des arbuscules intracellulaires et des vésicules. Les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) aident les plantes à tolérer les contraintes édaphiques (Meddich *et al.*, 2015) (figure 1).

Les structures des endomycorhizes à vésicules et arbuscules définies comme suivantes :

➤ **Spore**

La spore sert d'organe de stockage et de propagation des CMA. Elle germe et donne naissance à des filaments mycéliens (Bouchet *et al.*, 2005). Elle est produite à l'extrémité d'un hyphe sporogène ou suspenseur ; structure reliant la spore aux hyphes du mycélium dont la morphologie est utilisée pour identifier certains genres de CMA, ou à l'intérieur des racines, dans le sol ou encore elles adhèrent aux racines du végétale (Souza *et al.*, 2005).

➤ **Arbuscule**

L'arbuscule est l'unité au niveau de laquelle se produisent les échanges entre la plante hôte et le champignon. C'est une ramification latérale des hyphes fongiques dans les cellules du cortex racinaire où le champignon pénètre et croît à l'intérieur. La membrane de la cellule hôte s'invagine et enveloppe le champignon, ce nouveau compartiment fournit un contact direct entre le champignon et la plante (Guissou, 2001).

➤ **Vésicule**

La vésicule est une structure de stockage à paroi fine, à contenu lipidique et apparaît généralement dans les espaces intercellulaires (Limam, 2015).

➤ **Hyphe extra-radiculaire**

L'hyphe extra-radiculaire produit par le champignon mycorhizien à arbuscule, il est l'un des organes de propagation et il peut coloniser une plante autre que la plante dont ils sont issus (Souza, 2005).

I.1.3 Etapes de la formation des mycorhizes

I.1.3.1 Développement des hyphes dans le sol

Les premiers hyphes ont deux origines possibles, elles sont issues de la germination d'une spore ou proviennent de racines mycorhizées qui se trouvent déjà dans le sol. Les hyphes issus de la germination de spores ont une durée de vie très limitée, elles dépérissent si elles ne rencontrent pas rapidement une racine compatible ; ce champignon est en effet un biotrophe obligatoire, il ne peut pas se développer sans son hôte. Les hyphes d'origine racinaire sont des filaments résultant de l'activité d'une mycorhization antérieure qui développe son réseau mycélien dans le but de rechercher des éléments nutritifs ou à partir de la conquête d'autres

racines. Ces hyphes ne sont pas cloisonnés, elles ont une structure cœnocytique, les noyaux sont dans un même cytoplasme (Pierre, 2012) (figure 2).

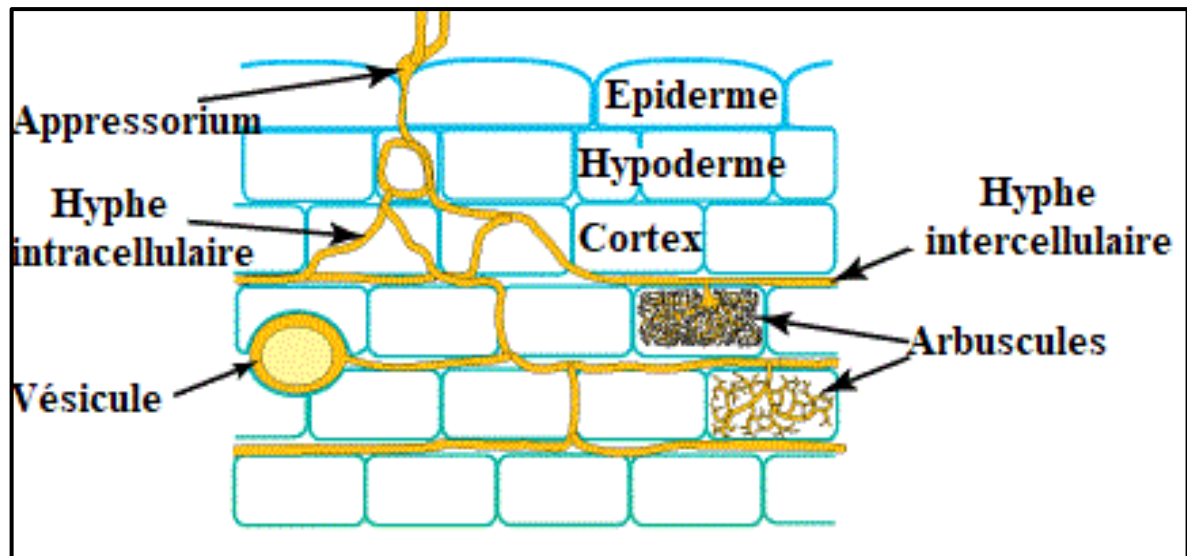


Figure 2. Prolifération des hyphes, formation des arbuscules et des vésicules (Pierre, 2012).

I.1.3.2 Rencontre avec la racine

Lorsqu'une racine rencontre au cours de sa croissance, les hyphes du sol, issues d'une germination récente, les hyphes sont comme attirées, elles viennent se placer le long de la racine, des contacts s'établissent, de petits gonflements apparaissent ; ils correspondent à des appressoriums à partir desquels les hyphes vont pénétrer dans la partie externe de la racine en passant entre les cellules de l'épiderme et du cortex ; les hyphes vont alors pouvoir se développer, se ramifier, coloniser la racine. Cette communication entre l'hyphe et la racine est possible via la libération de la plante à la molécule de strigolactone (le 5-deoxystrigol) en très faible concentration pour stimuler l'activité des mitochondries du champignon qui reprend son activité métabolique (Pierre, 2012).

I.1.3.3 Prolifération intra-racinaire et la formation des arbuscules

À partir de l'appressorium, l'hyphe va essayer de passer dans les divers espaces intercellulaires disponibles ; deux types de propagation ont été définis : la propagation linéaire où le développement des hyphes s'effectue principalement dans les espaces intercellulaires longitudinaux ; la propagation en enroulement dans lequel les hyphes ont tendance à s'enrouler, à suivre un cheminement tortueux lorsque l'espace intercellulaire disponible est insuffisant. Quelques jours après l'entrée dans le cortex, les hyphes vont se ramifier par dichotomie en donnant des hyphes ayant un diamètre de plus en plus petit ; à partir d'un hyphe initial. L'ensemble de ces ramifications prend la forme d'un petit arbre, d'où le terme d'arbuscule

attribué à cette structure qui est un haustorium particulier. Le mycorhize à arbuscules est devenu fonctionnelle, le champignon obtient les sucres (glucides) qu'il ne sait pas fabriquer (Pierre, 2012).

I.1.3.4 Formation des Vésicules

Après le développement des arbuscules, des hyphes commencent à se renfler à certains endroits de leur parcours ou à leur extrémité pour donner des espaces de stockage qui permettront la mise en réserve de diverses substances : lipides (corps gras), triacylglycérol (TAG).... Ces structures appelées vésicules peuvent être inter- ou intracellulaires (Pierre, 2012).

I.1.4 Rôle du mycorhize

L'avantage principal est que ces champignons forment un lien critique entre des racines et le sol. En conséquence, les plantes mycorhizées sont souvent plus compétitives et plus capables de tolérer des stress environnementaux que les plantes non mycorhizées.

Donc les champignons MA sont particulièrement importants car ils améliorent la capacité des plantes à capter et à assimiler les éléments minéraux comme le phosphore et les oligo-éléments généralement présents en quantités limitées et peu mobiles car fortement liés ou séquestrés dans les particules de sol. D'autres bénéfices à attribuer aux champignons MA sont l'augmentation de la tolérance à la sécheresse, aux sels, aux métaux lourds et aux agents pathogènes par la production des substances antibiotiques qui protègent la plante-hôte ainsi qu'une augmentation de la stabilité du sol par la sécrétion du glycoprotéine, glomaline, laquelle des micro-agrégats s'attachent pour former des macro-agrégats stables (Kuszala et Gianinazzi, 2010).

I.2 Fabaceae

Fabaceae (léguminosae), représente la troisième plus grand famille des plantes à fleurs après les Orchidaceae et Asteraceae avec 730 genres et plus de 19400 espèces (Welbaum, 2015). Les plantes fabacées donnent des fruits secs dans une gousse appelée légume qui se développe à partir d'un seul carpelle et se sépare, ou se divise, à maturité en deux moitiés (appelées valves), avec la graine attachée au bord d'une des valves (Navazio, 2012). La majorité des Fabaceae sont des plantes herbacées ou des arbustes et arbrisseaux ; adaptées aux régions tropicales ou tempérées (Klein *et al.*, 2014).

I.2.1 Classification

La famille des *Fabaceae* se divise en trois grands sous-groupes, qui sont généralement considérés comme des sous familles : Mimosoideae, Caesalpinioideae et Papilionoideae (Botineau, 2010).

I.2.1.1 Mimosoideae

La majorité des Mimosoideae sont des arbres et arbustes qui se trouvent dans les régions tropicales et subtropicales, elles possèdent des fleurs symétriques, petites et très nombreuses qui sont localisées en grappes serrées à nombreuses étamines saillantes en dehors des petits pétales (Sebihi, 2008). Cette sous-famille regroupe 40 genres et 2500 espèces tel que *Parkia*, *Mimosa*, *Acacia*, *Albizia* (Botineau, 2010).

I.2.1.2 Caesalpinioideae

Les Caesalpinioideae sont principalement des arbres ou des arbustes qui se retrouvent dans des régions tropicales et subtropicales. Elles possèdent des fleurs sous forme des papillons et à étamines unis (Sebihi, 2008). Cette sous-famille comprend 150 genres et 2700 espèces comme *Cassia*, *Cercis* et *Caesalpinia* (Botineau, 2010).

I.2.1.3 Papilionoideae

Les Papilionoideae sont principalement des herbes et des petits arbustes, cosmopolites, présentes dans les régions tempérées et tropicales et inclut les légumineuses à graines bien connus telles que des haricots et des pois. Leurs fleurs prennent la forme de papillon (Sebihi, 2008). C'est la sous-famille qui comprend 429 genres et 12615 espèces tel que *Sophora*, *Abrus*, *Arachis* (Botineau, 2010).

I.2.2 Caractères botaniques

Les plantes de la famille des Fabaceae possèdent plusieurs caractères morphologiques en commun.

I.2.2.1 Appareil végétatif

➤ Racines

Les racines sont généralement pivotantes, laissent (Morel, 2011). Elles possèdent des renflements ou nodosités grâce à la relation symbiotique avec les bactéries de genre *Rhizobium* pour la fixation de l'azote atmosphérique (Botineau, 2010).

➤ Feuilles

Les feuilles des Fabacées sont généralement alternées, pennées, ou trifoliolées et stipulées (Morel, 2011).

I.2.2.2 Appareil reproducteur

➤ **Inflorescences** : ce sont des grappes plus ou moins allongées.

➤ Fleurs

Les plantes Fabacées ont des fleurs irrégulières et sous forme d'un papillon. Ces fleurs typiques sont parfaites, avec cinq pétales : un pétale ovale et grand, deux pétales de quille

allongés qui sont soudés ensemble pour contenir 10 étamines et deux pétales latéraux ou ailes. Les étamines sont réunies dans une gaine qui entoure le pistil. Les pétales des légumineuses sont souvent blancs mais peuvent aussi comporter le violet foncé au violet, du rose au rose saumon à de rouge (Navazio, 2012).

➤ Fruit

Le fruit est l'élément le plus constant et qui caractérise cette famille, appelé gousse ou légume. Il s'agit d'un fruit qui s'ouvre en général à maturité grâce à une double ouverture : ventrale et dorsale. En fonction des espèces, la gousse est sèche ou charnue, aplatie ou comprimée, spiralée, arquée, ailée, segmentée, articulée, verdâtre ou de couleur vive. Sa taille va de quelques centimètres à une trentaine de centimètres (Botineau, 2010).

I.2.3 Espèces de Fabacées

I.2.3.1 *Ononis natrix* L. (Bugrane jaune)

Ononis natrix L. est une plante légumineuse qui possède une tige ramifiée, légèrement ligneuse à la base, elle porte des feuilles trifoliolées à bord denté. Les fleurs de cette plante sont grandes et nombreuses de couleur jaune, striées de rouge. Ses gousses longues de 15-25 mm avec des graines globuleuses brun noirâtre. Elle est commune et disséminée au sud de la Loire ; jusqu'à 1600m de l'étage collinéen au sommet de l'étage montagnard et elle repartit dans la région subméditerranéenne (Lemoine, 2005) (figure3).

