



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 mycoriziens arbusculaires
chez la fève dans la station de Bougous au niveau de la Wilaya
d'El Tarf (Nord-Est Algérien)**

Présenté Par : Boucetta Feriel

Hadef Samia

Devant le jury composé de :

Dr. Bouzata Chouhaira	MCB	Présidente	UCBET
Mme. Gerib Imen	MAA	Examinatrice	UCBET
Dr. Touil Wided	MCB	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2021 - 2022

Remerciement

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 lequel 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 Bouzata chouhaira** et **Mme Gherib Imene** pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette recherche.

Nous présentons également notre gratitude à tous les professeurs, chefs de travaux et assistants de l'université d'El tarf 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.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma chère mère ; Roukaya

A mon père ; Rabeh

C'est avec respect et gratitude que je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et ma sympathie à :

Mes sœurs : chadia, karima, warda et radia ;

Mon frère : khaled ;

Mes cousins et mes cousines ;

A tous mes proches de la famille HadeF ;

A tous mes chères amies sans exception et mes collègues de la promotion de biotechnologie et valorisation des plantes ;

Et à tous qui enseigné moi au long de ma vie scolaire

samia

Dédicaces

*Avec l'aide de Dieu le tout puissant qui m'a éclairé les chemins du savoir,
j 'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie à Mes très cher parents ,
avec tout mon amour , ma tendresse et mon estime,
je n 'arriverai jamais à leur rendre ce qu'ils ont fait pour moi Que Dieu vous protège.
A mes frères Chams Eddine et Zin Eddine, et ma sœur Zineb ,
pour tout l 'amour qu 'ils m'apportent et leur soutien .
A toute la famille :Boucetta et Medellel
A toutes mes amies pour leurs encouragements.
A mon encadreur Mme Touil Wided . a qui m' a dirigé dans ce laboeur .*

Feriel

LISTE DE FIGURE

Figure	Titre	Page
Figure n°01	variétés de la fève présentes en Algérie (Mezani, 2011)	09
Figure n°02	Principaux type mycorhiziens représentés sur une coupe transversale de racine D'après de Le Tacon	16
Figure n°03	Aspect du manteau fongique chez Les ectomycorhizes (Fortin et al ., 2008)	17
Figure n°04	Coupe transversal d une racine e (Ectomycorhizee montrant le reseau de Harting (Fortin et al ., 2008)	17
Figure n°05	Structure d' un arbuscule chez les endomycorhizes	18
Figure n°06	Aspect morphologique des vésicules chez les endomycorhizes (Hofnerel al ., 2013)	20
Figure n°07	Aspect morphologique d une spore de <i>Glomus sp .</i> (Brundrett ,2002)	21
Figure n°08	Localisation de la station de la zone d'étude (carte topographique, (Anatomie 2)	26
Figure n°09	Les différentes étapes de prélèvement et de préparation des échantillons racinaires	32
Figure n°10	Méthodes d'extraction des spores fongiques.	36
Figure n°11	Différentes formes de colonisation MA chez la fève	39
Figure n°12	Présentation du morphotype le plus abondant (<i>Glomus mosseae</i>)	41
Figure n°13	Présentation du morphotype 2.	42
Figure n°14	Présentation du morphotype 3.	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	page
Tableau n°01	Evaluation de la superficie et production de la fève en Algérie	10
Tableau n°02	La production mondiale de fève, campagne 2009/2020	11
Tableau n°03	Les principales maladies de la fève	14- 15
Tableau n°04	Echelle de la texture.	30
Tableau n°05	Correspondance entre la lecture à l'objectif (nombre de graduations) et la dimension réelle de l'objet mesuré.	35
Tableau n°06	Caractéristiques physico-chimiques des sols de la station d'étude	38

LISTE DES PHOTOS

Photo	Titre	page
Photo n°01	vue de la station d'étude.	26
Photo n°02	Piégeage des microsymbiotes la fève	27
Photo n°03	Les graines de la fève en prégermination.	27

LISTE D'ABREVIATIONS

% : Pourcentage

° : Degré

A : Argiles

ADN : Acide Désoxyribonucléique

AMP : Adénosine Monophosphate

ARN : Acide Ribonucléique

ATP : Adénosine Triphosphate

C° : Degré Celsius

Ca : Calcium

CaCo₃ : Le carbonate de calcium

CL : Chlore

CMA : champignon Mycorhizien à Arbuscule

Cm : Centimètre

G : Gramme

H : Heure

H : Humidité

K : Potassium

H₂O₂ : Peroxyde d 'hydrogène

Ha : Hectare

Kg : Kilogramme

KOH : Hydroxyde de potassium

L : litre

MA : Mycorhize à Arbuscule

Min : Minute

MI : Millilitre

N : Azote

N₂ : Azote gazeux

Na : sodium

P : Pluviométrie

P : Poids

P₂O₅ : Phosphore

qx : Quintaux

T° : Température

μm : Micromètre

V : Vent

Résumé

Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes proposés d'étudier la relation entre la féve (*Vicia faba*(L.)) et la symbiose mycorhizienne dans la station Bougous (W.d'El Tarf, Nord-est Algérien) en analysant le sol, en estimant la diversité des champignons mycorhiziennes.

Les résultats obtenus ont été les suivantes :

- Le sol est texture limoneuses-argileuses avec PH acides .
- La féve est mycorhisée et nodulee dans le sol de cette station .
- Les racines sont colonisées par les endomycorhizes à arbuscules et vésicules .

Mots clés : *Vicia faba*(L.) –Mycorhizes –Champignon –Symbiose –Bougous .

Abstract

As part of our study, we proposed to study the relationship between the bean (*Vicia faba* (L.)) and the mycorrhizal symbiosis in the Bougous station (W.d'El Tarf, Northeast Algeria) by analyzing the soil, by estimating the diversity of mycorrhizal fungi.

The results obtained were as follows:

The soil has a silty-clayey texture with acid pH.

- The broad bean is mycorrhizal and nodulated in the soil of this station.
- The roots are colonized by endomycorrhizae with arbuscules and vesicles.

Key words: *Vicia faba* (L.) – Mycorrhizae – Fungus – Symbiosis – Bougous.

تلخيص

اعتمدنا في هذا البحث على دراسة العلاقة بين نبات الفول و بعض الفطريات و هي علاقة تعايشية فقمنا بدراسة هذه العلاقة عن طريق تحليل التربة لمحطة بوقوس (الحضيرة الوطنية القالة –ولاية الطارف) و اعتمدنا في هذه الدراسة على تقدير التنوع الفطري .

فكانت النتائج كالتالي:

تتميز منطقة بوقوس بطبيعة تربة طينية مع درجة في الحموضة حيث تسمح هذه الأخيرة بتنوع الفطريات

كلمات مفتاحية

نبات الفول البلدي –بوقوس –فطر –تعايش –عدوى جذرية

TABLE DES MATIERERS

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des photos

Liste des abréviations

Résumé

Introduction	01
--------------------	----

Chapitre 01 : Partie bibliographique

LA Fève.....	03
1.1 Généralité sur les légumineuses.....	03
1.2 Aperçut sur les légumineuses.....	03
1.2.1 Les Papilionoideae.....	03
1.2.2 Les Caesalpinoideae.....	03
1.2.3 Les Mimosoideae.....	04
1.3 Origine et répartition géographique de la fève.....	04
1.4 Position systématique.....	04
1.5 Description botanique.....	05
1.6 Intérêt culturaux de la fève.....	05

1.6.1 Intérêt agronomique.....	05
1.6.2 Intérêt alimentaire.....	06
1.7 Culture de la fève.....	06
1.8 Entretien de la culture de fève.....	07
1.9 Les différentes variétés de la fève (<i>V.Faba</i>) présentes en Algérie (fig.1).....	08
1.10 Situation économique de la culture de la fève.....	09
1.10.1 En Algérie.....	09
1.10.2 Dans le Monde.....	10
1.11 Contraintes de la culture de fève.....	12
2. LES MYCORHIZES.....	15
2.1 Généralités.....	15
2.2 Les différents types de mycorhizes.....	16
2.2.1 Ectomycorhizes.....	17
2.2.2 Endomycorhizes.....	18
2.2.3 Genre <i>Glomus</i>	20
2.3 Rôle des mycorhizes.....	21

Partie expérimentale

Chapitre 02 : matériel et méthode

1. Présentation de la zone d'étude (Parc National D'El Kala).....	24
1.1 Situation géographique et administratives.....	24
1.2 Caractéristique de la région de Bougous.....	25
1.2.1 Situation géographique.....	25
1.2.2 Situation administrative.....	25
1.2.3 Relief.....	25

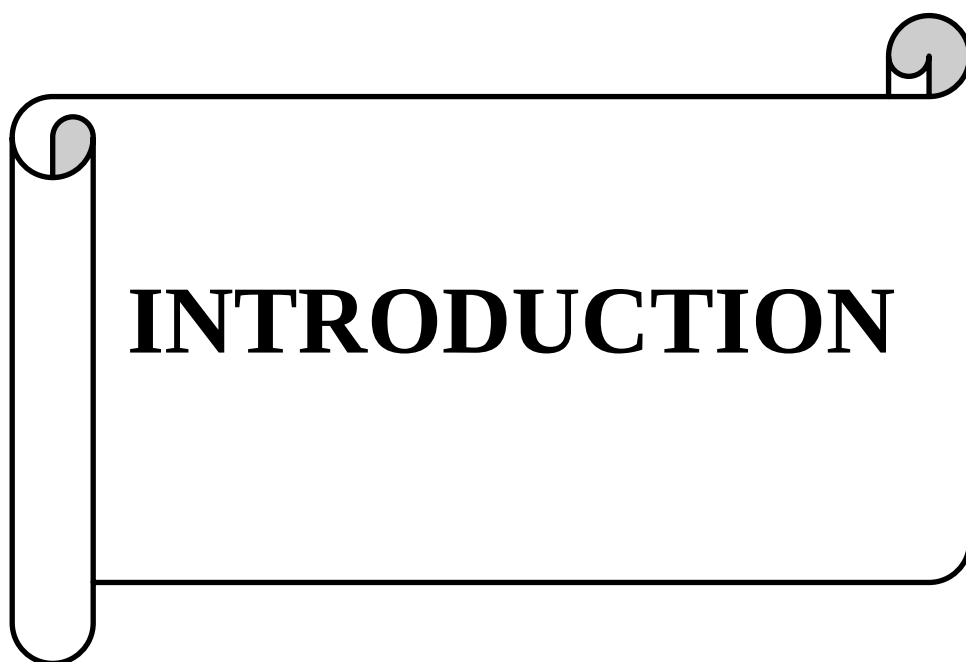
2. PRELEVEMENT DU SOL DE LA STATION D'ETUDE ET PIEGEAGE DES MICROORGANISMES SYMBIOTIQUES.....	27
3. ANALYSE DES PARAMETRES PHYSICO –CHIMIQUES DU SOL.....	28
4. MISE EN EVIDENCE DE LA COLONISATION DES RACINES DE LA FEVE ET DE LA FEVE PAR LES CMA.....	30
5. EVALUATION DE LA BIODIVERSITE ET DE L'ABONDANCE DES SPORES DE CMA PRESENTES DANS LE SOL D'ETUDE.....	33
5.1 Méthode d'extraction des spores fongiques.....	33
5.2 Préparation des lames.....	34
5.3 Description des spores.....	34

Chapitre 03 : résultats et discussion

Résultats

1. Analyse du sol	38
2. La mycorhization naturelle de la fève dans la station d'étude.....	38
3. Diversité sporale.....	40
Discussion générale.....	44
Conclusion.....	48

Références bibliographique



INTRODUCTION GENERALE

La rhizosphère est un processus dynamique résultant d'interactions entre la plante hôte, le sol, les microorganismes telluriques et différentes caractéristiques du milieu (climat, pratiques culturales, ...) attribuant à ce compartiment rhizosphérique des caractéristiques physico-chimiques et biologiques particulières (**Yang et Crowley, 2000 ; Wieland et al., 2001**).

A sein d'une rhizosphère, aucun organisme ne peut vivre de façon isolée et autonome. Il doit partager les ressources nutritives et énergétiques, s'accommoder des rejets métaboliques des autres colocataires et réagir voire se défendre des initiatives et attentions des voisins plus ou moins coopératifs ou parfois même hostile (**Tourte et al, 2005**). Parmi ces nombreuses interactions, la symbiose. Elle est une association de deux ou plusieurs organismes vivants profitables à chacun d'entre eux. Cet organisme peut être un mycorhize dans la symbiose mycorhizienne, une actinorhize dans la symbiose actinorhizienne ou un nodule dans la symbiose rhizobienne.

La symbiose mycorhizienne est une symbiose mutualiste à bénéfices réciproques entre la plante et le champignon. La plante apporte au champignon les produits issus de la photosynthèse (sucres) et reçoit en retour de l'eau et des éléments minéraux comme le phosphore, l'azote, le soufre ou le silicium. La symbiose mycorhizienne est considérée comme une composante majeure dans les relations que la plante entretient avec son milieu.

Dans le cadre de cette étude nous sommes essayés d'étudier l'inoculation des champignons mycorhiziens arbusculaires chez la fève dans la station de Bougous au niveau de la wilaya d'EL Tarf.

