



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Ibn Khaldoun–Tiaret**  
**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département des Sciences de la Nature et de la Vie**

Mémoire de fin d'études

**En vue de l'obtention du diplôme de Master académique**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie (D04)

Filière : Sciences Biologiques

**Spécialité : Microbiologie Appliquée**

**Présenté par :**

**Brahim Houria**

**Mebarki Nacera**

**Sarir Siham**

**Thème :**

***Isolement et caractérisation des nouvelles isolats de champignons rézospherique  
pour la production des bio-engrais.***

**Soutenu publiquement le :**

**Jury:**

<b>Présidente :</b>	M <sup>me</sup> MOKHTARI Sara	M.A.A	Faculté SNV
<b>Encadreur :</b>	M <sup>me</sup> DAHLIA Fatima	M.C.A.	Faculté SNV
<b>Co-encadreur :</b>	Mr RAHMOUNE Bilal	M.C.A.	Faculté SNV
<b>Examineur :</b>	M <sup>lle</sup> NEHILA Afaf	M.C.B.	Faculté SNV

**Année universitaire 2020-2021**



# Remerciements



*Initialement et avant tout, nous remercions ALLAH Qui nous a donné patience pour arriver à terme de ce travail.*

*Nos vifs remerciements vont à madame MOKHTARI (S.) pour l'honneur qu'elle nous a fait de présider ce jury.*

*Nos chaleureux remerciements s'adressent également au M<sup>lle</sup>. NEHILA (A.) d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous exprimons nos profonds remerciements à notre promotrice Mme. DAHLIA (F.) pour l'aide qu'elle nous a apporté, pour sa patience, sa confiance, son encouragement, et son œil critique qui nous a été très précieuse pour structurer le travail et pour améliorer la qualité des différentes sections de notre mémoire, nous la remercions vivement.*

*Ensuite, nous tenons à remercier notre Co-promoteur Mr. Rahmoune (B.) de nous avoir encadrés, ainsi que pour sa disponibilité et ses remarques constructives qui nous ont permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine chimique et de nous avoir fait profiter de ses connaissances.*

*Nos remerciements s'adressent à nos très chers parents pour l'amour qu'ils nous ont porté et pour leurs soutiens et leur patience.*

*Nous n'oublions jamais à adresser nos remerciements à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation et nos très chers amis pour l'aide, le courage et le soutien physique et moral dans les moments difficiles durant toute notre formation.*

*Enfin un grand remerciement à tous les travailleurs de la faculté des sciences de nature et de vie.*

*Au terme de ce travail, nous tenons à remercier chaleureusement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études.*

## **DEDICACE**



*Avant toute chose, je remercie Dieu, Le Tout Puissant, pour m'avoir donnée la force et patience.*

*Je dédie ce mémoire de tout mon cœur à :*

### **A MA TRÈS CHÈRE MÈRE : Brahim Saada**

*Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Que Dieu Le Tout Puissant te donne santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.*

### **A MON TRÈS CHER PÈRE : Brahim Feghoul**

*Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes sont-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ta compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir. Que Dieu Le Tout Puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.*

*À mes très chères sœurs : « Yamina et Keltouma » et mes deux ma belles-sœurs Fatiha et Imen*

*À mes très chers frères : « Mohamed, Tayeb, Belkacem, Noureddine et Abdelkader ».*

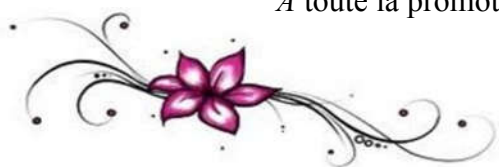
*À toute la famille Brahim*

*À mes neveux « Amira » et « Younes »*

*À mes trinômes Nacera et Siham et leurs familles*

*À mes amies « Sarah, Houda, Sabrina, Samira, Ferial, Hadjer, Basma »*

*À toute la promotion 2020-2021 de MICROBIOLOGIE APPLIQUÉE*



**Houria**

## ***DEDICACE***



*Je dédie ce mémoire de tout mon cœur à :*

*À mes très chers parents, les prunelles de mes yeux.*

*À ma mère **Chorfi Kheira** qui n'a jamais cessé de ménager ses efforts pour que j'atteigne ce niveau. Ni sacrifices, ni privatisations ne l'ont empêché d'accomplir son devoir de mère soucieuse de l'avenir de ces enfants.*

*À mon cher père **Mebarki Amer** qui a su se montrer patient, compréhensif et encourageant, sa chaleur paternelle a été et sera toujours pour moi d'un grand réconfort. Que Dieu vous procure santé, prospérité et bonheur.*

*À mes chers frères : **Mohamed et Hakim***

*À mes chères sœurs : **Mebarka et Zahra** que Dieu vous garde et vous protège et que votre chemin soit plein succès.*

*À mes oncles*

*À tous les membres des familles **Mebarki et Chorfi** pour leur aide et leur soutien. Que Dieu vous protège et vous préserve.*

*À mon cœur : **Ayoub***

*À mes trinômes : **Houria et Siham***

*À mes amies : **Sarah, Bouchra, Abir et Mimo***

*À toutes la promotion **2020-2021** de MICROBIOLOGIE APPLIQUE*

*Nacera*



## **DEDICACE**



*Je dédie ce mémoire de tout mon cœur à :*

*À la plus forte et patiente femme au monde, ma **très chère maman Saadou Malika** pour ses grands sacrifices et qui n'a jamais cessé de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs. C'est grâce à elle que je suis arrivé à ce stade.*

*À mon très cher tendre père **Sarir Benhattab** pour tout l'amour qu'il m'a donné.*

*Si je dois consacrer toute ma vie pour eux je ne peux pas rendre ce qu'ils m'ont fait, qu'ALLAH les garde.*

*À mon chers frère : **Nabil** qui été toujours présent pour moi. Jamais, il ne m'a laissé tomber !*

*À mon petit frère : **Rayan Abdel Raouf***

*À ma chère tante : **Fatiha** pour son amour et ses encouragements*

*À ma petite chérie : **Halouma***

*À Mon oncle : **Abdelaziz***

*À toutes les familles **Sarir et Saadou***

*À mes amies : **Sarah et Bouchra***

*À mes trinômes **Houria et Nacera** et leurs familles*

*À tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences, la réalisation de ce mémoire.*

**Siham**



## Liste des abréviations

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : Peroxyde d'hydrogène.

**PDA** : Pomme de terre Dextrose Agar.

**CaCl<sub>2</sub>** : Chlorure de calcium.

**HM** : Hyphes du champignon mycorhizienne

**K.C** : Ksar Echelala

**S.A** : Sidi Abd El Ghani

**S.OU** : Sidi Ouadhah.

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Protocole expérimentale suivi pour la réalisation des différentes expérimentations.	6
<b>Figure 2:</b> Schéma démonstratif des étapes de la purification du champignon .....	9
<b>Figure 3 :</b> Technique de drapeau. ....	10
<b>Figure 4 :</b> Germination des graines de maïs .....	11
<b>Figure 5 :</b> Mise en culture des plantules de maïs, traités par les différents bio-engrais, dans le papier filtre .....	12
<b>Figure 6:</b> Aspect morphologique des mycélium mycorhiziens sur la gélose 2% après 48h de culture. (A) : souche de Ksar Chellala, (B) : souche Sidi Abdelghani (C) : souche Sidi Ouadhah. ....	13
<b>Figure 7:</b> Aspect morphologique des mycélium mycorhiziens sur gélose 2% à 72h après l'ajout de PDA. (A) : souche de Ksar Chellala, (B) : souche Sidi Abdelghani (C) : souche Sidi Ouadhah. ....	14
<b>Figure 8:</b> Observation des colonies fongiques issues de spores étalé sur la gélose 2%. ....	21
<b>Figure 9:</b> Les deux types de bio-engrais formulés à base de mycorhizes. (A): formulation liquide et (B): formulation solide. ....	24
<b>Figure 10:</b> Variation des hauteurs des tiges des plantules de maïs en fonction des bio-engrais utilisés.....	25
<b>Figure 11:</b> Variation des longueurs des racines des plantules de maïs en fonction des bio-engrais utilisés. ....	27
<b>Figure 12:</b> Variation des poids des plantules de maïs en fonction des bio-engrais utilisés ....	28



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Appareillage, verreries, produits chimiques et milieux de culture utilisés pour la réalisation des différentes expérimentations .....	5
<b>Tableau 2</b> : Différentes zones prospectées pour le prélèvement des racines de jujubier.....	7
<b>Tableau 3</b> : Description de la pigmentation de la face et de l'envers des colonies et du contour des colonies .....	15
<b>Tableau 4</b> : Aspect morphologique et microscopique des champignons après purification ....	22
<b>Tableau 5</b> : Tableau d'analyse des variances du paramètre longueur de la tige du maïs .....	25
<b>Tableau 6</b> : Tableau d'analyse des variances du paramètre longueur des racines du maïs .....	26
<b>Tableau 7</b> : Tableau d'analyse des variances du paramètre poids des plantules du maïs.....	28

## Table des matières

Remerciements .....	i
Dédicaces .....	ii
Liste des abréviations .....	v
Liste des figures .....	vi
Liste des tableaux .....	vii
Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : matériel et méthodes.....	5
1. Matériel.....	5
2. Méthodes.....	6
2.1. Protocole expérimental .....	6
2.2. Lieu et période du travail.....	7
2.3. Matériel végétal et échantillonnage .....	7
2.5. Isolement des mycorhizes.....	7
2.6. Purifications des isolats .....	8
2.6.1. Repiquage.....	8
2.6.2. Cultures monospores .....	8
2.6.3. Repiquage.....	8
2.7. Caractérisation des mycorhizes .....	9
2.7.1. Caractérisation macroscopique .....	9
2.7.2. Caractérisation microscopique (technique du drapeau) .....	10
2.8. Formulation des bio-engrais.....	10
2.8.1. Formulation liquide .....	10
2.8.2. Formulation solide.....	10
2.9. Test d'efficacité des bio-engrais sur un culture de maïs .....	11
2.9.1. Germination des graines.....	11
2.9.2. Mise en culture et fertilisation par les bio-engrais .....	11
3. Analyse statistique .....	12
Chapitre 2 : Résultats et discussions .....	13
1. Isolement des mycorhizes à partir des racines de jujubier spontané.....	13
2. Caractérisation des champignons mycorhiziens .....	14
2.1. Caractérisation macroscopique.....	14
2.2. Caractérisation microscopique .....	21
3. Formulation des bio-engrais .....	24

4. Test d'efficacité des bio-engrais sur un culture de maïs .....	24
4.1. Effet des bio-engrais sur la hauteur des tiges .....	24
4.2. Effet des bio-engrais sur la longueur des racines .....	26
4.3. Effet des bio-engrais sur le poids des plantules.....	27
5. Discussion .....	29
Conclusion.....	33
Références bibliographiques .....	35
Résumé	

# *Introduction générale*

## **Introduction générale**

Les plantes cultivées, en croissant et en se multipliant, ont besoin d'oxygène, d'hydrogène et de dioxyde de carbone, qu'elles trouvent dans l'air ambiant, mais aussi d'azote (bénéfique pour la croissance et le développement de tous les organes végétaux aériens), de phosphore (favorise le développement des racines et améliore la résistance des plantes aux maladies) et de potassium (joue un rôle majeur dans la floraison et la fructification des végétaux, favorise la photosynthèse ; il renforce la résistance des plantes à la sécheresse, à la chaleur et au froid) et de micronutriments qu'elles peuvent trouver dans le sol (**Beauvais, 2011**).