I.2.3.2 *Scorpiurus muricatus* L. (chenillette poilue)

Scorpiurus muricatus L. est une légumineuse annuelle, elle ne possède pas une tige véritable. La gousse étroite est contournée comme une chenille roulée sur elle-même, marquée de sillons longitudinaux, séparés sur la partie extérieure de la courbe par des crêtes brunâtres, hérissées de pointes aiguës et crochues qui imitent assez bien les poils rudes dont sont vertes certaines chentilles. Graine assez grosse, courbée, ridée, jaunâtre. Les fleurs de cette plante sont de couleur jaune, parfois striées de rouge. Les feuilles sont simples, solitaires ou alternativement opposées, de forme oblongue, avec 3-5 veines parallèles et elles sont 1 à 2 cm de large, 4 à 7 cm de long, avec des dents longues et pointues. Elle est largement répandue dans le bassin méditerranéen (Afrique du Nord, Sud de la France, Italie, Istrie, Malte et Asie mineure) et Macaronésie (Abbate *et al.*, 2010) (figure3).

I.2.3.3 *Lotus corniculatus* L. (Lotier corniculé)

Lotus corniculatus L. est une plante herbacée appartient à la famille de *Fabaceae*, sa Tige est pleine et ramifiée. Les feuilles composées de trois folioles, elles sont alternes, avec une

base simple, munie de stipules grandes et ovales. Elle possède des fleurs peu nombreuses de 2 à 6 et de couleur jaune ou oranges. Ses gousses sont très allongées, cylindriques et de longueur de 20 à 35 mm. Elle est pérenne robuste avec une forte racine, et largement répandue dans l'Asie et l'Europe tempérée (Husnot, 2014) (figure3).

I.2.3.4 *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr. (Anthyllide à quatre feuilles)

Tripodion tetraphyllum (L.) Fourr. est une plante herbacée et annuelle, qui se rencontre sur les sols calcaires à basse altitude, elle est caractérisée par des tiges couchées et velues. Ses feuilles se composent de 3 à 5 folioles très inégales. Elle possède des fleurs jaunes et la phase de sa floraison s'effectue dans la période d'Avril à Juillet, la gousse de cette plante est oblongue, étranglée au milieu, arrondie au sommet et à deux graines oblongues. Elle est répandue dans la région méditerranéenne (Bellucci *et al.*, 2011) (figure3).

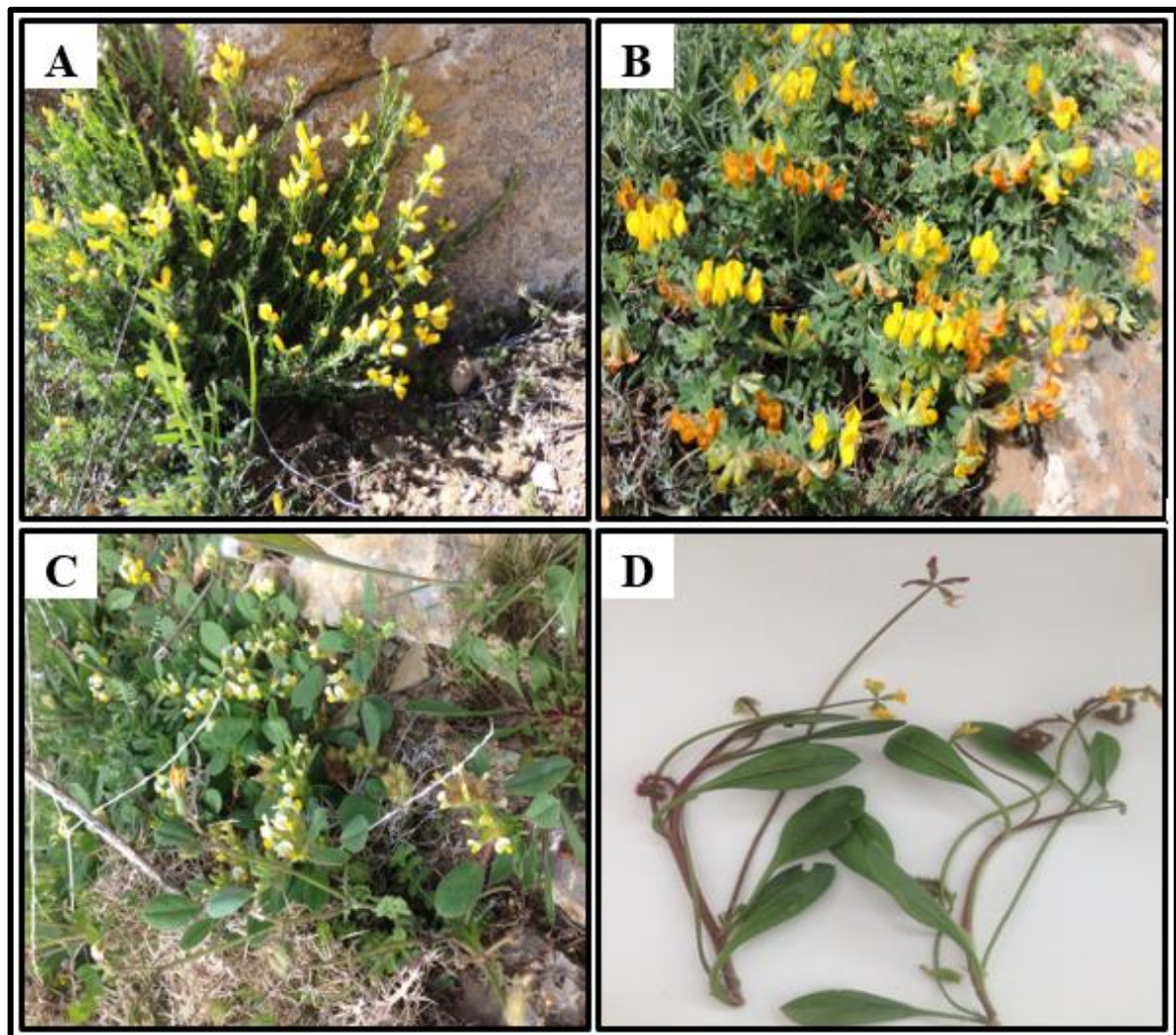


Figure 3. Les espèces de Fabaceae étudiées, (A) *Ononis natrix* L., (B) *Lotus corniculatus* L., (C) *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr., (D) *Scorpiurus muricatus* L. (Photo original, 2019).

I.3 Mycorhize et Fabaceae

Les Fabacées sont également très mycorhizées car les nodosités nécessitent du phosphore et du soufre et une complexité de nutriments pour fonctionner. Les mycorhizes apportent aussi beaucoup d'azote à la plante via une accélération de la digestion des résidus et de la matière organique. Il y a l'azote libre du sol prélevé directement par la plante, l'azote atmosphérique fixé par les rhizobiums mais aussi l'azote mobilisé par la symbiose mycorhizienne. En d'autres termes, les réseaux mycorhiziens permettent de shunter les processus de minéralisation classiques et d'accélérer le recyclage de l'azote. Il est logique que les Fabacées, tellement avides d'azote, aient mis en place plusieurs stratégies pour se fournir (Duponnois *et al.*, 2013).

Chapitre II
Matériel et Méthodes

II.1 Matériel végétal

Les espèces des *Fabaceae* étudiées sont : *Ononis natrix* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Lotus corniculatus* L. et *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr., ont été collectées de la forêt de Maadid de la wilaya de M'sila (figure 4) au mois d'Avril de l'année 2019.

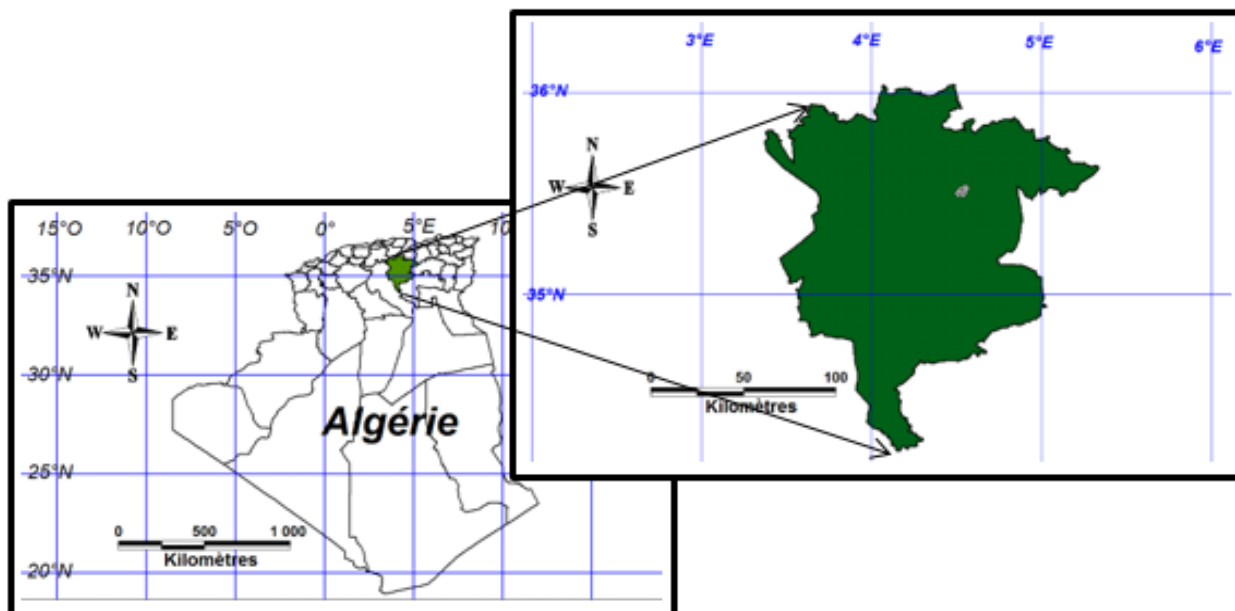


Figure 4: Localisation de la zone d'étude.

II.2 Evaluation du taux de mycorhization des espèces végétales

II.2.1 Echantillonnage

L'échantillonnage a été réalisée de façon à obtenir le maximum de racines fine et très fine lors du prélèvement des racines de chaque espèce puisqu'ils sont plus susceptibles d'être mycorhizées et plus facilement observables au microscope. Chaque échantillon est prélevé par la méthode d'échantillonnage aléatoire.

II.2.1.1 Préparation des échantillons

La préparation de l'échantillon doit être effectuée selon la technique de coloration des racines décrite par Philips et Hayman (1970). Les endomycorhizes sont systématiquement éclaircies et colorées avant toute observation microscopique.

La préparation des échantillons se déroule en plusieurs étapes ; lavage, éclaircissement et coloration des mycorhizes, le montage puis l'observation.

II.2.1.1.1 Lavage

Pour que l'évaluation soit rapide et précise les échantillons doit être propres. Pour cela Les racines fines de chaque plante prélevée sur terrain, débarrassées de toutes particules de

terre, au moyen d'un rinçage abondant à l'eau courante. S'il reste des débris de terre autour des racines, elles sont trompées dans une solution d'alcool 70% qui entrainera la dispersion des particules terreuses. Puis les racines sont ensuite abondamment rincées sous l'eau courante. Seules les petites racines fines seront sélectionnées.

II.2.1.1.2 Eclaircissement et coloration des racines

La colonisation mycorhiziennes du système racinaire est évolué après la coloration des racines selon la méthode de Phillips et Hayman (1970) afin de visualiser les structures mycorhiziennes.

Les racines sont d'abord coupées en morceaux, de 1 à quelques centimètres de long, placées dans un bain de potasse (KOH) à 10% (w/v) (Annexe 1), chauffé au bain marie 90°C durant 30 min (on peut optimiser ce temps, parfois 10-15 min suffisent si l'on est pressé et/ou si les racines sont fragiles). Cette opération détruit le contenu des cellules végétales et décolore les tanins des racines ligneuses. La solution devient alors brun-rouge.

Jeter la potasse et filtrer dans un tamis, rincer avec l'eau de robinet et pour éliminer le reste des pigments, puis transférons les racines dans une solution d'acide chlorhydrique (HCl à 1%) (v/v) pendant 3 min.