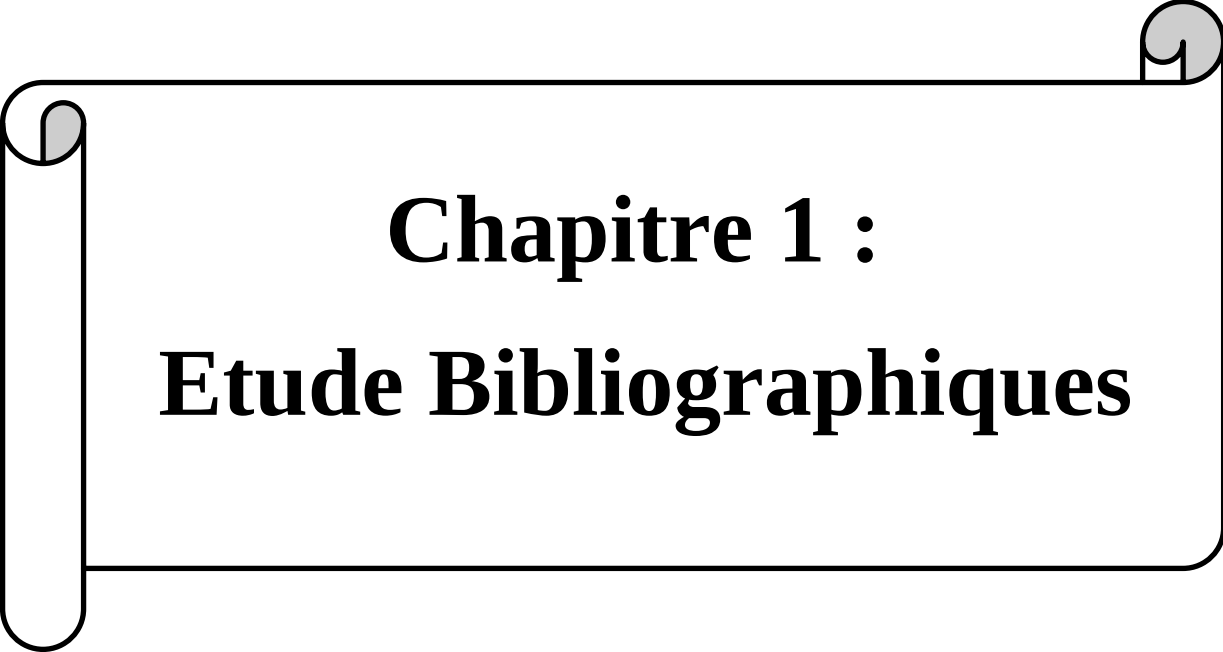
L'objectif de ce travail était d'analyser le sol de la station de Bougous, d'évaluer l'infection mycorhizienne et la diversité sporale au niveau de la rhizosphère de la fève et essayer d'inoculer les graines de fève par les champignons mycorhiziens.

A travers ce travail, nous présentons :

- Une première partie, bibliographique, englobant deux chapitres : chapitre 1 : la présentation de la plante *Vicia faba* (L.) et chapitre 2 : les mycorhizes.
- Une seconde partie, présentant matériels et méthodes, traitant la zone et le site d'étude, ainsi que la méthodologie de travail.

- Une troisième partie, est consacrée à la présentation des résultats obtenus avec leurs discussions.
- Une dernière partie, présentant la conclusion et les perspectives.

.



Chapitre 1 :

Etude Bibliographiques

1. LA FEVE

1.1 Généralité sur les légumineuses

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**).

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 d'origine moyenne-orientale, *Vicia faba* (L.) est une plante annuelle, de la famille des Fabacées autrefois appelées légumineuses. Sa culture remonte à la préhistoire: déjà connue des hommes néolithique la fève fait partie des premières plantes cultivées.

1.2 Aperçut sur les légumineuses

La famille est classiquement divisée en trois sous-familles : Papilionoideae, Caesalpinoideae et Mimosoideae, parfois considérées comme trois familles séparées. On les distingue le plus souvent par leurs fleurs. (**Sandrine, 2004**).

1.2.1 Les Papilionoideae

Consistent la plus large sous-famille (environ 2/3 des genres) et la plus répandue. Elle contient la plupart des espèces cultivées. La majorité des espèces sont herbacées. Leur fleur est irrégulière, composée de 5 pétales : un étendard, deux ailes et deux pétales partiellement fusionnés en un carène.

1.2.2 Les Caesalpinoideae

Sont majoritairement des arbres ou arbustes tropicaux ou subtropicaux. Leur fleur irrégulière possède 5 pétales non différenciés et des étamines visibles extérieurement.

1.2.3 Les Mimosoideae

Sont pour la plupart des arbres tropicaux. Leurs fleurs sont régulières, petites, groupées souvent sous forme de pompon. Les étamines sont les parties les plus visibles de la fleur.

1.3 Origine et répartition géographique de la fève

La fève (*Vicia faba*. L) 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 (probablement le Sud de la Mer Caspienne) 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, 1974**). Au cours du XVIème siècle, la culture de la fève a été introduite en Amérique par les Espagnols et vers la fin du XXème siècle, elle a réussi à atteindre l'Australie (**Cubero, 2011**).

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**).

1.4 Position systématique

Selon **DAJOZ(2000)**, rappelle la classification de la fève est classée comme suit :

Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétale
Série	Caliciflores
Ordre	Rosales
Famille	Fabacées

Sous familles	Papilionacées
Genre	Vicia
Espèce	<i>Vicia faba</i> (L.)

1.5 Description botanique

La fève est une espèce diploïde ($2n=12$ chromosomes) partiellement allogame **(Gnanasambandam et al., 2012)**. La fève est une plante herbacée annuelle, présentant une tige simple, dressée, creuse de section quadrangulaire, sans ramification se dressant à plus d'un mètre de haut.

Les feuilles stipulées, alternes, composées-pennées, sont constituées de 2 à 6 folioles, amples, ovales, d'un vert glauque ou grisâtre.

Les fleurs sont grandes de 2 à 3 cm de long, prennent naissance en position auxiliaire. Elles sont de type papilionacé, blanches maculées de noir ou de violet, formées en petites grappes **(Péron, 2006)**.

Les fruits sont des gousses de 25 à 30 cm de long, pendantes noircissant à maturité **(Zuang, 1991)**.

Les graines sont charnues, vertes et tendres à l'état immature. À maturité complète elles développent un tégument épais et coriace de couleur brun-rouge, à blanc verdâtre et prend une forme aplatie **(Chaux et Foury, 1994)**.

La racine comporte un pivot et des ramifications, surtout abondantes en surface. Les nodosités sont présentes dans les trente premiers centimètres **(Boyeldieu, 1991)**

1.6 Intérêt cultureux de la fève

vicia faba (L.) est d'une importance incontestable, elle a deux intérêts :

1.6.1 Intérêt agronomique

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

1.6.2 Intérêt alimentaire

La fève est l'une des légumineuses à graine utilisée pour la consommation humaine et animale. Elle constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faible revenu, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéine d'origine animale. **(Daoui, 2007).**

Selon Cordon (2004) cette légumineuse est une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucide complexes, de vitamines (B9-C) et de minéraux (en particulier le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer et le zinc) et elle a une teneur en protéine très élevée. **(Cordon, 2004).**

1.7 Culture de la fève

1.7.1 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 situent entre 6,5 et 8. Concernant la salinité, la DLS 50% se situe au voisinage de 9 mmhos/cm : des teneurs en sels sodiques de 25 à 35mg/100g de sel inhibent complètement la germination et la formation des nodules.

1.7.2 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 (cove crop), qui peut être suivi d'un hersage ou d'un roulage selon l'état du sol.

1.7.3 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.

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.

1.8 Entretien de la culture de fève

1.8.1 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 critiques 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.

1.8.2 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.

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.

1.8.3 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 optimaux. Il existe différentes techniques de lutte contre les mauvaises herbes :

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

1.9 Les différentes variétés de la fève (*V.faba*) présentes en Algérie (fig.1)

Il existe quatre variétés de fève, et la féverole en Algérie, qui sont :

1.9.1 La Séville

Variété précoce à gousses longues, renferment 5 à 6 grains volumineux (**fig.1. A**). Sa tige est d'une hauteur de 70 cm, se distinguant des autres variétés par la couleur de son feuillage, d'un vert assez franc (**Chaux et Foury, 1994**). Ses gousses présentent une largeur d'environ 3 cm et une longueur de 25 cm (**Laumonier, 1979**).

1.9.2 L'Aguadulce

Variété demi précoce, très répandue en culture, se caractérise par une végétation haute de 1,10 à 1,20 m et possède des gousses de couleur vert franc, volumineuse et très longue, pouvant atteindre 20 à 25 cm renfermant 7 à 9 graines (**fig 1 B**). Cette variété très productive (**Chaux et Foury, 1994**), elle est introduite avec la Séville d'Espagne (**Zaghoulane, 1991**).

1.9.3 La Muchaniel

Variété très précoce, elle a des gousses de couleur vert clair, de 20 cm de longueur en moyenne, renfermant 5 à 6 grains blancs (**fig 1 C**), elle est très productive (**Chaux et Foury, 1994**).

1.9.4 La féverole

Possède un système racinaire très repoussant et structurant, et de surcroît l'une des plus performantes, en matière de fixation de l'azote (**Thomas, 2008**). Les graines de féverole sont de forme ovale, plus ou, moins régulière et parfois rétrécie en leur milieu suivant les variétés, de couleur allant du brun au rouge foncé (**Fig. 1 D**). Selon Le breton et al. (**2009**), la féverole n'est pas sensible à l'Aphanomyces du pois, de plus les limaces sont très peu friandes de féverole, voir les repoussent et préfèrent les autres plantes, ce qui en fait une plante assez facile à installer et réussir (**Thomas, 2008**).



A : variété Séville, B : variété Aguadulce, C : variété Muchaniel

D : variété Féverole

Figure 01 : variétés de la fève présentes en Algérie (Mezani, 2011)

1.10 Situation économique de la culture de la fève

1.10.1 En Algérie

La nouvelle politique du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural vise à un développement économique du pays et se fixe comme objectif, la sécurité alimentaire, il concerne les productions végétales et le développement des légumes secs.

En Algérie la fève est semée en automne et fleuri entre février et avril, on rapporte qu'elle est cultivée sur l'ensemble des zones agro écologique d'Algérie, les plaines côtières, les plaines intérieures et les plateaux.

En raison de son exigence hydrique et thermique, 80% de la superficie de fève est cultivée dans les zones de plaines côtières et intérieures.

Les données statistiques agricoles sur la superficie et la production de la fève en Algérie pour la décennie 2009-2015 sont présentée dans le tableau suivant :

Tableau 01 : Evaluation de la superficie et production de la fève en Algérie

Compagne agricole	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2009/2010	27 782	366 252	8,93
2010/2011	27937	2 483 465	8,92
2011/2012	30 172	2 577 002	8,75
2012/2013	30 833	2 969 634	9,80
2013/2014	30 833	2 959 716	9,61
2014/2015	30 055	2 495 373	8,37

1.10.2 Dans le Monde

Les légumineuses sont d'une importance incontestable. Elles jouent deux rôles : dans l'amélioration de la fertilité du sol et dans l'alimentation humaine et du cheptel. Les légumineuses à graines permettent d'apporter au moins 33% des besoins humains en protéines alimentaires. Cette part est fournie essentiellement par les cultures du petit pois, l'haricot,

De pois chiche, de fève, ces dernières cultures sont d'une importance considérable dans les pays d'Asie, du Nord et du Nord-est de l'Afrique. Parmi les légumineuses, la fève, qui représente une production mondiale de 3 515 748 T. La Chine est le plus grand pays producteur avec 1 650 000 T pour la campagne 2009/2010, puis vient l'Ethiopie en deuxième position avec une production de 610 845 T. La France est classée en troisième position (FAO, 2011). (Tableau n°2).

Tableau 02 : La production mondiale de fève, campagne 2009/2020

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 arabe syrienne	37782
13	Algérie	36495
14	Côte d'Ivoire	1325

1.11 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 son résumées comme suit :

1.11.1 Contraintes abiotique

1.11.1.1 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).

1.11.1.2 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).

1.11.1.3 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 production de gousses et limite aussi la grosseur des graines (MAATOUGUI 1996 in MEZANI, 2011)

1.11.1.4 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).

1.11.2 Contraintes culturelles et socio-économiques

1.11.2.1 Les contraintes culturelles

Selon **ZAGHOUANE (1991)**, les contraintes sur la conduite culturale des fèves en Algérie se caractérisent par :

- ❖ L'insuffisance de contrôle des mauvaises herbes.
- ❖ L'indisponibilité de semences certifiées
- ❖ les semences cultivées sont souvent vectrices de plusieurs maladies.
- ❖ L'absence de mécanisation.
- ❖ Les prix exorbitant et l'indisponibilité des intrants, tel que : les fertilisants, les herbicides et pesticides.

1.11.2.2 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**).

1.11.3 Contraintes biotique

Les principales contraintes biotiques qui limitent la culture de la fève sont :

1.11.3.1 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.

1.11.3.2 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

1.11.3.3 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.

