

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي جامعة

الشاذلي بن جديد

الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

كلية علوم الطبيعة و الحياة

قسم البيولوجيا



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2
Recherche

« Biotechnologie et valorisation des plantes »

THÈME

**Essai d'inoculation des champignons mycorhiziens
arbusculaireschez la fève dans la station d'EL KALA au niveau
de la Wilaya d'El Tarf (Nord-Est Algérien)**

Présenté Par : Boussaha Monder

Oubetroune Marwa

Devant le jury composé de :

Dr. Fellah Imene	MCB	Présidente	UCBET
Dr. Bouzata Chouhaira	MCA	Examinatrice	UCBET
Dr. Touil Wided	MCA	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2022 - 2023

Remerciement

*Nous remercions avant tout dieu le tous puissant de nous avoir donné
la force de bien mener ce modeste travail*

*Au seuil de ce travail, qu'il nous soit permis de témoigner de notre
profonde et sincère gratitude envers tous ceux qui ont contribué de
loin ou de près à notre formation.*

*Nous tenons à remercier en premier lieu le **Dr Touil Wided** pour
l'orientation, la confiance, la patience qui a constitué un apport
considérable sans le quel ce travail n'aurait pas pu être menée au bon
port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute
personnalité.*

*Mes vifs remerciements vont également aux membres de jury : **Mme
Fellah Imene** et*

***Mme Bouzata chouhaira** pour l'intérêt qu'elles ont porté à cette
recherche.*

*Nous présentons également notre gratitude à tous les professeurs,
chefs de travaux et assistants de l'université d'El Taref en général, et
singulièrement ceux de la Faculté de Science*

De la Nature et de la Vie pour leur dévouement.

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

*Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont
contribué à la réalisation de ce travail*

Dédicace

*J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail mes
chers parents que dieu leur accorde une longue vie.*

A mes frères et ma sœur.

A tous les membres des familles Oubetroune et

Hedna que j'aime

A mes chers grands mère et père décidés

Marwa

Dédicace

Je dédie ce modeste travail du profond de mon cœur à tous ceux

Qui me sont chers

A celle qui m'a arrosé de tendresse d'espoir

A la source d'affection et d'amour incessible

A ma chère mère que ce travail soit l'exhaussement de vos vœux

Le fruit de vos innombrables sacrifices.

Puisse dieu vous accorder santé et longue vie.

A mon support dans la vie qui m'appris, ma diriger vers la gloire

Qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études.

A mon père que dieu le protège pour nous tous.

A mes chers frères et sœurs et mes meilleurs amis

A tous ceux qui m'ont aidé de près et de loin

Afin d'accomplir ce mémoire

Monder

Résumé

Dans le cadre de notre étude, nous sommes proposés d'étudier la relation entre la fève *Vicia faba* (L) et la symbiose mycorhizienne dans la station d'el kala (wilaya d'el-taref Nord-est algérien) en estimant l'infection racinaire et évaluant la diversité des champignons mycorhiziens .

Les résultats obtenus ont été les suivantes :

Les racines sont colonisées par les endomycorhizes à arbuscules et vésicules .

La fève est mycorhize dans le sol de notre station qui renferme une diversité fongique caractérisée notamment par le genre *Glomus* .

Mots Clés

Champignon - mycorhizes – fève *Vicia faba* (L) –Symbiose – El Kala .

Summary

As part of our study, we are proposed to study the relationship between the bean *Vicia faba* (L) and mycorrhizal symbiosis in the station of el kala (wilaya of el-taref northeastern Algeria) by estimating the root infection and assessing the diversity of mycorrhizal fungi.

The results obtained were as follows :

The roots are colonized by arbuscular and vesicular endomycorrhizae.

The bean is mycorrhizal in the soil of our station which contains a fungal diversity characterized in particular by the genus *Glomus*.

Key Word

Mycorrhizae – Fungus – Symbiosis – Féve *Vicia faba* (L) - El kala .

ملخص

في إطار دراستنا تم اختيارنا لدراسة العلاقة الموجودة بين الفول و التعايش الفطري على مستوى محطة القالة في شمال الشرق الجزائري قمنا بتقدير العدوى الجذرية و تقييم تنوع الفطريات mycorhiziennes وكانت النتائج المتحصل عليها كالآتي

الفول شكل تعايش في التربة لهذه المحطة التي تحتوي على الصنف السائد بالنسبة للفطريات المجهرية و هو صنف Glomus

شجيرية و حويصلية endomycorrhizes الجذور مستعمرة بواسطة

الكلمات المفتاحية

نبات الفول – القالة – فطر – تعايش – عدوى جذرية

Liste d'abréviations

CMA : champignon Mycorhizien à Arbuscule

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène

KOH : Hydroxyde de potassium

MA : Mycorhize à Arbuscule

Min : Minut

C° : Degré celsius

G : Gramme

T° : Température

Min : Minute

Ph : acidité

DLS : dynamic light stallerity

P : Phosphore

Um : micro millilitre

Hcl : acide chlore

Liste des figures

Figure 01	: Représentation de la fève
Figure 02	plante de fève
Figure 03	Principaux types de mycorhize représentés sur une coupe transversale de racine leur de fève
Figure 04	Endomycorhize avec pénétration du champignon dans les cellules
Figure 05	: Réseau de Hartig entre les cellules et manchon mycélien sur la racine
Figure 06	: Endomycorhize avec pénétration du champignon dans les cellules
Figure 07	: Classification des champignons mycorhiziens à arbuscule
Figure 08	: carte géographique de la région d'el kala
Figure 09	: Localisation de la station de la zone d'étude
Figure 10	vue de la station d'etude
Figure 11	Piégeage des microsymbiotes de la fève
Figure 12	Les différentes étapes de prélèvement et de préparation des échantillons racinaires.
Figure 13	Mise en évidence de la colonisation des racines de la fève par les CMA
Figure 14	Extraction des spores par la méthode du tamisage humide
Figure 15	: le recueil des tamisats de chaque tamis dans des flacons (33cl) étiquetés
Figure 16	Observation à la loupe binoculaire d'une fraction de chaque flacon
Figure 17	Différentes formes de colonisation MA chez la fève
Figure 18	Présentation du morphotype le plus abondant (<i>Glomus mosseae</i>)
Figure 19	Présentation du morphotype 2
Figure 20	Présentation du morphotype 3

Liste des Tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau n°01	la production mondiale de fève, campagne 2009/2010.	11
Tableau n°02	Production de la fève dans la région d'el Tarf	12
Tableau n°03	Correspondance entre la lecture à l'objectif (nombre de graduations) et la dimension réelle de l'objet mesuré.	35

Table de matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Abstract	
الملخص	
Liste des Abréviation	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	02
Chapitre 01 : Revue Bibliographique.....	04
1. La Fève	05
1.1. Identification de l'espèce	05
1.2 Description de la plante.....	05
1.3 Position Systématique de la fève.....	07
1.4 Culture de la fève.....	07
1.4.1 Sol de culture.....	07
1.4.2 Préparation du lit de semence.....	07
1.4.3 Date de semis.....	08
1.5 Entretien de la culture de fève.....	08
1.5.1 Irrigation.....	08
1.5.2 Buttage.....	08
1.5.3 Gestion des mauvaises herbes.....	09
1.6 Contraintes de la culture de fève.....	09
1.6.1 Contraintes abiotique.....	09
1.6.1.1 Le froid hivernal et les gelées printanières.....	09
1.6.1.2 La sécheresse de terminale.....	09

1.6.1.3 La chaleur.....	09
1.6.1.4 La salinité.....	10
1.6.2 Contraintes culturelles et socio-économiques.....	10
1.6.2.1 Les contraintes socio-économiques.....	10
1.6.3 Contraintes biotique.....	10
1.6.3.1 Les virus.....	10
1.6.3.2 Les insectes.....	10
1.6.3.3 Les nématodes	11
1.7 Intérêt culturelle de la fève	11
1.7.1 Intérêt Agronomique	11
1.7.2 Intérêt Alimentaire	11
1.8 La production mondiale de la fève	11
1.9. La production nationale de la fève	12
1.9.1. Cas de la wilaya d'El Tarf	13
2. La symbiose mycorhizienne de la fève.....	13
2.1 Introduction.....	13
2.2 Définition des mycorhizes.....	14
2.2.1 Les principaux types de mycorhize.....	15
2.2.1.1 Les Ectomycorhizes.....	16
2.2.1.2 Les Endomycorhizes.....	17
2.2.1.3 Les Ectendomycorhizes	18
2.3 Classification des champignons mycorhiziens.....	18
2.4 Rôle écologique des champignons mycorhiziens dans les agro-systèmes.....	19
 Chapitre 02 : Matériels et Méthodes	 22
1. Présentation de la région et de la station d'étude	23
1.1- Localisation de la région et de la station d'étude	23
1.2 Climat.....	24

1.2.1 La Température	24
1.2.2 Le Vent	24
1.2.3 La pluviosité.....	24
1.2.4 Humidité.....	25
2- Prélèvement du sol de la station d'étude et piégeage des microorganismes symbiotiques.....	26
3- Mise en évidence de la colonisation des racines de la fève par les CMA.....	27
4- évaluation de la biodiversité et de l'abondance des spores de CMA présentes dans le sol d'étude.....	32
4-1 Méthode d'extraction des spores fongiques	32
4-2 Préparation des lames.....	34
4-3 Description des spores	35
4-3-1 Morphologie générale	35
4-3-1-1 Forme de la spore.....	35
4-3-1-2 Détermination de la couleur	35
4-3-1-3 Taille de la spore.....	35
4-3-1-4 Particularités remarquables	36
Chapitre 03 : Résultats et Discussion	37
1. La mycorhization naturelle de la fève dans la station d'étude.....	38
2. Diversité sporale	40
3. Discussion générale.....	46
Conclusions	48
Références Bibliographiques	



Introduction

Introduction générale

Introduction Générale

Les légumineuses constituant une des familles les plus abondantes et diversifiées des plantes supérieures avec plus de 650 genres et 18000 espèces (**Sebihi, 2008**). Cette famille comprend des espèces des formes herbacées se rencontrent surtout dans les régions tempérées et les formes arborescentes dans les régions chaudes (**Michel et al, 2005**). Elle présente des nodules sur leurs racines et sur les tiges dans lesquels se trouvent les bactéries, fixant l'azote atmosphérique (**Murielle et Daniel, 2004**).

Les légumineuses alimentaires sont considérées parmi les cultures importantes, elles sont cultivées dans le monde et dans la plupart des pays du bassin méditerranéen, elles offrent un apport en protéines végétales pour l'alimentation humaine et animale et constituent un excellent précédent cultural dans les systèmes de production céréalière.

La sous-famille des Papilionoideae est certainement la sous-famille la plus étudiée, en particulier en raison du grand nombre de plantes appartenant à cette famille, 476 genres et 13 860 espèces (**Wojciechowski et al, 2004**). On retrouve dans cette sous-famille des arbres, en général exotiques, des lianes, mais aussi beaucoup de plantes herbacées vivaces ou annuelles comme la fève.

La fève, présente un grand intérêt pour le développement d'une agriculture soutenable (**Rubiales, 2010**), et peuvent contribuer en grande partie à la sécurité nourissante dans beaucoup de régions du monde, autant par leur consommation directe que par leur utilisation comme fourrage pour des bétails (**Villegas-Fernandez, 2012**). Selon les statistiques du Food and Agriculture Organization of the United Nations, en 2013 leur surface étant de 2 040 542 hectares et se classe en sixième rang dans la production entre les légumineuses avec 3503299 tonne (**FAOSTAT, 2013**).

Concernant les origines de la fève et sa répartition géographique, la fève figure parmi les légumineuses les plus anciennement cultivées (**Mihailovic et al. 2005**). Elle est originaire des régions méditerranéennes du Moyen-Orient (**Multari et al, 2015**).

La mise en culture de la fève daterait du Néolithique tardif. À partir du Moyen-Orient se serait opérée une progression selon quatre itinéraires : Europe, à travers les Balkans, littoral Nord-africain jusqu'à l'Espagne, l'Ethiopie par le Nil, Mésopotamie puis l'Inde (**Cubero, 2011**).

Introduction générale

En Algérie, elle est principalement cultivée dans les plaines côtières et dans les zones sublittorales. C'est l'une des espèces les plus cultivées dans les régions montagneuses, particulièrement en Kabylie, pour l'alimentation humaine et animale (**Chouaki *et al*, 2006**).

L'objectif de ce travail était d'évaluer l'infection mycorhizienne et la diversité sporale au niveau de la rhizosphère de la fève dans la station d'EL Kala (Nord-est Algérien),

Notre mémoire s'articulera en quatre parties :

- Dans la première, nous dresserons un état des connaissances bibliographiques concernant la plante de la fève (*Vicia faba* (L.)).
- Dans la seconde, nous expliquons la symbiose mycorhizienne.
- Dans la troisième nous présentons matériels et méthodes, traitant la zone et le site d'étude, ainsi que la méthodologie de travail.
- La quatrième partie est consacrée aux résultats et discussions

Et nous clôturons ce travail par une conclusion générale et des perspectives.