Suite à l'intensification de l'agriculture, les besoins de la plantes et/ou la structure des sols, les éléments nutritifs des sols s'épuisent rapidement et l'agriculteur doit amender son sol pour avoir un rendement satisfaisant. Pour ce faire, il utilise les engrais.

Les engrais sont des produits minéraux ou organiques incorporés au sol afin d'améliorer sa fertilité, c'est-à-dire conserver ou augmenter les éléments essentiels à la croissance des organismes végétaux. Cela peut se faire en ajoutant directement de nutriments (engrais minéraux), en ajoutant des substances organiques qui en se décomposant vont libérer des éléments minéraux ou encore, en utilisant des organismes, tels que des champignons mycorhiziens, capables d'aller chercher les nutriments à des endroits inaccessibles par les plantes (**Dechamplain et Gosselin2002**).

On peut diviser les engrais en 4 catégories (**Rousselle, 1913**) : engrais solubles (nitrates, sels ammoniacaux, sels de potasse et, dans une certaine mesure, superphosphate), engrais insolubles (scories et phosphate naturels), engrais non retenus par le pouvoir absorbant du sol (nitrates) et engrais retenus, plus au moins, par le pouvoir absorbant de sol (tous les engrais, sauf les nitrates).

Il existe différents types des engrais qui sont (**Michaud, 2011 ; F.A.O., 2019**): les engrais chimiques ou de synthèse (engrais dont les matières premières de source naturel ont subi des transformations chimiques), les engrais organiques (engrais carbonés issus de matières organiques, y compris les effluents d'élevage, traités ou non, le compost, les boues d'épuration et autres matières organiques ou matières mixtes servant à apporter des nutriments aux sols), les engrais inorganiques (engrais riche en nutriments produits industriellement par des procédés chimiques ou par extraction minière), les engrais verts (plantes cultivées dans le but de recouvrir le sol et d'améliorer les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol).

En cas d'utilisation abusive des engrais chimiques, l'excédent apporté n'est pas consommé par les plantes et reste dans le sol. Le ruissellement et le lessivage entraînent la pollution des eaux souterraines (**Levallois et Phaneuf, 1992**). A long terme les engrais chimiques se traduit par une baisse de fertilité et une détérioration des qualités physiques des terres agricoles, d'où le développement de ravageurs (maladies et animaux). La détérioration des qualités physiques se traduit également par une augmentation de la battance (formation d'une croûte sur la partie superficielle du sol) et de la compacité du sol, un manque de porosité et une perte de son pouvoir tampon, ainsi induire une baisse de rendement des récoltes, une plus grande sensibilité aux parasites et une diminution des qualités nutritives des productions (**Frapna, 2013**). L'exposition en engrais chimiques à long durée cause des risques sur la santé des employeurs telles irritations pulmonaires primaires et des risques sur la fertilité des travailleurs (**Malle et al., 2015**).

Pour éviter ces contraintes, les scientifiques ont, dernièrement, recours aux engrais biologiques.

Bio-engrais est un terme général employé pour désigner les produits contenant des micro-organismes vivants ou dormants telles les bactéries, champignons, actinomycètes et algues seules ou combinés à d'autres micro-organismes (**F.A.O., 2019**). Les bio-engrais contiennent tous les nutriments et les oligo-éléments nécessaires aux plantes cultivées, tous en améliorant aussi la structure du sol et sa capacité à retenir l'eau (**Beauvais, 2011**).

Dans la rhizosphère, les micro-organismes peuvent être libres ou étroitement associés aux racines, l'association la plus stricte étant celle de la symbiose qui caractérise d'une part les relations entre les légumineuses et les rhizobiacées, bactéries fixatrices d'azote et d'autre part, les relations entre les glomales, champignons formant des mycorhizes, avec de très nombreuses espèces végétales (**Alabouvette et Cordier, 2018**).

Le mot « mycorhize » est d'origine grecque et il traduit la symbiose entre un champignon (myco) et les racines (rhize) d'une plante (**Garbaye, 2013**). Cette symbiose résulte d'un commun accord entre les deux organismes. Il existe différents types de mycorhizes qui sont : les ectomycorhizes, les endomycorhizes et les ectendomycorhizes (**Duponnois et al., 2013**) :

- **Les ectomycorhizes** : (du grec *ektos* : à l'extérieur) où les champignons se développent essentiellement autour de la racine, en formant un manchon mycélien (le manteau) à

partir duquel se développent des hyphes qui s'insèrent entre les cellules corticales de la racine (réseau de Hartig).

- **Les endomycorhizes** : (du grec endon : à l'intérieur) sont caractérisées par l'absence de manchon mycélien externe et par la pénétration des hyphes fongiques dans les cellules corticales. On rencontre : les endomycorhizes des Orchidées, les endomycorhizes des Ericacées, les endomycorhizes des Cistacées et les mycorhizes à vésicules et arbuscules.
- **Les ectendomycorhizes** : sont caractérisées à la fois par la présence du manteau mycélien et le développement d'hyphes inter et intracellulaires. Elles se rencontrent chez les Arbutacées, les Monotropacées et sont formées par des Basidiomycètes.

Il existe plusieurs espèces des mycorhizes appartenant à environ 25 genres qui sont (**Garbay, 2013**) : *Glomus*, *Gomphidius*, *Geosiphon*, *Fusarium*, *Gigaspora*, *Gomphide*, *Hymenoscyphuse*, *Inocybe*, *Laccaire*, *Laccaria*, *Lactarius*, *Mycine*, *Oidiodendrom*, *Paxillus*, *Phialocephala*, *Phialophora*, *Rhizoctonia*, *Rhizopogon*, *Rhizoscyphus*, *Russula*, *Scleroderma*, *Scutellospora*, *Sebacina*, *Tricharina* et *Tricholoma*.

Ces mycorhizes peuvent faire une symbiose avec plus de 80% des espèces et peuvent être piégés à partir des racines de certaines plantes comme le poireau (**Morbihan, 2011**), le maïs (**Aguilar *et al.*, 2020**) et le jujubier (**Serge, 2001**).

La symbiose mycorhizienne permet d'assurer la croissance et la reproduction de champignon grâce aux sucres (source de carbone) fournis par la plante, une amélioration de la nutrition minérale de la plante, en particulier pour les éléments peu mobiles comme le phosphore et des oligo-éléments tel que le cuivre, zinc et le fer, ce qui se traduit généralement par une stimulation de la croissance (**Dechamplain et Gosselin, 2002**). Par ailleurs on observe chez les plantes mycorhizées une résistance accrue contre certains agents pathogènes des systèmes racinaires (**Plenchette, 2003**).

Les mycorhizes ont d'autant plus de chance d'exerce leurs effets protecteurs qu'elles occupent le terrain de façon précoce par ailleurs : comme bien souvent le champignon mycorhizienne et le pathogènes occupent les mêmes sites dans la racine ; une compétition s'établit entre eux, autant pour l'espace que pour la nourriture (**Cardier *et al.*, 1996 ; Dalpé, 2005**).

Outre protection contre les micro-organismes pathogènes du sol, les mycorhizes accroissant également la résistance aux stress abiotique : une plante mycorhizées résiste mieux

à la sécheresse (**Subramaninm et Charest, 1997**), au froid (**Charest *et al.*, 1993**), au stress hydrique (**Meddich *et al.*, 2000**), à la pollution par des métaux lourds (**Giasson, 2005**) et également à tolérer des niveaux plus élevés de salinité (**Johnson Green *et al.*, 1995 ; Paradis *et al.*, 1995**) et de l'acidité du sol (**Mohamed *et al.*, 2003**).

Le fonctionnement des mycorhizes comme agent de lutte biologique touche globalement cinq mécanismes d'interactions. Certaines concernent directement la plante (**Dalpé, 2005**) : (i) une stimulation de croissance par biais d'un apport nutritif accru et une meilleure santé végétale, (ii) une transformation morphologique racinaire, (iii) l'induction ou la suppression de mécanisme de défense notamment ceux impliquant plusieurs enzymes, (iv) une compétition avec les champignons liée à la disponibilité de nutriment et de site d'infection et (v) modification de la microflore et augmentation de taux de la matière organique.

C'est dans cette optique que nous avons posé la question : comment sont fabriqués les engrais à base des mycorhizes et quel est leur effet sur les plantes ?

L'objectif de cette étude est d'isoler et caractériser des nouvelles souches des mycorhizes pour la production des bio engrais. Pour ce faire nous avons fixé certains objectifs spécifiques :

- Isolement des mycorhizes à partir des racines désinfectées de jujubier spontané.
- Purification des souches en utilisant la culture monospore.
- Formulation de deux bio engrais (liquide et solide) et tester leurs effets sur une culture de maïs.



# *Partie expérimentale*



*Chapitre 1 :*  
*Matériel et méthodes*



**Chapitre 1 : matériel et méthodes**

**1. Matériel**

Sur terrain, on a utilisé des pots stériles, ciseaux stériles, gants stériles et merlin.

Au laboratoire, les différentes verreries, appareillage, produits chimiques et milieux de culture utilisés sont mentionnés dans le **tableau 1**.