1.11.3.4 Maladies cryptogamique

Tableau n°3 : Les principales maladies de la fève

Maladies	Symptômes et dégâts	Recommandation
Anthraxnose	La maladie se manifeste par des tâches sur les feuilles, les gousses, et les tiges.	L'utilisation des semences indemnes est le meilleur moyen de lutte. Planter la fève une fois tous les 4 ans sur la même parcelle.
Botrytis	La maladie cause des tâches de couleur rouge-brun sur les feuilles, tiges et gousses. Ces tâches ou lésions peuvent causer une défoliation de la plante et	Choisir un champ présentant une aération adéquate, utiliser des peuplements adéquats, maîtriser les adventices et cultiver la fève tout les 4

	même sa mort. La maladie se manifeste plus sous des conditions humides, sur des sols humides, mal aérés, trop infestées par les adventices et présentant un fort peuplement.	ans sur la même parcelle
La rouille	Cette maladie se manifeste par des taches brunes à rougeâtres sur les feuilles, causant un dessèchement et la chute des feuilles.	
Mildiou	Jaunissement des plantes déformation des tiges et des pétioles, Apparition d'un feutrage blanchâtre sur la face inférieure de la feuille.	

2. LES MYCORHIZES

2.1 Généralités

Le mot symbiose fut utilisé pour la première fois par l'allemand Frank (1877) pour qualifier la coexistence d'organismes différents. Les symbioses mutualistes, où les partenaires activement d'un point de vue physiologique, écologique et reproductif (Harley, 1989) Furent pendant longtemps jugées peu importantes dans les processus écologiques (Lambers et al.2009) Il est actuellement admis que la symbiose mycorhizienne est une association obligatoire et à bénéfice réciproque entre une racine de plante et un champignon. Dès le

19ème siècle, les mycorhizes ont fait l'objet de descriptions et d'études de distribution de part le globe.

Les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) forment des associations mutualistes avec 80 % des familles de plantes terrestres (**Wang et Qui, 2006**) et ont une influence majeure sur la croissance, la diversité et la santé des végétaux.

2.2 Les différents types de mycorhizes

Cette symbiose prend différentes formes, appelées ectomycorhizes, endomycorhizes ou ectendomycorhizes, selon les caractères anatomiques de l'association (**Peyronel et al, 1969**), qui dépendent en fait directement des partenaires impliqués (**fig 2**). La classification des mycorhizes est basée donc sur le type de champignon associé, selon que celui-ci est asepté, C'est-à-dire zygomycète de l'ordre des Glomales, ou septé, comme les ascomycètes ou basidiomycètes (**Smith et Read, 1997**).

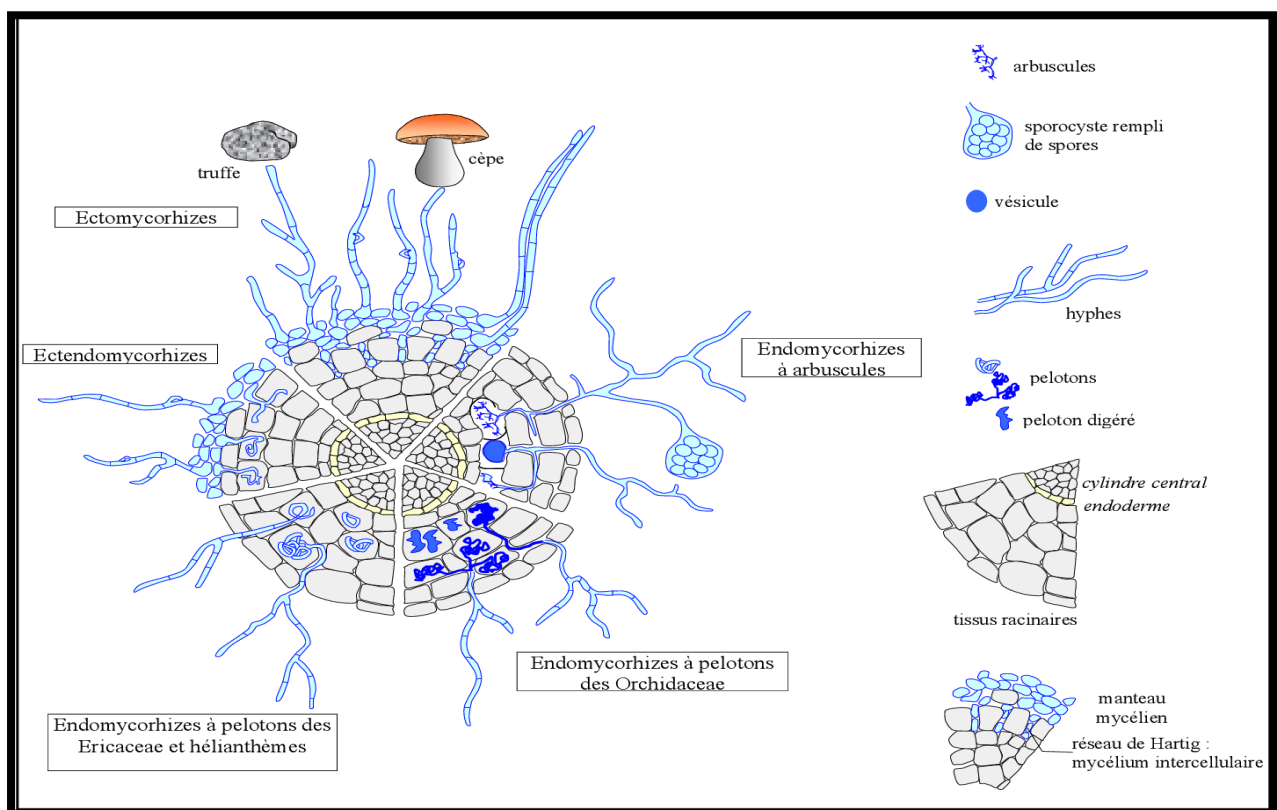


Figure 02 : Principaux type mycorhiziens représentés sur une coupe transversale de racine

D'après de **Le Tacon 2006**

2.2.1 Ectomycorhizes

Comme les ECM, les champignons ectendomycorhiziens forment un manchon fongique autour des racines et un réseau de Hartig intercellulaire mais en plus les hyphes pénètrent à l'intérieur des cellules.

Ces hyphes intracellulaires sont soit sous formes de pelotons (mycorhizes arbutoïdes) soit sous formes d'hyphes très courts (mycorhizes monotropoïdes).

Ces types de mycorhizes sont restreints à des genres de végétaux particuliers les ectendomycorhizes arbutoïdes se trouvent chez les genres *Arbutus* et *Arctostaphylos* de la famille des Éricacées et les ectendomycorhizes monotropoïdes colonisent les plantes nonchlorophylliennes des Monotropaceae.



Figure 03 : Aspect du manteau fongique chez Les ectomycorhizes (**Fortin et al ., 2008**)

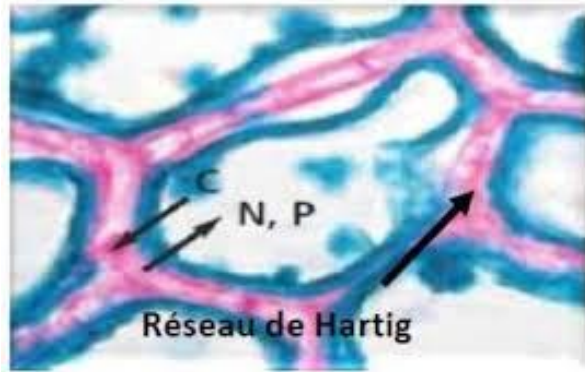


Figure 04 : Coupe transversal d'une racine ectomycorhizée montrant le réseau de Hartig

(**Fortin et al ., 2008**)

Les ectomycorhizes revêtent les racines latérales à structure primaire d'un manteau fongique, le mycélium ne se développe pas dans les cellules de l'hôte, mais plutôt vers l'extérieur des cellules. Les hyphes en s'accolant les uns aux autres forment un manchon autour des radicelles et pénètrent aussi dans la racine, mais en se confinant aux espaces intercellulaires, formant dans le cortex un système complexe portant le nom de Hartig,

chercheur qui l'a observé et décrit le premier. A partir de cet ancrage, le mycélium peut alors se développer et envahir le sol adjacent (**Fortin et al, 2008**).

2.2.2 Endomycorhizes

L'endomycorhize fut la première symbiose mycorhizienne avec les plantes. De fait, ce fut celle qui permit aux végétaux de sortir de l'eau il y a environ 400 millions d'années. Elle résulte de champignons microscopiques dont les hyphes ont la particularité de pénétrer dans les cellules de la racine de la plante. Contrairement aux ectomycorhizes, le champignon ne forme jamais de « chapeau » et les hyphes ne forment pas de manchon autour des racines.

Les hyphes forment plutôt une structure, appelée « arbuscule », à l'intérieur des cellules végétales (**fig. 5**). Cette association se retrouve principalement chez les plantes cultivées, mais aussi chez certains arbres forestiers dont l'if et l'érable à sucre ainsi que plusieurs petites plantes des sous-bois.

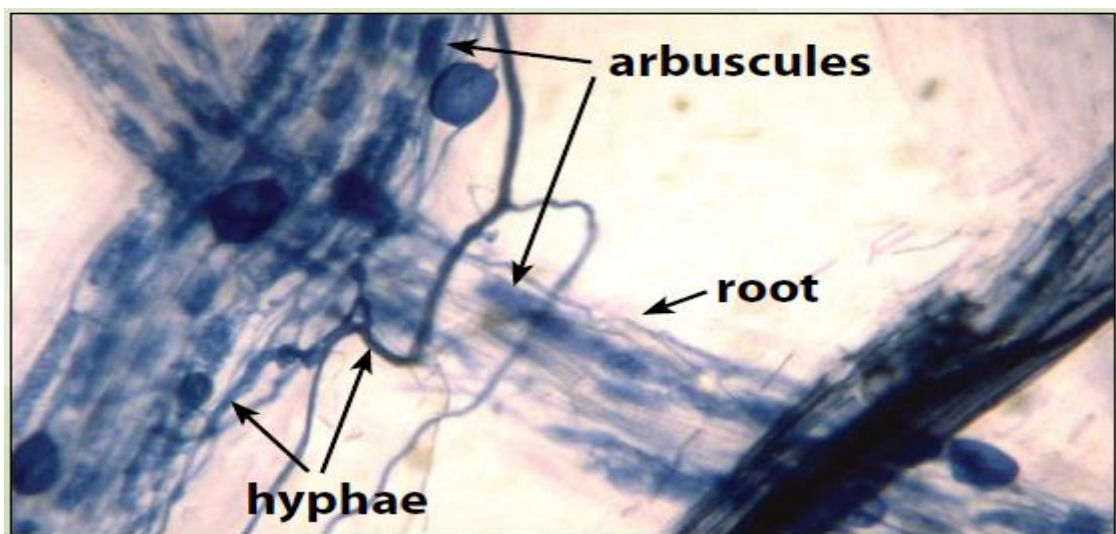


Figure 05 : Structure d'un arbuscule chez les endomycorhizes

Les endomycorhizes arbusculaires sont des microorganismes qui présentent pas de manteau fongique ni de modification morphologique. Le mycélium pénètre entre les cellules du cortex des racines ou franchit les parois de ces cellules en repoussant leur plasmalemme sans le traverser. Ces mycorhizes se caractérisent par la présence constante d'arbuscules intracellulaires qui sont un lieu d'échange entre la plante-hôte et le champignon. Le mycélium

intra matriciel est connecté avec un réseau d'hyphes externes dont le développement est souvent considérable (**Tisdall et Oades, 1979**)

Les endomycorhizes (ou mycorhizes internes) sont les formes les plus répandues. Ce sont des mycorhizes qui pénètrent à l'intérieur des racines pour mieux s'y associer. Il existe plusieurs types d'endomycorhizes :

- Les endomycorhizes à arbuscules ou arbusculaires (AM): c'est le cas le plus répandu. Les champignons mycorhiziens arbusculaires colonisent environ 80 % des plantes vasculaires terrestres, c'est-à-dire plus de 400 000 espèces. Il existe cependant moins de 200 espèces de champignons endomycorhiziens. Ces champignons ne sont donc pas très spécifiques dans leurs relations de symbiose (**Khasa et al., 1990**). Ils sont associés avec les plantes herbacées et ligneuses (aussi appelés mycorhizes à vésicules et arbuscules), tirent leur nom des structures formées à l'intérieur des cellules rappelant un petit arbre. Ils sont aussi uniques au point de vue génétique puisque leurs spores possèdent plusieurs noyaux génétiquement différents (**Matumoto-Pintro, 1996**).

- Les endomycorhizes à pelotons intracellulaires : les hyphes forment des amas dans les cellules corticales. Elles impliquent des basidiomycètes, en symbiose avec les Orchidacées. Les hyphes pénètrent à travers la paroi des cellules à l'intérieur des cellules du cortex racinaire en repoussant la membrane plasmique (**Matumoto-Pintro, 1996**).

- Les endomycorhizes éricoïdes : les hyphes forment des pelotons dans des racines transitoires de faible diamètre. Elles impliquent des Ascomycètes ou Basidiomycètes (**en symbiose avec les *Ericales***).