Chapitre 01 : Revue Bibliographique

1. La Fève :

1.1 Identification de l'espèce :

La fève (*Vicia faba* (L.)) est une dicotylédone herbacée annuelle de la famille fabacées (légumineuses) (Dajoz, 2000). Cette légumineuse est parmi les plus anciennement connues; originaire d'Asie Centrale cultivait il y a près de 10 000 ans. Elle répondra ensuite à tout l'hémisphère nord (Zaidi et Mahiout, 2012).

1.2 Description de la plante :

Vicia faba (L.) est une plante herbacée annuelle (Fig.1) présentant une tige simple, dressée, creuse et de section quadrangulaire, sans ramification se dressant à plus d'un mètre de haut (Peron, 2006). Les feuilles, alternes de couleur vert glauque ou grisâtre, composées-pennées, sont constituées par 2 à 4 paires de folioles amples et ovales (Chaux et Foury, 1994).



Figure 01: Présentation de la plante de la fève (Anonyme, 2023)

Chapitre 01 : Revue Bibliographique

Selon **Maoui *et al*, (1990)**, la fève (**Fig.2**) possède des inflorescences en grappe de 4 à 5 fleurs en moyenne, situées à l'aisselle des feuilles. Les fleurs (**Fig.3**) sont de couleur blanche ou faiblement violacée (**Chaux et Foury, 1994**). Les fruits sont des gousses pendantes noircissant à la maturité (**Laumonier, 1979**). Les graines sont charnue, vertes et tendres à l'état immature, à complète maturité, elle développe un tégument épais et coriace de couleur brun-rouge, à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à couleur presque circulaire (**Chaux et Foury, 1994**).



Figure 02 : plante de la fève (**anonyme 2023**)



Figure 03 : fleur de la fève (**anonyme 2023**)

Chapitre 01 : Revue Bibliographique

1.3 Position Systématique de la fève :

Selon **Kolven (1976)**, la fève est classée comme suit :

Embranchement	Spermaphytes
Sous- embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dialypétales
Série	Calciflores
Ordre	Rosales
Famille	Fabacées
Sous famille	Papilionacées
Tribu	Viciées
Genre	Vicia
Espèce	Vicia faba (L.)

1.4 Culture de la fève

1.4.1 Sol de culture

La fève préfère les terres argilo-calcaire profondes ayant une bonne réserve utile et de fertilité modérée. Elle craint les sols pauvres et secs ainsi que les sols très humides, le PH favorable se situe entre 6,5 et 8. Concernant la salinité. (**Cubero, 2011**).

1.4.2 Préparation du lit de semence

Il est recommandé d'obtenir un lit de semence appuyé et non soufflé. La reprise superficielle du sol doit être faite à l'aide d'un outil à disque comme le pulvérisateur dissymétrique léger, qui peut être suivi d'un hersage ou d'un roulage selon l'état du sol . (**Boyeldieu, 1991**)

Chapitre 01 : Revue Bibliographique

1.4.3 Date de semis

Vu que les fèves sont sensibles au stress hydrique, aux gelées et aux fortes températures pendant la phase critique de floraison et de formation du fruit, la date de semis, qui conditionne le rendement grain final, en permettant de bien placer ces différents stades de développement critiques dans des conditions climatiques favorables, doit être précoce (**Boyeldieu, 1991**).

Le semis de fève doit avoir lieu de mai à fin décembre selon les zones agro climatiques. Les semis précoces sont préconisés pour les zones côtières et les semis tardifs pour les plaines intérieures et les zones de montagne. La levée intervient généralement entre 10 et 20 jours, suivant la température du sol (**Cubero, 2011**).

1.5 Entretien de la culture de fève

1.5.1 Irrigation

L'humidité du sol être maintenue au-dessus de 50% de la capacité au champ sur les premiers 30cm du profil. Pour une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation, il est préconisé de procéder à des irrigations pendant les phases critique chez la fève .

On conseille d'effectuer les irrigations tôt le matin pour laisser le temps au feuillage des plantes de sécher avant la tombée de la nuit, un total de 250 à 400 mm d'eau est nécessaire, selon la nature du climat, du type de sol, du matériel génétique utilisé (**Péron, 2006**).

1.5.2 Buttage

Le buttage est une opération qui a pour objectif de ramener la terre au pied des plantes et d'y former une sorte de butte.

Butter les fèves pour améliorer leur ancrage au sol et éviter que le vent ne les déracine pas (**WOLFGANG et SADIKI, 1996**).

Buttez les fèves lorsqu' ils atteignent 25cm de haut. Buttez en ramenant de la terre jusqu' aux premières feuilles, en formant une butte d'environ 10 cm (**WOLFGANG et SADIKI, 1996**).

1.5.3 Gestion des mauvaises herbes

La fève est une plante peu compétitive vis-à-vis des mauvaises herbes, particulièrement pendant le stade plantule. Les pertes de rendements liées au manque de désherbage ou à un désherbage inadéquat varient entre 30 et 70%. Le désherbage est donc très important pour permettre des rendements optimums (**Chaux et Foury, 1994**).

Il existe différentes techniques de lutte contre les mauvaises herbes :

- La lutte manuelle.
- La lutte chimique.
- La lutte mécanique.

1.6 Contraintes de la culture de fève

En Algérie la culture de la fève est soumise à un certain nombre de contraintes, qui limitent sa production, son développement et son extension, ces contraintes sont résumées comme suit :

1.6.1 Contraintes abiotique

1.6.1.1 Le froid hivernal et les gelées printanières

C'est la principale contrainte dans la zone des Hauts Plateaux et les plaines intérieures, elle provoque la coulure des fleurs et la mortalité des plantes (**Maatougui 1996 in Mezani, 2011**).

1.6.1.2 La sécheresse de terminale

La sécheresse, caractéristique structurelle du climat sur les Haut Plateaux et les plaines littorales à sol léger, constitue le stress abiotique le plus important, pour l'instabilité et la production de la fève. En zones Sahariennes, l'importance des fèves est liée à celle des ressources hydriques, dans ces zones, la fève doit être impérativement irriguée intégralement (**Wolfgang et Sadiki, 1996**).

1.6.1.3 La chaleur

C'est la plus néfaste surtout dans les zones Sahariennes, ainsi que dans les Haut Plateaux et les plaines intérieures, dans le cas de ces dernières, c'est le Sirocco qui affecte la

Chapitre 01 : Revue Bibliographique

production de gousses et limite aussi la grosseur des graines (**Maatougui 1996 in Mezani, 2011**)

1.6.1.4 La salinité

La Salinité du sol est un facteur de stress osmotique très limitant pour les plants .C'est problème spécifique aux zones Sahariennes dans lesquelles la fève est irriguée à l'aide d'eaux assez chargées en sodium. La productivité est directement réduite par les effets du sel sur les plantes et aussi par les effets du sel sur les propriétés physiques et chimiques du sol (**Wolfgang et Sadiki, 1996**).

Les graines de la fève (*Vicia faba* (L.): variété major) sont incorporées dans la composition d'aliments du bétail, lorsqu'elles sont disponibles en grandes quantités, quant aux graines *Vicia faba* : variété mineure, elles sont utilisées pour l'engraissement des animaux (**Maatougui, 1996**).

1.6.2 Contraintes culturelles et socio-économiques

1.6.2.1 Les contraintes socio-économiques

Ces contraintes constituent un handicap pour le développement intensif, car le niveau de technicité des agriculteurs est insuffisant. Ces derniers sont freinés par le manque de mains d'œuvres, ainsi que son coût très élevé (**Zaghouane, 1991**).

1.6.3 Contraintes biotique

Les principales contraintes biotiques qui limitent la culture de la fève sont : les virus, les insectes, les nématodes et les nématodes.

1.6.3.1 Les virus

Un grand nombre de maladies à virus est rencontré sur la fève, Ces virus sont pour la plupart disséminés dans les cultures par les insectes vecteurs (pucerons, coléoptères) ou par la semence. (**Lambers et al.2009**)

1.6.3.2 Les insectes

Les bruches et les pucerons sont un autre problème sérieux qui influence directement ou indirectement (par la transmission des virus) la productivité des fèves, lorsque les infections sont très sévères (**Rodriguez et Fraga, 1999**)

Chapitre 01 : Revue Bibliographique

1.6.3.3 Les nématodes

Parmi les nématodes les plus redoutables sur légumineuses, on distingue *Ditylenchus dispaci*, qui provoque un gonflement du collet et un affaiblissement de la plante . (**khaldi et al, 2002**)

1.7 Intérêt culturelle de la fève :

1.7.1 Intérêt Agronomique :

Elle contribue à l'enrichissement des sols en éléments fertilisants .Elle est introduite en rotation avec les céréales, ou elles jouent un rôle non négligeable dans l'enrichissement des sols en azote (**Rachef et al, 2005**) et grâce à son système racinaire puissant et dense elle améliore la structure du sol (**Hamadache, 2003**)

1.7.2 Intérêt Alimentaire :

Selon **Adrian et al, (2002)**, affirment que la fève possède des caractéristiques nutritionnelles intéressantes pour l'équilibre nutritionnel. Elle est riche en protéines végétales (4,5 g aux 100 g) et en glucides (10 g aux 100 g), elle fournit des quantités appréciables de vitamines du groupe B (en particulier B3, B5 et B9 ou Acide Folique) et, ce qui est inattendu pour une graine de légumineuse, de vitamine C (28 mg aux 100 g). Elle représente aussi une source non négligeable de minéraux et d'oligo éléments, notamment de potassium, de magnésium et de fer. Enfin, grâce à sa teneur élevée en fibres (6,5 g aux 100 g), elle contribue efficacement à la couverture des besoins de l'organisme, et à la lutte contre la presse intestinale (**Adrian et al, 2002**).

D'après **Fatemi (1998)**, l'évolution du niveau de consommation animale suit de près la tendance de la consommation humaine, ainsi la contribution de la fève à l'alimentation animale est en augmentation.

1.8 La production mondiale de la fève :

La fève représente une production mondiale de 3515748 tonne .La chine est le plus grand pays producteur avec 1650000 T pour la campagne 2009/2010, puis vient l'Ethiopie en deuxième position avec une production de 610845 T. La France est classée en troisième position (**L'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture FAO, 2010**) (**Tableau 1**)

Chapitre 01 : Revue Bibliographique

Tableau 1 : la production mondiale de fève, compagne 2009/2010. (Ouslim ,2016)

Position	Pays	Production
1	Chine	1650000
2	Ethiopie	610845
3	France	438338
4	Egypte	297620
5	Maroc	153040
6	Australie	192000
7	Soudan	112500
8	Royaume-Uni	100000
9	Italie	97408
10	Tunisie	70210
11	Pérou	69634
12	République Arab Syrienne	37782

1.9. La production nationale de la fève :

La fève est une légumineuse alimentaire annuelle cultivée en Algérie et dans le Monde comme légume frais (gousses) et comme graine sèche utilisée dans l'alimentation humaine et animale. La Chine est le premier producteur mondial de la fève-féverole suivie par l'Ethiopie et le Maroc

La fève est la légumineuse alimentaire la plus cultivée en Algérie avec près de 60.000 hectares (gousses fraîches et graines sèches). La fève présente des intérêts agronomiques, économiques et nutritionnels. Sur le plan agronomique, c'est une bonne tête d'assolement pour les cultures céréalières et c'est la légumineuse qui fixe la plus grande quantité d'azote atmosphérique/ha. Sur le plan économique, la fève est un aliment riche en protéines (25 à 35%) pour l'Homme et les ruminants. La culture de la fève est entièrement mécanisable. (Mezani, 2011).

Chapitre 01 : Revue Bibliographique

1.9.1. Cas de la wilaya d'El Tarf :

La répartition de la culture de la fève et sa production dans la wilaya d'el Tarf sont consignées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Production de la fève dans la région d'el Tarf (**Anonyme 2023**)

Compagne	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2007/2008	580	26100	45
2008/2009	650	24750	38.076
2009/2010	612	27740	45.326
2010/2011	495	24000	48.448
2011/2012	952	29500	30.987
2012/2013	790	32000	40.506
2013/2014	710	28400	40
2014/2015	652	42000	64.417
2015/2016	973	59600	61.253

2. La symbiose mycorhizienne de la fève

2.1 Introduction

Le sol est considéré comme la couche superficielle de l'écorce terrestre située à l'interface entre la lithosphère et l'atmosphère. Il est la conséquence de la transformation de la roche mère enrichie par des apports organiques et caractérisée par la présence de vie. Il est un support et une ressource de base pour la plupart des activités humaines (**Johansson et al., 2004**)

À une échelle microscopique, le sol constitue un environnement où interagissent directement ou indirectement de nombreux microorganismes, entre eux mais aussi avec les composantes abiotiques du sol (matière organique, matrice minérale, etc.) et avec les racines des plantes (**Albino et Andrade, 2006**). Il constitue ainsi un réacteur biologique très actif où se développent des réactions biochimiques abondantes et variées.