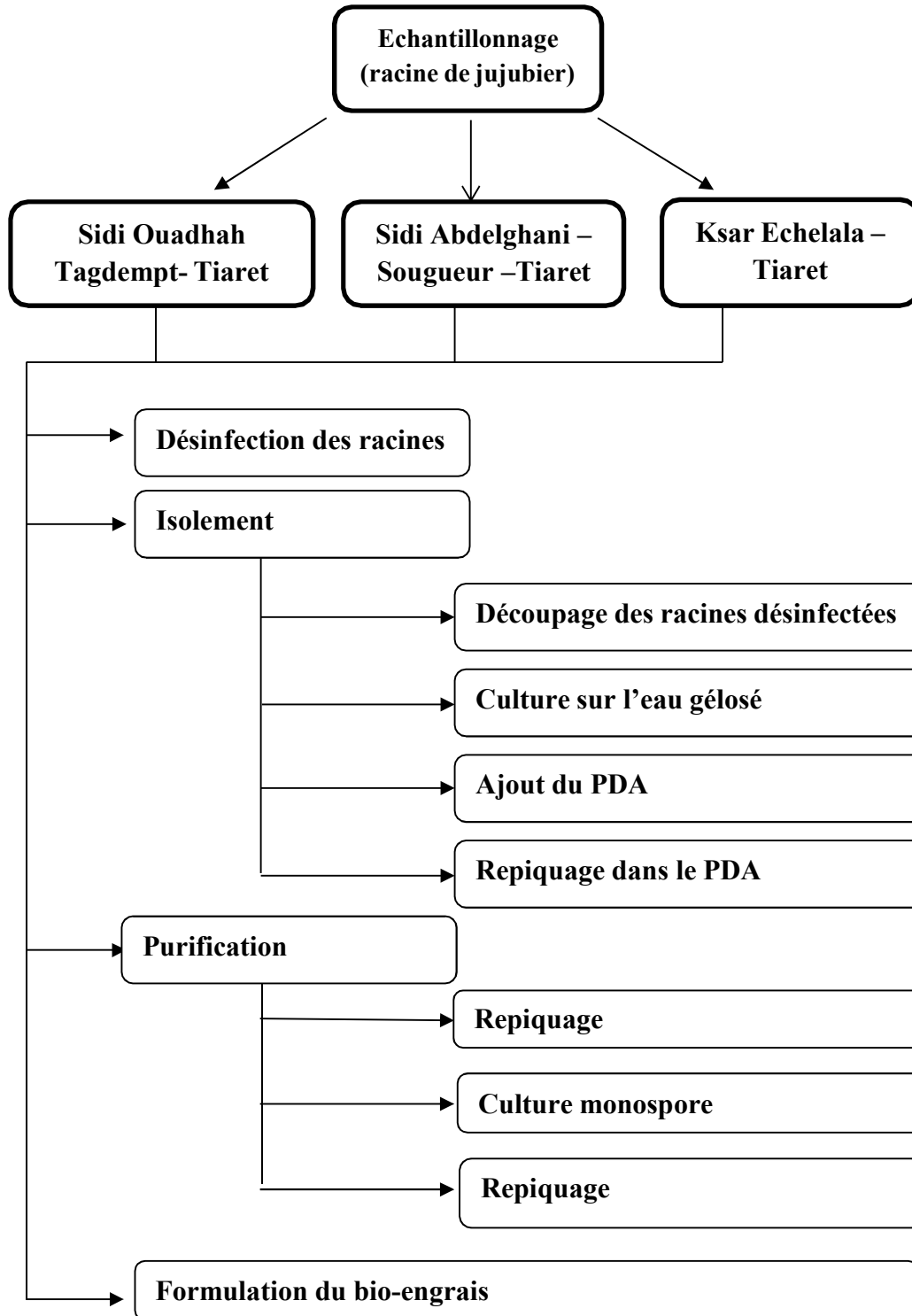
**Tableau 1** : Appareillage, verreries, produits chimiques et milieux de culture utilisés pour la réalisation des différentes expérimentations

<b>Appareillage</b>	<b>Verreries</b>	<b>Produits chimiques</b>	<b>Milieux de culture</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agitateur (IKARCT BASIC. VELP).</li> <li>• Autoclave (WOLF)</li> <li>• Balance analytique (KERN)</li> <li>• Etuve (NUVE)</li> <li>• Microscope optique (B-350 OPTIKA)</li> <li>• Bec bunsen</li> <li>• Vortex</li> <li>• Réfrigérateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bêchers</li> <li>• Boîtes de Pétri</li> <li>• Eprouvettes</li> <li>• Fiole à gauger</li> <li>• Lames et lamelles</li> <li>• Pipettes graduées/ poire</li> <li>• Pipette pasteur</li> <li>• Pince à métal</li> <li>• Seringue en verre</li> <li>• Seringue en plastique</li> <li>• Thermomètre</li> <li>• Lame stérile (bistouri)</li> <li>• L'anse de platine</li> <li>• Barreau magnétique</li> <li>• Verre de montre</li> <li>• Tubes à essai</li> <li>• Erlenmeyers</li> <li>• Eprouvette graduée</li> <li>• Spatule</li> <li>• Flacons</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bleu de méthylène</li> <li>• Eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)</li> <li>• Ethanol à 96%.</li> <li>• Huile à immersion.</li> <li>• Tween 80.</li> <li>• Aginate de sodium.</li> <li>• Amidon.</li> <li>• Eau de javel</li> <li>• Huile de colza</li> <li>• Chlorure de calcium</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gélose 2%.</li> <li>• PDA.</li> </ul>

## 2. Méthodes

### 2.1. Protocole expérimental

Les différentes étapes de cette étude sont résumées dans la Figure N° 01 :



**Figure 1:** Protocole expérimentale suivi pour la réalisation des différentes expérimentations

## 2.2. Lieu et période du travail

Notre travail a été effectué au sein des laboratoires de microbiologie et de sciences de sol de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Ibn Khaldoun -Tiaret, durant la période allant d'avril jusqu'à juillet 2021

## 2.3. Matériel végétal et échantillonnage

Les racines des plantes de jujubier spontané (*Ziziphus lotus*) ont été utilisées pour l'isolement des mycorhizes. Elles ont été prélevées au mois d'avril 2021, suivant un échantillonnage subjectif, à partir de trois zones de la région de Tiaret (tableau 2). Les zones prospectées sont Ksar Chellala, Sidi Abdelghani (Sougueur) et Sidi Ouadhah (Tagdempt). Les racines ont été prélevés dans des conditions stériles en utilisant des gants stériles, des ciseaux stériles et ont été conditionnées dans des pots stériles. Les prélèvements sont ensuite transportés au laboratoire et conservé à 4C°

**Tableau 2:** Dégérentes zones prospectées pour le prélèvement des racines de jujubier.

Jujubier	Ksar Chelala	Sidi Abdelghani	Sidi Ouadhah
Latitude	35,2616371 N	35,2124692 N	35,2955607 N
Longitude	2,3419343 E	1,5170998 E	1,2738387 E
Altitude	1.047m	813m	918 m
Type de sol	Cailleteaux	Limoneux	Argilo-limoneux

## 2.4. Désinfection des racines

Les racines du jujubier spontané ont été désinfectées en les trompant dans l'eau oxygénée pendant 5 minutes et puis en les rinçant avec l'eau distillée. Cette opération a été répétée plusieurs fois. Les racines ont été trempées, par la suite, dans l'eau distillée contenant quelques gouttes de Tween 80 pendant 3 minutes et puis étaient rincées plusieurs fois avec l'eau distillée (Redon et al., 2009).

## 2.5. Isolement des mycorhizes

Les racines désinfectées ont été découpées à une longueur de 1 mm à l'aide de polystyrène et lame stérile. Elles ont été placées directement dans des boites de Petri contenant chacune 15 ml de la gélose (2%) et ont été incubées pendant 24 à 72h à une température de 25°C. Lorsque les mycéliums on apparut, on a ajouté quelque gouttes du PDA, afin de permettre

le développement du champignon. Les boîtes de Pétri ont été incubées, cette fois ci, pendant 48h à une température de 25°C. Après l'incubation, des disques fongiques, de chaque boîte de Pétri, ont été repiqué dans de nouvelles boîtes contenant chacune 15 mm du milieu de culture PDA et puis, elles ont été incubées pendant 5 à 7 jours à une température 25°C (**Davet et Rouxel,1997**)

### **2.6. Purifications des isolats**

#### **2.6.1. Repiquage**

A l'aide de lance de platine stérile, un disque fongique a été placé au centre de nouvelles boîtes de Pétri contenant 15 ml du milieu de culture PDA. Les boîtes, ont été par la suite, incubées 5 à 7 jours à une température de 25 °C.

#### **2.6.2. Cultures monospores**

Le but de cette technique est d'obtenir un matériel fongique génétiquement homogène. La purification a été réalisée par culture monospore selon la méthode **de Henni et al. (1994)** avec des modifications. Cette technique repose sur la préparation de dilutions décimales (Figure 2). Les cultures monospores ont été obtenues dans des conditions stériles.

Un fragment de mycélium a été introduit dans 9 ml d'eau distillée stérilisée, que nous avons agité vigoureusement au vortex. Des dilutions décimales ont été réalisées de  $10^{-1}$  à  $10^{-4}$ , seules les dilutions,  $10^{-4}$ , ont été retenues et un volume de 0,1ml de cette suspension a été déposé et étalé en surface sur le milieu l'eau gélosé (Agar 2%) coulé dans boit Pétri, l'incubation a été réalisée à une température de 25-29 C° pendant 48-72h. Après ce temps d'incubation, une lampe binoculaire a été utilisée pour visualiser les colonies.

#### **2.6.3. Repiquage**

A l'aide de lance de platine stérile, une colonie a été placé au centre de nouvelles boîtes de Pétri contenant 15 ml du milieu de culture PDA. Les boîtes, ont été par la suite, incubées pendant 5 à 7 jours à une température de 25°C.