Ensuite les racines sont placées dans le bleu de Trypan à 0.5% (Annexe 1) et chauffé au bain marie à 90°C pendant 10 à 15 minutes. Filtrer à nouveau dans un tamis et rincer à l'eau distillée. Pour une observation directe, monter dans l'eau. Si on souhaite observer plus tard ou conserver les lames, monter dans le lactoglycérol.

II.2.2 Montage

Les fragments des racines ont été placées parallèlement entre lames et lamelles, en présence de glycérol, afin de permettre leur observation au microscope optique. Si c'est trop épais, écraser doucement avec le dos d'un crayon papier en bois, qui va donner un coup sec avec une gomme carrée (pour ne pas casser la lamelle). Parmi les fragments racinaires préparés pour chaque échantillon, dix fragments sont choisis pour être déposés sur chaque lame. Pour chaque espèce, 45 fragments sont montés entre lames et lamelles dans du glycérol (Kormanik et McGraw, 1982). Les racines restantes sont conservées dans de l'eau ou du glycérol acide.

II.2.3 Observation

Les lames sont observées au microscope, chaque fragment tant soigneusement vérifié sur toute sa longueur, au grossissement X40.

II.2.4 Estimation de taux de colonisation

L'estimation de la mycorhization est faite selon la méthode décrite par (Trouvelot *et al.*, 1986) en utilisant le programme (MYCOCALC). Le système de notation proposé repose sur l'appréciation globale de chacun des 45 fragments, il permet d'estimer ainsi le degré de la colonisation mycorhizienne de chaque fragment au moyen de six classes notées de 0 à 5 et la présence des arbuscules par quatre classes notées A0, A1, A2 et A3 (figure 5) (Annexe 2).

Cette méthode calcule cinq paramètres de la colonisation :

F % : Fréquence de la colonisation mycorhizienne (% du nombre de fragments racinaires mycorhizés), elle reflète l'importance des points de pénétration de la colonisation du système racinaire.

M % : Intensité de la colonisation du cortex racinaire (proportion du cortex colonisé estimée par rapport au système racinaire entier et exprimée en %), elle reflète l'importance de la colonisation du système racinaire.

m % : Intensité de la colonisation développée dans la partie mycorhizée du système racinaire (proportion du cortex colonisé dans la partie mycorhizée du système racinaire exprimé en %).

A % : Teneur arbusculaire de la colonisation ramenée au système racinaire entier (proportion du système racinaire renfermant des arbuscules, exprimée en %).

a % : Teneur arbusculaire de la colonisation dans la partie mycorhizée du système racinaire (proportion colonisée renfermant des arbuscules, %) (Annexe 3).

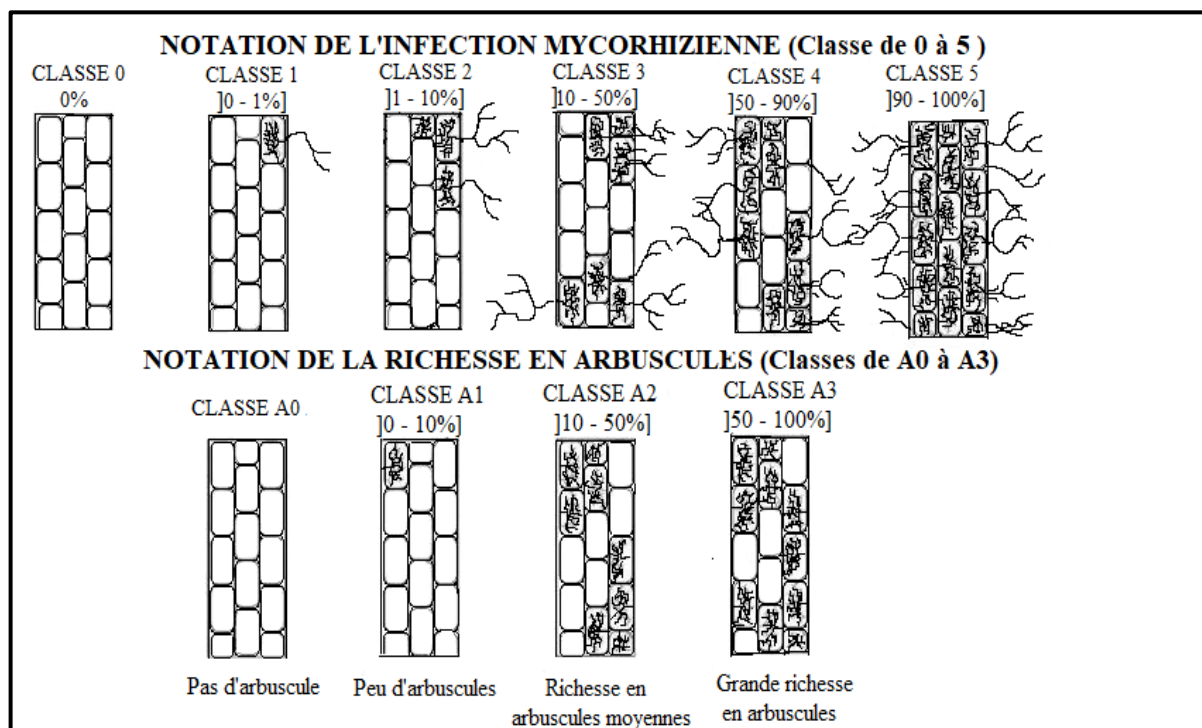


Figure 5: Répartition en classes de la colonisation du cortex racinaire par les CM et la présence d'arbuscules (Trouvelot *et al.*, 1986).

II.3 Extraction des spores à partir de sol

L'extraction des spores de champignons mycorhiziens à partir des sols rhizosphériques s'est effectuée selon la méthode de tamisage humide décrite par Walker (1963) suivie d'une centrifugation sur gradient de saccharose.

A partir de chaque échantillon de sol, 100g sont prélevés et mis dans 1000 ml d'eau. La suspension de terre est ensuite vigoureusement agitée puis filtrée dans une série de tamis à mailles décroissantes (500, 250, 100, 50 μm) sous un jet d'eau. Le sol retenu par les trois derniers tamis (250, 100 et 50 μm) sont récupérés et mélangés pour l'extraction des spores mis en suspension dans d'eau distillée. La suspension sporale est centrifugée une première fois à 2000 rpm (tours par minute) pendant 5 min, le surnageant est éliminé car il contient les débris légers incluant les spores mortes. Le culot est re-suspendu dans d'une solution de saccharose à 65% et centrifugé à 2000 rpm pendant 10 minutes. Le surnageant est filtré sur un tamis de 50 μm et le tamisât est rincées à l'eau distillée pour éliminer l'excès de saccharose, puis filtré à travers une membrane filtrante (papier Wattman n°2) préalablement quadrillé pour récupérer les spores. Les spores ont été ensuite observées par la loupe binoculaire. On peut aussi l'observer au microscope optique, sans coloration.

L'identification des spores, basée sur leur taille, leur pigmentation et les caractéristiques de leur paroi et de leur hyphes suspenseur, a été réalisée à l'aide de comparaison avec les spécimens-types (Janusz Blaszkowski) sur les sites internet de INVAM (site 1), Glomeromycota (site 2) et selon Watanabe (2010). L'identification des différents morphotypes n'a pu être menée au-delà du genre pour toutes les spores.

II.4 Analyse statistique des données

Les essais ont été répétés trois fois au moyen de 15 fragments par essai. Toutes les données collectées pour les différents paramètres ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) en utilisant le logiciel SAS et les différences entre les moyennes sont confirmées par le test de Waller- Duncan au seuil de risque de 5% ($p < 0.05$).

Chapitre III
Résultats et
Discussions

III.1 Résultats

III.1.1 Formes et structures microscopique des mycorhizes

Les examens microscopiques effectués sur les racines de *Ononis natrix* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Lotus corniculatus* L. et *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr. par la technique de (Trouvelot *et al.*, 1986) ont montrés la présence d'une colonisation mycorhizienne qui vive en association avec les racines des espèces étudiées. Ces mycorhizes sont illustrés par la colonisation des racines par des structures fongiques de transport (des hyphes), de transfert (les arbuscules) et de stockage (les vésicules). Ces structures mycorhiziennes ont été observées au microscope optique (figure 6, 7, 8, 9).

La plupart des racines des plantes du site d'étude sont colonisées par des champignons MA

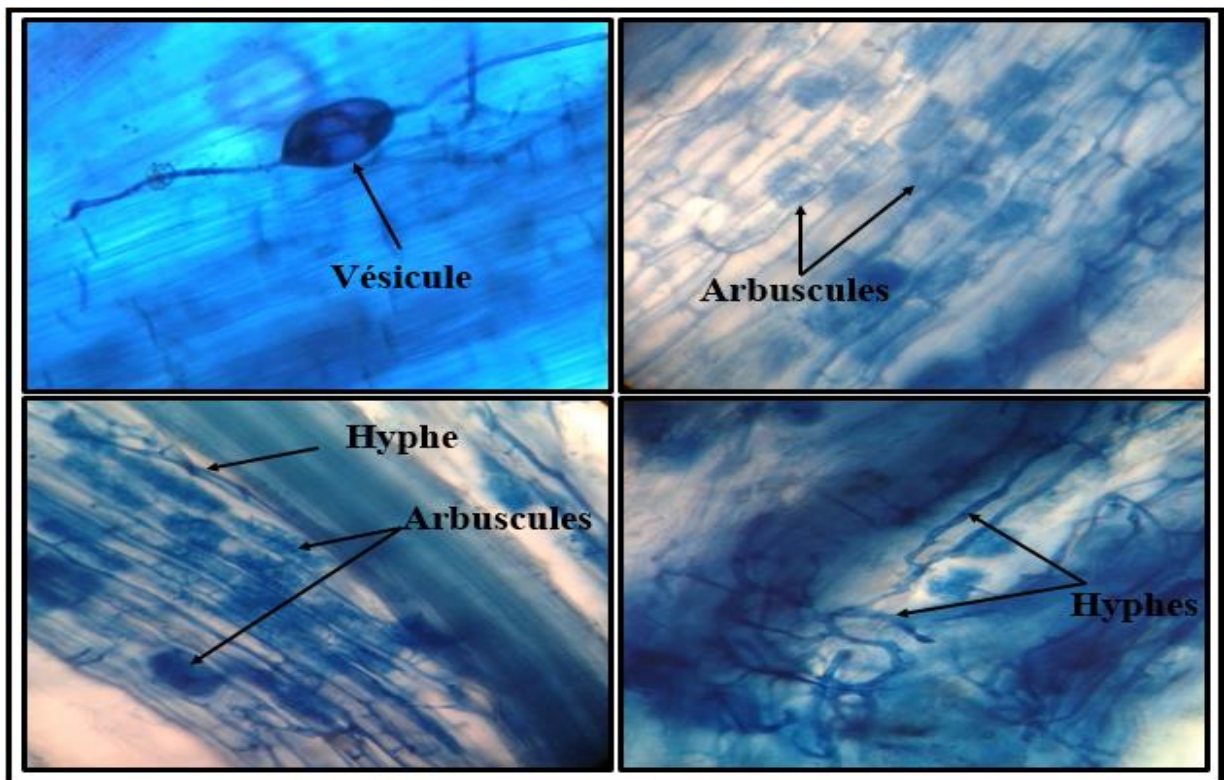


Figure 6. Types de mycorhize chez *Ononis natrix* L.