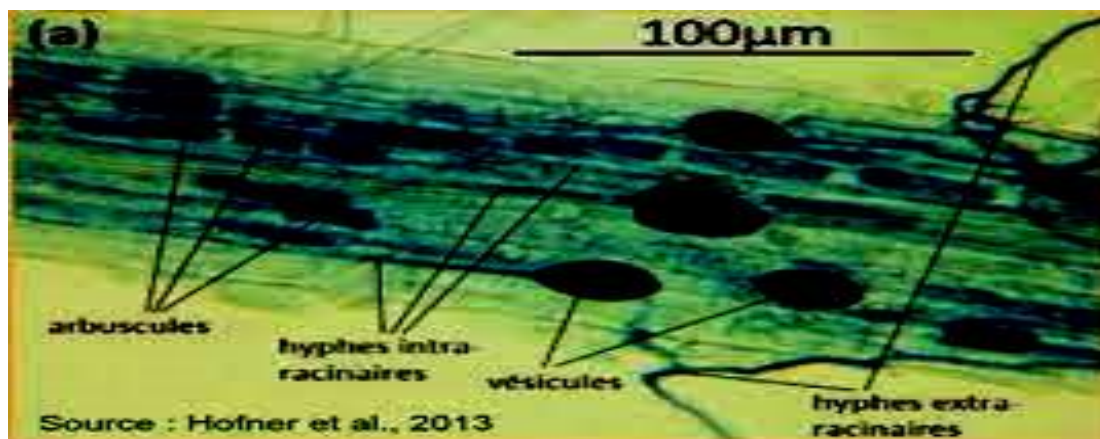


Figure 06 : Aspect morphologique des vésicules chez les endomycorhizes (Hofner et al., 2013)

Une classification recent regroupe les champignons MA sous l'embranchement des *Glomeromycota*(anciennement *Glomales*),qui sont généralement rencontrés chez les légumineuses. IL regroupe 4 ordres ,8 familles ,12 genre et environ 200 espèces (**Schüssler et al.**, 2006) . Ce sont tous des symbioses obligatoires incapables de compléter leur cycle vital sans hôte végétal.

2.2.2.1 Genre *Glomus*

C'est un genre de champignon endomycorhizien, le plus ubiquiste des *Glomeromycota*,il se reproduit de manière asexuée, les spores produites a la fin de l'hyphe . ce genre domine la plupart des écosystèmes perturbés (**Shwaraott et al .,2001**).

Ces spores (**fig 7**), plurinucléées germent dans le sol et produisent des filaments de 2 à 3 mm de longueur. Les composées carbonées de la spore sont mobilisées et contribuent à l'édification d'un tube germinatif coenocytique. La croissance du tube germination est stimulé par des facteurs variés et se développe intensément par ramification successive qui pénètrent dans les racines, les filaments se propagent dans l'exoderme racinaire et le parenchyme cortical sans jamais atteindre l'endoderme, c'est ainsi qu'il y a lieu la formation de structures intra racinaires (les arbuscules et les vésicules).

Toutes les espèces appartenant au genre *Glomus* ,environ 90 espèce , vivent en symbiose avec les plants , parmi elle *Glomus intraradices* (**Brundrett ,2002**).



Figure 07 : Aspect morphologique d'une spore de *Glomus* sp . (**Brundrett ,2002**)

2.3 Rôle des mycorhizes

Les champignons mycorhiziens arbusculaires représentent un élément incontournable dans la progression vers une agriculture alternative moins polluante et dont les produits sont exempts de résidus chimique (**Jeffries et al.,2003**). Ils jouent un rôle très important dans :

- L'amélioration de la nutrition minérale des plantes (**Grimoldi et al.,2005**).
- La résistance à la sécheresse (**Neumann et George,2004**).
- L'agrégation du sol (**Piotrowski et al.,2004**).
- La production d'hormones et la floraison précoce des plantes hôtes (**Gaur et Adholeya,2005,Usha et al.,2005**).
- La protection phytosanitaire (**Doumas-Gaudot,2000,Whipps,2004**).
- L'amélioration de la fixation de l'azote atmosphérique par le biais de l'augmentation du nombre et du poids de nodules (**Jia et Gray,2004**).

2.3.1 Amélioration de la nutrition phosphatée

Dans toutes les comparaisons plante témoin/ plante mycorhisée, on observe que la quantité de phosphore prélevée est plus importante chez la plante mycorhisée (**Mosse, 1973**). De façon générale, les plantes mycorhisées accumulent plus de phosphore que les plantes non mycorhisées. Cette accumulation est due à une absorption par le champignon puisqu'elle disparaît par l'application d'un fongicide. Le phosphore est stocké dans les structures fongiques sous forme de polyphosphates, il est ensuite transféré à la plante au niveau de l'interface arbusculaire (**Gianinazzi Pearson et Gianinazzi, 1986**).

2.3.2 Amélioration de la nutrition azotée

Les premiers travaux sur la contribution des mycorhizes à la nutrition azotée de la plante-hôte ont été menés sur les endomycorhizes éricoïdes, puis sur les ectomycorhizes (**Plassard et al., 1985,1991**).

L'intervention des endomycorhizes à arbuscules dans la nutrition azotée de la plante hôte a peu étudiée. (**Handley et al., 1993**).

2.3.3 Production de messagers chimiques (hormones)

Des phytohormones, des auxines qui agissent en quantité infinitésimale, stimulent le développement de racines dans lesquelles de jeunes hyphes pourront entrer facilement. Le développement du système racinaire est ainsi facilité (**Johansson et al, 2004**).

2.3.4 Amélioration de la nutrition en oligo-éléments

Si l'amélioration de la nutrition minérale par la symbiose mycorhizienne a été surtout étudiée pour le phosphore, on sait qu'une nutrition équilibrée dépend aussi d'autres éléments tels le soufre ou les oligo-éléments comme le cuivre, le zinc, le manganèse et le fer (**Tinker, 1984 ; Kothari et al., 1990**).

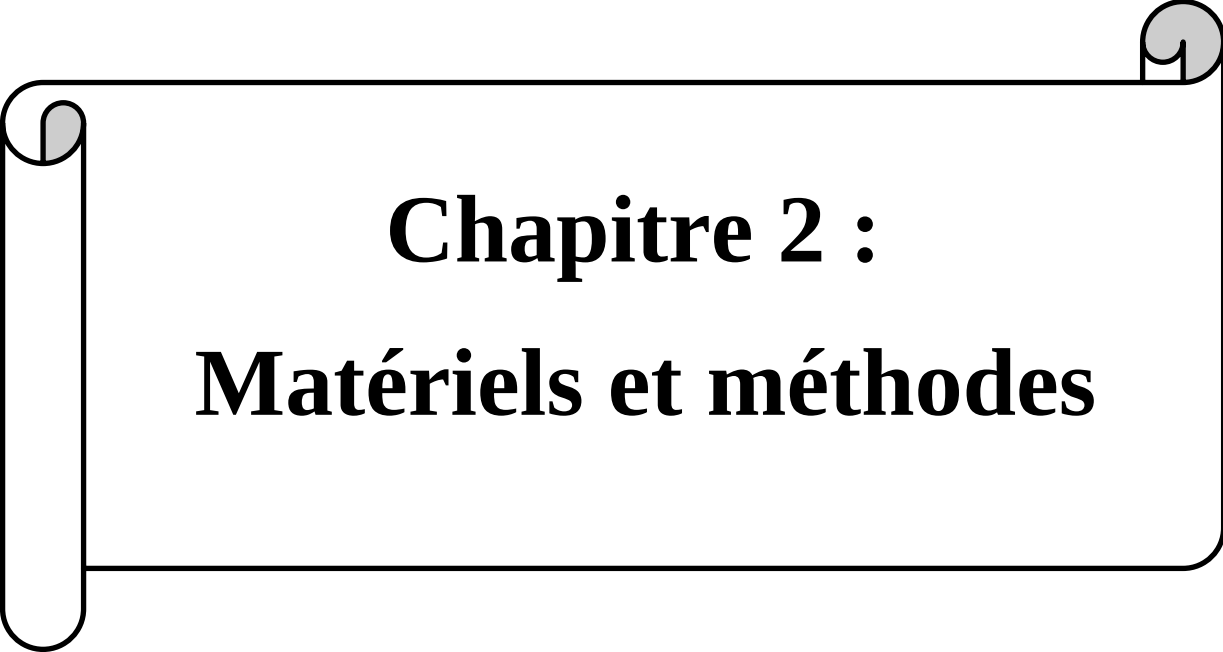
2.3.5 Tolérance aux excès de certains éléments minéraux

Certains sols (par exemple les terrils laissés à la friche), peuvent présenter un excès de magnésium qui élimine les plantes herbacées. Des études ont montré que les plantes tolérantes étaient protégées par les champignons qui stockaient l'excès de magnésium dans des mycorhizes (**Joner et Leyval, 2003**)

2.3.6 Protection phytosanitaire

Dans le sol, tout autour de la racine, dans la rhizosphère, de nombreux micro organismes sont présents et cherchent à établir des relations avec la racine. Si certains sont symbiotique ou commensaux, d'autres se comportent parfois en dangereux ravageurs, parasites ou sont phytopathogènes. L'association des capacités de défense des hyphes et des capacités de défense de la plante permet souvent une lutte beaucoup plus efficace contre les bactéries et champignons pathogènes et même parfois contre les nématodes (**Duponnois et Cadet, 1994**).

De nombreux champignons sont également capables de produire des substances antibiotiques qui protègent la plante-hôte. Dans 1 gramme de sol de mycorhizosphère, il est possible d'avoir 12 mètres d'hyphes de champignons endomycorhizosphère. Outre les avantages apportés à la plante-hôte, ce réseau permet la communication entre les diverses plantes d'une même culture (**Smith et Read, 2008**).



Chapitre 2 :

Matériels et méthodes

2 . Matériels et méthodes :

1. Présentation de la zone d'étude (Parc National D'El Kala)

Le Parc National d'El Kala également déclaré réserve de la biosphère, borde la mer méditerranéenne et protège une mosaïque d'habitants : zone humides, forêts de pins et de chênes (dont une rare forêt littorale de pins d'Alep), zones montagneuses et écosystèmes marins. La biodiversité y est très importante (818 espèces végétales recensées). El Kala constitue en particulier la première zone d'hivernage algérienne et l'une des plus grandes zones humides méditerranéennes.

1.1 Situation géographique et administratives

Le Parc National d'El Kala est situé au Nord-Est de l'Algérie limité à l'Est et le Sud-Est par la Tunisie au Nord par la mer méditerranéenne à l'Ouest et le Sud-Ouest par les monts de Zitouna les plaines d'El Tarf et les dunes de Berihan. Il est situé à l'extrême est de l'Algérie (36° 52 latitude Nord et 8° 27 de longitude). Le PNEK s'étend sur une superficie d'environ 79500ha. Il présente dans ses parties Nord, Ouest et Est des collines ne dépassant pas les 600m d'altitude et trois lacs . la partie méridionale est parsemée de djebels qui culminent à 1202m (Djebel EL-Ghorra appartenant aux contreforts des monts de la Medjerda).

Administrativement, parmi les huit Parcs nationaux du Nord, le Parc National D'El Kala est le plus vaste . il couvre une superficie de 79500ha (CNEAP 2011-2012). Et abrite une population d'environ 77000 habitants. L'intégralité du parc se trouve à l'intérieur des limites administratives de la Wilaya d'El Tarf en occupant le tiers de sa superficie. S'étend sur 04 Dairates (El Kala, Bouteldja, El tarf, Ben Mhidi). Ses limites administratives sont dans l'ensemble celle de la Diara D'El kala et empiète sur 09 communes (EL tarf, Bougous, EL Kala, Ain Assel, EL Aioune, Bouteldja, Souarekh, Berrihane, Ramel Souk).(CNEAP 2011, 2012).

Le relief du Parc se compose d'une succession de dépressions dont certaines sont occupées par des formations lacustres ou palustres, et de hautes collines aux formes variées : dômes, escarpements, alignements de crêtes généralement couverts par une végétation dense.

1.2 Caractéristique de la région de Bougous

1.2.1 Situation géographique

La station de Bougous est une commune de la wilaya d'El Tarf en Algérie, située à 20 km environ au sud-est d'El Tarf.

La commune de Bougous est enclavée dans les montagnes d'El Ghora, hautes de 1214 m, au milieu de forêts de chênes-lièges et d'oliviers, à la frontière de la Tunisie dans la Wilaya de Tarf. La ville de Bougous se situe au sud du parc national d'El-Kala. (**Anonyme 1**)

1.2.2 Situation administrative

La commune de Bougous dépend de la daïra d'El Tarf, elle est limitée au Nord par la commune d'Ain El Assel, au Sud la commune de Zitouna, à l'Ouest la commune d'El Tarf et à l'Est par la frontière Algéro-Tunisienne.

1.2.3 Relief

La station de Bougous Est une région montagneuse caractérisée par un relief à forte pente note que les couches intercalées de grés et d'argile de Numidie sont favorables au développement de chênaie. Le point culminant des montagnes de Bougous est à 1202 m au lieu-dit Oum G cheche « Djebel El Ghorra).