La production primaire des plantes, via le turnover de la matière organique sénescente et les rhizodépôts d'exsudats, constitue une des principales voies par lesquelles le

Chapitre 01 : Revue Bibliographique

carbone atmosphérique alimente le cycle du carbone dans le sol (**Carpenter-Boggset al., 2000 ; Six et al., 2006**).

De nombreux autres composés chimiques et certains xénobiotiques se retrouvent également dans les sols et les microorganismes sont fortement impliqués dans leur évolution (**Corgiét al. 2006**). Ces mécanismes d'origine biotique et abiotique permettent un retour des éléments chimiques dans le pool de nutriments dissous dans la solution de sol qui sont alors mobilisables par la plante pour assurer ses besoins.

Les interactions entre la plante hôte et les microorganismes peuvent être soit facilitatrices, soit antagonistes pour un indicateur donné (ex. : croissance de la plante) (**Souchiet al., 2006 ; Stinson et al., 2006**). Ces deux catégories d'interactions se manifestent également entre les microorganismes telluriques (**Duponnois et Planchette, 2003 ; Duponnois, 2006**).

Parmi les groupes fonctionnels composant la microflore tellurique, certains jouent un rôle majeur dans l'amélioration de la croissance et de la survie des plantes en augmentant notamment la biodisponibilité d'éléments minéraux qui constitue fréquemment la principale contrainte au bon développement du végétal. Dans cette perspective, de nombreux microorganismes telluriques ont été considérés comme des biofertilisants potentiels dans le cadre d'une agriculture durable à faible apport d'intrants (**Rodriguez et Fraga, 1999 ; Johansson et al., 2004 ; Matiru et Dakora, 2004 ; Doude et al., 2005 ; Gentili et Jumpponen, 2006**). Il s'agit notamment des champignons mycorhiziens qui améliorent la nutrition hydrique et minérale (**Duponnois et al., 2005 ; Lambers et al., 2008**) et la protection phytosanitaire des plantes (**Leyval et Joner, 2001 ; Joner et Leyval, 2003**). Des processus de mobilisation d'éléments nutritifs à partir de formes complexes de phosphates organiques et inorganiques ont également été mis en évidence chez ces microorganismes (**Chabot et al., 1996 ; Alikhani et al., 2006**).

2.2 Définition des mycorhizes

Les mycorhizes résultent d'une union durable basée sur des échanges réciproques entre les racines des végétaux et certains champignons du sol. Elles constituent des composantes essentielles dans la relation sol-plantes-microorganismes. En effet, certaines espèces végétales ne peuvent croître normalement sans s'associer à un partenaire fongique (**Janos, 1980 ; Gobat et al., 2003**). La diversité végétale est entre 220 000 et 420 000 espèces de plantes terrestres (**Scotland et al., 2003**). D'après l'examen de plus de 10 000 espèces, en

Chapitre 01 : Revue Bibliographique

majorité des angiospermes, des structures mycorhiziennes ont été observées chez 86 % d'entre elles (**Brundrett, 2009 ; Tedersoo *et al.*, 2010**).

Le nouvel organe mixte résulte de l'association intime de la plante hôte et du champignon mycorhizien et chaque partenaire optimise son développement grâce à cette symbiose. Les racines de plus de 80 % des espèces de plantes vasculaires présentent ou sont susceptibles de présenter des structures mycorhiziennes au sein de leur système racinaire. La présence de mycorhizes est donc un phénomène général chez les plantes à l'exception de quelques familles comme les Brassicaceae, les Caryophyllaceae, les Cyperaceae, les Juncaceae, les Chenopodiaceae et les Amaranthaceae qui présentent très peu d'associations mycorhiziennes (**Strullu, 1991 ; Norman *et al.*, 1995**). Leur impact est primordial dans tout ou partie du cycle de la plante, surtout, mais non exclusivement, pour la nutrition. Le champignon profite des ressources carbonées synthétisées par la plante via la photosynthèse et qui sont indispensables à son métabolisme et à sa fructification. En retour, les hyphes fongiques améliorent la nutrition hydrique et minérale de la plante hôte grâce à l'augmentation du volume de sol prospecté et à la production de divers enzymes extracellulaires (protéinases, phosphatases, etc.) susceptibles de mobiliser des éléments nutritifs à partir de composés complexes du sol (**Manjunath *et al.*, 1989 ; Leyval et Berthelin, 1993 ; Gobat *et al.*, 2003**).

2.2.1 Les principaux types de mycorhize :

D'après la morphologie de l'organe résultant de l'association plante – symbiote fongique, différents types de mycorhizes sont distingués. **Les mycorhizes à arbuscules, les mycorhizes orchidoïdes et les ectomycorhizes** sont les plus fréquentes et les plus étudiées. Les mycorhizes à arbuscules sont les plus primitives et les plus répandues dans les écosystèmes naturels et cultivés (**Tedersoo *et al.*, 2010**). Les mycorhizes à arbuscules seraient à l'origine des autres types de symbiose mycorhizienne et coïncideraient avec celle des végétaux terrestres il y a 450 millions d'années (**Wang et Qiu, 2006**)

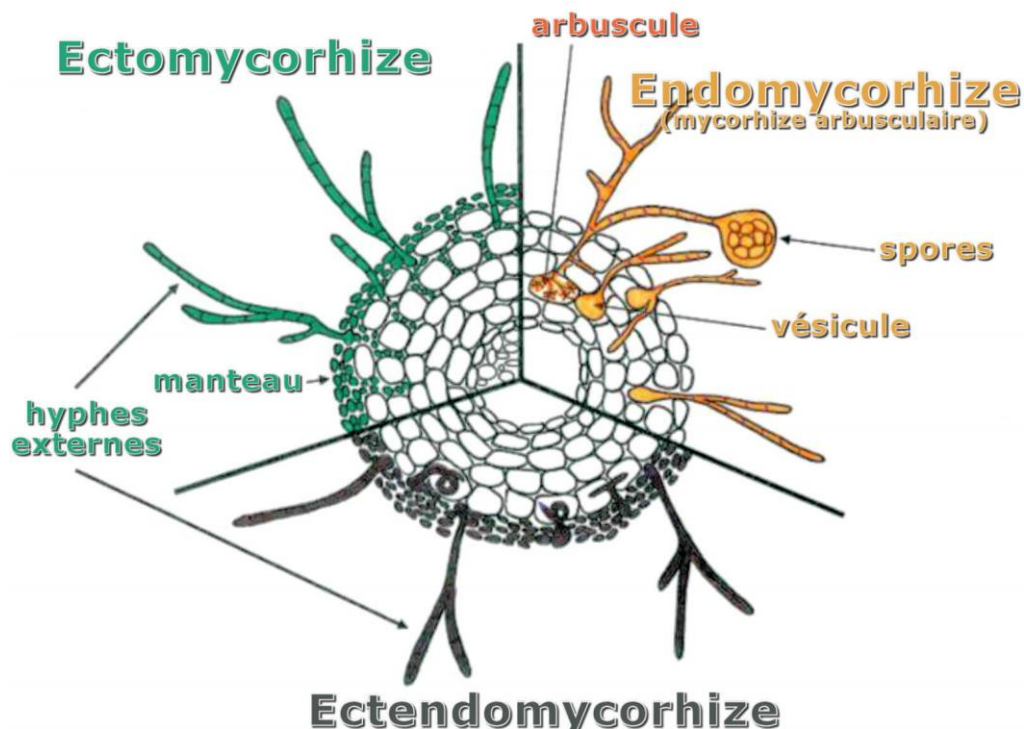


Figure 04 : Principaux types de mycorhize représentés sur une coupe transversale de racine
D'après de **Le Tacon 2006**.

2.2.1.1 Les Ectomycorhizes

(Du grec *ektos* : à l'extérieur) où les champignons se développent essentiellement autour de la racine, en formant un manchon mycélien (le manteau) à partir duquel se développent des hyphes qui s'insèrent entre les cellules corticales de la racine (réseau de Hartig). Ce type d'association est principalement représenté chez les essences forestières des régions tempérées, méditerranéennes et boréales, mais il a été également décrit chez quelques espèces tropicales de la famille des Dipterocarpaceae, Euphorbiaceae, Cesalpiniaceae, Myrtaceae et Fagaceae). Les partenaires fongiques appartiennent aux Basidiomycètes (*Boletus*, *Russula*, *Laccaria*...), mais aussi aux Ascomycètes (*Tuber*, *Elaphomyces*...).

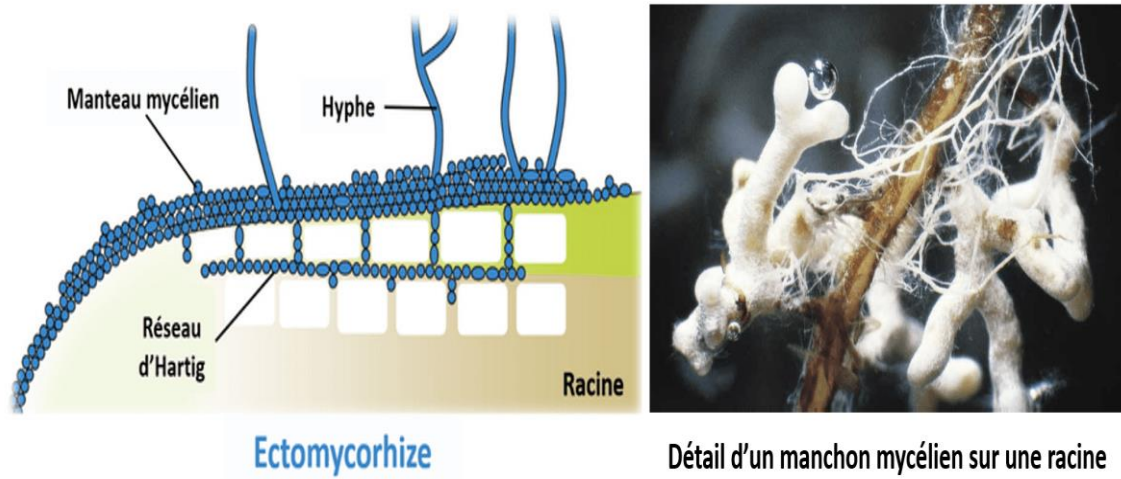


Figure 05 : Réseau de Hartig entre les cellules et manchon mycélien sur la racine
(Fortin et al., 2008)

2.2.1.2 Les Endomycorhizes

(Du grec endon : à l'intérieur) sont caractérisées par l'absence de manchon mycélien externe et par la pénétration des hyphes fongiques dans les cellules corticales. On rencontre : (Tisdall et Oades, 1979)

A/ Les Endomycorhizes des orchidées: formées par des Basidiomycètes.

B/ Les Endomycorhizes des éricacées: associées aux Ascomycètes (les Pezizaceae).

Dans ces deux cas, le mycélium forme des pelotons à l'intérieur des cellules du parenchyme cortical.

C/ Les Endomycorhizes des cistacées: où les pénétrations endocellulaires ont une forme coralloïde. Les champignons symbiotiques impliqués appartiennent aux Ascomycètes hypogés (les Terfeziaceae).

D/ Les mycorhizes à vésicules et arbuscules: formées par des champignons inférieurs et qui concernent environ 80 % des espèces végétales (Barea et Honrubia, 1993). Ces associations doivent leur nom aux structures fongiques résultant des hyphes intracellulaires qui se ramifient intensément à l'intérieur des cellules du cortex racinaire pour former des structures appelées arbuscules. Ces hyphes peuvent former des vésicules (Bonfante-Fasolo, 1984).

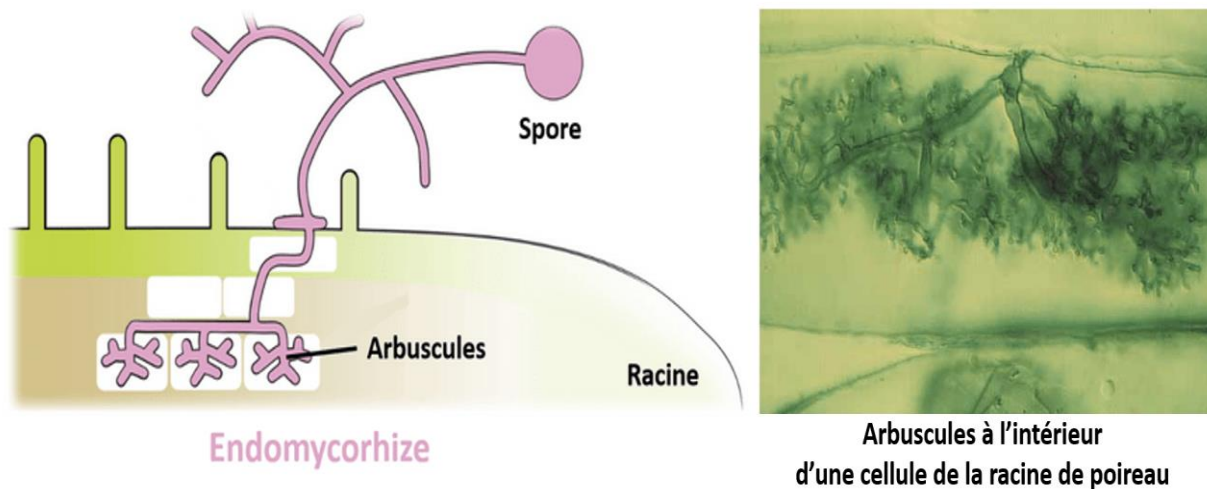


Figure 06 : Endomycorhize avec pénétration du champignon dans les cellules
(Hofnerel al. 2013)

2.2.1.3 Les Ectendomycorhizes

Caractérisées à la fois par la présence du manteau mycélien et le développement d'hyphes inter et intracellulaires. Elles se rencontrent chez les ectendomycorhizes caractérisées à la fois par la présence du manteau mycélien et le développement d'hyphes inter et intracellulaires. Elles se rencontrent chez les Arbutacées, les Monotropacées et sont formées par des Basidiomycètes (Cortinarius, Boletus...) (Raab et Redecker, 2006).