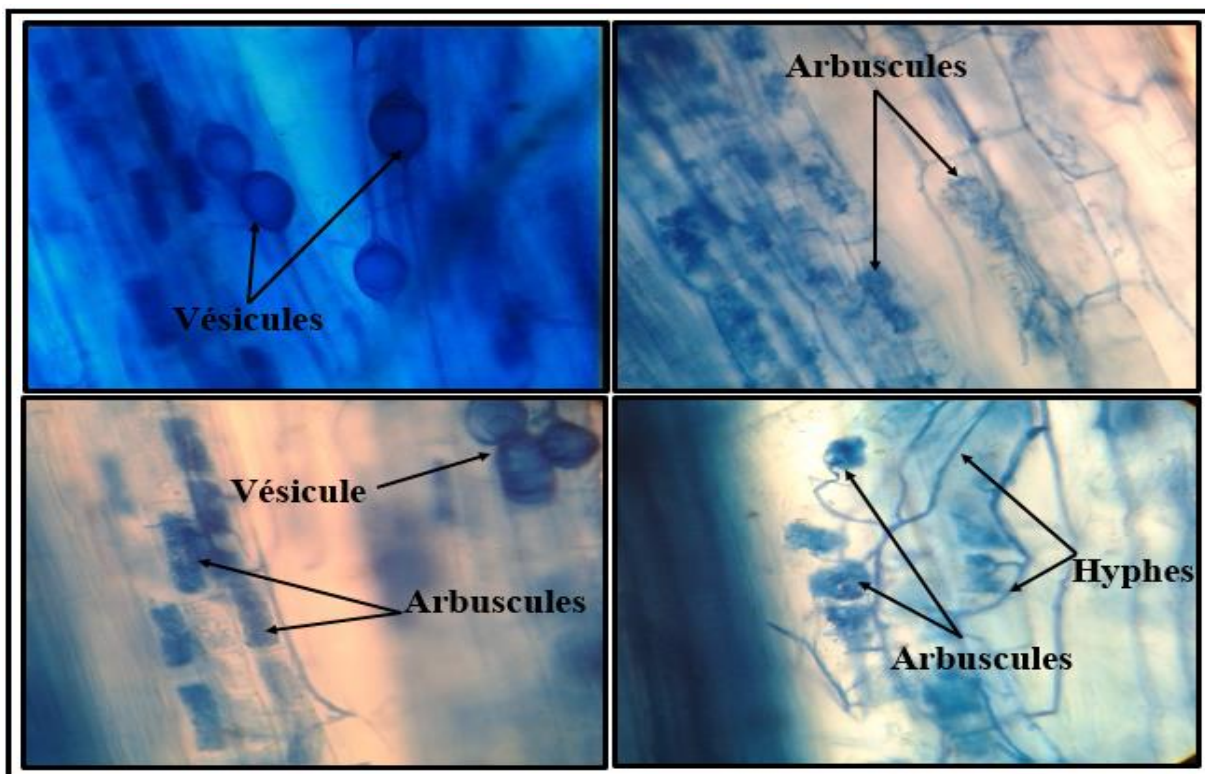


Figure 7. Types de mycorhize chez *Scorpiurus muricatus* L.

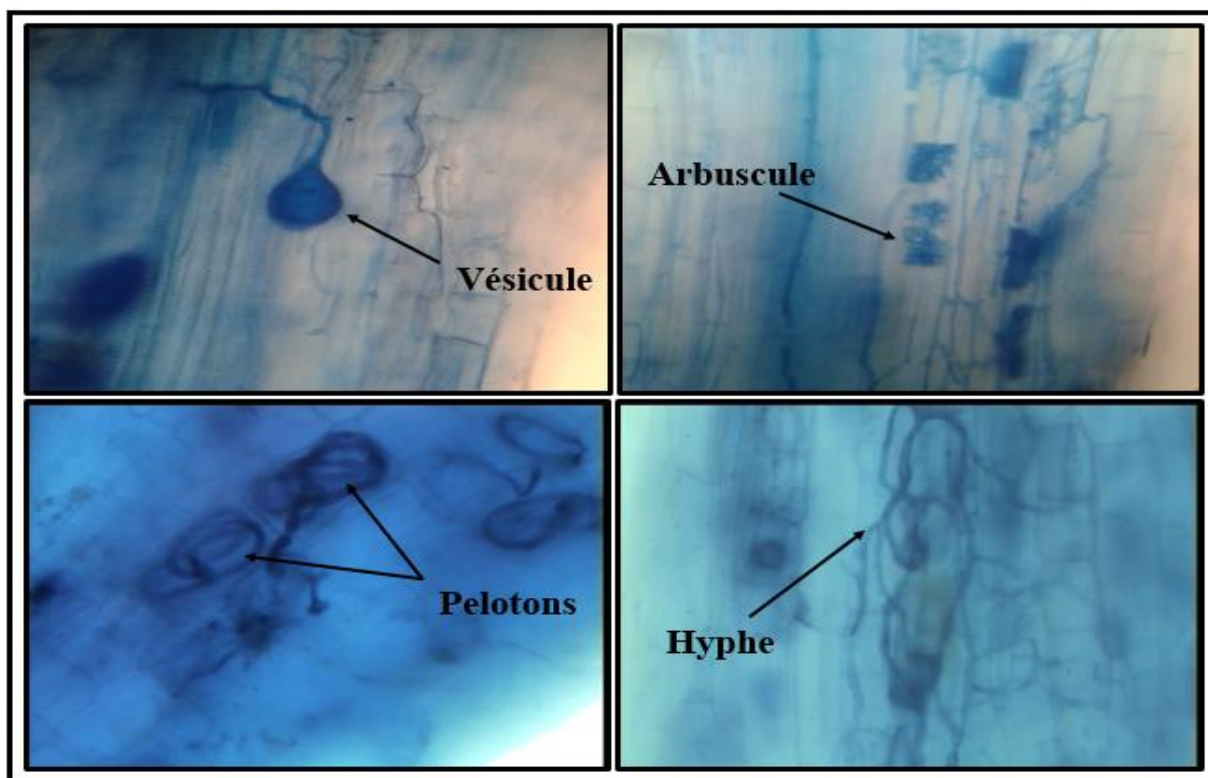


Figure 8. Types de mycorhize chez *Lotus corniculatus* L.

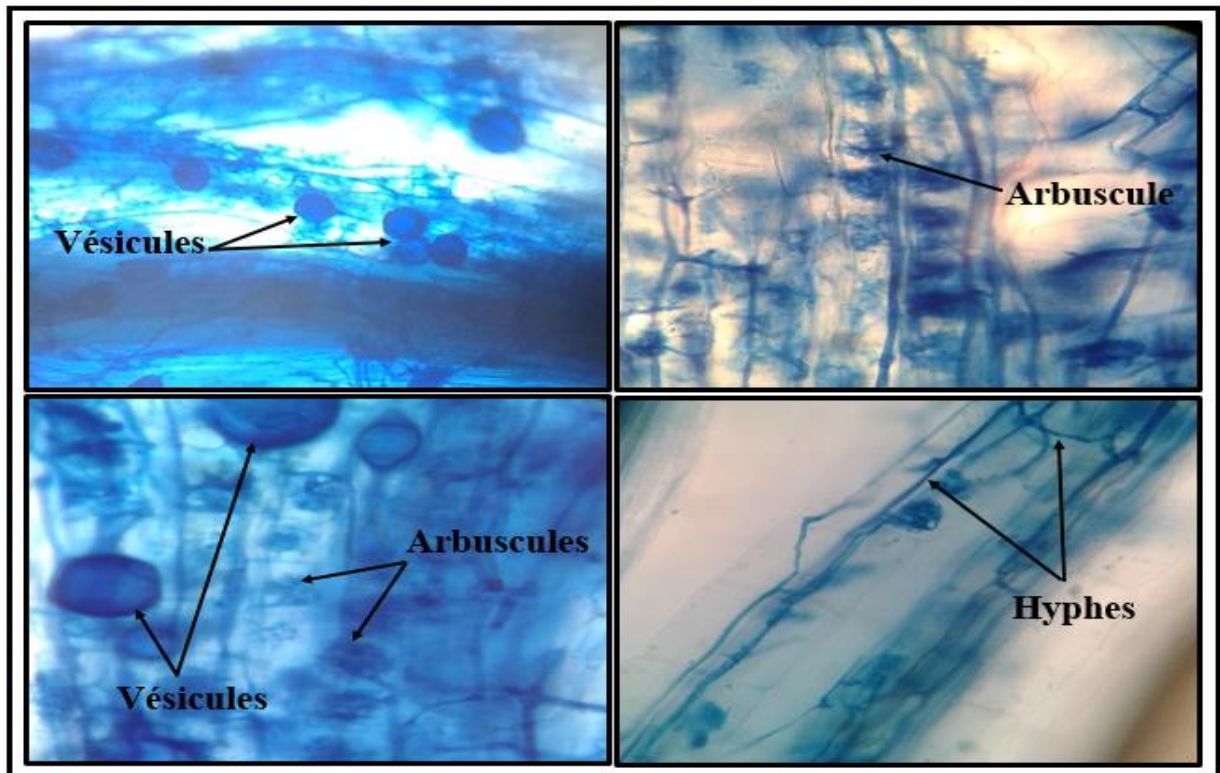


Figure 9. Types de mycorhize chez *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourn.

III.1.2 Observation et caractérisation des spores

L'isolement des spores des champignons endomycorhizienne par la méthode du tamisage humide (Walker, 1963), qui nous a permis d'observer la présence de plusieurs morphotypes (figure 10, 11, 12, 13), ils s'agissent des spores de couleur noire, marron, marron foncé, orange, blanche et jaunâtre, de forme globuleuse, ovale ou irrégulière et de taille variable (Annexe 4).

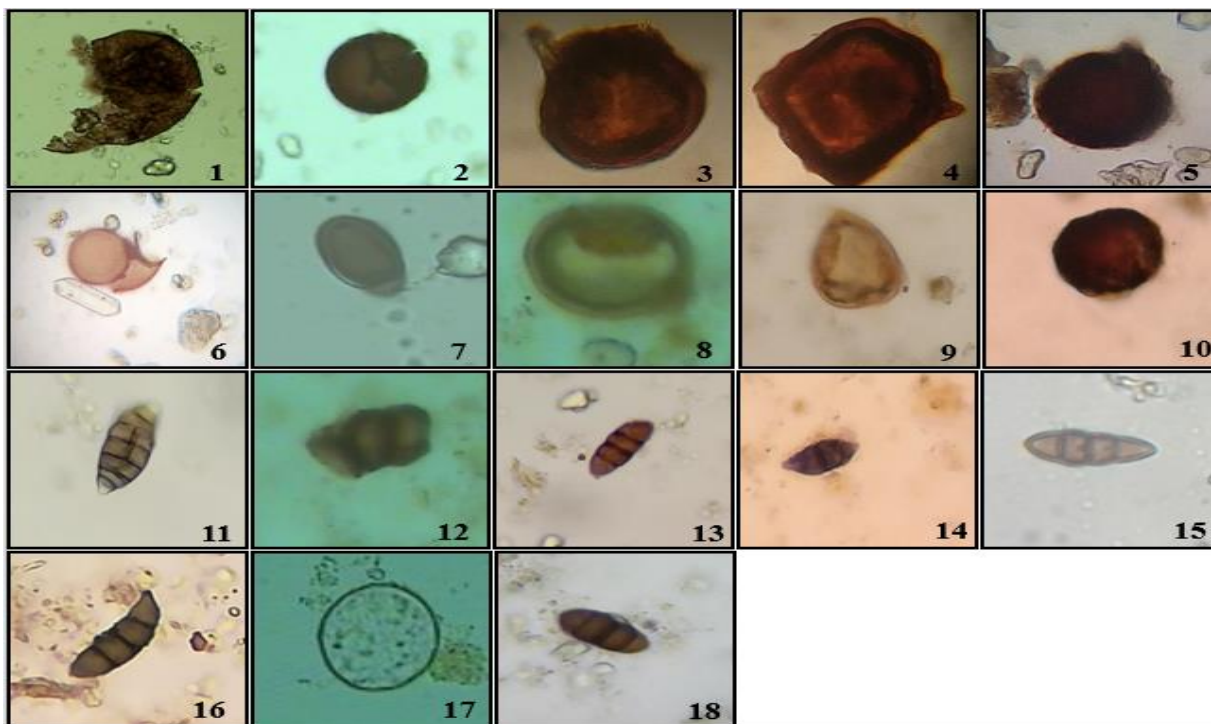


Figure 10. Les spores isolées à partir de sol rhizosphérique de *Ononis natrix* L.: (1, 4, 5, 7) *Glomus* spp, (2) *Septoglomus constrictum*, (3) *Glomus constrictum*, (6) *Glomus geosporum*, (8) *Acaulospora delicata*, (9) *Acaulospora* spp, (10) *Gigaspora* spp, (11,13,18) *Alternaria* spp, (12) *Torula* spp, (14) *Multicellaesporites* sp, (15) *Pleospora* sp, (16) *Massarina* spp, (17) *Diversispora spurca*.