Figure 08 : Localisation de la station de la zone d'étude (carte topographique,(Anonyme2))

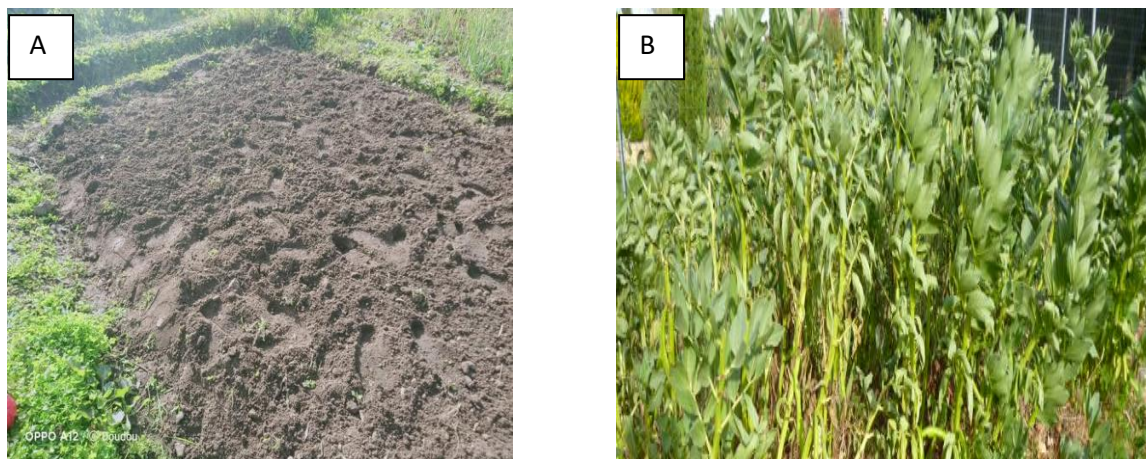


Photo 01 : vue de la station d'étude (Boucetta & Hadeif 2021)

A : Parcelle avant semi.

B : dont les plants de la fève sont en pleine croissance.

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 2021 (**photo 2**). 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 5 Litres de volume. Dans chaque pot, 3 graines de la fève prégermée saxéniquement 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(**photo3**).

L'autre partie du sol prélevé a servi à l'analyse de ses propriétés physicochimiques, à l'extraction des spores fongiques qu'il renferme et à la détermination de son potentiel mycorhizogène.



Photo 02: Piégeage des microsymbiotes



photo 03 : Les graines de la fève en prégermination

La fève.

(Boucetta & Hadeff 2021)

3. ANALYSE DES PARAMETRES PHYSICO –CHIMIQUES DU SOL

Les paramètres physicochimiques suivants ont été évalués : Le pH eau et pH KCl, le taux de carbone (C %), le taux de la matière organique (MO %), et la texture.

3.1 pH eau et pH KCl du sol

pH eau

Pour déterminer le pH eau du sol (Baize et Jabiol, 1995):

- Tamiser le sol d'analyse avec un tamis de 2 mm.
- Peser 5 g de sol dans un flacon ou pilulier à agitation et ajouter 25 ml d'eau distillée.
- Agiter avec agitateur culbuteur pendant 2 heures à température proche de 20 °C.
- Laisser reposer la solution 24 h, ensuite mesurer le pH eau moyen d'un pH mètre.

pH KCl

Mesurer au pH mètre selon le rapport sol /solution KCl

3.2 Le carbone total et la matière organique

 **Carbone total** : On utilise la méthode d'Anne modifiée (Bonneau et Souchier, 1994) :

- Mettre 1g de sol dans un Erlen-meyer.
- Ajouter 10ml de solution de bichromate de potassium (KCr_2O_7) à 8% et 15ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) pur.
- Laisser refroidir après une ébullition de cinq minutes.
- Transvaser dans un matras de 100ml puis ajuster avec les eaux de rinçage.
- Transvaser dans un bécher.
- Prélever 20ml dans un bécher et diluer jusqu'à 100ml avec de l'eau distillée.
- Ajouter 1,5 de FNa et 3 à 4 gouttes de diphénylamine.
- Effectuer le titrage avec le sel de Mohr à 0,2N.

On prépare un témoin avec les mêmes solutions mais sans mettre du sol.

La liqueur primitive de couleur brune noirâtre vire au vert, on trouve X ml.

On utilise la relation suivante pour déterminer la concentration du carbone :

$C\% = (Y-X) \times 0,615 \times 100 / 20 \times 100 / p \times 1/1000$.

Y : sel de Mohr utilisée lors du titrage du témoin « ml ».

X : sel de Mohr utilisée lors du titrage de l'échantillon « ml ».

P : poids du sol (1g).

 **Matière organique** : Elle est égale au pourcentage du carbone total x 1,72.

$MO\% = C\% \times 1,72$.

3.3 Calcaire total

Le calcaire total est déterminé par la technique de titrimétrie (**Dermechet al, 1982**):

- Placer 10g de sol tamisé à 2mm dans un Erlen-meyer.
- Ajouter 50 ml d'HCl à 0,5N et couvrir l'Erlen.
- Laisser refroidir après une ébullition de 15 minutes.
- Filtrer la solution et laver le filtrat avec l'eau distillée pour lessiver l'HCl.
- Déterminer la quantité de Hcl qui ne réagit pas avec le $CaCO_3$ en ajoutant quelques gouttes de phénolphthaléine.
- Titrer la solution avec le NaOH à 0,2N.

On utilise la relation suivante pour déterminer la teneur du sol en $CaCO_3$.

$CaCO_3 = 5x (50x \text{ normalités de HCl} - \text{normalité de NaOH} \times \text{quantités de NaOH utilisée}) / 10g$.

3.4 La texture

Pour déterminer la texture du sol, nous avons utilisé la méthode par saturation qui consiste à mesurer le pourcentage d'humidité du sol (y) et à le comparer à une échelle qui détermine la texture qui lui correspond.

Nous avons, tout d'abord, pris une petite quantité de sol (= 50 g) et nous l'avons imbibée d'eau au goutte à goutte tout en mélangeant jusqu'au point où la pâte devient luisante et glisse doucement lorsqu'on incline le récipient .

Ensuite, nous avons suivi les étapes suivantes :

- Peser une capsule vide (P1)
- Prendre une petite quantité de pâte (sol mouillé).
- La mettre dans la capsule puis repeser (P₂).
- Mettre à l'étuve à 105 °C pendant 24 h

- Peser une troisième fois la capsule à la sortie de l'étuve (P₃). Le poids correspond donc au poids de la capsule vide + le poids du sol sec.
- Puis calculer

$$X_1 = P_2 - P_3 \text{ (Poids de l'humidité).}$$

$$X_2 = P_3 - P_1 \text{ (Poids du sol sec).}$$

Ensuite appliquer la règle de trois pour calculer le pourcentage d'humidité.

$$X_1 \longrightarrow X_2 \text{ g du sol sec}$$

$$Y \longrightarrow 100 \text{ g de sol sec}$$

- Enfin, le comparer au tableau n°6 pour déterminer la texture.

Tableau n°04: Echelle de la texture.

Pourcentage d'humidité (%)	Texture
< 12	Sableuse
12-24	Sablo – limoneuse
24 - 37.5	limoneuse – sableuse
37.5 – 45	Limoneuse – argileuse
> 75	Argileuse

4. MISE EN EVIDENCE DE LA COLONISATION DES RACINES DE LA FEVE ET 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 (**fig.09**).

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.
- 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 (H_2O_2 à 10 vol) pendant 30 minutes pour éclaircir les racines ensuite dans l'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 en les immergeant dans du glycérol ou de l'acide lactique.

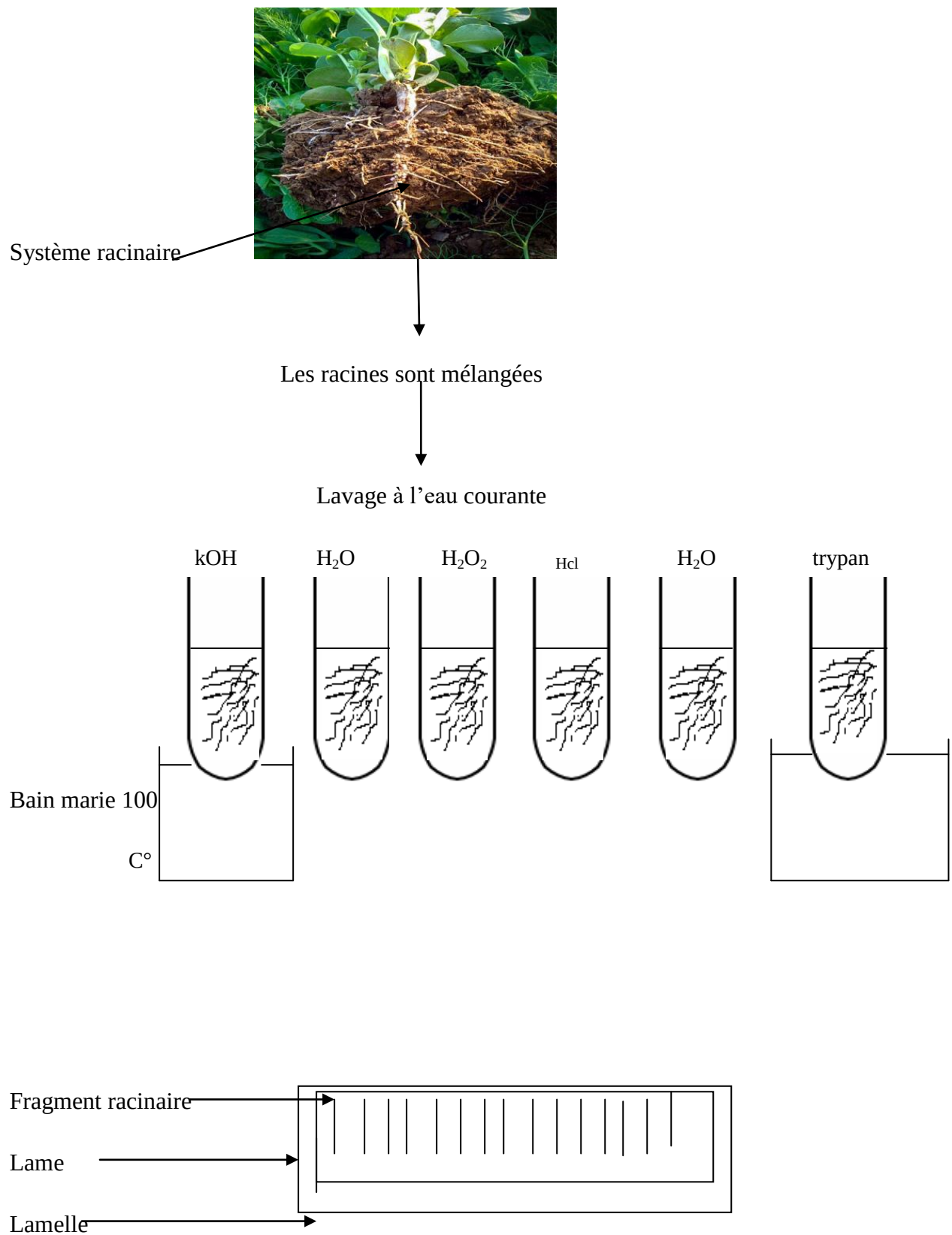


Figure 09: Les différentes étapes de prélèvement et de préparation des échantillons racinaires.

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

5.1 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 des fines particules de sol par tamisage humide (**Gerdemann et nicolson, 1963**).

La technique de tamisage consiste à:

Superposer une série de tamis (6 tamis) de mailles micrométriques de différentes ouvertures : 400 µm, 300 µm, 200 µm ,150 µm ,100 µm et 50 µm.

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 .12.1**). Les tamisats du sol de chaque tamis sont recueillis dans des flacons (33cl) étiquetés.

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. 12.2 et 12.3**) afin d'être montées entre lame et lamelle et observées au microscope.

Des méthodes d'ADN ont été récemment utilisées pour identifier les champignons MA dans les sols (**Clappet 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; Douds 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).

<http://www.agro.ar.szcecin.pl/jblaszkowski/SpeciesdescriptionsofAMF.html>

5.2 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.
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.

5.3 Description des spores

5.3.1 Morphologie générale

Forme de la spore

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

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 (Bleu), Magenta (Mauve), yellow (Jaune) et Black (Noir) suivant le code de couleur défini par INVAM.

Formule = % Cyan / Magenta / yellow /Black

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 04.

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 $9 \times 10 = 90 \mu\text{m}$.

Tableau n°5: Correspondance entre la lecture à l'objectif (nombre de graduations) et la dimension réelle de l'objet mesuré.

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

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.



Figure n°10: Méthodes d'extraction des spores fongiques. . (**Boucetta & Hade** 2021)

1-Extraction des spores par la méthode du tamisage humide, 2- Récolte des spores. 3- Description des spores.

5.3.2 Sélection des spores et production d'inoculum MA

Le morphotype de spore sélectionné pour être multiplié et utilisé comme inoculum MA est une souche de l'espèce *Glomus mosseae* qui s'est avéré la plus abondante dans le sol d'étude. (fig. 14)

La plante hôte retenue est la fève. Les graines ont été préalablement stérilisées puis mises à germer comme décrit précédemment. Au moment de leur transfert en pot sur sol stérile, une trentaine de spores de la souche *Glomus mosseae* isolée du sol d'étude ont été déposées au niveau de la racicule. Un témoin non inoculé a été prévu. Chaque réalisation a été répétée cinq fois.