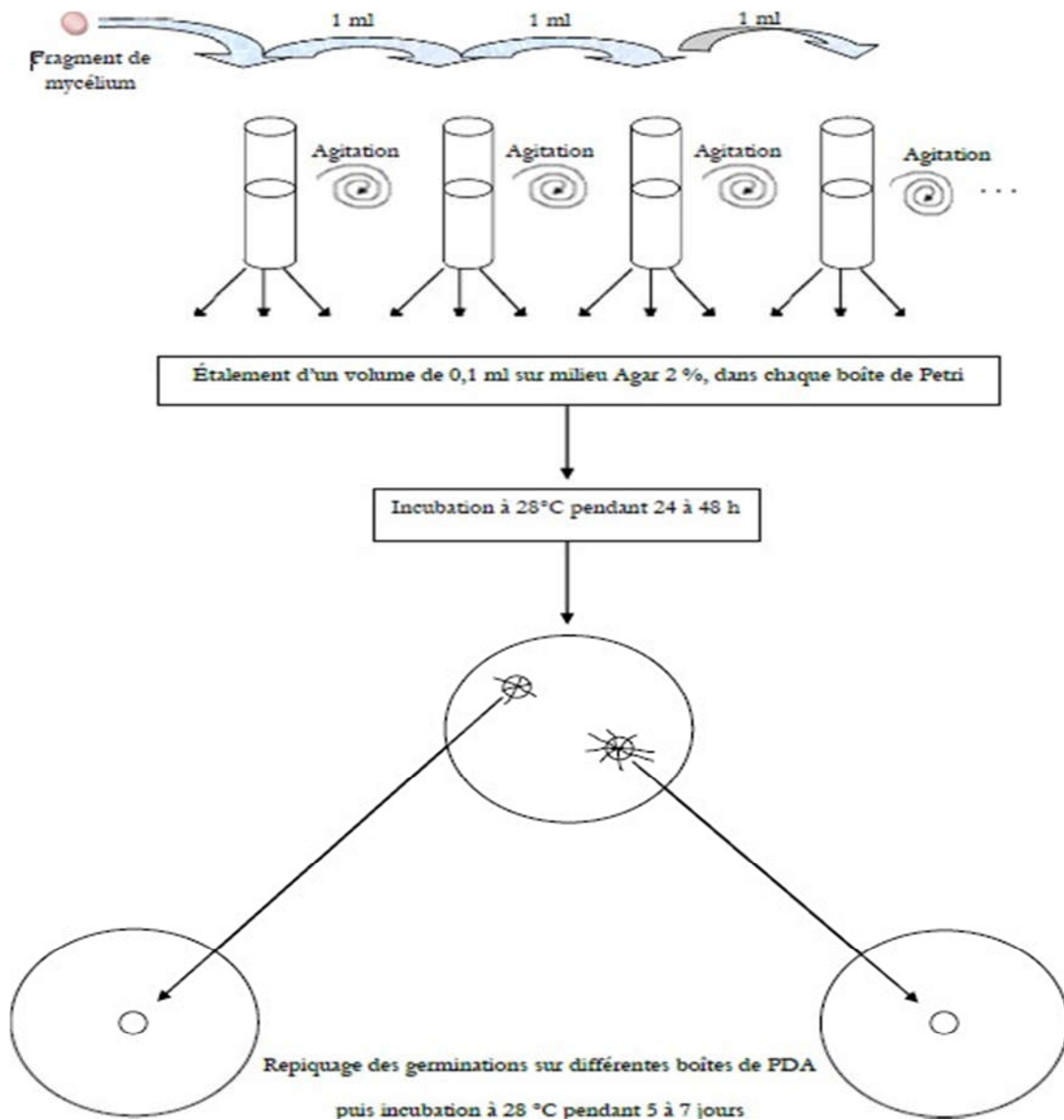


Figure 2: Schéma démonstratif des étapes de la purification du champignon (Yezli, 2016).

## 2.7. Caractérisation des mycorhizes

### 2.7.1. Caractérisation macroscopique

Pour procéder à caractérisation macroscopique des champignons purifiés, la méthode modifiée décrite par Nelson *et al.* (1981) et Booth (1984) a été utilisée. Cette caractérisation est basée sur des observations à l'œil nu. Les caractères culturels notamment tels que la pigmentation de la face et de l'envers des colonies et le contour des colonies.

### 2.7.2. Caractérisation microscopique (technique du drapeau)

Pour une bonne observation des caractères microscopiques des champignons, nous avons utilisé la technique du drapeau décrite par **Guezlane-Tebibel *et al.* (2011)** qui permet d'examiner directement une culture mycélienne sur une lame et qui pourra être conservée par la suite. Cette technique consiste à prélever une empreinte sur le bord de la colonie fongique, par un fragment de ruban adhésif. Nous avons recollé ce dernier sur une lame, sur laquelle nous avons préalablement déposé une goutte de bleu de coton. Par la suite, on est passé directement à l'observation par microscope optique au grossissement 40.



**Figure 3** : Technique de drapeau.

## 2.8. Formulation des bio-engrais

### 2.8.1. Formulation liquide

La préparation de la formulation liquide a été réalisées selon les étapes suivantes (Babu *et al.*, 2003) :

- Mélange de 0,1 ml de Tween 80 avec 10 ml d'huile de colza pure légèrement chauffée ;
- Agitation du mélange huile-Tween 80 puis l'ajout de 90 ml de la suspension de fongique ;
- Émulsion de la solution avec un agitateur magnétique pendant 3 minutes à une vitesse réduite.

### 2.8.2. Formulation solide

La formulation solide a été préparée comme suit (**Abdel-Fattah, 2002 modifié**):

- Versement de 3 g de poudre d'alginate de sodium dans 100 ml de la suspension de spores ;
- Agitation du mélange alginate-suspension de spores pendant 30 min ;
- Préparation d'une solution de chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) à 0,25 M (7,4 g / 500 ml) ;
- Prélèvement du mélange à l'aide d'une seringue stérile et injection dans la solution de chlorure de calcium pour l'obtention des granules ;

- Rinçage des granules formées avec de l'eau distillée dans une passoire et séchage sur papier buvard ;
- Stockage des granules à 4 °C jusqu'à leur utilisation. Les granules d'alginate sans champignon ont été utilisées comme témoin.

### 2.9. Test d'efficacité des bio-engrais sur un culture de maïs

#### 2.9.1. Germination des graines

Les graines du maïs ont été désinfectées et puis ont été mises à germination (**Fig. 4**) selon les étapes suivantes (**Schwachtje *et al.*, 2011**) :

- Mise des graines dans de l'eau de javel pendant 2 minutes ;
- Rinçage par l'eau distillée plusieurs fois ;
- Mise des graines dans des boites de Pétri couvert par deux couches de papier filtre imbibé par l'eau distillée ;
- Enfin, les boîtes Pétri ont été mises dans des conditions ambiantes pour la germination.



**Figure 4** : Germination des graines de maïs

#### 2.9.2. Mise en culture et fertilisation par les bio-engrais

Après deux jours de germination, les grains ont ensuite été mis dans papiers filtre (témoin + les souches) (8 graines/papier). Ces derniers ont été enroulés et disposés verticalement dans des bécards (Gobelets pour chaque engrais) contenant de l'eau distillée pour le témoin et l'eau distillé + engrais pour chaque souche (**Fig. 5**). Les bécards ont été mis en incubation dans une chambre de culture réglée à 28°C avec un photopériodisme de 16h lumière/8h obscurité, jusqu'à l'apparition des premières feuilles (10 jours après la mise en culture). Après un mois de culture, les plantules ont été récupérées et pesées. Les longueurs des parties aériennes et souterraines ont été notées.



**Figure 5** : Mise en culture des plantules de maïs, traités par les différents bio-engrais, dans le papier filtre

### 3. Analyse statistique

L'étude statistique des résultats obtenus sont exprimés en moyenne  $\pm$  écart type. La comparaison entre la formulation liquide et solide ainsi qu'entre les différentes souches mycorhiziennes est effectuée pour les paramètres de croissance (poids des plantules et dimensions des tiges et racines) par le test ANOVA (analyse de la variance). Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel (SPSS V. 21) Type III. Les groupes homogènes de chaque trait mesuré sont séparés par le test de *Tukey*.

*Chapitre 2 :*  
*Résultats et discussions*

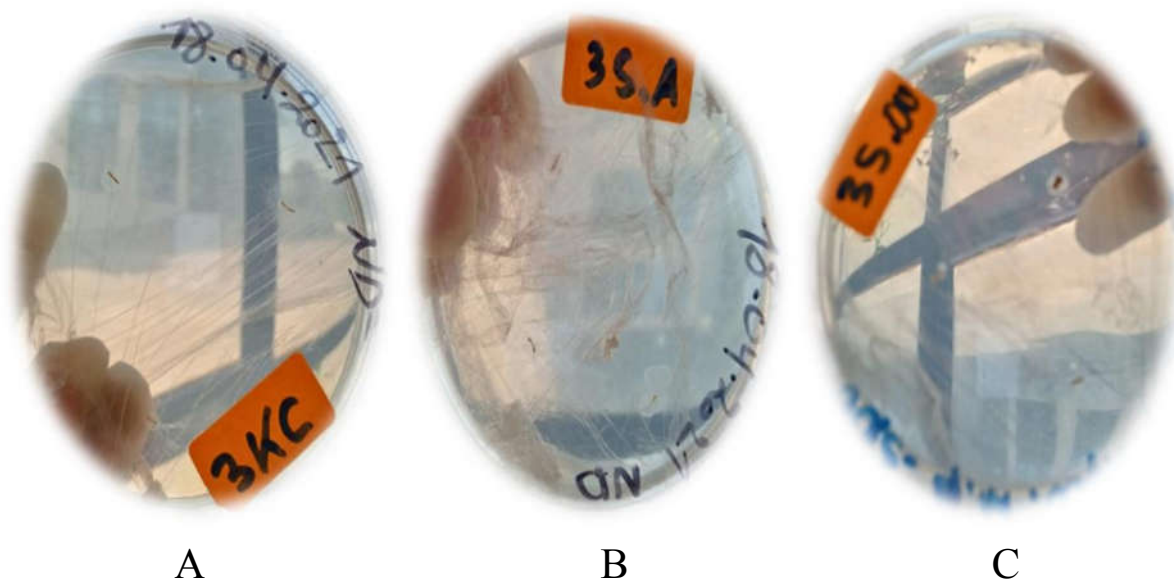


## Chapitre 2 : Résultats et discussions

A travers cette études, plusieurs souches de mycorhizes ont été isolées deux types de bio-engrais à base de mycorhizes ont été formulés par deux méthodes différentes (solide et liquide) pour minimiser l'utilisation des produits chimique et valoriser les produits naturels. Les mycorhizes, qui font des symbioses avec plus de 80% des plantes terrestre, sont connus par l'amélioration de la nutrition minérale de la plante et par conséquent l'amélioration de la croissance et de la production. Pour cela, des engrais à base de mycorhizes pourrait être très utiles et une très bonne alternative en agriculture.