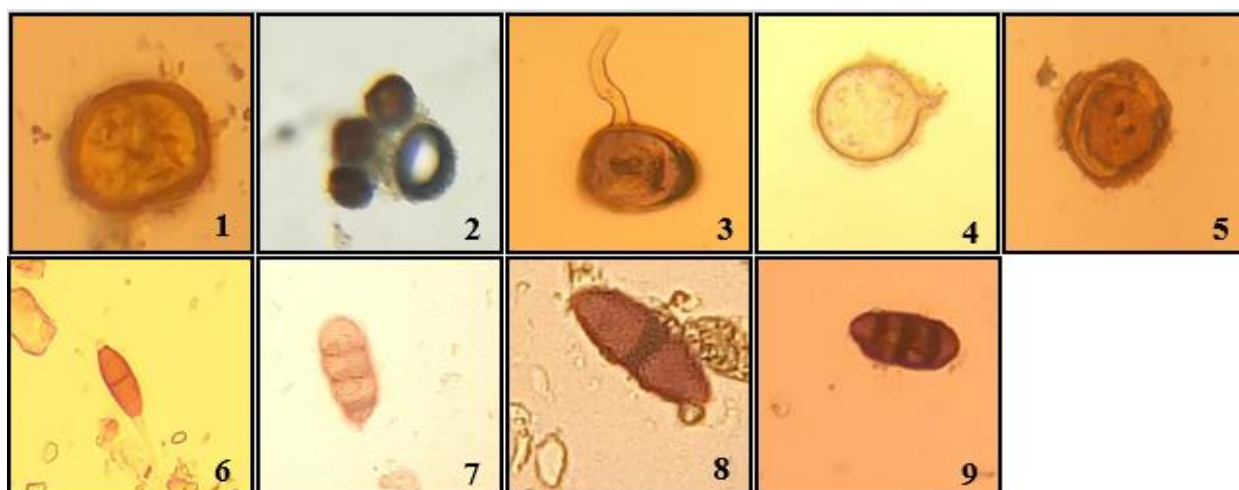


Figure 11. Les spores isolées à partir de sol rhizosphérique de *Scorpiurus muricatus* L.: (1) *Glomus verruculosum*, (2) *Glomus badium*, (3) *Glomus aureum*, (4) *Glomus minutum*, (5) *Acaulospora mellea*, (6) *Didymosphaeria appendiculata*, (7) *Leptosphaeria* sp, (8) *Gibberella fujikuroi*, (9) *Alternaria* spp.

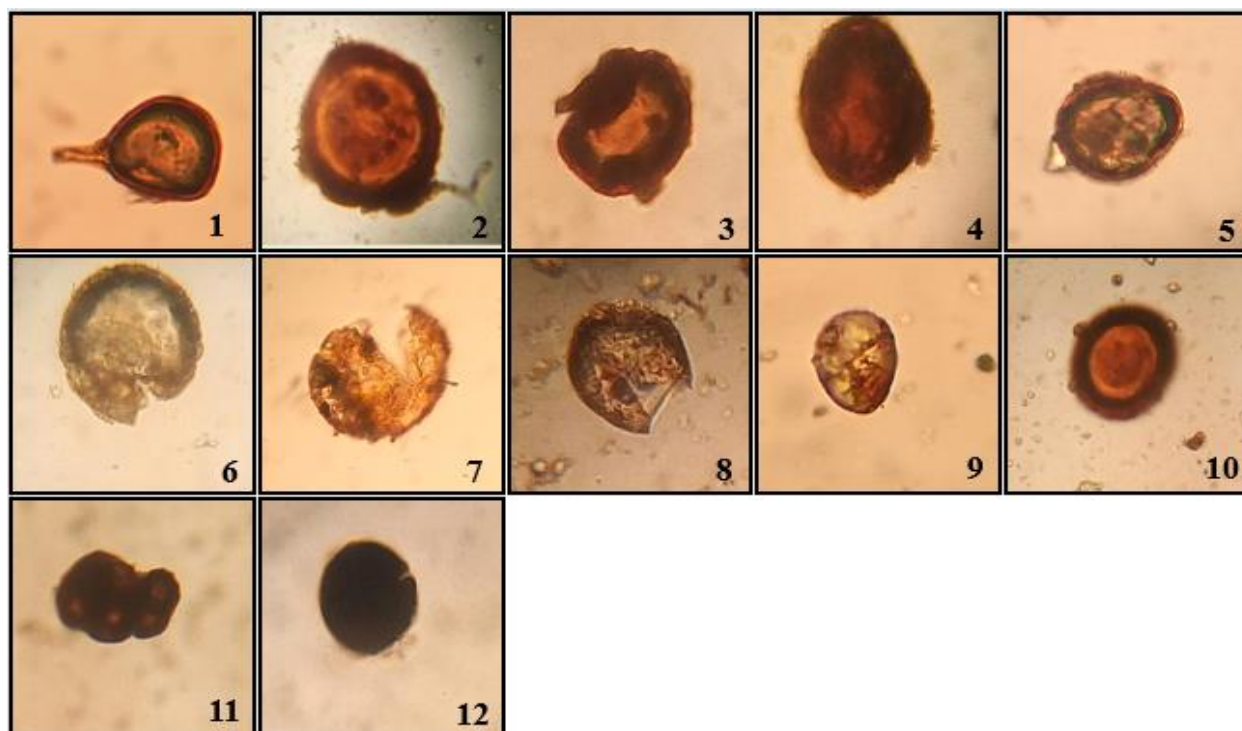


Figure 12. Les spores isolées à partir de sol rhizosphérique de *Lotus corniculatus* L. : (1, 3, 5) *Glomus* spp, (2) *Glomus constrictum*, (4) *Glomus ambisporum*, (6) *Glomus callosum*, (7) *Glomus tortuosum*, (8) *Acaulospora kentinensis*, (9) *Gigaspora margarita*, (10) *Gigaspora* spp, (11) *Colletotrichum truncatum*, (12) *Septoglomus constrictum*.

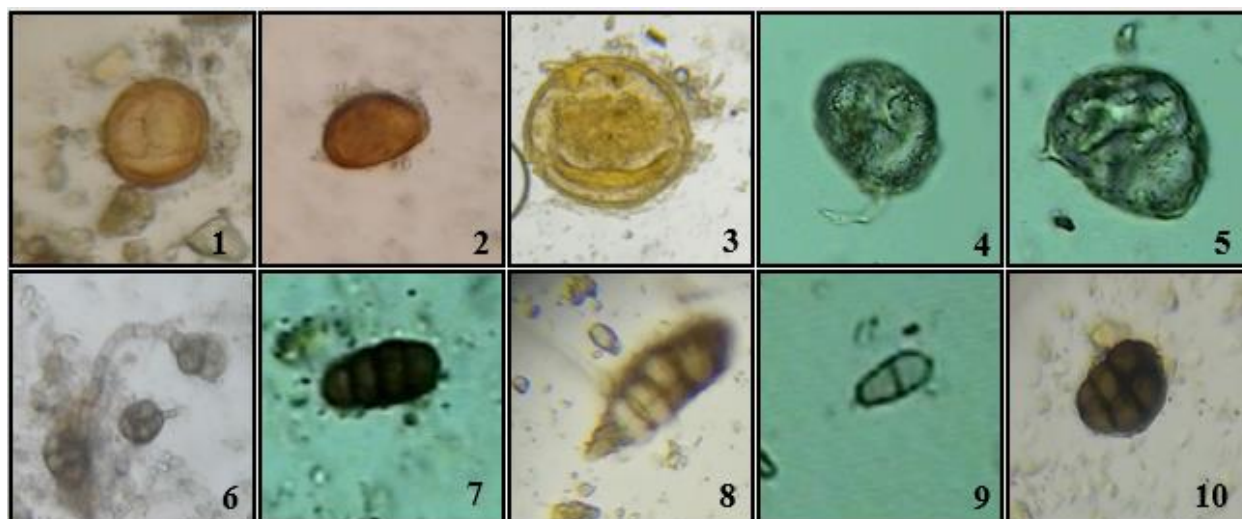


Figure 13. Les spores isolées à partir de sol rhizosphérique de *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr. : (1,2) *Glomus multiforum*, (3) *Acaulospora lacunosa*, (4) *Acaulospora splendida*, (5) *Diversispora ebunea*, (6) *Phoma glomerata*, (7) *Ulocladium botrytis*, (8) *Alternaria* sp, (9) *Diplodia frumenti*, (10) *Pithomyces chartarum*.

III.1.3 Dénombrement des spores

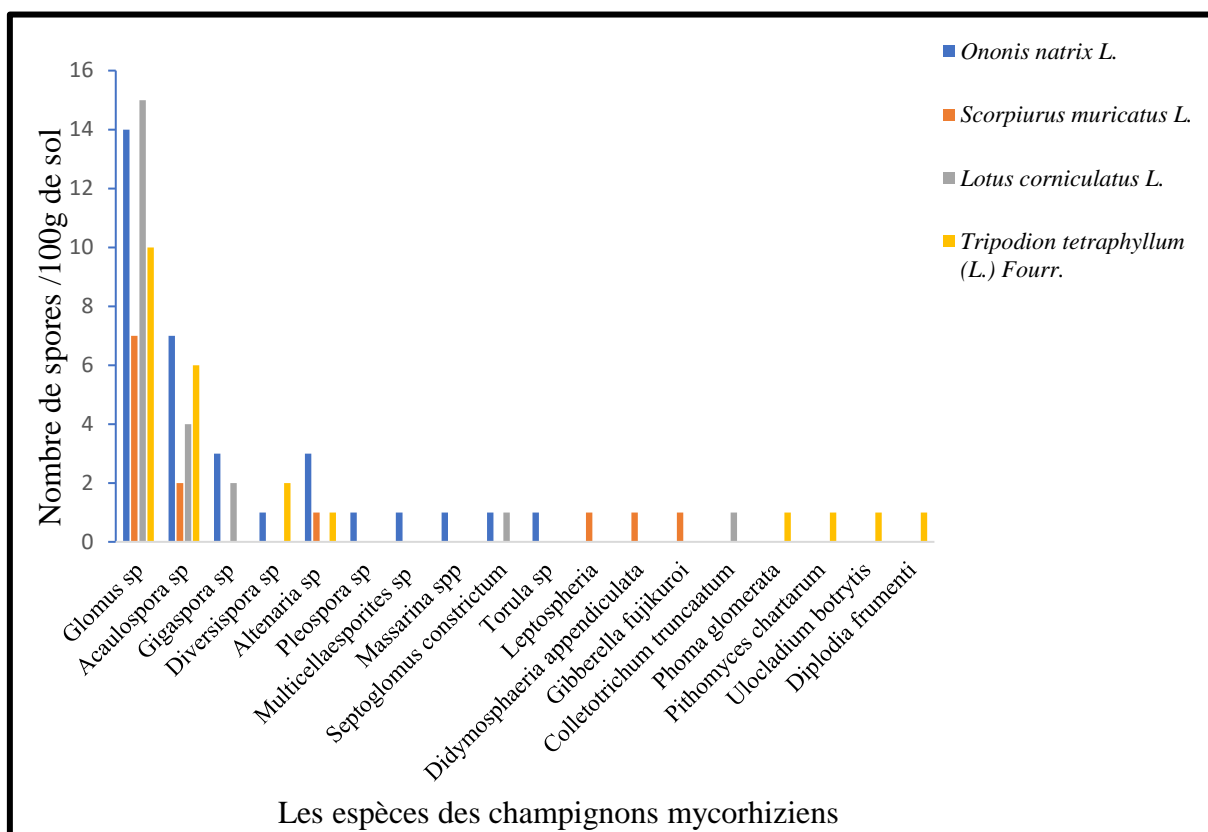


Figure 14. Densité des espèces sporales dans le sol rhizosphérique des *Ononis natrix* L., *lotus corniculatus* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr. (Spores/100g).