Après huit semaines de croissance, des échantillons de 5g des systèmes racinaires des plantules sont récupérés, lavés, colorés avec le bleu Trypan et observés au microscope afin d'évaluer la fréquence de la colonisation MA.

Le reste des racines est excisé en fragments de 1 cm et mélangés de nouveau au sol stérile dans lequel des graines de fève prégermée saxéniquement ont été semées afin de multiplier l'inoculum MA

5.3.3 Evaluation de l'abondance des spores dans le sol d'étude

Le dénombrement des spores a été réalisé au cours du printemps 2021 comme suit:

5g de l'échantillon du sol ont subi un tamisage humide comme décrit précédemment paragraphe 4 (Méthode d'extraction des spores fongiques). Les fractions de sol récupérées de chaque tamis ont été recueillies dans un peu d'eau distillée. Elles sont ensuite observées à la loupe binoculaire millilitre par millilitre et toute spore rencontrée est comptée et rangée par morphotype. L'observation est ainsi répétée jusqu'à épuisement de chaque fraction de sol. De ce fait, le nombre de spores total est ainsi déterminé par gramme de sol.



Résultats et discussion

3. Résultats

1. Analyse du sol

L'analyse du sol de la station de Bougous permis d'obtenir les résultats consignés dans le tableau n°12. Le sol de Bougous est légèrement acides (pH=5,1). Le pH KCl affiche une valeur inférieure à celle du pH eau (4,5). le sol de Bougous est moyennement important en matière organique (2,2). Quant aux taux de carbone total, il est faible dans la station avec seulement 1,24%. Cependant la valeur du calcaire total est égale 20%. En résumé, le sol de la station d'étude est de texture limoneuse-argileuse.

Tableau n° 06:Caractéristiques physico-chimiques de sol de la station d'étude.

Station	pH eau	pH KCl	Carbone Total%	Matière Organique%	Calcaire Total%	Texture
Bougous	5,3	4,5	1,24	2,2	20	Limoneuse-argileuse

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

L'examen microscopique des racines de la fève prélevées du site de Bougous au cours de l'année 2021, pendant la saison de culture et colorées au bleu Trypan, révèle une forte colonisation par les champignons MA.

La colonisation se manifeste par différentes structures, à savoir l'existence de mycélium et de spore extracellulaire (**fig 13.1**).

La colonisation des racines par les CMA s'est surtout manifestée par la présence de spore sphérique extracellulaire (**fig13. 2**)

Le cortex racinaire est envahi par de nombreuses vésicules intracellulaires de taille et de forme variables (**fig.13, 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.

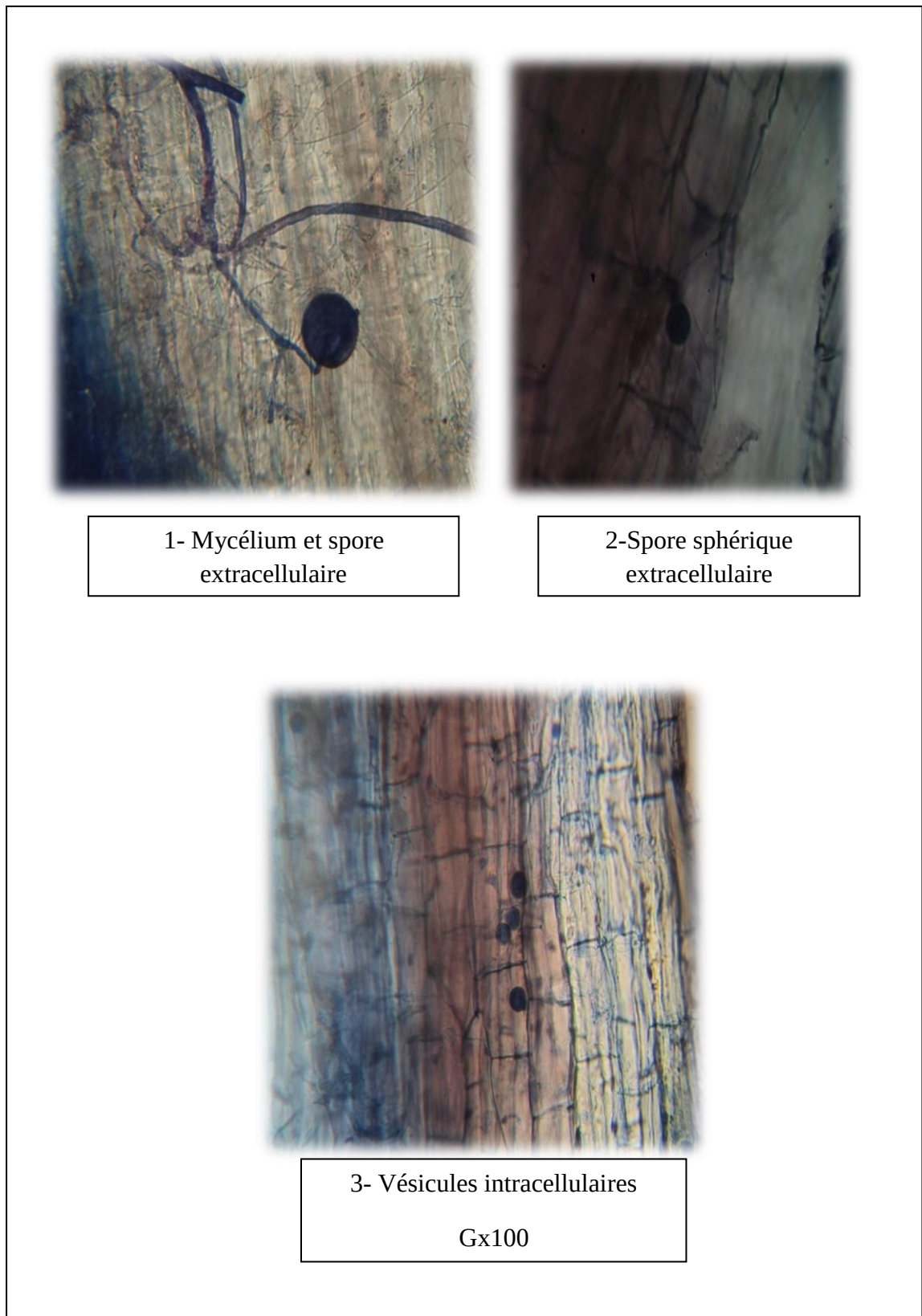


Figure n° 11: Différentes formes de colonisation MA chez la fève

3. Diversité sporale

Avant de procéder à des tests d'inoculation, 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 de Bougous.

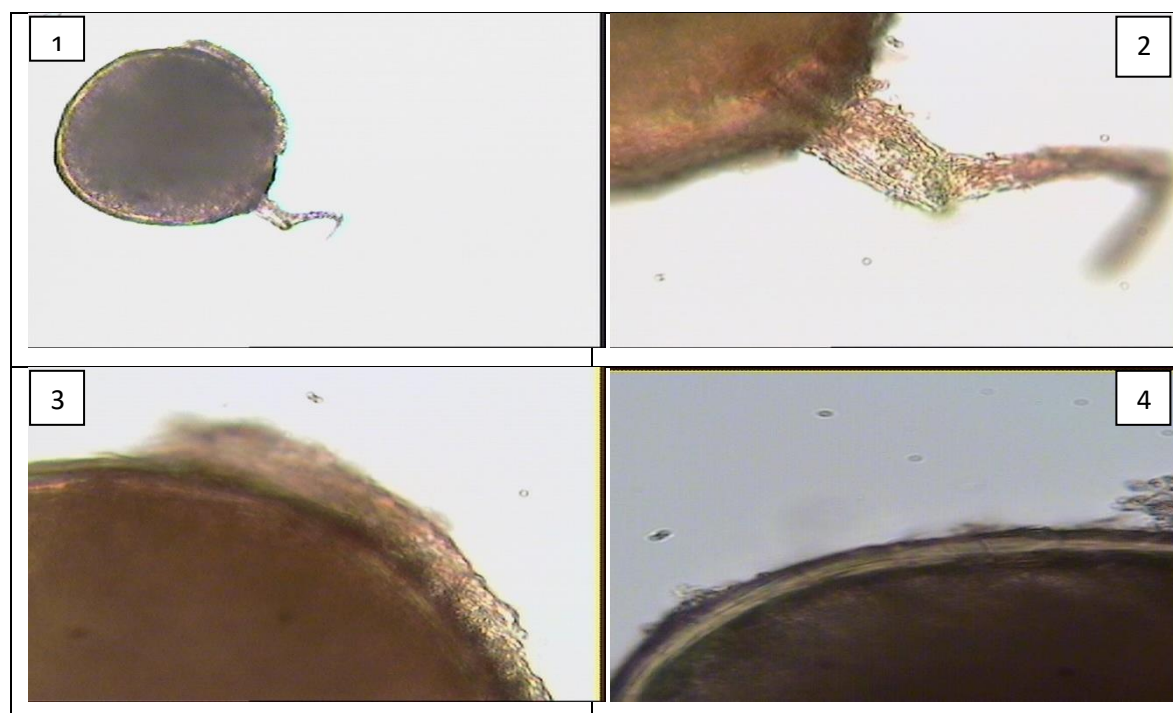


Figure n° 12: Présentation du morphotype le plus abondant (*Glomus mosseae*)

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

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*.

Ce morphotype est le plus abondant dans le sol de Bougous, il a été de ce fait sélectionné pour être multiplié et servir d'inoculum dans l'expérience d'inoculation contrôlée.

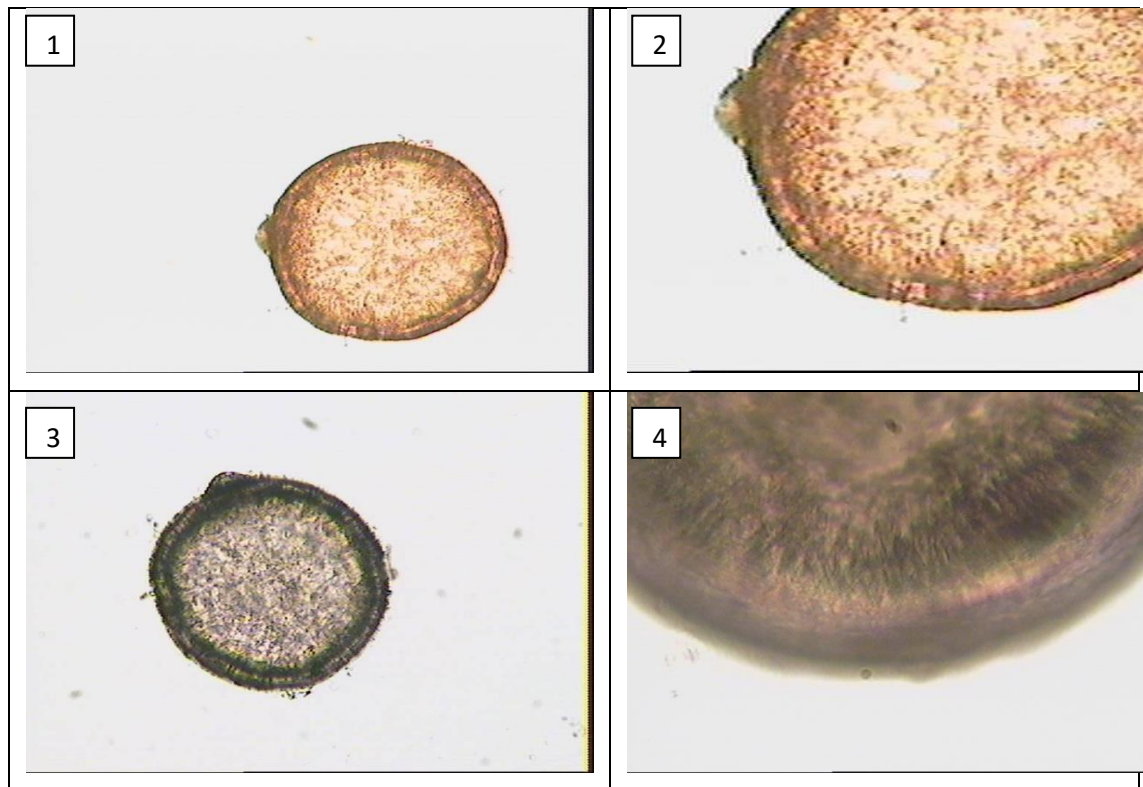


Figure n°13: Présentation du morphotype 2.