2.3 Classification des champignons mycorhiziens :

La systématique des champignons mycorhiziens à arbuscules reposait essentiellement sur des critères morphologiques des spores (Morton et Benny, 1990), mais cette classification restait limitée puisqu'elle ne permettait pas de décrire finement cette diversité fongique (Giovanetti et Gianinazzi-Pearson, 1994). L'impossibilité de multiplier ces symbiotes fongiques en l'absence de leur partenaire végétal représente une difficulté supplémentaire pour établir une classification fiable de ces champignons. Grâce à l'avènement de techniques de biologie moléculaire, la classification des champignons mycorhiziens a été significativement revue.

Chapitre 01 : Revue Bibliographique

Ces symbiotes fongiques sont actuellement classés dans le phylum des Glomeromycota (Schüßler et al., 2001) avec quatre ordres, dix familles et approximativement 200 espèces décrites (Raab et Redecker, 2006).

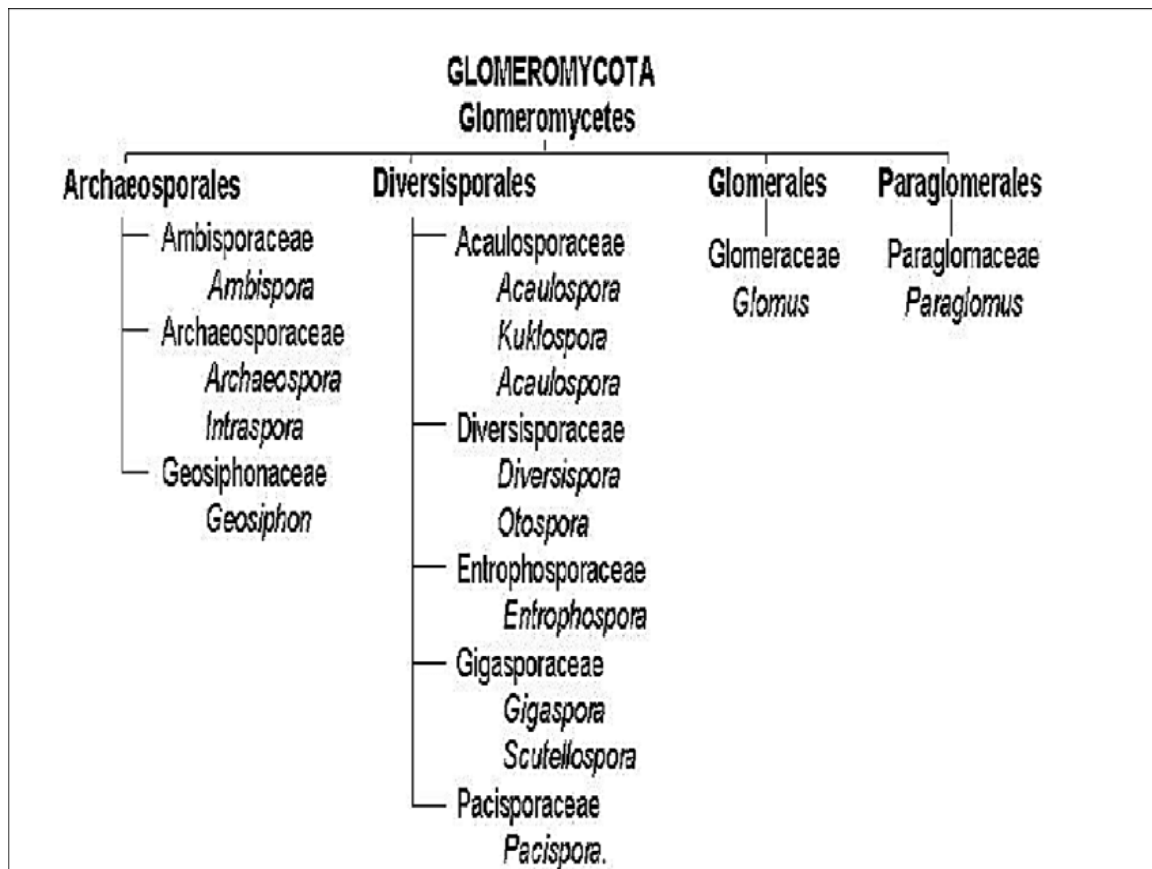


Figure 07 : Classification des champignons mycorhizogènes à arbuscule. Selon Schüßler et al. (2001) avec corrections d’Oehl et Sieverdin (2004), Walker et Schüßler (2004), Sieverding et Oehl (2006), Spain et al. (2006), Walker et al. (2007a,b).

2.4 Rôle écologique des champignons mycorhiziens dans les agro-systèmes :

La symbiose mycorhizienne favorise le prélèvement et le transport vers la plante des éléments minéraux nutritifs très peu mobiles dans le sol comme le phosphore (Duponnois, 2005 ; Lambers et al., 2008). En fonction du pH du sol, cet élément se retrouve en grande partie immobilisé par le fer, l’aluminium ou le calcium sous des formes difficilement accessibles par les plantes (Hinsinger, 2001). L’exploration du volume du sol par le mycélium extramatriciel et sa capacité à mobiliser des éléments nutritifs à partir des minéraux primaires favorisent la nutrition phosphatée des plantes (Manjunath et al., 1989 ; Landeweert et al., 2001). Cette amélioration de la nutrition minérale des plantes concerne également d’autres macroéléments (N, K) et oligoéléments (B, Br, Cl, Cu, Cr, Cs, Co, Fe, Mo,

Chapitre 01 : Revue Bibliographique

Mn, Ni, Si, Zn) (**Duponnois et Bâ, 1999 ; He et Nara, 2007**). Ces associations mycorhiziennes jouent également un rôle significatif dans la décomposition et la minéralisation de la matière organique tellurique et mobilisent les nutriments au bénéfice de la plante hôte (**Gobat et al., 2003 ; Lambers et al., 2008**).

L'amélioration de la nutrition hydrique des plantes grâce à la symbiose mycorhizienne a également été déterminée et cet effet « mycorhize » est attribué à une meilleure utilisation de l'eau par la plante en raison du volume de sol exploré par les hyphes mycéliens (**Garbaye, 2000 ; Auge, 2001**).

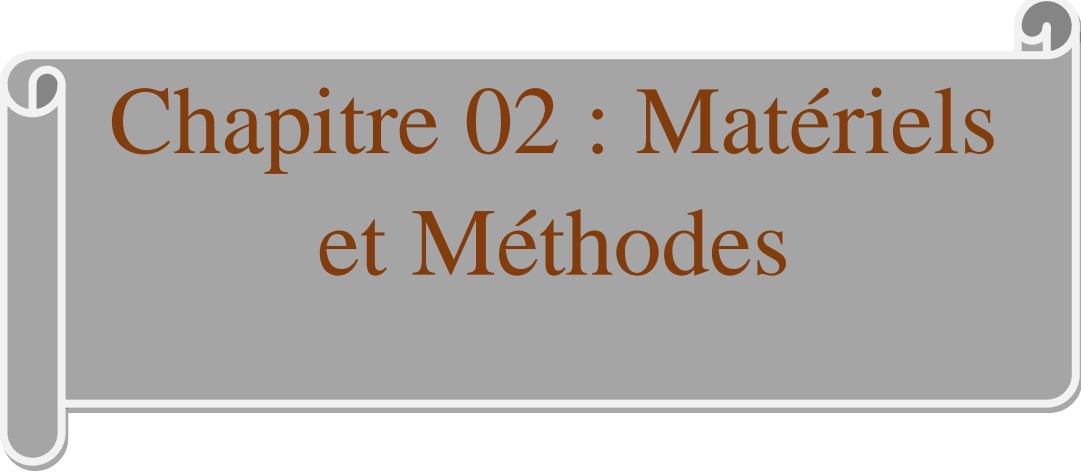
De nombreux résultats de recherche attribuent à la symbiose mycorhizienne un effet bioprotecteur via une réduction de l'effet pathogène de certains agents phytoparasites (**Duponnois et Cadet, 1994 ; St-Arnaud et al., 1997**) et une meilleure tolérance des plantes mycorhizées aux stress induits par les éléments traces métalliques ou par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (**Leyval et Joner, 2001 ; Joner et Leyval, 2003**). Parallèlement, une nette amélioration de la structure du sol a souvent été observée en présence des mycorhizes. Le vaste réseau d'hyphes extramatriciels et leur capacité à produire des molécules agrégeantes 32 comme la glycoprotéine nommée glomaline, dans le cas de la symbiose mycorhizienne à arbuscules, permet une meilleure stabilisation du sol par la formation d'agrégats beaucoup plus stables (**Rillig et Steinberg, 2002 ; Lovelock et al., 2004 ; Rillig et Mummey, 2006**).

Les associations mycorhiziennes jouent un rôle clé dans le fonctionnement et la stabilité des écosystèmes terrestres en intervenant fortement dans les mécanismes régissant l'évolution spatio-temporelle des écosystèmes. En effet, la présence de plantes supportant déjà des structures mycorhiziennes a été décrite comme un moyen très efficace pour assurer la régénération de l'espèce végétale en facilitant notamment l'infection des jeunes plants et en conséquence leur survie, dans des conditions du milieu souvent hostiles (**Simard et Durall, 2004**).

Les champignons mycorhiziens favorisent la coexistence entre plusieurs espèces végétales, améliorant ainsi la productivité et la biodiversité végétales dans ces écosystèmes (**Van der Heijden et al., 1998 a, b ; Gobat et al., 2003 ; Hart et al., 2003 ; Silvertown, 2004 ; Sanon et al., 2006 ; Kisa et al., 2007**). Certains auteurs ont montré qu'il existait un transfert de métabolites via des ponts mycéliens créé par le réseau d'hyphes connectant plusieurs plantes de la même et/ou d'espèces différentes (**Robinson et Fitter, 1999 ; Gobat et al., 2003 ; Yao et al., 2003 ; Simard et Durall, 2004**). Par ailleurs, les associations mycorhiziennes sont fortement impliquées dans la dynamique des successions végétales. En début de succession,

Chapitre 01 : Revue Bibliographique

marquées par une pauvreté du sol en propagules mycorhiziennes, ce sont les espèces végétales qui dépendent peu de cette symbiose qui s'installeront. Par la suite, avec l'enrichissement du sol en structures mycorhiziennes et son appauvrissement en éléments nutritifs, les espèces présentant une mycotrophie plus importante leur succéderont avec une forte corrélation positive entre les biodiversités fongique et végétale (**Reeves et al., 1979 ; Janos, 1980 ; van der Heijden et al., 1998 a ; Hart et al., 2003**).



Chapitre 02 : Matériels et Méthodes

II-MATERIEL ET METHODES:

1. PRESENTATION DE LA REGION ET DE LA STATION D'ETUDE

1-1- Localisation de la région et de la station d'étude

La zone d'étude est la station d'El-Kala (anciennement **La Calle** et **Marsa Al Kharaz**) est une commune de la wilaya d'El Tarf en Algérie. Chef-lieu de daïra, elle est située à 20 km au nord-est d'El Tarf et 77 km à l'est d'Annaba. Elle est proche de la frontière algéro-tunisienne (18 kilomètres).(Site web)

Administrativement, la ville d'El- Kala et ses environs sont inclus dans le Parc National d'El-Kala qui couvre près de 80.000 hectares. C'est une zone à vocation forestière qui possède également divers sites humides et zones lacustres classées RAMSAR (DGF, 2002).



Figure 08 : Carte géographique de la région d'El kala (Anonyme, 2023)

1.2.Climat

Le climat de la région est de type méditerranéen, Caractérisé par une grande variabilité, le climat de la région d'El-kala est de type méditerranéen. On peut distinguer une saison pluvieuse qui se concentre de novembre à avril avec un bilan hydrique positif, et une longue saison sèche et chaude, de mai à octobre, avec un bilan hydrique négatif. Il est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs.

1.2.1. La température : ce paramètre est fonction de l'altitude, de la distance à la mer, et de la position topographique (TOUBAL, 1986). D'une manière générale, la température situe la région d'El-Kala dans le méditerranéen chaud. Elle est caractérisée par une température moyenne annuelle de 18,08°C. Les mois les plus froids sont janvier et février (13°C en moyenne), alors que juillet et août sont les plus chauds (26°C en moyenne). Ceci est lié généralement au sirocco (DEBELAIR, 1990). Les températures les plus douces sont observées en octobre, novembre, avril et mai.