Le dénombrement des espèces des spores a été effectué pour chaque 100 g de sol rhizosphérique des Fabaceae (*Ononis natrix* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Lotus corniculatus* L. et *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr.) et les résultats sont présentées dans la figure (14). L'identification du genre des spores a été effectuée en se basant sur les clés proposées par des sites : INVAM (site1), Glomeromycota (site 2) et (Watanabe, 2010). Les résultats montrent que le nombre et le type de spore variée d'une plante à l'autre. Les genres *Glomus* et *Acaulospora* sont présents chez toutes les plantes. Par contre d'autres genres se présentent chez une plante et s'absentent chez d'autre. En effet, le genre *Gigaspora* est présent chez *Ononis natrix* L. et *lotus corniculatus* L. et absent chez les deux autres. Le genre *Diversispora* est trouvé chez *Ononis natrix* L. et *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr. alors qu'il est absent chez les deux autres ; le genre *Alternaria* présent chez toutes les plantes étudiées sauf *lotus corniculatus* L. ; les genres *Torula* , *Multicellaesporites*, *Pleospora*, *Massarina* sont présents seulement chez *Ononis natrix* L. ; *Phoma glomerata*, *Ulocladium botrytis*, *Diplodia frumenti* et *Pithomyces chartarum* sont présents chez *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr. mais ils sont absents chez les

autres ; l'espèce *Colletotrichum truncatum* ne trouve que chez *lotus corniculatus* L ; les genres *Didymosphaeria appendiculata* , *Leptosphaeria sp* , *Gibberella fujikuroi* sont présents uniquement chez *Scorpiurus muricatus* L..

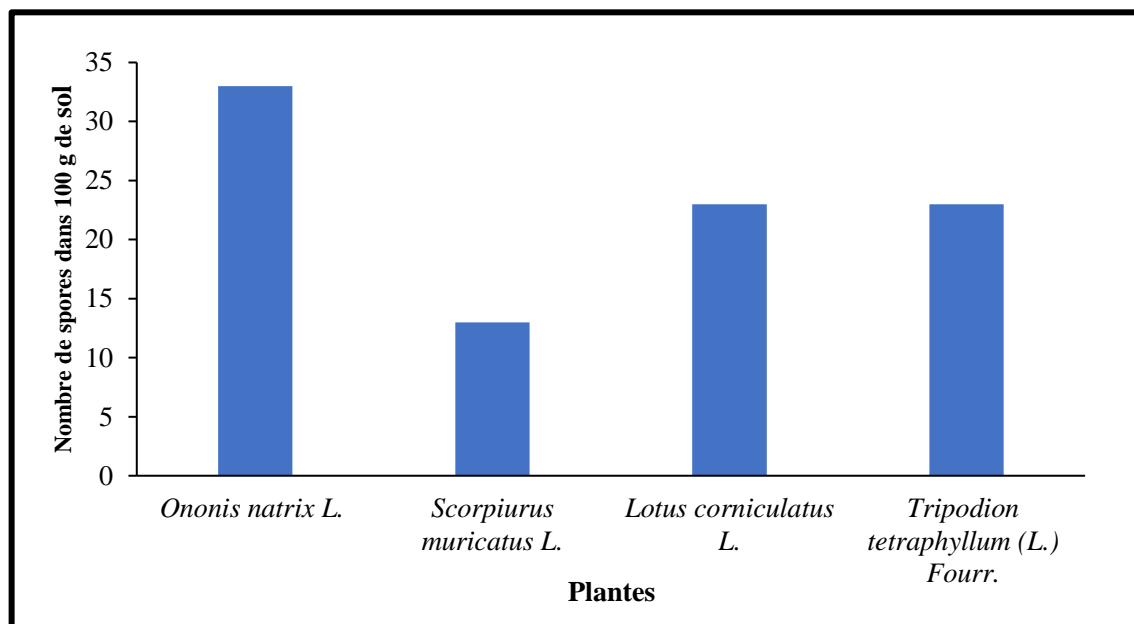


Figure 15. Densité des spores dans le sol de *Ononis natrix* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Lotus corniculatus* L. et *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr..

Le nombre de spores trouvé dans 100g de sol varie d'une plante à l'autre. La valeur la plus élevée a été enregistrée chez *Ononis natrix* L. alors que la valeur la plus faible a été enregistré chez *Scorpiurus muricatus* L. (figure 15).

III.1.4 Paramètres d'estimation de taux de mycorhization

D'après l'observation microscopique des racines des espèces collectées et les résultats des paramètres étudiés : la fréquence de mycorhization, l'intensité globale de la mycorhization, l'intensité de mycorhization des fragments mycorhizés, la richesse arbusculaire du système racinaire et la richesse arbusculaire de la partie mycorhizées, sont rapportées dans la (figure 16) qui indique la présence de mycorhization de type endomycorhizes vésiculo-arbusculaire chez la majorité des espèces étudiées de la région de Maadid de la wilaya de M'sila.

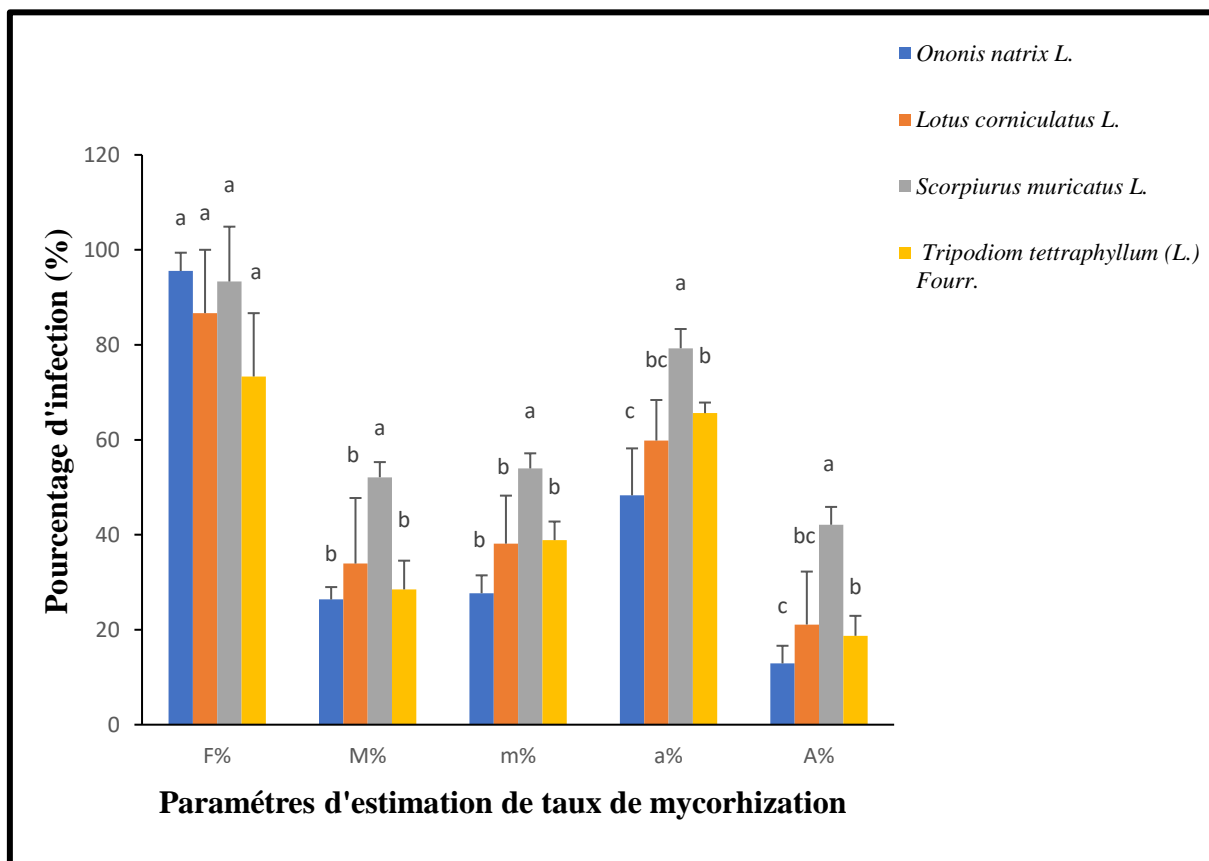


Figure 16: pourcentage d'infection racinaire des espèces des Fabaceae étudiées : Fréquence de mycorhization (F%), Intensité de la colonisation dans le système racinaire (M%), Intensité de la mycorhization des fragments mycorhizés (m%), la richesse arbusculaire de la partie mycorhizée (a%), la richesse arbusculaire du système racinaire (A%). a , b et c :séparation des groupes des population par test de Waller-Duncan ($\alpha < 0,05$), les valeurs de la même lettre ne sont pas significativement différentes.

III.1.4.1 Fréquence de mycorhization (F%)

Les résultats de la fréquence de la mycorhization sont présentés dans la figure (16). L'analyse statistique a montré qu'il n'y a aucune différence significative entre les quatre espèces étudiées : *Ononis natrix* L., *Scorpiurus muricatus* L. et *Lotus corniculatus* L., *Tripodium tetraphyllum* (L.) Fourr. avec 95.55%, 93.33%, 86.73% et 73.33% respectivement.

III.1.4.2 Intensité de la colonisation dans le système racinaire (M%)

L'analyse statistique a montré que l'intensité de la colonisation du système racinaire par les champignons mycorhiziens ne dépasse pas 53% pour tous les espèces étudiées (figure 16). Elle est significativement plus élevée chez *Scorpiurus muricatus* L. (52.11%), par rapport aux

autres plantes étudiées. (*Ononis natrix* L. (26.63%), *Lotus corniculatus* L. (33.93%) et *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr. (28.49%)).

III.1.4.3 Intensité de la mycorhization des fragments mycorhizés (m%)

Les résultats de l'analyse statistique présentés dans la figure (16) montrent que l'intensité de mycorhization ne dépasse pas 60% pour toutes les espèces. Elle est significativement plus élevée chez *Scorpiurus muricatus* L. avec 53.96% par rapport aux autres espèces étudiées. Cependant, aucune différence significative de m% a été enregistrée entre *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr., *Lotus corniculatus* L. et *Ononis natrix* L. respectivement avec un pourcentage de 38.87%, 38.12% et 27.68%.

III.1.4.4 La richesse arbusculaire de la partie mycorhizées (a%)

La richesse arbusculaire de la partie mycorhizée apportée dans la figure (16) varie entre 48 et 80% chez l'ensemble des espèces étudiées. L'analyse statistique montre qu'elle est influencée de manière significative par l'espèce. Les résultats montrent que cette richesse arbusculaire bien marquée chez *Scorpiurus muricatus* L. avec un taux de 79.27% et moyenne pour *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr. et *Lotus corniculatus* L. avec 59.84%, 65.01% respectivement. Par contre elle est plus faible chez *Ononis natrix* L. (48.29%).

III.1.4.5 La richesse arbusculaire du système racinaire (A%)

Des arbuscules ont été notées dans les racines de quatre espèces étudiées, l'analyse statistique pour la teneur arbusculaire apportée dans la figure (16) montre que la richesse arbusculaire est significativement plus élevée chez *Scorpiurus muricatus* L. (41.11%) par rapport aux racines des autres plantes. Par contre, les espèces, *Lotus corniculatus* L., *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr. et *Ononis natrix* L. montrent seulement quelques traces d'arbuscules avec des valeurs significativement faibles : 21.09%, 18.72%, 12.90% respectivement.

III.2 Discussion

III.2.1 Types de mycorhization chez *Ononis natrix* L., *Lotus corniculatus* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr.

Les résultats obtenus après les études réalisées ont montré que les quatre plantes de la région de Maadid (M'sila) (*Ononis natrix* L., *lotus corniculatus* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr.) qui appartiennent à la famille de Fabaceae sont mycorhizées mais en pourcentage d'infection mycorhizienne très élevé. Selon (Zaidi *et al.*, 2003), la plupart des Fabaceae forment des relations symbiotiques avec les champignons mycorhizienne. Cette

colonisation est caractérisée par la présence du type de mycorhize à arbuscule et à vésicule avec différentes structures remarquables au niveau des racines : hyphes, arbuscules et vésicules de forme variable. Ces structures ont été observées aussi dans plusieurs Fabaceae comme chez *Acacia raddiana* (Diagne et Ingleby, 2003).