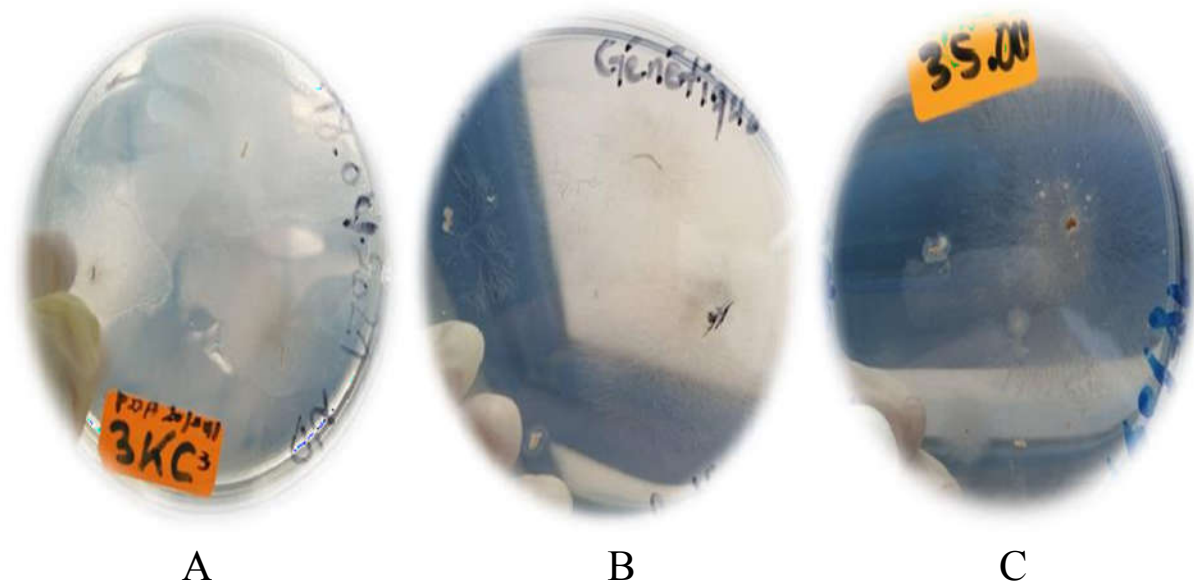
### 1. Isolement des mycorhizes à partir des racines de jujubier spontané

La culture des racines désinfectées de jujubier spontané (*Ziziphus lotus*), provenant de trois régions, sur l'eau gélosée (Agar 2%) a conduit à la formation des mycéliums de tailles déférentes (**Fig. 6**). Les mycélium développés à partir des racines du jujubier spontané, en provenance de Ksar Chellala avaient une vitesse de croissance rapide et de ce fait, ils étaient les plus grands. Les mycéliums développés à partir des racines du jujubier spontané, en provenance de Sidi Abdelghani avaient une vitesse de croissance moyenne et de ce fait, ils étaient moyennement grands. Tandis que, Les mycélium développés à partir des racines du jujubier spontané, en provenance de Sidi Ouadhah avaient une vitesse de croissance lente et de ce fait, ils étaient les plus petits.



**Figure 6:** Aspect morphologique des mycélium mycorhiziens sur la gélose 2% après 48h de culture. (A) : souche de Ksar Chellala, (B) : souche Sidi Abdelghani (C) : souche Sidi Ouadhah.

Après 72 h de l'ajout de PDA, il y avait l'apparition de germination de mycélium qui s'est caractérisée par l'apparition d'une pigmentation blanchâtre aux extrémités des racines des trois provenances (**Fig. 7**). La vitesse de croissance ainsi que la taille des colonies ont varié d'une racine à une autre et d'une provenance à l'autre.



**Figure 7:** Aspect morphologique des mycélium mycorhiziens sur gélose 2% à 72h après l'ajout de PDA. (A) : souche de Ksar Chellala, (B) : souche Sidi Abdelghani (C) : souche Sidi Ouadhah.







## **2. Caractérisation des champignons mycorhiziens**







### **2.1. Caractérisation macroscopique**







Après sept jours de repiquage des disques fongiques sur le milieu de culture PDA, 17 phénotypes différents ont été séparés (**Tableau 3**). 8 phénotypes proviennent des racines du jujubier spontané de Ksar Chellala, 6 phénotypes proviennent des racines du jujubier spontané de Sidi Ouadhah et 3 phénotypes proviennent des racines du jujubier spontané de Sidi Abdelghani.









Tableau 3: Description de la pigmentation de la face et de l'envers des colonies et du contour des colonies.







Provenance des racines	Vue de la face de la colonie	Vue de l'envers de la colonie	Description
Ksar Chellala			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Face : Blanc puis marron.</li> <li>• Envers : Orange</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux marron-orange</p>
			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Face : Blanche</li> <li>• Envers : Crème</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc</p>
			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Face : Marron puis blanc.</li> <li>• Envers : Marron puis orange</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc</p>





	 <p>Kc b1' dés</p>		<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Face :</b> Marron, blanc cassé et jaune</li> <li>• <b>Envers :</b> Jaune-orange.</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Ondulé irrégulier blanc</p>
			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Face :</b> Grisâtre et orange</li> <li>• <b>Envers :</b> Noirâtre puis orange.</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>
	 <p>B2' kc</p>		<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Face :</b> Marron claire, verdâtre puis Blanc.</li> <li>• <b>Envers :</b></li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>

			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Face :</b> Blanchâtre puis marron clair.</li> <li>• <b>Envers :</b> Rouge et blanchâtre.</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux marron claire</p>
			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Face :</b> Marron puis blanc</li> <li>• <b>Envers :</b> Noirâtre, marron puis crème.</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>
<p><b>Sidi Ouadhah</b></p>			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Face :</b> Blanc</li> <li>• <b>Envers :</b> Blanc.</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>

			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Face :</b> Blanc.</li> <li>• <b>Envers :</b> Crème.</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>
			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Face :</b> Jaune puis blanc.</li> <li>• <b>Envers :</b> Orange claire.</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>
			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Face :</b> Marron et blanc.</li> <li>• <b>Envers :</b> Crème.</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>



			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Face :</b> Blanc puis marron.</li> <li>• <b>Envers :</b> Crème puis orange claire.</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>
			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Face :</b> Blanc et transparent.</li> <li>• <b>Envers :</b> Orange claire.</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Dentelé blanc.</p>
<p>Sidi Abdelghani</p>			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Face :</b> Orange, blanchâtre et jaune.</li> <li>• <b>Envers :</b> Marron, orange, jaune puis blanc.</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>

			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Face : blanc cassé.</li> <li>• Envers : Crème.</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>
			<p><b>Pigmentation de la colonie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Face : Blanc.</li> <li>• Envers : Blanc cassé.</li> </ul> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>

## 2.2. Caractérisation microscopique

A partir des 17 phénotypes sélectionnés, on a procédé à la purification des souches, en utilisant la culture monospore (**Fig. 8**). Cette technique, suivie d'un repiquage d'une seule colonie, issue d'une seule spore, permet d'avoir une souche fongique pure.








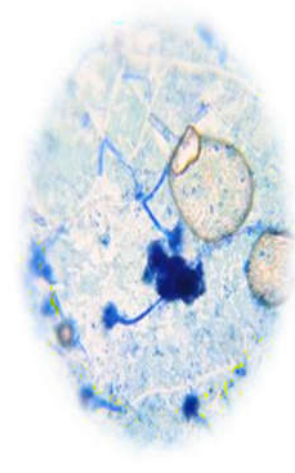
**Figure 8:** Observation des colonies fongiques issues de spores étalé sur la gélose 2%.

Le repiquage de ces colonies sur le milieu PDA devrait conduire à l'apparition des 17 souches pures des phénotypes sélectionnés. Mais à ce niveau-là, la plupart des boîtes de Petri ont été contaminées par le *Rhizopus sp.* A la fin, on a réussi à purifier, uniquement, quatre souches mycorhiziennes, qui sont illustrées dans le tableau 4. On a procédé à une observation macroscopique pour confirmer l'identité de la pigmentation (de la face et de l'envers) et le contour des colonies avec les phénotypes sélectionnés. Comme on a procédé à une observation microscopique en utilisant la technique de drapeau.



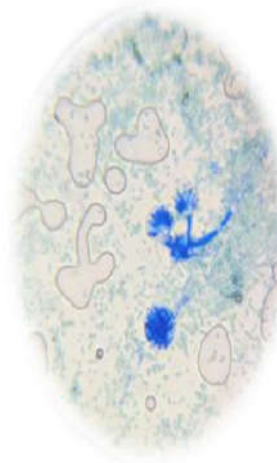
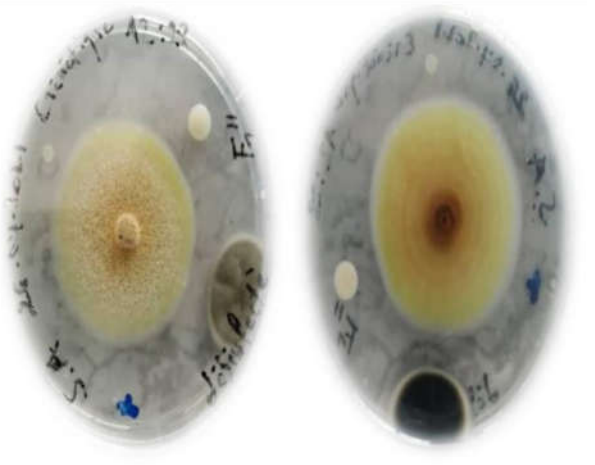


D'après les photos, illustrées dans le tableau 4, on remarque une bonne identité, pour les caractères macroscopiques, entre les quatre phénotypes préalablement sélectionnés et les quatre souches mycorhiziennes purifiées.

L'aspect microscopique révèle la présence des arthrospores issues de la fragmentation des hyphes transparents à parois épaisses.

Tableau 4: Aspect morphologique et microscopique des champignons après purification.

Origine	Souche	Phénotype sélectionné	Souches pures obtenues		Description
			Aspect macroscopique	Aspect microscopique	
Ksar Chellala	A2"				<p><b>Pigmentation de la colonie :</b> Crème au centre puis blanche.</p> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>
Sidi ouadhah	H1"				<p><b>Pigmentation de la colonie :</b> Marron et blanc.</p> <p><b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>



	<p>G2'''</p>				<p><b>Pigmentation de la colonie :</b> Blanche <b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>
<p>Sidi Abdelghani</p>	<p>F1''</p>				<p><b>Pigmentation de la colonie :</b> Orange et blanchâtre. <b>Contour de la colonie :</b> Filamenteux blanc.</p>

### 3. Formulation des bio-engrais

Deux catégories de bio-engrais, à base de mycorhizes, ont été formulés, solide et liquide. Au total, dix bio-engrais ont été formulés (**Fig. 9**). Quatre bio-engrais solides composés chacun d'une seule souche purifiée de mycorhize avec un bio-engrais témoin sans souches mycorhiziennes et quatre bio-engrais solides composés chacun d'une seule souche purifiée de mycorhize avec un bio-engrais témoin sans souches mycorhiziennes.



**Figure 9:** Les deux types de bio-engrais formulés à base de mycorhizes. (A): formulation liquide et (B): formulation solide.

### 4. Test d'efficacité des bio-engrais sur un culture de maïs

L'efficacité des bio-engrais (solide et liquide) formulés à base de mycorhizes a été testé sur une culture de maïs. Les effets d'une fertilisation par les bio-engrais ont été testé pour la hauteur des tiges, la longueur des racines et le poids des plantules jeunes de maïs.

#### 4.1. Effet des bio-engrais sur la hauteur des tiges

Les résultats d'analyse des variance, regroupés dans le tableau 5, ne révèlent pas de différences significatives entre les deux catégories de bio-engrais formulés ( $P > 0,005$ ). Cela indique que les deux formulations solide et liquide ont des efficacités similaires sur la hauteur des tiges des plantule de maïs. Cependant, il a une différence très hautement significative ( $P < 0.001$ ) entre les traitements utilisés (présence ou absence de souches mycorhiziennes). Cela indique que la présence ou l'absence de de souches mycorhiziennes dans les bio-engrais avaient des effets différents sur la longueur des tiges et aussi que les plantules de maïs ont répondu différemment vis—à-vis des différentes souches mycorhiziennes.