1.2.2. Les vents : ils jouent un rôle important et sont souvent liés aux pluies d'équinoxes qui apportent les précipitations les plus importantes venues de l'Atlantique. D'une manière générale la période hivernale se caractérise par des régimes de Nord et de Nord-Ouest forts à modérés. En revanche la période estivale se caractérise par des vents de Nord-Est et Sud ou Sud-Est chauds, surtout le sirocco dont le maximum de fréquence se manifeste au mois d'août, où ses effets sont des plus désastreux, particulièrement sur la végétation. En effet, le sirocco combiné à un état de déficit hydrique assèche l'atmosphère et favorise ainsi, lorsqu'il est associé aux températures élevées, les incendies de forêts (BENYACOUB, 1993).

1.2.3 La pluviosité :

La région d'El-Kala compte parmi les zones les plus arrosées d'Afrique du Nord (1300mm/an). La pluviosité présentant un régime typiquement méditerranéen est caractérisée par une grande variabilité mensuelle, avec une concentration de la totalité des précipitations sur quelques mois de l'année, soit 50% des précipitations enregistrées en hiver, le reste est partagé équitablement entre l'automne et le printemps. Ce phénomène est à l'origine d'une grande violence et un caractère orageux des chutes de pluies.

1.2.4 Humidité :

La proximité de la mer jouant le rôle de condensateur des masses d'air tropical, et les zones humides depuis les marais de la Mekhada jusqu'au lac Tonga subissant une évaporation parfois intense du fait de l'ensoleillement, sont à l'origine d'une humidité atmosphérique élevée, qui, durant la saison sèche favorise le maintien d'une végétation éprouvée par un important déficit hydrique.

La Carte



Figure 09: Localisation de la station de la zone d'étude (Google earth 2023)

 : la station d'étude .



Figure 10 : Vue de la station d'étude (Ouberoune. Boussaha 2023)

2-PRELEVEMENT DU SOL DE LA STATION D'ETUDE ET PIEGEAGE DES

MICROORGANISMES SYMBIOTIQUES

Afin de piéger les CMA présents dans la station d'étude, un piégeage en pot a été réalisé à novembre 2023 (**figure11**). Pour cela, des prélèvements ont été effectués dans les 20 premiers cm du sol. Une partie du sol prélevé a été distribuée dans des pots en matière plastique de 3 Litres de volume. Dans chaque pot, 3 graines de la fève prégermées axéniquement ont été repiquées. Les graines ont été préalablement superficiellement désinfectées à l'eau oxygénée à 30 volumes pendant 15 minutes et plusieurs fois rincées à l'eau distillée stérile. Elles ont été mises à germer dans des boîtes de Pétri contenant du coton stérile et arrosées également à l'eau distillée stérile.



Figure 11: Piégeage des microsymbiotes de la fève. (oubetroune boussaha 2023)

3- MISE EN EVIDENCE DE LA COLONISATION DES RACINES DE LA FEVE PAR LES CMA

Les champignons MA n'étant pas décelables à l'œil nu, pour pouvoir les observer et les détecter au niveau des racines, il est nécessaire de faire subir à ces dernières un traitement qui permet de les mettre en évidence.

Les échantillons racinaires sont lavés et séparés délicatement afin de les débarrasser de toute particule de terre puis découpés en fragments d'environ 1 cm de longueur.

Les racines lavées sont recueillies dans des tubes en plastique munis à leur base d'une grille en acier inoxydable. Les tubes sont rassemblés et rangés dans un cristalliseur et traités comme suit:

- Immerger les racines dans une solution d'hydroxyde de potassium (KOH à 10%)
- Mettre le cristalliseur muni des tubes dans un bain marie à 100°C.

Chapitre 02 : Matériels et Méthodes

- Laisser chauffer pendant 30 minutes, l'utilisation de la potasse a pour effet de vider les cellules de leur contenu cytoplasmique.
- Rincer les tubes à l'eau du robinet afin d'éliminer toute trace de potasse (KOH).
- Plonger les fragments racinaires contenus dans le cristalliseur successivement dans du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂ à 10 vol) pendant 30 minutes pour éclaircir les racines.
- Les plonger ensuite dans HCl pendant 10 minutes
- Rincer de nouveau les racines éclaircies.
- Immerger les racines éclaircies dans le Bleu trypan voir composition en annexe 1, chauffé à 90 °C au bain marie pendant 30 minutes.

Conserver les racines ainsi colorées dans des piluliers étiquetés contenant du glycérol ou de l'acide lactique.

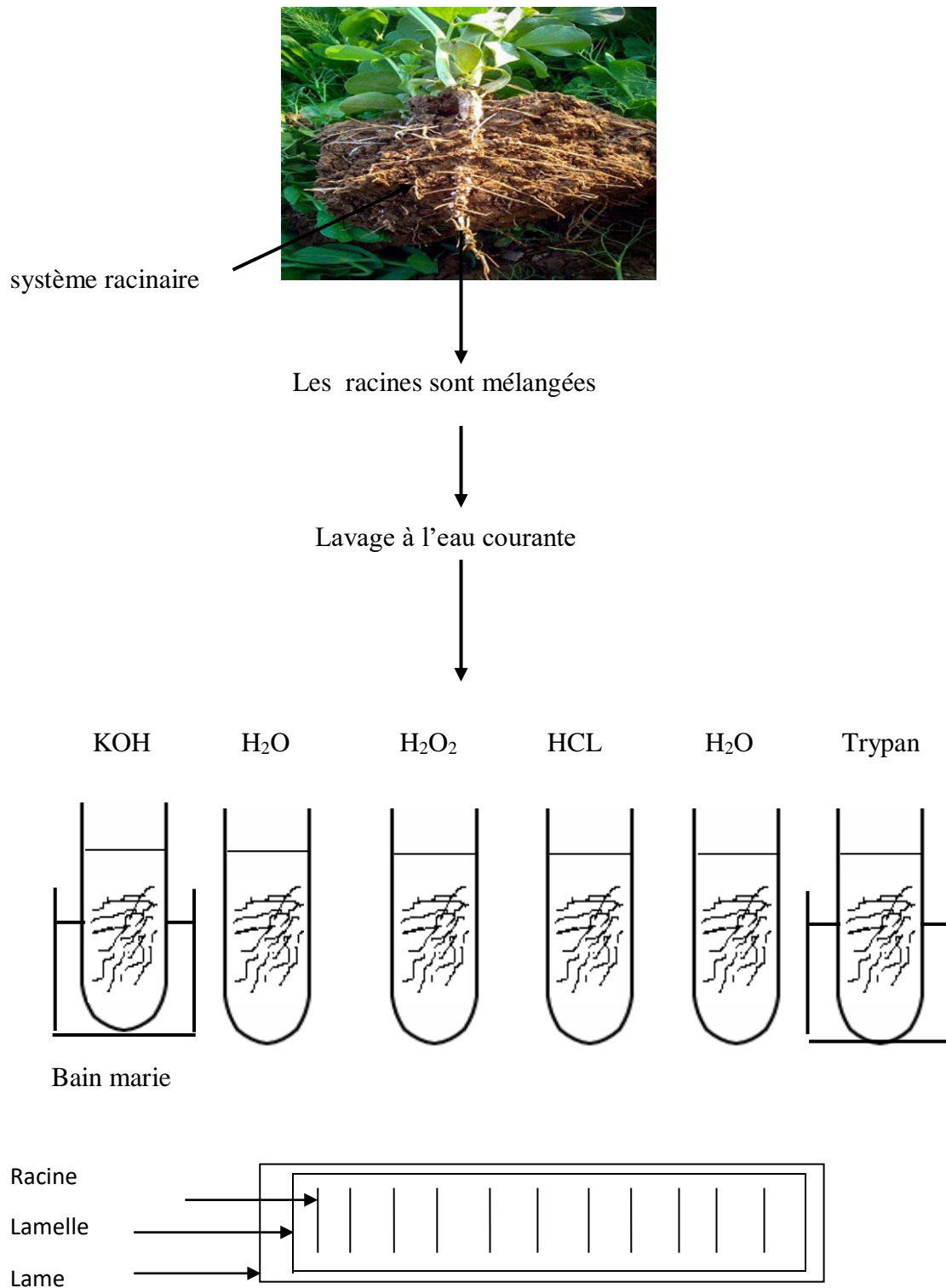
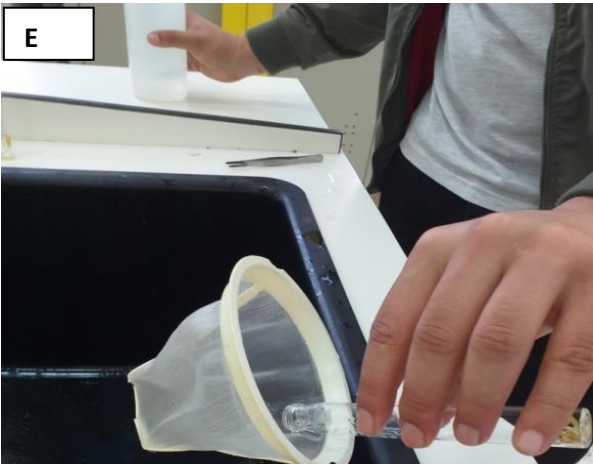
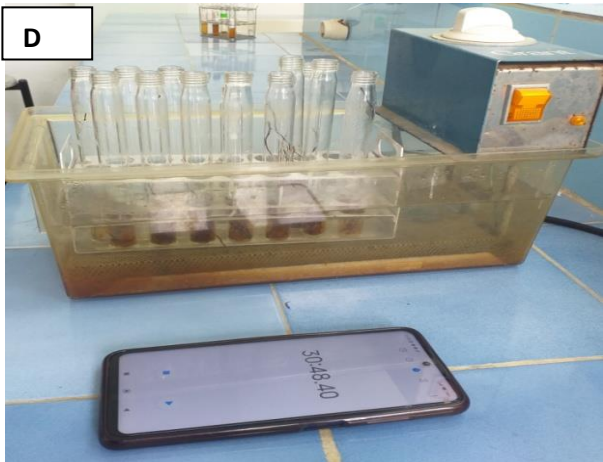


Figure 12 : Les différentes étapes de prélèvement et de préparation des échantillons racinaires

Chapitre 02 : Matériels et Méthodes



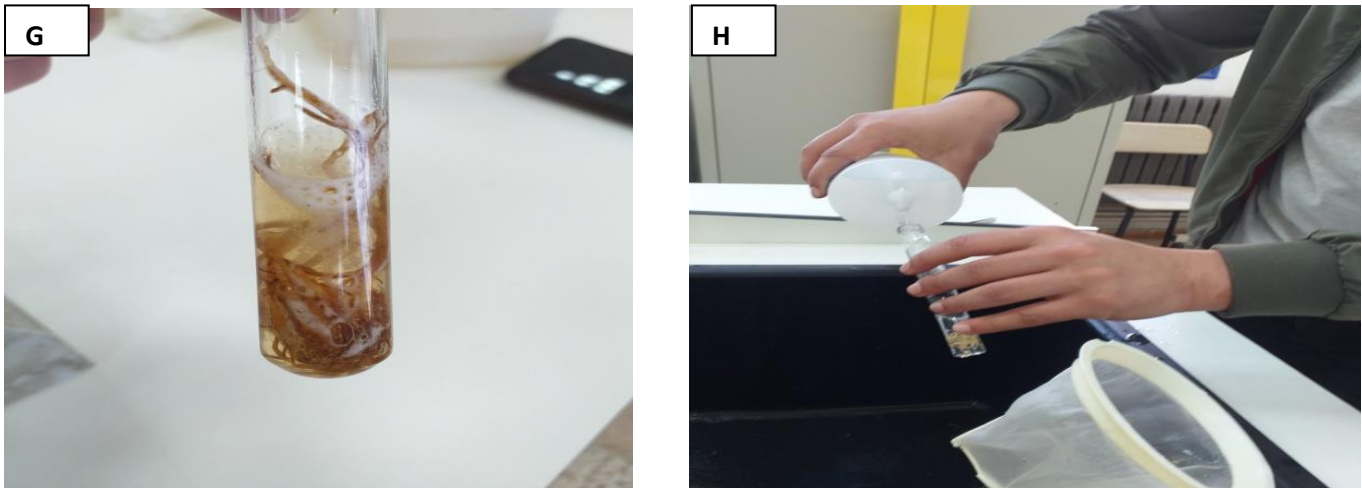


Figure 13 : Mise en évidence de la colonisation des racines de la fève par les CMA
(**Boussaha et oubetroune, 2023**).

(A-B): échantillons racinaires séparés et découpés en fragments d'environ 1 cm de longueur.

(C): les racines sont immergées dans une solution d'hydroxyde de potassium (KOH à 10%).

(D): Mettre le cristalliseur muni des tubes dans un bain marie à 100°C pendant 30 minutes.

(E): Elimination de toute trace de potasse (KOH) par de l'eau du robinet.