III.2.2 Caractérisation des spores

L'identification des spores (en fonction de la couleur, de la taille et de la forme) isolées à partir de sol rhizosphérique des Fabacées étudiées indique qu'il pourrait exister une diversité taxonomique. En effet, le nombre et le type de spores observés ne sont pas les mêmes dans les quatre sols rhizosphériques. Cela pourrait s'expliquer par le fait que, les changements dans la composition des hôtes peuvent influencer la composition des champignons associés (Brundett, 1991). D'une autre côté il y a des types de spores communs, chez toutes les plantes étudiées, ce sont les spores qui appartiennent aux genres *Glomus*, *Acaulospora*. En termes de dominance ; *Glomus* représente le genre le plus répandu avec un pourcentage très élevé par rapport aux autres genres chez la majorité des espèces étudiées ce qui a été signalée aussi pour d'autres plantes (*Retama monosperma*, *Ononis natrix* et *Schismus barbatus*) par Hatimi et Tahrouch, (2007). Les espèces du genre *Glomus* sont réparties dans les différentes régions du monde et dominant les communautés des champignons mycorhiziens dans les parties arides et semi-arides, tempérées et à basse température (Li et zhao, 2005 ; Gai *et al.*, 2006 ; Uhlmann *et al.*, 2006).

III.2.3 Taux de mycorhization

Les fréquences de mycorhization obtenus dans ce travail varient d'une espèce à l'autre où la valeur la plus faible est enregistrée chez *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr. 73.33% par contre la valeur la plus élevée a été enregistrée chez *Ononis natrix* L. 95.55 % mais en générale la majorité des espèces ont des fréquences supérieures à 80 % ce qui indique que nos espèces ont un fort taux de mycorhization. Ces résultats sont très proches à celle qui a été trouvé par Bouazza, (2016) chez quelque Fabacées (*Retama monosperma* (80%)), *Lotus certicus* (72%), *Acacia saligna* (82%). Par contre Lakehal et Charik, (2018) ont montré que *Ononis biflora* Desf a une fréquence moyenne de (57%).

L'intensité de mycorhization est moyenne chez les espèces végétales analysées qui ont des pourcentages très variable : de 26.36% à 52.11%. On remarque qu'elle est proche aux résultats obtenus par (Yameogo ,2009) qui a trouvée des valeurs d'intensité varient de 35% à

65% chez le niébé (*vigna unguiculata* (L.) walp.) de différentes zones climatiques du Burkina Faso.

La teneur arbusculaire estimée par les paramètres a% et A% chez les espèces étudiées est très élevée, lorsque on les compare avec les données de (Bouazza, 2016) où elle a été trouvée des valeurs qui ne dépassent pas 9,00% pour le paramètre A% et 24,86% pour le paramètre a% chez l'espèce *Acacia saligna* et nul chez les espèces *Retama monosperma* et *Lotus certicus*. En ce qui concerne la teneur arbusculaire d'*Ononis natrix*, le résultat obtenu (a=48.26%) est plus important par rapport au celle qui a été trouvée par (Hatimi et Tahrouch, 2007) où *Ononis natrix* prend la valeur 17.11% pour le paramètre a%.

Nos résultats révèlent des densités variables qui pourraient être expliquées par les différences de composition et de degrés et de couverture végétale et confirment ainsi les travaux de Benjamin, (1989). Selon Zougari-Elwed *et al.*, (2012), les taux de mycorhization varient en fonction des sites et des saisons et les paramètres environnementaux.

La diversité et la distribution des CMA résultent des processus écologiques temporaires agissant sur les communautés végétales et fongiques, la température, le pH et le niveau de P dans le sol ainsi que le génotype des plantes constituent des facteurs limitant la distribution des espèces de CMA (Johnson *et al.*, 2004).

Conclusion

La présente étude a été consacrée à l'exploration du statut mycorhizien de quatre Fabacées (*Ononis natrix* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Lotus corniculatus* L., *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr.) collectés de la région de Maadid, (M'sila, Algérie), afin d'analyser la diversité des champignons mycorhiziens dans leurs sols rhizosphériques et d'évaluer le potentiel mycorhizogènes de ces symbiotes fongiques. Les résultats montrent que toutes ces espèces sont mycorhizées avec un taux de mycorhization varié d'une espèce à l'autre. Ces champignons forment des structures caractéristiques (des arbuscules, des hyphes, et des vésicules). Ce résultat permet d'identifier le type de mycorhize qui révèle une endomycorhization vésiculo-arbusculaire chez toutes les espèces des Fabacées étudiées. L'intensité de mycorhization MA est importante et varient de 26.36 % à 52.1 % selon les espèces végétales.

Les champignons mycorhiziens jouent un rôle médiateur des interactions entre les plantes et ils leur permettent d'exploiter les ressources du sol et une meilleure tolérance aux stress biotique et abiotique.

La symbiose mycorhizienne, autant que la symbiose rhizobienne, joue un rôle déterminant dans la structuration et la dynamique des écosystèmes végétaux.

L'extraction des spores par la technique de tamisage humide à partir des sols rhizosphériques prélevés sous ces fabacées choisis a permis d'identifier sept genres fongiques endomycorhiziens (*Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Alternaria*, *Multicellaesporites*, *Pleospora*, *Diversispora*) avec une prédominance de *Glomus*, la taille et la couleur des spores variant d'une espèce à l'autre ou l'espèce elle-même.

Ce travail est une contribution à la constitution d'une collection locale de champignons mycorhiziens des Fabacées dans la forêt de Maadid de la région de M'sila. Il doit être poursuivi afin de permettre de caractériser l'ensemble des champignons mycorhiziens inventoriés des sols forestiers de la région de M'sila.

Références bibliographiques

- Abbate, V., Maugeri, G., Cristaudo, A. et Gresta, F. (2010).** *Scorpiurus muricatus* L. subsp. *Subvillosus* (L.) Thell., a potential forage legume species for a Mediterranean environment. *Grass and forage science*, 65(1): 2-10.
- Allen, M. F. (1991).** *The Ecology of Mycorrhizae*. Cambridge University Press: Cambridge. P 9-11.
- Barton, L. E. et Northup, D. E. (2011).** *Microbial Ecology*. Canada: John Wiley & Sons. p189.
- Bellucci, E., Nanni, L., Bitocchi, E., Rossi, M. et Papa, R. (2011).** Genetic diversity and geographic differentiation in the alternative legume *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr. in North African populations. *Plant Biology*, 13(2): 381-390.
- Benjamin, P., Anderson, R.C. et Liberta, A.E. (1989).** Vesicular-arbuscular mycorrhizal ecology of little bluestem across a prairie-forest gradient. *Can. J. Bot*, 67 : 2678-2685.
- Botineau, M. (2010).** *Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs*. Tec & doc. Paris : Lavoisier. P 598-604.
- Bouazza Marouf, K. (2016).** *Les symbioses mycorhiziennes et leur importance dans la réhabilitation des sols dégradés*. Thèse de doctorat, Faculté des sciences de la nature et de la vie. Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella, Oran, Algérie. 193p.
- Bouchet, P.H, Guignard, J. I. et Villard J. (2005).** *Les champignons, Mycologie fondamentale et appliquée*. 2 ème éd. Paris: Masson. P 194.
- Brundett, M. C. (1991).** Mycorrhiza in natural ecosystems. *Adv Ecol Res*, 21: 71 - 313.
- Brundrett, M. C., & Abbott, L. K. (1994).** Mycorrhizal fungus propagules in the jarrah forest. *New Phytologist*, 127(3) : 539-546.
- Dexheimer, J. (1997).** Etude structurale et fonctionnelle des interfaces entre le champignon et la plant-hôte. *Rev. Forest. F*, 49 : 43-56.
- Diagne, O. et Ingleby, K. (2003).** Ecologie des champignons mycorhiziens arbusculaires infectant *Acacia raddiana*. *In un arbre au désert, Acacia raddiana*. IRD édition. P 205-228.
- Duponnois, R., Bâ, A. M., Prin, Y., Baudoin, E., Galiana, A. et Dreyfus, B. (2013).** Les champignons mycorhiziens : une composante majeure dans les processus biologiques régissant la stabilité et la productivité des écosystèmes forestiers tropicaux. Marseille : IRD. P 421-440.

- Fortin, J. A., Plenchette, C. et Piché, Y. (2016).** *Les mycorhizes. L'essor de la nouvelle révolution verte*. 2^{ème} éd. Québec : Quae. P 10.
- Gai, J. P., Christie, P., Feng, G. et Li, X. L. (2006).** Twenty years of research on community composition and species distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in China: A review. *Mycorrhiza*, 16 : 229-239.
- Garbaye, J. (2013).** *La symbiose mycorrhizienne, une association entre les plantes et les champignons*. Paris : Quae. P 280.
- Genet, P. (1999).** *Etude comparée et saisonnière de l'influence de deux champignons mycorrhiziens sur la nutrition minérale du hêtre dans deux sols forestiers naturels*. Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré, Nancy 1. 298p.
- Guissou, T., Moustapha, A., Plenchette, C., Guinko, S. et Duponnois, R. (2001).** Effets des mycorhizes à arbuscules sur la tolérance à un stress hydrique de quatre arbres fruitiers. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 12(2) : 121-7.
- Hatimi, A., et Tahrouch, S. (2007).** Caractérisations chimique, botanique et microbiologique du sol des dunes littorales du Souss-Massa. *Biomatec Echo*, 2(5), 85-97.
- Husnot, M.T. (2014).** Description D'Un Lotus Nouveau (Lotus Medioximus). *Bulletin de la Société Botanique de France*, 48(5) : 419-420.
- Johnson, D., Vandenkoornhuyse, P.J., Leake, J.R., Gilbert, L., Booth, R.E., Grime, J.P., Young, J. P. W. et Read, D. J. (2004).** Plant communities affect arbuscular mycorrhizal fungal diversity and community composition in grassland microcosms. *New Phytol*, 161(2) : 503-515.
- Klein, H. D., Rippstein, G., Huguenin, J., Toutain, B., Guerin, H. et Louppe, D. (2014).** *Les cultures fourragères*. Paris : Quae. P 33-34.
- Kjoller, R., Olsrud, M. et Michelsen, A. (2010).** Co-existing ericaceous plant species in a subarctic mire community share fungal root endophytes. *Fungal Ecology*, 3(3): 205-214.
- Kohout, P. (2017).** Biogeography of Ericoid Mycorrhiza. In: Tedersoo, L. *Biogeography of Mycorrhizal Symbiosis*. Estonia: Springer. P 179-180.
- Kormanik, P. P. et McGraw, A. C. (1982).** Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. In *Methods and principals of mycorrhizal Research*, Schenck, N.C., editor, APS Press, 37. p59.
- Kuszala, C. et Gianinazzi, S. (2010).** Méthode simple pour évaluer le potentiel endomycorhizogène d'un inoculum. *Le Cahier des Techniques. Inra*, 70 : 17-24.
- Lakehal, A et Charik, N. (2018).** *Diversité des rhizobia nodulant (Ononis biflora Desf.) et les champignons mycorrhiziennes de leurs sols rhizosphériques*. Thèse de master académique,

biotechnologie végétale, faculté des sciences. Université Mohamed boudiaf, M'sila, Algérie. 64p.

Lemoine, C. (2005). *Les fleurs méditerranéennes*. Edition Jean-paul Gisserot. P 22.

Le Tacon, F. (1985). La mycorhization contrôlée et ses possibilités d'application. Les progrès réalisés aux Etats-Unis. *Revue Forestière Française* XXX, 5 :353-362.

Li, T. et Zhao, Z. (2005). Arbuscular mycorrhizas in a hot and arid ecosystem in South-West China. *Applied Soil Ecology*, 29 : 135-141.

Limam, M. A. F. (2015). *Isolement et pré-identification des mycorhizes à arbuscules provenant de quelques palmeraies de Ouargla*. Mémoire de master, Microbiologie Appliquée. Université Kasdi Marbah, Ouargla. Algérie. 73P.

Meddich, A., Hafidi, M., Ait El mukhtar, M. et Boumezzough, A. (2015). Caractérisation des paramètres physicochimiques et des potentialités mycorhizogènes des sols salés de la palmeraie Nord-est de Marrakech. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6 (9) : 2469-2475.

Morel, S. (2011). *Etude phytochimique et évaluation biologique de Derris ferruginea Benth (Fabaceae)*. Mémoire de doctorat, Chimie des Biomolécules : Synthèse, Structure et Réactivité, Doctoral dissertation, Université d'Angers, France. 266P.

Navazio, J. (2012). *The Organic Seed Grower: A farmer's guide to vegetable seed production*. United Stat of America: Chelsea Green Publishing. P 253.

Oehl, F., Oberholzer, H. R., van der Heijden, M. G., Laczko, E., Jansa, J. et Egli, S. (2016). Champignons mycorhiziens arbusculaires : bio-indicateurs dans les sols agricoles. *Recherche agronomique suisse*, 7(1) : 48-55.