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

Spore de forme sphérique, de 110µm de diamètre, de couleur 15% Bleu /15 % Mauve /60% Jaune / 10% 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.***

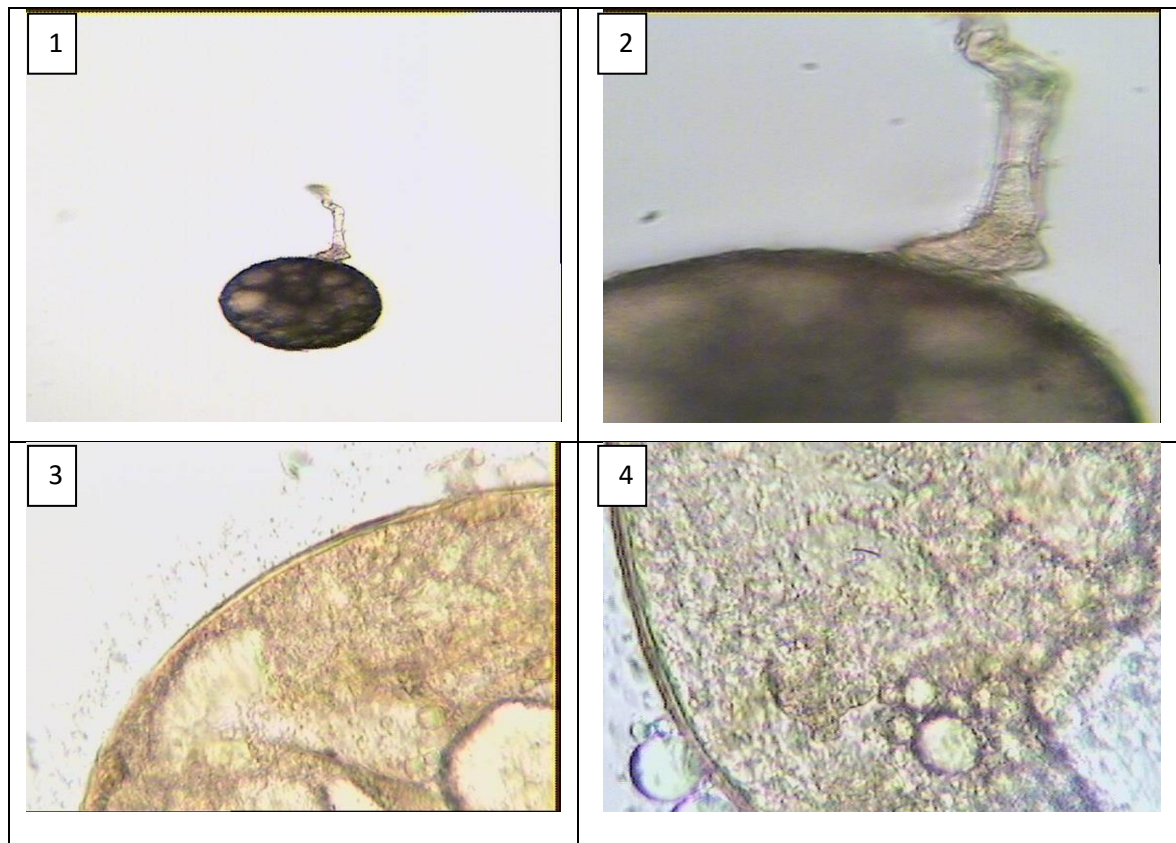


Figure n°14: Présentation du morphotype 3.

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

Spore de forme sphérique à sub-sphérique, de 120 µm de diamètre, de couleur 5% Bleu / 45% Mauve / 50 % jaune / 0 % 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*.

4. Discussion générale

Les résultats obtenus montrent que la colonisation MA est moins importante en printemps (période de croissance des fruits), ceci témoigne de l'importance du rôle que jouent les endomycorhizes et surtout les arbuscules qui sont le site d'échanges fonctionnels entre le champignon et la racine de la plante hôte pendant cette période du cycle de la plante.

Les changements saisonniers sont des conditions environnementales qui influencent le plus fortement la physiologie des plantes hôtes, ce qui touche le plus directement la symbiose mycorhizienne (**Giovannetti, 1985**). En effet, l'intensification de la photosynthèse durant la saison de croissance (été), fournit plus de carbone aux racines ce qui permet le développement des MA (**Birhaneetal, 2012**).

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par **Brundrett et Abott (1995)** et par Merryeather et Fitter (**1998b**) qui signalent l'existence de variation saisonnière de l'activité fongique dans les sols, mesurée par la colonisation des racines.

La colonisation MA est importante sous le climat de Bougous (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**).

D'une manière générale, la fréquence de la colonisation est nettement supérieure en été, période de pleine croissance de la plante-hôte.

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.

Les caractéristiques édaphiques, comme la texture du sol, le contenu en matière organique, le pH, les macronutriments et micronutriments peuvent influencer la dynamique et la structure de la communauté fongique MA (**Mohammad *etal*, 2003**).

En effet, la texture du sol, ou la distribution de la taille des particules, affecte de nombreuses propriétés du sol telles que la porosité, la capacité de rétention d'eau, et la capacité d'échange de cations, ce qui influe sur la présence de CMA (**Chaudhary *etal*, 2008**).

Le pH eau, correspondant à l'acidité active (ou réelle) du sol, définit la concentration d'ions H⁺ dans la phase liquide du sol. La valeur du pH détermine la stabilité de la structure du sol.

Le pH KCl, qui est toujours inférieur au pH eau, correspond à l'acidité de réserve (ou théorique) du sol. C'est le pH « plancher » vers lequel tend le sol, à cause du processus (naturel) d'acidification.

La différence entre ces deux mesures, appelée acidité d'échange, renseigne sur la tendance à l'acidification du sol analysé : plus cette tendance est importante, plus cette tendance est forte et rapide (**Mareaux, 2010**). Dans le cas de notre sol d'étude qui est légèrement acides, la tendance est faible qui peut être expliqué par l'inondation des sols.

La plupart des organismes du sol subsistent dans une gamme de pH appropriée, mais certaines espèces fongiques MA se sont révélées tolérantes aux pH les plus extrêmes du sol (**Abbott et Robson, 1991**).

Néanmoins, il est à noter que le pH peut affecter le développement des endomycorhizes (**Wang *etal*, 1993**). En effet un pH acide peut limiter le développement de la colonisation endomycorhizienne dans les racines et peut même l'inhiber complètement s'il devient trop acide (<5) (**Abbott et Robson, 1985**).

En outre, le pH du sol affecte la disponibilité des nutriments et le fonctionnement de la plante, ce qui pourrait avoir des effets indirects sur la structure de la communauté fongique MA (**Chaudhary *etal*, 2008**).

Selon **Dommergues et Mangenot (1970)**, la mycorhization serait meilleure dans les sols légèrement acides ce qui est le cas de notre sol qui conviennent mieux aux champignons qu'aux bactéries.

Par ailleurs, combinée aux argiles, la matière organique forme un complexe argilo humique (ou complexe adsorbant du sol). Ce complexe capte les éléments nutritifs, à condition qu'ils soient chargés positivement ; les ions tels le calcium (Ca^{++}), le sodium (Na^+), le magnésium (Mg^{++}), le potassium (K^+), et l'ion hydrogène (H^+ , responsable du pH), peuvent ainsi être retenus ; à l'inverse par exemple des ions nitrates qui, parce qu'ils sont chargés négativement (NO_3^-), sont lessivables (**Mareaux, 2010**).

Nicolson (1960) a trouvé que l'intensité de la colonisation est liée à la variation des taux de la matière organique dans le sol. La teneur du sol en matière organique pourrait influencer la distribution des espèces fongiques MA, bien que le mécanisme direct soit inconnu (**Chaudhary et al, 2008**). Il y a des spéculations que l'ajout de la matière organique au sol encourage le développement des mycorhizes (**Hayman, 1987**), mais il existe peu de données pour soutenir cette hypothèse que les champignons MA peuvent être en mesure de croître comme des saprophytes dans un sol riche en matière organique (**Warner, 1984**). Les sols dénudés diminuent le nombre de spores en comparaison avec les sols couverts et ceci s'explique par la quantité faible de la matière organique dans ces sols non couverts de végétation (**Nappiet al, 1980**).

Le taux du calcaire dans le sol et en relation directe avec, entre autre, le pH du sol ce qui affecte le développement des CMA (**Abbott et Robson, 1985**). Selon **Azcon et Barea (1992)**, les champignons MA diminuent l'acquisition excessive de calcium par les plantes dans les sols calcaires.

Mohammad et al (2003), ont trouvé que les pourcentages de la matière organique et du calcaire CaCO_3 étaient positivement et significativement corrélés avec la densité sporale de la CMA dans le sol. En effet, la matière organique et le taux de CaCO_3 dans le sol augmentent la capacité de rétention d'eau du sol (**Brady et Weil, 1996**) et peuvent de ce fait favoriser les conditions d'humidité du sol nécessaires pour le développement des CMA. Dans le cas de nos sols, la matière organique et la teneur en CaCO_3 sont faibles.

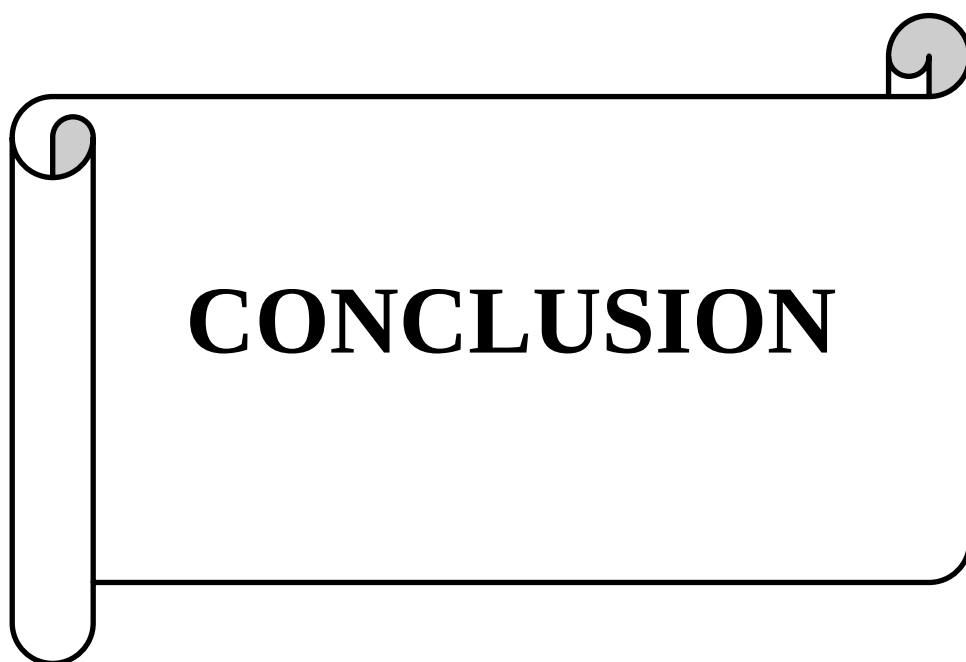
Il y a une association entre les concentrations de phosphate assimilable du sol et l'intensité de la colonisation mycorhizienne chez les plantes cultivées. Les niveaux élevés de phosphore dans le sol empêchent certains champignons MA de fournir des avantages substantiel pour les plantes hôtes et peuvent 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 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 ET PERSPECTIVES

L'objectif majeur de notre travail est de faire un essai d'inoculation des champignons mycorrhiziens chez la fève dans la station de Bougous dans le nord est algérien. La finalité étant l'amélioration des rendements et par là même occasion l'accroissement d'une production de qualité.

Au terme de cette étude, il nous est permis d'évoquer les principaux résultats obtenus : Notre travail nous a permis de mettre en évidence les aspects biologiques et écologiques qui entourent les symbioses endomycorhiziennes (à vésicules et arbuscules) chez la fève (*Vicia faba* (L.)) dans la station d'étude.

Dans notre première investigation, nous avons démontré que les racines prélevées de la station étaient colonisées par les endomycorhizes à vésicules et arbuscules.

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 de deux genres, à savoir le genre *Gigaspora* et le genre *Glomus* avec prédominance de ce dernier. Vu les difficultés et les incertitudes rencontrées dans la détermination des espèces, nous n'avons pas pu en faire l'identification et nous nous sommes arrêtés au rang genre pour certains morphotypes.

Dans notre deuxième investigation le potentiel obtenu nous a permis de procéder à l'inoculation contrôlée, nous avons réalisé l'inoculation en conditions contrôlées et en utilisant comme inoculum des spores isolées par tamisage humide. Pour l'inoculation, nous avons utilisé une seule espèce de champignon appartenant au genre *Glomus*.

Donc la symbiose mycorhizienne ouvrirait des perspectives prometteuses à l'agriculture algérienne et lui éviterait en même temps, l'utilisation massive des engrais permettant, par là-même, des économies budgétaires notables et la protection de notre environnement.

Ce travail mériterait d'être poursuivi notamment pour :

-L'identification moléculaire de souches indigènes utilisées et la recherche et la sélection d'autres souches de champignons pouvant infecter un large éventail de cultures. Il est nécessaire aussi de les conserver dans une mycothèque locale et pourquoi pas les répertorier

au niveau de la banque mondiale des glomales. Ce qui permettra ultérieurement la production d'inoculum prêts à l'emploi.

-L'inoculation contrôlée par les mycorhizes en pépinière de la variété de fève étudié constitue une alternative prometteuse qui pourrait améliorer nettement la culture de cette plante et de là, sa production en gousses tout en préservant la qualité du sol.

-Il est aussi important de s'intéresser au problème de compétitivités et de recherche des souches compétitives et performantes.

-Enfin, la recherche de spores fongiques a montré une biodiversité relative en morphotypes lesquelles il faudra les identifier par l'outil moléculaire et sélectionner les meilleurs pour d'éventuel programme d'inoculation contrôlée.

En conclusion la fève est une culture considérée comme illicite dans la région car les cultivateurs épuisent le sol en exploitant la plante entière à la fois pour l'alimentation humaine et comme fourrage.