(F): les fragments racinaires plongés dans du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂ à 10 vol) pendant 30 minutes.

(G): les fragments racinaires plongés dans l'HCl pendant 10 minutes.

(H): Rincer de nouveau les racines éclaircies avec de l'eau distillée.

4- EVALUATION DE LA BIODIVERSITE ET DE L'ABONDANCE DES SPORES DE CMA PRESENTES DANS LE SOL D'ETUDE

4-1 Méthode d'extraction des spores fongiques

La connaissance de la biologie et l'écologie des champignons MA est limitée par des difficultés de techniques à la fois pour identifier et qualifier les espèces présentes dans les sols (**Brundrett et Abbott, 2002**).

Le nombre et la nature des spores varient en fonction du type de sol, de son traitement ainsi que du type de culture. Les spores des CMA sont les plus souvent libres dans le sol. Généralement, elles ont un diamètre de 50 à 500 micromètres et peuvent donc être séparées à des fines particules de sol par tamisage humide (**Gerdemann et nicolson, 1963**).

La technique de tamisage consiste à:

Superposer une série de tamis (4 tamis) de mailles micrométriques de différentes ouvertures : 355 μ m ,150 μ m ,100 μ m et 50 μ m.



Figure14: Extraction des spores par la méthode du tamisage humide (**Boussaha et oubetroune, 2023**).

Chapitre 02 : Matériels et Méthodes

L'échantillon de sol (200 g) est déposé sur la série de tamis et soumis à un jet d'eau du robinet jusqu'à ce que l'eau qui en sorte devienne claire et limpide (Fig .15.). Les tamisats du sol de chaque tamis sont recueillies dans des flacons (33cl) étiquetés.

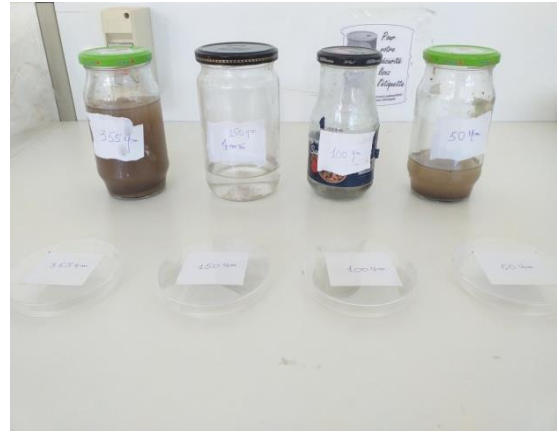


Figure 15 : Le recueil des tamisats de chaque tamis dans des flacons (33cl) étiquetés
(Boussaha et oubetroune, 2023).

Une fraction de chaque flacon est versé dans une boîte de Pétri, diluée avec de l'eau distillée et observée à la loupe binoculaire. Les spores sont récoltées à l'aide d'une micropipette (Fig. 15) afin d'être montées entre lame et lamelle et observées au microscope.



Figure 16 : Observation à la loupe binoculaire d'une fraction de chaque flacon (**Boussaha , Oubetroune 2023**).

Des méthodes d'ADN ont été récemment utilisées pour identifier les champignons MA dans les sols (**Clapp *et al*, 1995; Helgason *et al*, 1999**). Toutefois, les données obtenues par ce moyen ont été limitées en raison de la difficulté des techniques (**Sanders *et al*, 1996; Doubs *et Millner*, 1999; Lanfrano *et al*, 1999**). L'extraction des lipides et l'analyse des profils d'acides gras est une autre méthode prometteuse pour quantifier les champignons MA dans les sols (**Graham *et al*, 1995; Olsson, 1999**).

Pour identifier les différentes spores, nous avons utilisé le manuel de Schenck et Perez (1990) et le site de Blaszkowski(2006).

4-2 Préparation des lames

Le procédé employé est le suivant:

1. Deux petites gouttes de Melzer (Annexe 3) sont placées sur la surface d'une lame propre de microscope, en prenant soin de réserver un espace sur une extrémité pour une étiquette de marquage. Le réactif de Melzer montre les réactions des composants de la paroi des spores et des couches intérieures de germination des champignons à arbuscules.
2. Environ 10-20 spores sont ajoutées à chaque goutte, selon la taille des spores. On les laisse pendant 3-5 minutes afin que le montage (melzer + spore) devienne plus visqueux avant de placer une lamelle.
3. Les spores sont écrasées en appliquant une pression modérée sur la lamelle avec l'extrémité d'un crayon sous le microscope photonique.

Chapitre 02 : Matériels et Méthodes

4. Les lames sont placées dans un incubateur à 60°C pour 12-24 h pour essuyer l'excédent du milieu et des bulles d'air. De plus, le chauffage diminue l'espace entre la lame et la lamelle et facilite, de ce fait, la prise des photos des structures sous-cellulaires des spores montées.

4-3 Description des spores

4-3-1 Morphologie générale

4-3-1-1 Forme de la spore

La forme de la spore peut être sphérique, subsphérique, ronde, ovale, obovale, etc.

4-3-1-2 Détermination de la couleur

La couleur des spores les plus claires et des spores les plus foncées est donnée sous la forme d'une formule exprimée en pourcentage de Cyan, Magenta, Jaune et Noir suivant le code de couleur défini par INVAM.

Formule = % Cyan / Magenta / yellow / Black

4-3-1-3 Taille de la spore

Le diamètre des spores est estimé au microscope optique à l'aide d'un micromètre oculaire.

Afin d'obtenir une bonne estimation de la taille de la spore, il est préférable de choisir, suivant la taille de la spore, le plus fort grossissement permettant de mesurer, en une fois son diamètre.

Le calibrage du micromètre est donné dans **le tableau 3**.

Ces mesures permettent d'observer les valeurs minimum et maximum et de calculer une valeur moyenne de la taille des spores d'une espèce. Le nombre de mesures effectuées ainsi que le nombre de spores par classe de diamètre sont généralement mentionnés.

Exemple: à l'objectif 10, nous avons constaté que le diamètre de la spore comprends 9 graduations de 10 µm chacune ce qui correspond à $9 \times 10 = 90 \mu\text{m}$

Chapitre 02 : Matériels et Méthodes

Objectif	04	10	20	40	100
graduation = x μm	22	10	06	04	1

Tableau 03: Correspondance entre la lecture à l'objectif (nombre de graduations) et la dimension réelle de l'objet mesuré

4-3-1-4 Particularités remarquables

Des particularités morphologiques permettent, dans bien des cas, de déterminer les genres *Glomus*, *Simiglomus*, *Claroideoglomus*, *diversispora*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Sclerocystis*, *Scutellospora*, *Fusutata*, *Racocetra*, *Paraglomus*, *Archaeospora*, *Ambispora*, *Paraglomus*.

Ces particularités sont :

- Présence d'un hyphe suspenseur pour le genre *Glomus*.
- Présence de cellule sporogène bulbiforme avec ou sans prolongement hyphal pour les genres *Gigaspora* et *Scutellospora*.

Ces caractères sont très importants dans la taxonomie des glomales et permettent de séparer les différents genres qui composent ce principal ordre des champignons mycorhiziens arbusculaires.



Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Résultats et Discussion

1. La mycorhization naturelle de la fève dans la station d'étude

L'examen microscopique des racines de la fève prélevées du site d'El kala au cours de l'année 2023, pendant la saison de culture révèle une forte colonisation par les champignons MA.

La colonisation se manifeste par différentes structures, à savoir l'existence de spore sphérique extracellulaire (**fig17. 1**)

La colonisation des racines par les CMA s'est surtout manifestée par la présence de mycélium (**fig 17.2**).

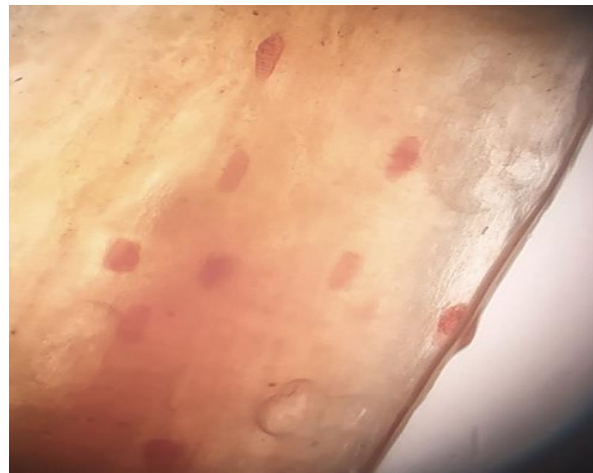
Le cortex racinaire est envahi par de nombreuses vésicules intracellulaires de taille et de forme variables (**fig.17, 3**) qui fonctionnent comme des organes de stockage et /ou de propagules qui peuvent être structurellement et fonctionnellement similaires aux spores des champignons MA dans le sol.



1-Spores sphériques
extracellulaire Gx100



2- Mycélium Gx100



3- Vésicules intracellulaires
Gx100

Figure 17: Différentes formes de colonisation MA chez la fève
(Oubetroune et Boussaha, 2023).

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

2. Diversité sporale :

Pour évaluer la diversité des spores fongiques de la rhizosphère de la fève , il nous était nécessaire et indispensable d'extraire et d'essayer d'identifier des spores rencontrées dans le sol de la station d'étude. Comme l'affirment **Brundrett et Abbott (2002)**, la plupart de nos connaissances sur les populations de champignons proviennent des observations des spores, celle-ci étant relativement faciles à séparer du sol, elles sont utilisées pour identifier les espèces fongiques (**Brundrett et Abbott, 2002**).

Les différentes spores de CMA ont été extraites grâce à la méthode de tamisage humide. Après cela, nous avons employé le manuel de **Schenck et Perez (1990)** et le site web (**Blaszkowski, 2006**) pour tenter de les identifier. L'identification morphologique des spores reste toujours délicate et crée de grands problèmes taxonomiques. Elle nécessite aussi des moyens d'observation microscopique de plus en plus perfectionnées. C'est pourquoi nous avons été contraints de nous arrêter au rang du genre.

L'observation des différents tamisats du sol a permis de déceler une abondance et une diversité sporale notable pour un sol inondé comme celui d'El kala

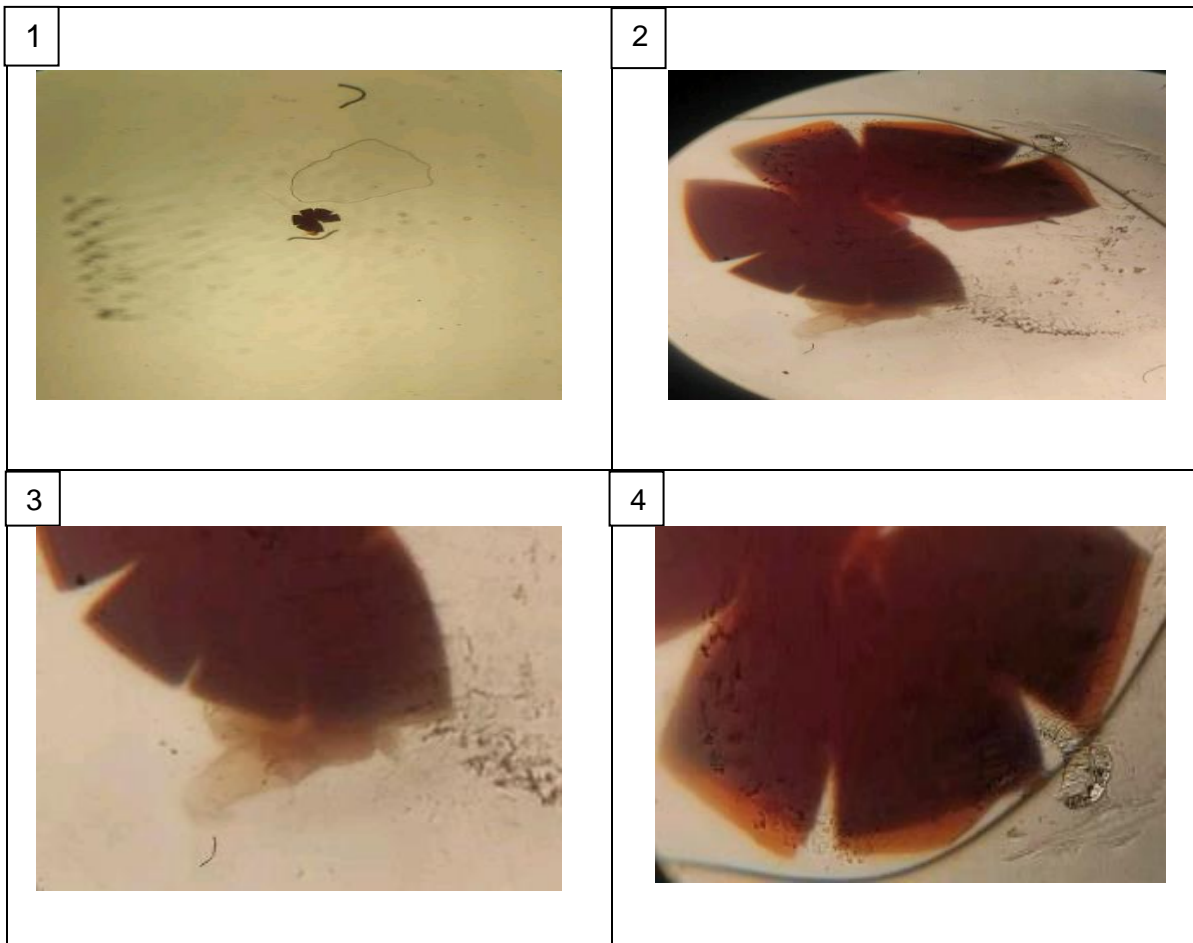


Figure 18 : Présentation du morphotype le plus abondant (*Glomus mosseae*)

- 1-Spore entière Gx100
- 2- Spore entière Gx400
- 3- Hyphe d'attache Gx400
- 4-Paroi de la spore Gx400

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Spore de forme **sphérique à subsphérique, de 100 à 110 µm de diamètre, de couleur**

10% Bleu / 80% Mauve / 7% jaune / 3% noir dont la paroi présentant trois couches qui ne réagissent pas avec le réactif de Melzer.