Onguene, N. A. (2000). *Diversity and dynamics of micorhizal associations in tropical rain forest with different disturbance regime in south Cameroon*. Tropenbos-Cameroon series 3, p167.

Peterson, R. L., Massicotte, H. B. et Melville, L. H. (2004). *Mycorrhizas: anatomy and cell biology*. 1ère éd Canada: NRC Research Press. P 450.

Philips, J. et Hayman, D. S. (1970). Improved procedure for declaring and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions British Mycol. Society*, 55 (I): 158-161.

Pierre, J. P. (2012). Les glomeromycota: Mycorhize VAM et *Geosiphon pyriformis* (Kutzing) Wettstein, *mycological research*, 92: 01-17.

Redecker, D., Kodner, R. et Graham, L. E. (2000). Glomalean fungi from the Ordovician. *Science*, 289(5486) : 1920-1921.

- Sebihi, F. Z. (2008).** *Les Bactéries Nodulantes des Légumineuses (B.N.L) : caractérisation des bactéries associées aux nodules de la Légumineuse Fourragère, Hedysarum perrauderianum.* Mémoire de magister, en Génétique et Amélioration des plantes, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mentouri, Constantine, Algérie. 121P.
- Smith S. E. et Read D. J. (2008).** *Mycorrhizal Symbiosis.* third edition. New York: Elsevier. Academic Press. P 387-420.
- Soualmia, A. (2010).** *Biodiversité et isolement des symbiotes mycorrhiziens et symbiotes fixateurs d'azote d'Alnus glutinosa (L. Gaertn) et d'Acacia melanoxylon (R.) de la station du lac Tonga (Nord-Est Algérien).* Thèse de magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. Algérie. P125.
- Souza, F. A. D. (2005).** *Biology, ecology and evolution of the family Gigasporaceae, arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota).* Thèse de doctorat, Institute of Biology, Faculty of Mathematics & Natural Sciences, Leiden University, The Netherlands. 55P.
- Strullu-Derrien, C. et Strullu, D. G. (2007).** Mycorrhization of fossil and living plants. *Comptes Rendus Palevol*, 6(6-7) : 483-494.
- Suty, L. (2015).** *Les végétaux : des symbioses pour mieux vivre.* Quae. p26.
- Tedersoo, L.(ed). (2017).** *Biogeography of mycorrhizal symbiosis* (Vol. 230). Springer. P 178.
- Tedersoo, L., May, T. W. et Smith, M. E. (2010).** Ectomycorrhizal lifestyle in fungi: global diversity, distribution, and evolution of phylogenetic lineages. *Mycorrhiza*, 20(4) : 217-263.
- Trouvelot, A., Kough, J. L. et Gianinazzi-Pearson, V. (1986).** Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In : Gianinazzi-Pearson, V. et Gianinazzi, S., (eds.). *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae*, INRA Press, Paris. P 217-221.
- Uhlmann, E., Gorke, C., Peter sen, A. et Oberwinkler, F. (2006).** Arbuscular mycorrhizae from arid parts of Namibia. *Journal of Arid Environments*, 6: 221-237.
- Walker, P. H. (1963).** Soil history and debris avalanche deposits along the Illawarra scarpland. *Soil Research*, 1(2): 223-230.
- Wang, B. et Qiu, Y. L. (2006).** Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, 16(5): 299-363.
- Watanabe, T. (2010).** *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*, Third Edition. CRC Press. 426 P.
- Welbaum, G. E. (2015).** *Vegetable production and practices.* USA: CABI. P 390.

Yameogo, W. (2009). *Diversité des champignons endomycorhiziens et des bactéries fixatrices d'azotes associées au niébé (vigna unguiculata (l.) walp.) dans différentes zones climatiques du Burkina faso.* Diplôme d'ingénieur du développement rural. Institut du développement rural. Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.73P.

Zaidi, A., Saghir Khan, MD. et Amil, MD. (2003). Interactive effect of rhizotrophic microorganism on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy*, 19 (1) : 15-21.

Zougari-Elwed, B., Sanaa, M., Labibdi, S. et Sahraoui, A. L. H. (2012). Evaluation de la mycorhization du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région du Djérid. *Revue de l'I.N.A.T.* 28 (1) : 1-13.

Sites web

Site 1 :

<http://www.Invam.caf.wvu.edu> (The International Culture Collection of Arbuscular and Vésiculo-Arbuscular Endomycorrhizal Fungi).

Site 2 :

<http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/Species%20description%20of%20AMF.html>.

Annexe 1

Réactifs pour la coloration des racines

Bleu de Trypan

Acide lactique.....	333ml
Glycérol.....	333ml
Bleu Trypan.....	0.05g
Eau distillée.....	333ml

Potasse hydroxyde

KOH.....	100g
Eau distillée.....	1000ml

Solution de conservation

Glycérol.....	.500ml
H ₂ O.....	450ml
HCl (1%)	50ml

Annexe 3

Formules de calculs des paramètres de la colonisation endomycorhizienne définies par Trouvelot *et al.*, 1986.

Les paramètres d'estimation de taux de mycorhization F%, M%, m%, a%, A% sont ensuite calculés d'après les formules suivantes :

Fréquence des mycorhizes dans le système racinaire

$$F\% = (\text{nb de fragments myco} / \text{total nb}) * 100$$

Intensité de la colonisation mycorhizienne dans le système racinaire

$$M\% = (95n_5 + 70n_4 + 30n_3 + 5n_2 + n_1) / (\text{nb total})$$

Où n_5 = nombre de fragments classés 5 ; n_4 = nombre de fragments 4, etc.

Intensité de la colonisation mycorhizienne dans les fragments de racines

$$m\% = M * (\text{nb total}) / (\text{nb myco})$$

Abondance des arbuscules dans les parties mycorhiziennes des fragments de racines

$$a\% = (100mA_3 + 50mA_2 + 10mA_1) / 100$$

Où mA_3 , mA_2 , mA_1 sont les % de m, classés A3, A2, A1, respectivement, avec $mA_3 = ((95n_5A_3 + 70n_4A_3 + 30n_3A_3 + 5n_2A_3 + n_1A_3) / \text{nb myco}) * 100 / m$ et identiques pour A2 et A1.

Abondance d'arbuscules dans le système racinaire

$$A\% = a * (M / 100)$$

Annexe 4

Les caractéristiques de quelques spores isolées de sol rhizosphérique des 4 espèces

Les spores	La forme	La couleur	Le diamètre
<i>Septoglomus constrictum</i>	Globuleuse à sous-globuleuse	Brun -rouge au presque noir	
<i>Glomus geosporum</i>	Globuleuse ou sous-globuleuse parfois ovoïde	Jaune à orange	130-260µm
<i>Glomus ambisporum</i>	Globuleuse à sous-globuleuse	Brun foncé à noir	
<i>Glomus verruculosum</i>	Globuleuse à sous-globuleuse Parfois ovoïde	Jaune à orange	150-265 µm
<i>Glomus aureum</i>	Irrégulier	Orange claire à orange	450-1200x510-1600 µm
<i>Glomus tortuosum</i>	Globuleuse à sous-globuleuse	Jaune	140-240 µm
<i>Glomus badium</i>	Ovoïde à irrégulier	Orange brunâtre à brun rougeâtre	200-500x290-680 µm
<i>Glomus constrictum</i>	Globuleuse ou sous-globuleuse parfois ovoïde	Orange brunâtre à brun foncé	100-220 µm
<i>Glomus multiformum</i>	Globuleuse ou sous-globuleuse	Jaune à brun	170-230 µm
<i>Glomus callosum</i>	Globuleuse	Hyalin à blanc	180-300 µm
<i>Glomus minutum</i>	Globuleuse ou sous-globuleuse	Hyalin	18-65 µm
<i>Acaulospora kentinensis</i>	Globuleuse ou sous-globuleuse	Orange -brun	80-160 µm

<i>Acaulospora delicata</i>	Globuleuse ou sous-globuleuse	Jaune à reflet vert	80-120 µm
<i>Acaulospora lacunosa</i>	Globuleuse ou sous-globuleuse	Jaune	85-140 µm
<i>Acaulospora mellea</i>	Globuleuse ou sous-globuleuse parfois irrégulier	Orange -brun	90-140 µm
<i>Acaulospora splendida</i>	Globuleuse ou sous-globuleuse	Hyalin, lisse, brillant	190-250 µm
<i>Diversispora ebunea</i>	Forme de goutte, irrégulière	Blanc brillant à	40-60x140-160 µm
<i>Diversispora spurca</i>	Globuleuse ou sous-globuleuse	Hyalin à jaune	75-110 µm
<i>Gigaspora margarita</i>	Globuleuse ou sous-globuleuse parfois ovoïde	Blanc crème - jaune foncé	260-405 µm
<i>Racocetra coralloidea</i>	Globuleuse subglobuleuse	Rouge orange à brun rouge foncé	260-480 µm

Résumé

Notre travail vise à étudier la relation mycorrhizienne avec les quatre plantes de la famille des fabacées de la région de Maadid (M'sila). Pour illustrer cette relation on a évalué le statut de mycorrhization de (*Ononis natrix* L., *lotus corniculatus* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr.), en suit, en a isolé et identifié les spores du sol rhizosphérique. Les résultats obtenus montrent que toutes les plantes étudiées sont mycorrhizées avec des valeurs de fréquence supérieure à 80 % et avec de déférentes structures endomycorrhiziennes : hyphes, arbuscules et vésicules. Les résultats ont montré une grande diversité des spores fongiques chez les quatre Fabacées. Un total de 92 espèces appartenant principalement à 7 genres (*Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Alternaria*, *Multicellaesporites*, *Pleospora*, *Diversispora*) a été identifié. Le genre *Glomus* est le plus répondu au niveau du sol rhizosphérique des quatre *Fabaceae* étudiées que les autres genres.

Mots clé : Mycorhize, Fabaceae, Endomycorhize à Arbuscules et à Vésicules, Symbiose, Spore.

Abstract

Our work is to study the mycorrhizal relationship with the four plants of the *Fabaceae* family from Maadid region (M'sila). To illustrate this relationship, the mycorrhizal status of (*Ononis natrix* L., *lotus corniculatus* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr.) was evaluated, followed by isolation and identification the spores from rhizosphere soil. The results obtained show that all the plants studied are mycorrhizal with a frequency value greater than 80% and with different endomycorrhizal structures: hyphae, arbuscules and vesicles. The results showed a high diversity of fungal spores in the four Fabaceous plants. A total of 92 Species belonging mainly to 7 genera (*Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Alternaria*, *Multicellaesporites*, *Pleospora*, *Diversispora*) have been identified. The genus *Glomus* is more responsive to the rhizospheric soil level of four *Fabaceae* studies than the other genera.

Key words: Mycorrhiza, Fabaceae, Arbuscular and vesicular mycorrhiza, Symbiosis, Spore.

ملخص

يهدف عملنا الى دراسة علاقة المكوريزيا بالنباتات الأربعة لعائلة البقوليات في منطقة المعاصيد (المسيلة). من اجل تحقيق هذا العمل قمنا بحساب وتقدير الكثافة الفطرية المتواجدة على مستوى جذور النباتات *Ononis natrix* L., *lotus corniculatus* L., *Scorpiurus muricatus* L., *Tripodion tetraphyllum* (L.) Fourr. بالإضافة الى استخراج الابواع من التربة. اظهرت النتائج التي تم الحصول عليها ان جميع النباتات المدروسة لها علاقة بالفطريات بتردد أكبر من 80 ٪. وتوفر اشكال متعددة مثل خيوط، شجيرات وحويصلات. أظهرت النتائج تنوعا كبيرا في الابواع الفطرية عند البقوليات الأربعة. تم تحديد العدد الإجمالي ب 92 نوعًا ينتمون أساسًا إلى 7 أجناس (*Acaulospora*, *Glomus*، *Gigaspora*، *Alternaria*، *Multicellaesporites*، *Pleospora*، *Diversispora*). الجنس *Glomus* أكثر انتشارًا في مستوى تربة الجذور عند البقوليات الأربعة المدروسة من الأنواع الأخرى.

الكلمات المفتاحية: الفطريات الجذرية، البقوليات، المكوريزيا الداخلية الشجيرية والحويصلية، التعايش، الابواع.