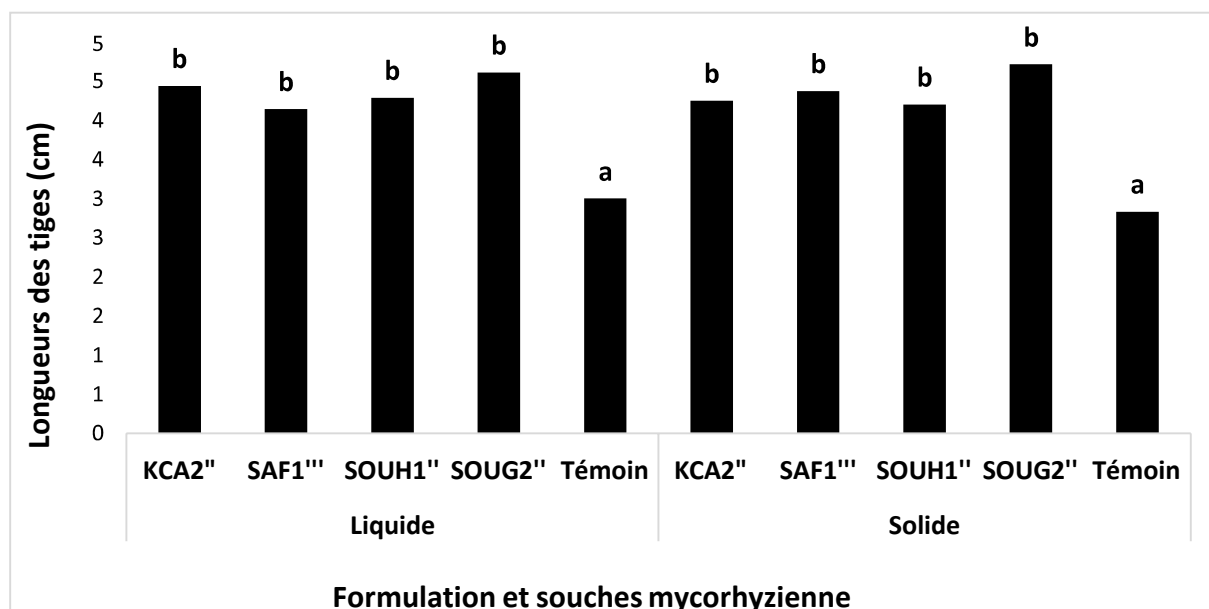
**Tableau 5:** Tableau d'analyse des variances du paramètre longueur de la tige du maïs.

Sources de variation	SCE	ddl	CM	F	Sig.
Formulation	0.006	1	0.006	0.013	0.908 ns
Traitements	25.544	4	6.386	14.453	0***
Résiduelle	29.161	66	0.442		
Total	54.711	71			

Les histogrammes de la figure 10 illustrent la variation des hauteurs des tiges des plantules de maïs en fonction des bio-engrais utilisés.

On observe des effets similaires des bio-engrais liquide et solide vis-à-vis la hauteur des tiges des plantules de maïs. Les bio-engrais témoins, dépourvus de souches mycorhiziennes, ont présenté les hauteurs des tiges les plus faibles avec  $3 \pm 0,46$  et  $2.83 \pm 0,81$  cm respectivement pour les formulation liquide et solides. Ces moyennes sont individualisées dans le groupe homogène (a) selon le test de comparaison des moyennes de *Tukey*, alors que les moyennes des autres bio-engrais qui manifestent des tiges plus hautes sont classées dans le groupe homogène (b).

Les améliorations dans la croissance de la partie aérienne ont passé de 38,09% pour la souche (H1") de Sidi Ouadhah en formulation liquide à 66,39% pour la souche (G2") de Sidi Ouadhah en formulation solide par rapport aux témoins.



**Figure 10:** Variation des hauteurs des tiges des plantules de maïs en fonction des bio-engrais utilisés.

Les bio-engrais formulées à base de la souche mycorhizienne (G2") en provenance de Sidi Ouadhah semble être la plus efficace pour ce paramètre parce que, quelque-soit le type de formulation liquide et solide, elle manifeste les moyennes les plus élevées de la hauteur des tiges de plantule de maïs ( $4,61 \pm 0,67$  et  $4,71 \pm 0,95$  cm respectivement).

#### 4.2. Effet des bio-engrais sur la longueur des racines

Les résultats d'analyse des variance, regroupés dans le tableau 6, révèlent des différences très hautement significative ( $P < 0.001$ ). Cela indique que les plantules de maïs n'ont pas répondu de la même façon aux deux formulations solide et liquide. Il y a aussi une différence très hautement significative ( $P < 0.001$ ) entre les traitements utilisés (présence ou absence de souches mycorhiziennes). Cela indique que la présence ou l'absence de de souches mycorhiziennes dans les bio-engrais avaient des effets différents sur la longueur des racines et aussi que les plantules de maïs ont répondu différemment vis—à-vis des différentes souches mycorhiziennes.

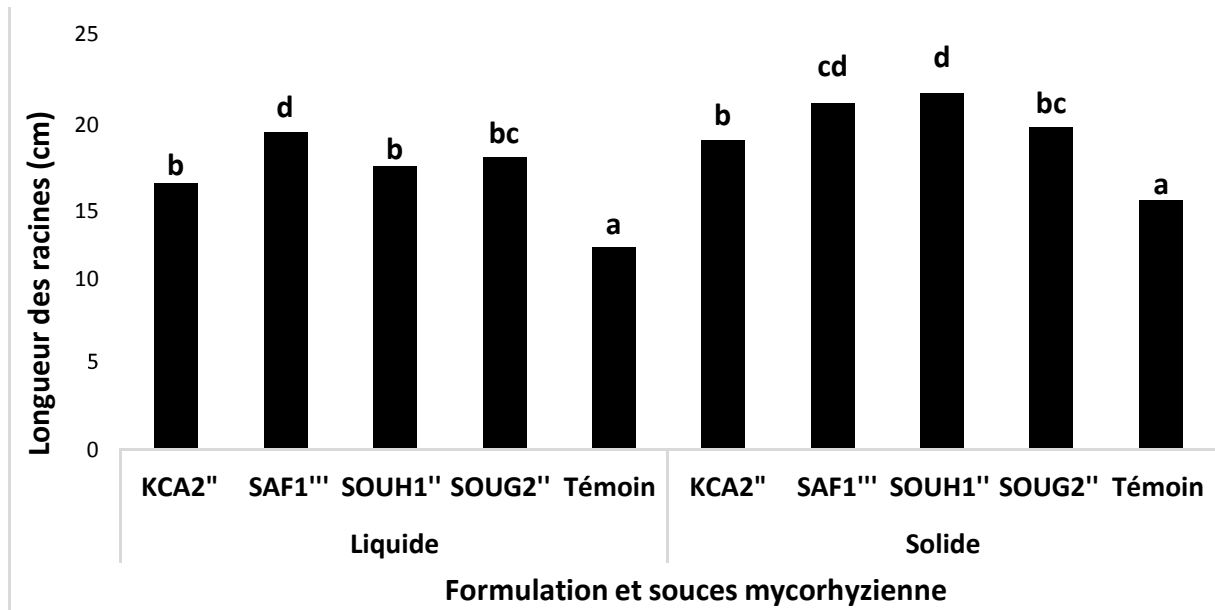
**Tableau 6:** Tableau d'analyse des variances du paramètre longueur des racines du maïs.

Sources de variation	SCE	ddl	CM	F	Sig.
Formulation	122.865	1	122.865	72.297	0***
Traitement	354.932	4	88.733	52.213	0***
Résiduelle	112.163	66	1.699		
Total	589.96	71			

D'après la figure 11, on observe que la formulation solide est plus efficace que la formulation liquide. Cela est prouvé par le fait que tous les bio-engrais solides de chacune des souches mycorhizienne ont manifesté des racines plus longues en comparaison avec les racines des plantules de maïs traités par les bio-engrais liquides.

Les bio-engrais témoins (liquide et solide), dépourvus de souches mycorhiziennes sont les moins efficaces car ils sont caractérisés par les racines des plantules les plus faibles ( $12,25 \pm 113$  cm pour la formulation liquide et  $15,08 \pm 0,8$  cm pour la formulation solide). Ces moyennes sont classées, selon le test de *Tukey* de comparaison des moyennes, dans le groupes homogène (a). Les racines des autres plantules traitées par les bio-engrais pourvus de souches mycorhiziennes étaient plus longues et ont été classés dans des groupes différents (**Fig. 11**).

Les bio-engrais, liquide et solides, formulés à base de la souche A2" de Ksar Chellala semblent être les moins efficace par rapport aux autres bio-engrais à base de mycorhizes utilisés. Ces bio-engrais, de la souche A2" de Ksar Chellala, ont amélioré la croissance des racines par 24,31% (forme solide) et 31,63% (forme liquide) par rapport au témoin.



**Figure 11:** Variation des longueurs des racines des plantules de maïs en fonction des bio-engrais utilisés.

Pour la formulation liquide, il semble que le bio-engrais, formulé à base de la souche F1'' de Sidi Abdelghani est le plus efficace. Il a amélioré la croissance des racines par 56,85% par rapport aux racines des plantules témoins.

Pour la formulation solide, il semble que les bio-engrais, formulés à base des souches F1'' de Sidi Abdelghani et H1'' de Sidi Ouadhah sont les plus efficaces car les racines traitées par ces deux bio-engrais sont les plus longues ( $21 \pm 0,8$  cm et  $21,6 \pm 0,82$  cm respectivement). Grace à ces deux bio-engrais, la croissance des racines s'est améliorée de 39,22% pour la souche F1'' de Sidi Abdelghani et par 43,2% pour la souche H1'' de Sidi Ouadhah par rapport aux témoins.

#### 4.3. Effet des bio-engrais sur le poids des plantules

Les résultats d'analyse des variance, regroupés dans le tableau 7, ne révèlent pas de différences significatives entre les deux catégories de bio-engrais formulés ( $P > 0,005$ ). Cela indique que les deux formulations solide et liquide ont des efficacités similaires sur les poids des plantules de maïs. Cependant, il a une différence très hautement significative ( $P < 0.001$ ) entre les traitements utilisés (présence ou absence de souches mycorhiziennes). Cela indique que la présence ou l'absence de de souches mycorhiziennes dans les bio-engrais avaient des effets différents sur le poids des plantules et aussi que ces dernières ont répondu différemment vis—à-vis des différentes souches mycorhiziennes.