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.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

A

- **Abbad Andaloussi F ., 2001.** Screening of *Vicia faba* for resistance to the ‘ ‘giant race’’ of *Ditylenchus dipsaci* in Morocco . Nematol.Mediterr. **29-3p.**
- **Abbes Z., kharrat M., Shaaban K. Et Bayaa B., 2010 .** comportement de différentes accessions améliorées de féverole (*Vicia faba L.*) vis-à-vis d'*Orobanche crenata* Forks. Et *Orobanche foetida* poir . Cah. Agric, 19 n° 3 : **194-199p.**
- **Abott LK, Robson AD (1985).** The effect of soil ph on the formation of VA mycorrhizas by two species of *Glomus*. Australian J. Soil. Res 23 : **253-261.**
- **Abott LK , Robson AD (1991).** Factor influenci. Factor influencing the occurrence of vesicular –arbuscular mycorrhizas. Agriculture, Ecosystems and Environnement 35 : **121-150 .**
- **Abou-Zeid NM .,** Current status of foud legumes diseases in egypte. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE-REMALA « Le devenir des légumineuses Alimentaires dans le Maghreb » Hammament ,Tunisi ,**100p .**
- **AIT Abdellah f. Et Hamadache A ., 1996 .** EFFet de la période de semis ,de la variété de la l'utilisation du Glycophosphate sur le contrôle de l'*Orbanche* chez la féve dans une zone sub-humide numéro spécial féve N° 29, **27-30p.**
- **Alloua, 1997 :** contribution à l'étude du sol complexe humide de l'Algérie. Nord orientale. Cas de Ain keiar, Demnet errihane et el Khoubzi. Mémoire d'ingéniorat d'écologie ISN Annaba. **34p.**
- **Andrade G., Mihara KL., Linderman RG., Bethlenfalvay G J., 1997.** Bacteria from rhizosphere and hyphosphere soils of different arbuscular-mycorrhizal fungi. plant Soil, 192 : **71-79p .**

- **Anonyme, 1985.** Séminaire national sur les légumes secs, caractéristique, exigence et potentiel de production de différentes variétés de légumes secs I.T.G.C, **15p.**
- **Anonyme, 2007.** La féverole de la plante à ses utilisations. Intérêt culturel de la fève, **15p.**
- **Anonyme, 2009.** Ministère de l'agriculture. Direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques. Analyse statistique de l'évolution de la culture des principaux produits agricoles durant la période 1999-2009, **60p.**
- **Anonyme 2011 :** encyclopédie des plantes médicinales Larousse **34-35p.**
- **Aversenq p., Goutier J., et Gueguen M., 2008.** Le trufant. Anti-maladies et parasites. La rousse. Edition Octavo. **224p.**
- **Azcon-Aguilar C., Barea J.M., 1995.** Saprophytic growth of arbuscular-mycorrhizal fungi. Springer-Verlag, Heidelberg, **391-407p.**

B

- **Bais HP, Park S-W, Weir TL, Callaway RM, Vivanco JM, 2004.** How plants communicate using the underground information superhighway. Trends plant science 9 : **26-32p.**
- **Bais HP., Weir TL., Perry LG., Gilroy S., Vivanco JM .2006.** the role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. Annual Review Plant Biology 57 : **233-266p.**
- **Baltruschat H., Schonbeck F., 1972.** Influence of the endotrophic mycorrhiza on the chlamydospore production of *Theilaviopsis basicola* in tobacco roots. Phytopathologie, 4 : **358-361p.**
- **Barker S. J., 2000.** The role of auxins and cytokinins in mycorrhizal symbioses. Journal of Plant Growth Regulation (volume 19), **144-154p.**

- **Blackman R.L. et easto Boughdad A., 1994.** Statut de nuisibilité et écologie des populations de *Brunchus rufimanus* (Boh) sur *Vicia faba* L. au maroc : these d'état en Sciences, N° 3628 Université de Paris-Sud Orsay, **182p.**
- **Blaszkowski(2006).** Life cycle, signicance and structures of arbuscular mycorrhizal, 13 octobre 2003.
- **Bouhachem S., 2002.** Les pucerons de la féverole en Tunisie. Proceedings du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE-REMALA « Le devenir des légumineuses Alimentaires dans le Maghreb » Hammament , Tunisie, **100p .**
- **Boullard B., 1982.** Breve réponse à une question : que recouvre la notion se mycorhize. In : les mycorhizes partie intégrante de la plante : Biologie et perspectives d'utilisation. 13 eme Coll. INRA (Dijion) : **15-20p.**
- **Boullard B., 1990.** Guerre et paix dans la règne végétal. Ed. Ellipses, France : **245-279p.**
- **Broughton W.J., Hernandez G., Blair M., Beebe S., Gepts P. & Vanderleyden J. 2003.** Bean (*Phaseolus* spp)-model food legumes. Plant Soil 252 : **55-128p.**
- **Brundrett MC., 2002.** Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants, New Phytologist (volume 154), issue 2, **275-304p.**
- **Buscot F., Munch J.C., Charcosset J.Y., Gardes M., Nehls U ., HamppR., 2000.** Recent advances in exploring physiology and biodiversity of ectomycorrhizas highlight the functioning of these symbioses in ecosystems. FEMS Microbiol. Rev, 24 :**601-614p.**

C

- **Chaux C. et Foury C., 1994.** Production légumières secs, Tome 3, légumineuses potagère, légumes, fruit. Technique et documentation Lavoisier F75384 Parie Cedex 08, **3-15p.**

- **Chaudhary VB., Lau., Jhonson NC(2008).** Macroecology of Microbes-Biogeography of the Glomeromycota . Varma A.(ed). Mycorrhiza. **529-561p.**
- **Cebero JL, 1974.** On the evolution of Vicia faba, theory-app-Paris, **503p.**
- **Cebero JL, 2011.** The faba bean. A historic perspective. Grain legumes. N : 56 :**5-7p.**

D

- **Dajoz R., 2000.** Elément d'écologie. Ed. Bordas. Paris, 5^{ème} édition. **540p.**
- **Davet P., 1996.** Vie microbiologique du sol et production végétale. INRA. **206-207p.**
- **Dixon RA(2001).** Naturel products and plant disease resistance. Nature 411 :**843-847p.**
- **Doyle JJ. & Luckow MA. 2003.** The rest of the iceberg : legume diversity and evolution in a phylogenetic context. Plant Physiol 131 : **900-910p.**
- **Duc G., Shiyong-Bao B., Baumc M., Reddenb B., Sadiki M.E., Suso M.J., Vishniakova M, et Zong X., 2010.** Diversity maintenance and use of Vicia faba L. genitic resources. Field Crops Research 115 : **270-278p.**
- **Dugassa-Gobena D., Raps A., Vidal S., 1998.** Influence of fungalandophytes on allelochemicals of their host plants and the behavior of insects. Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent,63 : **333-337p.**
- **Dumas-Goudot E., Gollote A., Cordier C., Gianinazzi S., Gianinazzi-pearson V., 2000.** Modulation of host defence systems. In Arbuscular Mycorrhizas. Phylosiogy and function,**173-200p.**
- **Durrieu G., 1993.** Ecologie des champignons. Ed. Masson, Paris :**3-172p.**

E

- **El Bouhamdi K. et Sadiki M., 2002.** Evaluation d'une collection des populations Marocaines locales de la fève et de fèverole pour la tolérance à la sécheresse. Proceeding du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE-REMALA « Le devenir des légumineuses Alimentaires dans le Maghreb » Hammament , Tunisie, **100p** .

F

- **Fatemi Z., 1998.** Les cultures des légumineuses alimentaires au Maroc. INRA, Domaine expérimental de Douyet. Fés, Morocco. N°148 :**38p**.
- **FAOSTAT-Agriculture 2015.** Food and agricultural commodities production. Food and agriculture organization. Room.
- **Food and Agriculture Organization of the united nations.** (FAO). 2012 : <http://faostat3.Org/faostat-gateway/go/to/download/Q/Qc/F>.
- **Forten J.A., Plenchette C., Piché Y., 2008.** Les mycorhizes : la nouvelle révolution verte. Editions Multimondes, **130p**.

G

- **Gaur A., Adholeya A., 2005.** Diverse response of five ornamental plant species to mixed indigenous and single isolate arbuscular-mycorrhizal inocula in marginal soil amended with organic matter. Journal of Plant Nutrition (volume 28), **707-723p**.
- **Gepts P., Beavis W D., Brummer E C., Shoemaker RC., Stalker HT., Weeden N F & Young N D, 2005.** Legumes as a model plant family : genomics for food and feed report of the cross-legume advances through genomics conference. Plant Physiol 137 : **1228-1235p**.
- **Gerard C., 1990.** La féverole, encyclopédique techniques agricoles. Partie production végétal : **2213p**.

- **Gobat J M., Aragno M., Matthey W, 2003.** Le sol vivant, 2^{ème} Edition. Presses Polytechniques Universitaires Romandes, Lausanne, **586p.**
- **Gordon M M., 2004.** Haricots secs : Situation, Prospective et Agroalimentaire. Canada, **1-7p.**
- **Grimoldi A A., Kavanova M., Lattanza F., et Schnyder H., 2005.** Phosphorus nutrition-mediated effects of arbuscular mycorrhiza on leaf morphology and carbon allocation in perennial ryegrass, New Phytologist (volume 168), **435-444p.**
- **Guignard J L., Dupont F., 2005.** Botanique. 13^{ème} Edition Masson. Sprent : **164-179p.**

H

- **Hamadache A., 2003.** La féverole. Inst. Techn. Gr. Cult (T.T.G.C), **13p.**
- **Handley L L., Daft M J., Wilson G., Scrimgeour C M., Ingleby K. et Sattar M A., 1993.** Effects of the ecto and VA-mycorrhizal fungi *Hydnangium carneum* and *Glomus clarum* on the dN15 and dC13 values of *Eucalyptus globulus* and *Ricinus communis*. Plant Cell and Environment, 16 : **375-382p.**
- **Harrier L A., Watson C A., 2004.** The potential role of arbuscular mycorrhizal fungi in the bioprotection of plants against soil-borne pathogens in organic and/ or other sustainable farming systems. Pest Manag. Sci, 60 : **149-157p.**
- **Hause B., Fester T., 2005.** Molecular and cell biology of arbuscular mycorrhizal symbioses, planta (volume 221), **184-196p.**
- **Hebblethwaite P.D., Hawten G C., and Lutman P G W, 1983.** The husbandry of Establishment and Maintenance. In the Faba bean. (*Vicia faba L.*) : Edited by Hebblethwaite. **271-312p.**

- **Hijri L., Sykorova Z., Oehl F., Ineichen K., Mader P., Wiemken A., and Redecker D., 2006.** Communities of arbuscular mycorrhizal fungi in arable soils are not necessarily low in diversity. *Molecular Ecology*, 15 : 2277-2289p.
- **Huignard J., Glitho A., Monge J P., et Regnault-Roger C., 2011.** Insectes ravageurs des grains de légumineuses. *Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique*. Ed. Quae, Paris, 145p.

J

- **Jeffries P., Gianinazzi S., Perotto S., Turnau K., et Barea J.M., 2003.** The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Boil. Fertil*, 37 : 1-16p.
- **Jia Y.S., Gray V.M., 2004.** Inter relationship between nitrogen supply and photosynthetic parameters in *Vicia faba* L., *photosynthetica*, 41 : 605-610p.
- **Judd W.S. Campbell C.S., Jules Bouharmont., Kellog E.A. & Stevens P. 2001.** *Botanique systématique : une perspective phylogénétique*. Edition de boeck.

K

- **Kabir Z., O'Halloran I.P., Fyles J.W., et Hamel C., 1997.** Seasonal changes of arbuscular mycorrhizal fungi as affected by tillage practices and fertilization : hyphal density and mycorrhizal root colonization. *Plant Soil*, 192 : 285-293p.
- **Khalidi R., Zekri S., Maatougui M.E.H. et Ben Yassine A., 2002.** L'économie des légumineuses alimentaires au maghreb et dans le monde. *Proceeding du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE-REMALA « Le devenir des légumineuses Alimentaires dans le Maghreb » Hammamet , Tunisie, 100p* .
- **Kharrat M., Zouaoui M., Saffour K. et souissi T., 2002.** Lutte chimique contre *Orobanche foetida* sur la fève. *Proceeding du 2^{ème} séminaire du réseau REMAFEVE-REMALA « Le devenir des légumineuses Alimentaires dans le Maghreb » Hammamet , Tunisie, 100p* .

- **Kolev N., 1976.** Les cultures maraichères en Algérie : légumes, fruits, Ed J. BAILLIERE, paris. vol I, **207p.**

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.**

- **Marschner P., Crowley D., et Yang C.H., 2004.** Development of specifec 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 Huacinthoides 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.**
- **Planquaert P.H. et Girard G., 1987.** La féverole d'hiver, *Revue, I.T.C.F* 3^{ème} 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 5identification 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.** Glomalin 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.**

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 JE., 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. 4^{ème} 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.**

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 mucorrhizas in land plants. Mycorrhiza, 16, **299-363p.**
- **Wang GM., Strbley DP., Tinker P.B., Walker C 1993.** Effects of ph on arbuscular mycorrhiza. 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 perspets 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.**