L'hyphe suspenseur **en** forme allongé avec une queue en forme de faucille et cloisonné, de couleur mauve incrusté de bleu et de jaune. Sa paroi formée d'une à trois couches est continue.

D'après la description de **Schenck et Perez (1986)** et celle de **Blaszkowski (2006)**, nous estimons qu'il s'agit de *Glomus mosseae*.

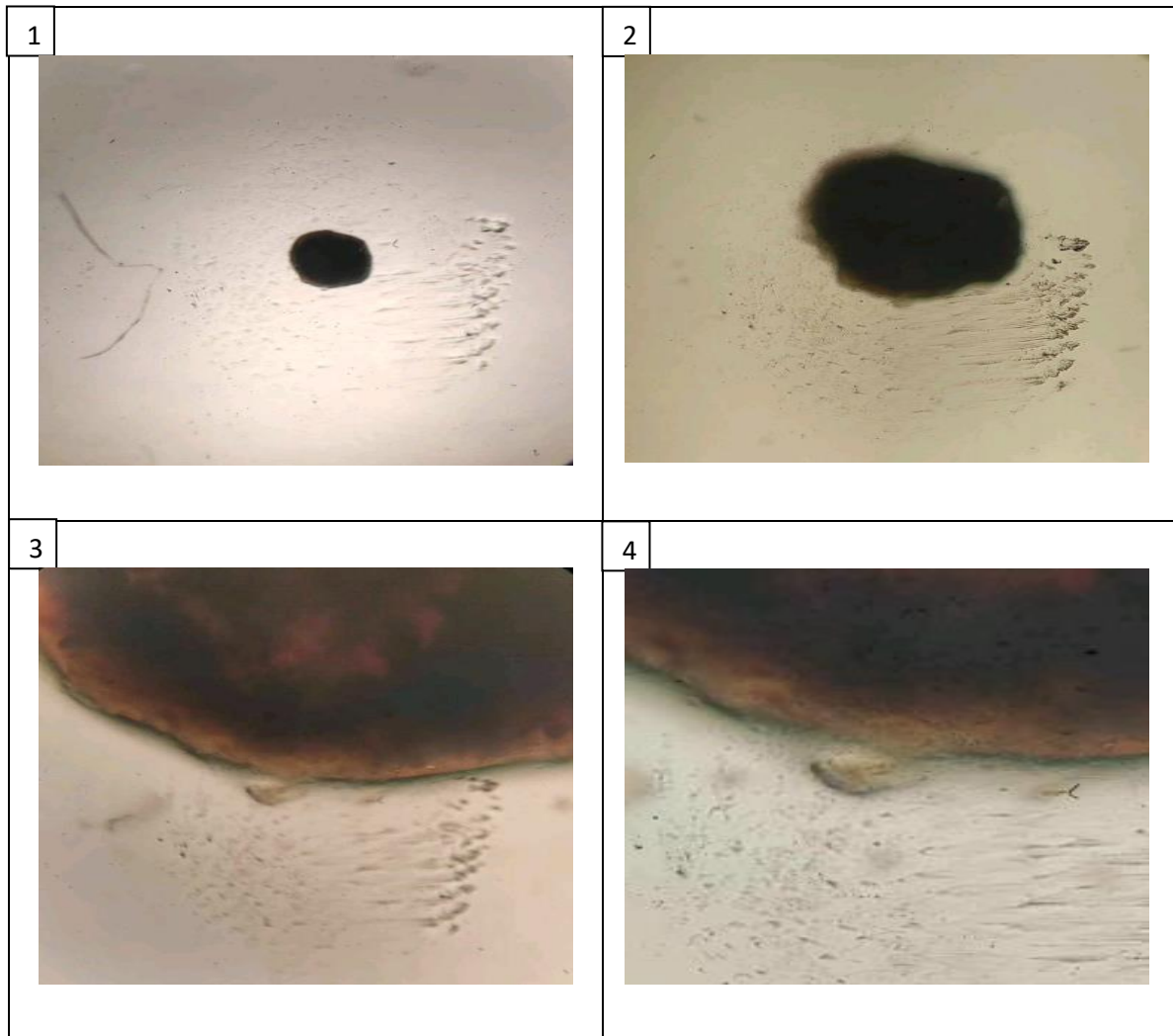


Figure 19 : Présentation du morphotype 2.

1: spore entière Gx100.
2: spore entière Gx400.
3: hyphe d'attache Gx400.
4: paroi de la spore Gx400.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Spore de forme sphérique, de 110µm de diamètre, de couleur 15% Bleu /15 % Mauve /10% Jaune / 60% Noir dont la paroi présentant trois couches réagissant au **Melzer**.

L'hyphe suspenseur en forme mamelon, de couleur jaune incrusté de noir et mauve. Sa paroi formée d'une couche discontinue.

Vu la difficulté rencontrés dans l'identification de cette espèce appartenant au genre *Glomus*. Nous la nommons *Glomus sp1*.

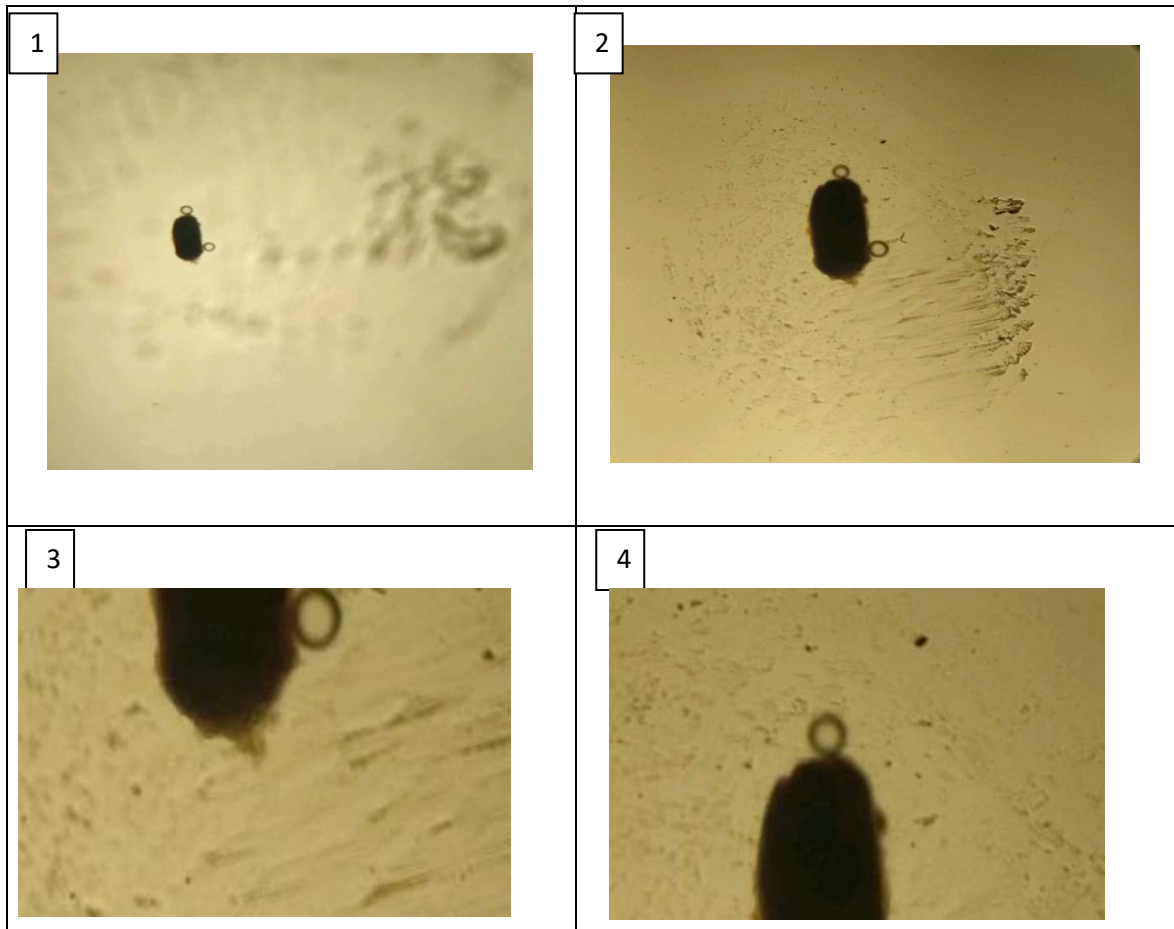


Figure 20 : Présentation du morphotype 3.

1: spore entière Gx100.
2: spore entière Gx400.
3: hyphe d'attache Gx400.
4: paroi de la spore Gx400

Spore de forme ovoïde, de 120 μ m de diamètre, de couleur 5% Bleu / 45% Mauve / 00 % jaune / 50 % Noir dont la paroi présentant trois couches réagissant au **Melzer**.

L'hyphe suspenseur en forme irrégulière, de couleur jaune, mauve et bleu. Sa paroi formée de deux couches continues.

D'après la description de **Schenck et Perez (1986)** et celle de Blaszkowski (2006), nous estimons qu'il s'agirait de *Glomus aggregatum*.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

3. Discussion générale

La colonisation MA est importante sous le climat d'El kala (climat humide). Selon la littérature, la sécheresse, ou l'aridité de façon générale, a un effet négatif sur le développement des mycorhizes. En effet, même si la sécheresse n'empêche pas complètement la croissance des mycorhizes, toutefois, elle provoque un taux plus élevé de la dormance des racines et un taux d'allongement réduit des racines-mères (**Feilet *al*, 1988**). Il est noté qu'une même plante développe plus de racines sous un climat humide que sous un climat aride (**Feil *et al*, 1988; Madhava Rao, 2006**). Les racines plus développées auront donc plus de chance de rencontrer les spores fongiques des MA présentes dans le sol d'où une colonisation plus importante (**Zangaroetal, 2013**).

Il est à noter que l'observation des arbuscules est en général assez délicate avec nos moyens d'observation. En effet, ces structures étant éphémères nécessitent un matériel de microscopie plus performant pour les distinguer correctement, ce qui suggère une sous estimation dans notre cas.

Il y a une association entre les concentrations de phosphate assimilable du sol et l'intensité de la colonisation mycorhizienne chez les plantes cultivées. Les niveaux élevés de phosphore dans le sol empêchent certains champignons MA de fournir des avantages substantiel pour les plantes hôtes et peuvent influencer sur la répartition de ces champignons (**Juniper *et Abbott*, 1993**). Selon **Mohammad *et al*. (2003)**, le nombre de spores est négativement corrélé avec les taux de phosphore dans le sol.

Les plantes mycorhizées montrent que plus forte concentration de phosphore dans leurs tissus que les plantes non mycorhizées ce qui augmente leur croissance (**Lopez-Sanchez *etal*, 1992**). L'ajout d'engrais phosphatés diminue le taux de colonisation endomycorhizienne (**Jakobsen, 1986 ; Fraga-Beddiar *et le Tacon*, 1990**). Dans les champs cultivés, le nombre de spores semblent atteindre un maximum dans des conditions où les applications de phosphates nécessaires pour la croissance maximale de plantes se font le moins. Cette relation est probablement corrélée avec les effets du phosphate sur les longueurs de racines colonisées (**Porter *etal*, 1978**).

La propagation de la colonisation à de nouvelles racines, la dispersion à longue portée et la persistance de champignons mycorhiziens dans les écosystèmes, sont dépendantes de la

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

formation de propagules qui sont résistantes aux conditions du sol et aux conditions environnementales. Ces propagules de champignons MA comprennent des spores asexuées formées dans le sol, des fragments de racines contenant des hyphes et des vésicules (structures de stockage) et des hyphes du sol (**Brundrett et Abbott, 2002**).

En réalité, plusieurs facteurs peuvent influencer sur l'estimation du nombre de propagules de CMA à savoir ; les conditions de l'expérience, la température et le temps de récolte qui peuvent changer le résultat en raison de leurs effets sur la croissance des racines et des propagules, et donc sur leur interception (**Wilson et Trinick, 1998**).