**Tableau 7:** Tableau d'analyse des variances du paramètre poids des plantules du maïs.

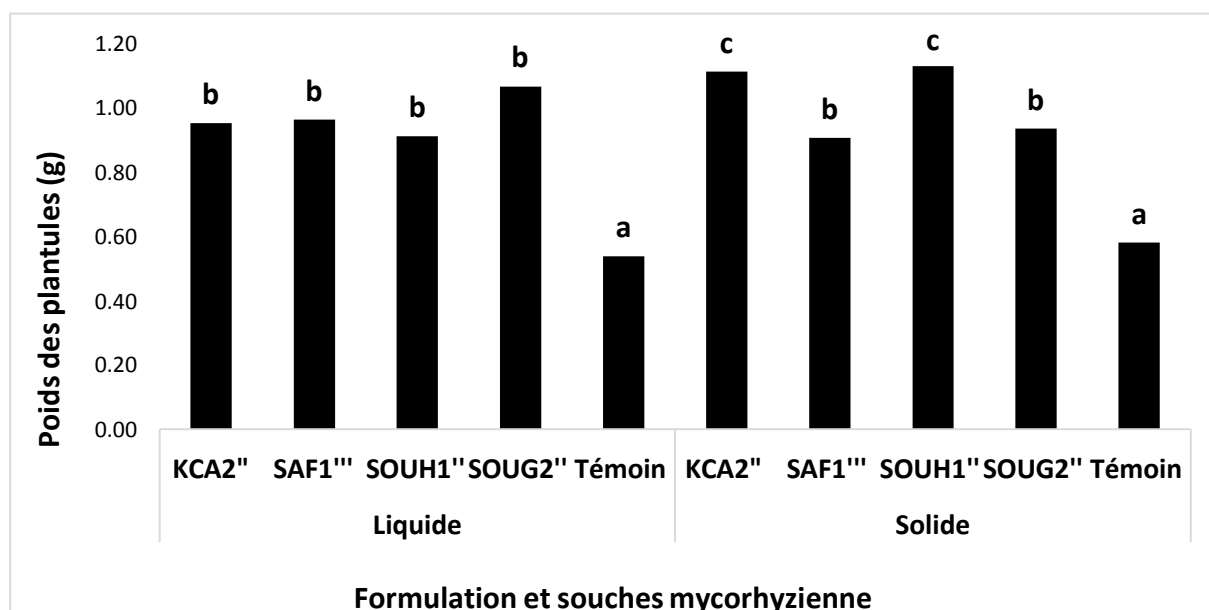
Sources de variation	SCE	ddl	CM	F	Sig.
Formulation	0.029	1	0.029	1.869	0.176 ns
Traitement	2.212	4	0.553	35.648	0***
Résiduelle	1.024	66	0.016		
Total	3.265	71			

Les histogrammes de la figure 12 illustrent la variation des poids des plantules de maïs en fonction des bio-engrais utilisés.

On observe des effets similaires des bio-engrais liquide et solide vis-à-vis les poids des plantules de maïs. Les bio-engrais témoins, dépourvus de souches mycorhiziennes, ont présenté les poids des plantules les plus faibles avec  $0,54 \pm 0,048$  et  $0,58 \pm 0,038$  g respectivement pour les formulation liquide et solides.

Ces moyennes sont individualisées dans le groupe homogène (a) selon le test de comparaison des moyennes de *Tukey*, alors que les moyennes des autres bio-engrais qui manifestent des poids de plantules plus élevés sont classées dans les groupes homogènes (b) et (c).

Les améliorations dans le développement des plantules ont passé de 56,03% pour la souche (F1") de Sidi Abdelghani en formulation solide à 98,13% pour la souche (G2") de Sidi Ouadhah en formulation liquide par rapport aux témoins.



**Figure 12:** Variation des poids des plantules de maïs en fonction des bio-engrais utilisés.

Pour la formulation liquide, il semble que le bio-engrais formulé à base de la souche G2" est le plus efficace car il est représenté par les plantules présentant les poids les plus élevés ( $1,06\pm 0,12$ g).

Pour la formulation solide, les bio-engrais formulés à base des souches mycorhiziennes A2" de Ksar Chellala et H1" de Sidi Ouadhah sont les plus efficaces car ils sont représentés par les plantules présentant les poids les plus élevés ( $1,111\pm 0,14$  et  $1,128\pm 0,05$  g respectivement) et ont amélioré le développement de la plante par 91,6 et 94,48%, respectivement, par rapport au témoin.

## **5. Discussion**

La rhizosphère est colonisée plus intensément par des microorganismes que d'autres régions du sol. Les champignons mycorhiziens à arbuscules (Glomeromycota) sont des biotrophes obligatoires. Ces champignons sont une composante biologique clé pour la conservation de la fertilité des sols et la productivité des écosystèmes (**Jiménez-Leyva et al., 2017**). Dans cette symbiose, le champignon obtient des glucides et d'autres facteurs essentiels à son développement et à sa sporulation, et la plante hôte reçoit de l'eau de retour et des nutriments inorganiques absorbés par le sol, ainsi que des avantages tels que l'augmentation du volume racinaire et la longévité et la résistance aux agents pathogènes (**Merlin et al., 2020**).

Dans des conditions naturelles environnementales ou de terrain, les cultures sont soumises à de multiples contraintes ; par conséquent, les communautés de champignons mycorhiziens à arbuscules natives qui sont très diversifiées sont nécessaires pour la stimulation de la croissance et des performances accrues. Ces avantages peuvent être trouvés lorsque les champignons mycorhiziens à arbuscules sont obtenues à partir de plantes indigènes (**Jiménez-Leyva et al., 2017**). Plus la diversité des champignons mycorhiziens à arbuscules est élevée, plus ils sont importants pour accroître la production végétale, les nutriments, la biodiversité et la stabilité de l'écosystème. Les preuves disponibles indiquent également qu'une augmentation de la diversité phylogénétique des champignons mycorhiziens à arbuscules dans les racines des plantes stimule la productivité des plantes (**Qin et al., 2020**).

Dans la présente étude, les souches mycorhiziennes ont été isolées à partir de populations naturelles de jujubier spontané (*Ziziphus lotus*) afin de valoriser notre patrimoine génétique et utiliser des souches mycorhiziennes adaptés à nos conditions pédoclimatiques.



A partir des racines de jujubier spontanés poussant dans trois régions différentes (Ksar Chellala, Sidi Ouadhah et Sidi Abdelghani) de la wilaya de Tiaret, quatre souches mycorhiziennes ont été isolées, purifiées, utilisées dans la formulation de deux types de bio-engrais et testées sur une culture de maïs.

Dans cette étude, on a visé la production de bio-engrais à base de mycorhizes parce qu'ils peuvent fournir une bonne alternative des engrais chimiques. L'utilisation excessive d'engrais conduit à des excédents de nutriments et à l'eutrophisation, en particulier de l'azote (N) et du phosphore (P), dans les sols agricoles dans de nombreuses régions du monde, et peut éventuellement conduire à l'épuisement de ressources limitées comme le phosphate naturel. Alors que les microorganismes du sol, et plus particulièrement, les champignons mycorhiziens à arbuscules, ont des rôles indispensables dans le cycle des nutriments, le maintien de la fertilité du sol, la séquestration du carbone du sol et la dynamique de la végétation (**Qin et al., 2020**). L'utilisation d'inoculants microbiens (biofertilisants) est considérée comme une alternative écologique à d'autres applications d'engrais minéraux, ce qui suggère une perspective bénéfique pour ces micro-organismes (**Arrieta et al., 2015**). De nombreux résultats de chercheurs confirment que les biofertilisants peuvent augmenter l'accès des plantes aux nutriments et qu'ils développent la croissance des plantes par l'absorption de nutriments et l'augmentation des productions de photosynthèse. En outre, il a également été signalé que les biofertilisants peuvent affecter la croissance et le développement des plantes grâce à la production d'hormones stimulantes à base de plantes telles que l'auxine, la cytokinine et la gibbérelline (**Attarzadeh et al., 2019**). En raison de leur effet positif sur la croissance des cultures, les champignons mycorhiziens à arbuscules doivent être pris en compte dans la gestion des sols agricoles (**Hamel et al., 1994**). Les champignons mycorhiziens arbusculaires sont considérés comme des éléments clés essentiels des systèmes sol-plante durables, en particulier dans les écosystèmes semi-arides et arides. Ce processus symbiotique mobilise et transporte les nutriments jusqu'aux racines, améliore l'agrégation du sol dans les sols érodés et réduit le stress hydrique (**Benkhroua et al., 2017**). Ces avantages rendent l'utilisation accrue de la symbiose mycorhiziens arbusculaires particulièrement attrayante pour les agriculteurs biologiques, et le rôle des champignons mycorhiziens arbusculaires dans la durabilité générale de l'agriculture est largement promu (**Douds et al., 2017**).

On a observé, dans cette étude, que la croissance et le développement des plantules de maïs ont été significativement affectées par la présence ou l'absence des mycorhizes dans les deux types de bio-engrais formulés. La symbiose mycorhizienne a amélioré les traits



morphologiques des plantules de maïs. En présence du bio-engrais mycorhizien, les racines étaient plus longues et la biomasse fraîche était plus grande par rapport à celles des témoins. Cette élongation de la racine conduit à une meilleure exploration des horizons profonds et par conséquent à une meilleure absorption de l'eau lorsque sa présence est limitée dans les couches superficielles du sol (**Sánchez-Blanco et al., 2014**), ce qui explique que les racines des plantes traitées par les bio-engrais à base de mycorhizes étaient plus longues que celles des plantes témoins. D'après **Chen et al. (2017)**, les champignons mycorhiziens arbusculaires ont un impact multidimensionnel y compris la biomasse racinaire, la longueur des racines, le diamètre des racines, la surface des racines, le volume des racines, la branche racinaire et l'angle de croissance des racines.

L'inoculation mycorhizienne a également favorisé le développement des parties aériennes, ce qui s'est traduit par une augmentation de la hauteur des plantes. Ses résultats sont similaires aux résultats de l'inoculation d'*Acacia seyal* par *Glomus aggregatum* qui a stimulé le développement de la biomasse fraîche des parties aériennes et racinaires (**Manga et al., 2018**). Les champignons mycorhiziens à arbuscules présents dans la rhizosphère jouent un rôle important dans la croissance et la forme écologique de leurs plantes hôtes (**Arrieta et al., 2015**). Des études en serre et sur le terrain ont montré une croissance accrue des plantes de tomate en raison de l'inoculation de champignons mycorhiziens arbusculaires (**Douds et al., 2017**). D'après **Essahibi et al. (2019)**, la symbiose mycorhizienne a considérablement amélioré la croissance (hauteur des pousses, nombre de feuilles et surface foliaire) et la production de biomasse (pousses et poids sec des racines) des caroubiers. La croissance des plantes et la production de biomasse étaient plus élevées dans les plantes mycorhiziennes que dans les plantes non inoculées.