Les plantes ont normalement plus d'un champignon MA simultanément présents dans leurs racines (**Abbott et Robson, 1978 ; Abbott et Robson, 1981; Merryweather et Fitter, 1998a**). Des preuves indirectes montrent que différents champignons ont des rôles différents dans les sols (**Merryweather et Fitter, 1998b**).



Conclusion

Conclusions

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objectif majeur de notre travail est de rechercher des champignons mycorhiziens arbusculaires chez la fève dans la station d'El kala située dans le nord est algérien.

Au terme de cette étude, il nous est permis d'évoquer les principaux résultats auxquels nous sommes parvenus fongique.

Notre travail nous a permis de mettre en évidence les aspects biologiques et écologiques qui entourent la symbiose endomycorhizienne (à vésicules et arbuscules) chez la fève (*Vicia faba*(L)) dans la station d'étude.

Sur un plan qualitatif, l'utilisation de la méthode de tamisage humide a permis de mettre en évidence une biodiversité relative en champignons endomycorhizogènes dans le sol de notre station. Nous avons pu distinguer la présence d'un seul genre, à savoir le genre *glomus*.

Vu les difficultés et les incertitudes rencontrées dans la détermination des espèces, nous n'avons pas pu en faire l'identification. Nous avons arrêté au rang genre.

Nous avons démontré aussi que les racines prélevées de notre station d'études été colorisées par les endomycorhizes à vésicules et à arbuscules.

Pour cela, les conditions obligatoires suivantes s'imposent :

La caractérisation (identification) de souches performantes de champignons pouvant infecter un large éventail de cultures.

Leur sélection et leur production à une grande échelle en vue de leur mise à disposition des agriculteurs.

La sensibilisation du monde agricole par l'importance des champignons mycorhiziens dans l'accroissement des rendements (et par conséquent de la production), la diminution de l'utilisation et du cout des intrants (engrais et pesticides), l'amélioration de la qualité des produits ainsi que la préservation de l'environnement par un développement durable ou les produits chimique seront faiblement utilisée.

Conclusions

En conclusion la fève est une culture un peu négligée dans la région par les cultivateurs malgré que la plante entière présente à la fois des intérêts agronomiques et alimentaires.

Cependant, elle fait partie du terroir de la Wilaya. Il est donc suggéré d'inciter les producteurs à restituer au sol la partie souterraine de la plante pour assurer le réapprovisionnement du sol en éléments minéraux et organiques.



Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

A

Andrade, G., Mihara, K.L., Linderman, R.G. & Bethlenfalvai, G.J. (1998). Soil aggregation status and rhizobacteria in the mycorrhizosphere. *Plant & Soil*, 202: 89-96.

Auge, R.M. (2001). Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, 11: 3-42.

Andrade, G., Mihara, K.L., Linderman, R.G. & Bethlenfalvai, G.J. (1998). Soil aggregation status and rhizobacteria in the mycorrhizosphere. *Plant & Soil*, 202: 89-96.

Auge, R.M. (2001). Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, 11: 3-42.

B

Barea, J.M. & Honrubia, M. (1993). Micorrizas y revegetación. *Ecosistemas*, 4: 46-47.

Barea, J.M. & Jeffries, P. (1995). Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil plant systems. En: Varma A., Hock B. (eds) *Mycorrhiza: Structure, function, molecular biology and biotechnology*. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 521-559.

C

Cardoso, I.M. & Kuyper, T.M. (2006). Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 116: 72-84.

Caris, C., Hördt, W., Hawkins, H.-J., Römheld, V. & George, E. (1998). Studies of iron transport by arbuscular mycorrhizal hyphae from soil to peanut and sorghum plants. *Mycorrhiza* 8: 35-39.

D

Douds, D.D. Jr, Nagahashi, G., Pfeffer, P.E., Kayser, W.M. & Reider, C. (2005). On-farm production and utilization of arbuscular mycorrhizal fungus inoculum. *Canadian Journal of Plant Science*, 85: 15-21.

Ducousso, M. & Thoen, D. (1991). Les types mycorrhiziens des Acaciaeae. in : *Physiologie*

Références Bibliographiques

Fève/féverole - Agrichem Algérie, Votre partenaire agricole ; agrichem.dz

H

https://fr.wikipedia.org/wiki/El_Kala

L

Labat J.N.1996. Biogéographie, endémisme et origine des légumineuses papilionacées de Madagascar : 95-108p.

Lafon J.P., Tharaud-Prayer C., Levy G., 1996. Biologie des plantes cultivées (Tome 1). Ed. Tec. Et Doc, France : 138-140p

Laumonier R., 1979 : Cultures légumières et maraichères, Tome 3.Ed. J.B. BAILLIZRE, 276p.

Lazrek-Ben Friha F., 2008. Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin. Thèse de doctorat. Sciences biologiques. Université de Toulouse. 255p.

Lazkrek F., Huguet T. et Aouani M.E., 2002. Réponse au stress salin de lignées Tunisiennes de *Medicago Truncatula*. Actes du Symposium Franco Maghrébin : Application Biotechnologique de la fixation d'azote, Hammamet Tunisie, 15-18p.

Leake J., Johnson D., Muckle G., Boddy L., et Read D., 2004. Networks of power and influence : the role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning. *Canadian Journal of Botany*, 82 : 1016-1045p.

Linderman R.C., 2000. Effects of mycorrhizas on plant tolerance to diseases. *Arbuscular mycorrhizas : physiology and function*, 345-365p.

M

Maatougui M.E.H., 1996.situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance, in réhabilitation of faba bean. Ed. actes, Rabat (Maroc) 202p.

Maoui R., Say B., El Hadj B., Frikh A. et Girard C., 1990. La culture de la féverole en Tunisie. Ed. I.N.R.A.T, O.N.H, AGROPOL. Et I.T.C.F. 16p.

Références Bibliographiques

Marschner P., Crowley D., et Yang C.H., 2004. Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plant species, nutrition and soil type. *Plant soil*, 261 : 199-208p.

Mathon C.C., 1985. Liste des plantes utiles avec indication de leur aire probable de primo domestication. Faculté des sciences de l'université de poitier. 17p.

Merryweather J., Fitter A., 1998. The arbuscular mycorrhizal fungi of Huacynthoides nonscripta. *New phytologist* 138 : 131-142p.

Meskine M., Bouznad Z., Allagui M.B., et Aziri H., 2002. La Rouille des fèves dans le Maghreb : incidence de la Maladie et Sources de Résistance. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE-REMALA « Le devenir des légumineuses Alimentaires dans le Maghreb » Hammament, Tunisie, 100p.

Mezani S., 2011. Bioécologie du bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh.

(Coleoptera : Bruchidae) dans des parcelles de variétés de fèves différentes et de féverole dans la région de Tizi-Rached (Tizi Ouzou). 08p.

Miller A., Gramer M.D., 2005. Root nitrogen acquisition and assimilation, plant and soil (volume 274), 1-36p.

Myrold D.D., and Bottomley P.J. 2008. Nitrogen mineralization and immobilization, in Raun W., and Schepers J.S. nitrogen in agricultural soils ASA, Madison, WI. 157- 172p.

N

Neumann E., George E., 2004. Colonization with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd) enhanced phosphorus uptake from dry soil in *Sorghum bicolor* L. , *plant and soil* (volume 261), 245-255p.

P

Peterson R.L., Farquhar H.L., 1994. Integrated development between root and fungi. *Mycol.*, 86 : 311-326p.

Piotrowski J.S., Denish T., Klironomos J.N., Graham J.M., Rilling M. C., 2004. The effects of arbuscular mycorrhizas on soil aggregation depend the interaction between plant and fungal species, *New Phytologist* (volume 164) 365-373p.

Références Bibliographiques

Planquaert P.H. et Girard G., 1987. La féverole d'hiver, Revue, I.T.C.F 3ème Trim :32p.

Plassard C., Scgeromm P., Mousain D. et Salsac L, 1991. Assimilation of mineral nitrogen and ion balance in the two partners of ectomycorrhizal symbiosis : data hypothesis. *Experientia*, 47 : 341-349p.

Porcel R., Aroca R., Cano C., Bago A., Ruiz-Lozano J.M., 2006. Identification of a gene from the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* encoding for a 14-3-3 protein that is up-regulated by drought stress during the AM symbiosis. *Microb. Ecol.* 53 : 575-582p.

Provorov N. A., Borisov A.Y., Tkhonovich I.A., 2002. Developmental genetics and evolution of symbiotic structures in nitrogen-fixing nodules and arbuscular mycorrhiza. *J Theor Biol*, 214 : 215-232p.

PV.F., 2007. Taxonomic issues (chapitre 1). In : VAN EMDEN H.F.,

HARRINGTONR. (Eds), *Aphids as Crps Pests*. CABI International, U.K. 968-1003p.

R

Rachef S.A., Ouamer F. et Ouffroukh., 2005. Inventaire des ravageurs de la fève en Algérie (identification et caractérisation). *I.N.R.A.*, 16 : 36-41p.

Rasayanagam S. et Jeffries P., 1992. Production of acid is responsible of antibiosis by some ectomycorrhizal fungi. *Mycol.Res*, 96 : 971-76p.

Redecker D., 2002. *Plaeoglonius grayi* from the Ordovician, *Mycotaxon* (volume 84), 33-37p.

Rilling M.C., Steinberg P.D., 2002. Glomaline production by an arbuscular

mycorrhizal fungus : a mechanism of modification, *Soil Biol Biochem*, 34 : 1371- 1374p.

Russell J., Bulman S., 2005., the liverwort *Marchantia foliacea* forms a special-ized symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungi in the genus *Glomus*, *New Phytol* (volume 165), issue 2, 567-576p.

Références Bibliographiques

S

Saddiki M., and Lazrak W., 1998. La féve et la féverole : fiche technique. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (eds). 31p.

Schussler A., 2006. Glomeromycota spesies list,

« <http://www.tu-darmstadt.de/fb/bio/bot/schuessler/amphylo/-species.html> » (18.5.6).7

Schwarzott D., et Schubler A., 2001. A simple and reliable method for SSU rRNA gene DNA extraction, amplification and cloning AM fungal spores. *Mycorrhiza*,10 : 203-207p.

Shaw L.J., Morris P., Hooker J.E., 2006. Perception and modification of plant flavonoid signals by rhizosphere microorganisms. *Environmental Microbiology* 8 : 1867-1880p.

Smith S.E. et Read D.j. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, San Diego, 607p.

Sprent J.I. 1995. Legume trees and shrubs in the tropics : N₂ fixation in perspective. *Soil Biol. Biochem* 27 : 401-407p.

Stoddard F.L., Nicholas A.S., Rubiales D., Tommas J. et Villegas-fernandez AM., 2010. Integrated pest management in faba bean. *Field Crops Research* 11, 308-318p.

T

Taylor D.J., Green N.P.O., 1997. *Biological science*. Super Editor. Cambridge University Press : 218-220p.

Tedersoo, L., Nara., K, 2010. General latitudinal gradient of biodiversity is reversed in ectomycorrhizal fungi. *New phytologist*, 185 : 351-354.

Thomas F., 2008. La féverole confirme son intérêt. *Technique culturales simplifiées* N° 48. 4ème édition. 102p.

Thomas L., Mallesha B.C. et Bagyraj D.J., 1994. Biological control of damping-off cardamom by the VA mycorrhizal fungus, *Glomus fasciculatum*. *Microbiol. Res* 149 :413-417p.

Références Bibliographiques

U

Usha K., Mathew R., Singh B., 2005. Effect of three species of arbuscular mycorrhiza on bud sprout and ripening in grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Perlette, biological agriculture and horticulture (volume 23), 73-83p.

V

Voets L., I.E. de la Providencia and Declerck S., 2006. Glomeraceae and Gigasporaceae differ in their ability to form hyphal networks. *New Phytologist*, 172 : 185-188p.

W

Wang B., Qiu Y-L, 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mucorhizas in land plants. *Mycorrhiza*, 16, 299-363p.

Wang GM., Strbley DP., Tinker P.B., Walker C 1993. Effects of ph on arbuscularmycorrhiza. Field observations on the long-term liming experiments at Roothmsted And Woburn. *New phytologist* 124 : 465-472p.

Weeden N., youang N.D., 2005. Legumes as a model plant Family. Genomics for food and feed report of the cross-legume advances through genomics conference. *Plant Physiology* 137 : 1228-1235p.

Z

Zaghouane O., 1991. The situation of faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. Options méditerranéennes. Present statut and future perspects of faba bean production, I.C.A.R.D.A. serie A, N° 10 : 123-125p.

Zaghouane O., Adjout N., Bouchata K., Buhaouchine L., et scan N., 2000. La Réhabilitation et le développement des légumineuses alimentaires dans le cadre du plan national de développement agricole. *Céréaliculture*, N° 34, 61-67P.

Zangaro W., Vergal L., Boshi de Souza P., Almeida R., Azevedo L.E., Lirio AB., Nogueira MA., Carrenho R, 2013. Root colonisation and spore abundance of mycorrhizal fungi in distinct successional stages from an Atlantic rainforest biome in southern Brazil. *Mycorrhiza* 23 : 221-233.