Dans cette étude, on a également observé que certaines souches mycorhiziennes sont plus efficaces que d'autres. A titre d'exemple la souche F1" de Sidi Abdelghani était plus efficace pour le développement des racines, la souche A2" de Ksar Chellala a permis une bonne production de biomasse fraîche et la souche H1" de Sidi Ouadhah a permis une bonne croissance la partie aérienne. Selon **Frewa (2019)**, la capacité des champignons mycorhiziens arbusculaires à fournir un avantage de croissance, de nutriments ou de défense à leur hôte peut également varier entre les taxons fongiques. Par exemple, certains taxons peuvent être davantage associés à une croissance accrue des plantes et à une absorption des nutriments, tandis que d'autres sont davantage associés à une meilleure défense des plantes contre les herbivores. Il existe depuis longtemps un intérêt à utiliser la symbiose mycorhizienne dans la

production végétale durable, mais l'efficacité et la variabilité des réponses restent un défi important. Aussi, l'intensité d'utilisation des terres et le type de sol affectent fortement la composition des communautés des champignons mycorhiziens arbusculaires et par conséquent, leurs efficacités (**Guo *et al.*, 2016**). Les pratiques agricoles peuvent nuire à la formation de mycorhizes. Par exemple, les champignons mycorhiziens arbusculaires peuvent être affectés par la perturbation du sol, par l'application de pesticides, par des rotations impliquant des espèces de cultures non hôtes ou des périodes de jachère, et par des niveaux élevés de phosphore dans le sol. La symbiose est également sensible aux niveaux de pH du sol (**Hamel *et al.*, 1994**).

# *Conclusion*



## **Conclusion**

Les microorganismes du sol ont des rôles indispensables dans le cycle des nutriments, le maintien de la fertilité du sol, la séquestration du carbone du sol et la dynamique de la végétation.

Les champignons mycorhiziens à arbuscules peuvent former des associations mutualistes avec environ 80% des plantes vasculaires dans un large éventail d'écosystèmes et sont l'un des groupes microbiens les plus importants impliqués dans le développement durable de l'agriculture.

Dans cette symbiose, le champignon obtient des glucides et d'autres facteurs essentiels à son développement et à sa sporulation, et la plante hôte reçoit de l'eau de retour et des nutriments inorganiques absorbés par le sol, ainsi que des avantages tels que l'augmentation du volume racinaire et la longévité et la résistance aux agents pathogènes. Les champignons mycorhiziens à arbuscules sont essentiels pour la communauté végétale car ils sont liés à la nutrition minérale végétale, en particulier les nutriments à faible mobilité du sol et qui sont nécessaires en grande quantité.

La présente étude a été consacrée à l'isolement, la purification et la caractérisation de nouvelles souches mycorhiziennes indigènes, à partir des racines du jujubier spontané (*Ziziphus lotus*), poussant dans trois régions différentes de la wilaya de Tiaret. Des bio-engrais, liquides et solides, ont été, par la suite, formulés et testés sur une culture jeune de maïs.

Un total de 17 champignons mycorhiziens de phénotypes différents ont été isolés à partir des racines désinfectées de jujubier spontané, dont 8 champignons mycorhiziens provient de Ksar Chellala, 6 champignons mycorhiziens provient de Sidi Ouadhah et 3 champignons mycorhiziens provient de Sidi Abdelghani. Après la purification, seules les souches A2" de Ksar Chellala, H1" et G2" de Sidi Ouadhah et F1" de Sidi Abdelghani ont été maintenues pour la formulation des bio-engrais.

Deux formulations de bio-engrais, à base de souches purifiées de mycorhizes, ont été adoptées dans cette étude : des bio-engrais liquides et des bio-engrais solides. Il s'est avéré que les deux formulations étaient efficaces par rapport aux témoins (absence de souches mycorhiziennes). Les effets des bio-engrais à base de mycorhizes, liquides et solides, avaient des effets similaires sur la croissance de la partie aérienne et le poids de la biomasse fraîche des plantules de maïs. Cependant, les bio-engrais solides étaient plus efficaces pour la croissance des racines de plantules de maïs en longueur.

Le bio-engrais à base de la souche mycorhiziennes G2" de Sidi Ouadhah a donné les meilleurs résultats pour la croissance de la partie aérienne. Il a stimulé la croissance par 53% pour la formulation liquide et 66% pour la formulation solide.

Ce même bio-engrais en forme solide avec les deux bio-engrais liquides à base des souches mycorhiziennes A2" de Ksar Chellala et H1" de Sidi Ouadhah ont stimulé la production de biomasse fraîche par 98%, 91% et 94% respectivement.

Le bio-engrais solide à base de la souche mycorhizienne F1"" de Sidi Abdelghani et le bio-engrais liquide à base de la souche mycorhizienne H1" de Sidi Ouadhah ont stimulé la croissance des racines par 56% et 43% respectivement.

Les résultats obtenus peuvent être considérés comme une ouverture à des perspectives qui devraient servir la valorisation des microorganismes indigènes. Les souches mycorhiziennes dans notre étude ne sont pas représentatives à la situation agroécologique de l'Algérie. Pour cette raison, des prospections doivent être réalisées dans les régions où les conditions pédoclimatiques sont différentes.

Nos résultats peuvent être complétés par une caractérisation approfondie des souches mycorhiziennes à arbuscules et par l'identification microscopique et/ou moléculaire des souches indigènes, pour une meilleure structuration de la diversité génétique de ces espèces.

# *Références bibliographiques*





**Références bibliographiques**

- Abdel-Fattah G.M., 2002. Biological control of some serious weeds in Akahlia district. II. Mycoherbical production and physiological host responses. *Mycobiology*, 30 (2) : 96-101.
- Aguilar T.D., Banuelos J., 2020. Isolation and Culture of Arbuscular Mycorrhizal. In. Ferrol, N., & Lanfranco, L. (Eds.). *Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Methods in Molecular Biology*.
- Alabouvette C., Cordier C., 2018. Fertilité biologique des sols : des microorganismes utiles à la croissance des plantes. Ed. Innovations Agronomiques, INRA, France. 63 p.
- Arrieta A.M., Iannone L.J., Scervino J.M., Vignale M.V., Novas M.V., 2015. A foliar endophyte increases the diversity of phosphorus-solubilizing rhizospheric fungi and mycorrhizal colonization in the wild grass *Bromus auleticus*. *Fungal ecology*.
- Attarzadeh M., Balouchi H., Rajaie M., Movahhedi-Dehnavi M., Salehi A., 2019. Growth and nutrient content of *Echinacea purpurea* as affected by the combination of phosphorus with arbuscular mycorrhizal fungus and *Pseudomonas florescent* bacterium under different irrigation regimes. *Journal of Environmental Management*, 231 : 182–188.
- Babu R. M., Sajeena A., Seetharaman K., 2003. Bioassay of the potentiality of *Alternaria alternata* (Fr.) keissler as a bioherbicide to control waterhyacinth and other aquatic weeds. *Crop Protection*, 22 : 1005-1013
- Beauvais M., 2011. Jardiner bio sans se raconter de salades : 100%bio. ED. Amazon, France. Pp : 10-13.
- Benkhroua N., Hafidi M., Badri W., Baudoin E., Thioulouse J., Prin Y., Galiana A., Ouahmane L., Ouhammou A., Sanguin H., Duponnois R., 2017. Management of the mycorrhizal soil infectivity with *Crotalaria ochroleuca*, an indigenous wild legume in the tropics: Impacts on microbial functional diversity involved in phosphorus mobilization processes in a sahelian soil. *Ecological Engineering*, 101: 130–136.
- Booth, C., 1984. The *Fusarium* problem: historical, economic and taxonomic aspects. In *The applied mycology of Fusarium*. Symposium of the British Mycological Society held at Queen Mary College, London, Cambridge University Press.

- Bouhot D., Billotte J. M., 1964. Recherches sur l'écologie des champignons parasites dans le sol. II. Choix d'un milieu nutritif pour l'isolement sélectif des *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani* du sol. *Ann. Epiphyties*, 15(1), 57-72.
- Davet,P,Rouxel,F.(1997).Detection et isolement des champignons du sol .Editions quae.
- Djerbi M., 1982. Bayoud disease in North Africa: history, distribution, diagnosis and control. *Date Palm Journal*, 1(2), 153-197.
- Charest C., Dalpé Y., brown A., 1993 the effect of vesicular – Arbuscular mycorrhizal and chilling on two hybrids of *Zea mays*. *Mycorrhiza*, 4: 89-92.
- Chen W., Li J., Zhu H., Xu P., Chen J., Yao Q., 2017. The differential and interactive effects of arbuscular mycorrhizal fungus and phosphorus on the lateral root formation in *Poncirus trifoliata* (L.). *Scientia Horticulturae*, 217: 258–265.
- Cordier C., Gianinazzi., Gianinazzi-Pearson V.,1996., colonization patterns of root tissues by *Phytophthora nictionnaireva*; *parasitica* related to reduced disease in mycorrhizal tomato. *Plant soil* : 223-232
- Dalpé Y., 2005. Les mycorhizes : un outil de protection de plante mais non une panacée. *Phytoprotection*, 86(1) : 53-59.
- Dechamplain N., Gosselin L., 2002. Les champignons mycorrhiziens. Ed. PISTES, Université Laval, Québec, Canada. Pp : 12.
- Douds D.D.J., Lee J., McKeever L., Ziegler-Ulsh C., Ganser S., 2017. Utilization of inoculum of AM fungi produced on-farm increases the yield of *Solanum lycopersicum*: A summary of 7 years of field trials on a conventional vegetable farm with high soil phosphorus. *Scientia Horticulturae*, 207: 89–96.
- Downes P., Ito, F., 2001. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. American Public Health Association (eds).
- Duponnois R., Sanon A., Hafidi M., Ndoye I., 2013. Généralités sur la symbiose mycorrhizienne in Duponnois Robin (ed.), Hafidi M. (ed.), Ndoye I. (ed.), Ramanankierana H. (ed.), Bâ A.M. (ed.), Des champignons symbiotiques contre la désertification : écosystèmes méditerranéens, tropicaux et insulaires, Institut de recherche pour le développement, Marseille, France. Pp : 25-26
- Essahibi A., Benhiba L., Fouad M.O., Ait Babram M. Ghoulam C., Qaddoury A., 2019. Responsiveness of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Plants to Arbuscular Mycorrhizal

- Symbiosis Under Different Phosphate Fertilization Levels. *Journal of Plant Growth Regulation*. 12 p.
- F.A.O., 2019. Code de conduite international sur l'utilisation et la gestion durable des engrais. Ed. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. Pp : 04.
- FRAPNA., 2013. des alternatives aux engrais de synthèse. Ed. Réseaux agriculture régional, Rhone –Alpes. Pp : 2
- Frewa A., 2019. Arbuscular mycorrhizal fungal diversity increases growth and phosphorus uptake in C3 and C4 crop plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 135 : 248–250.
- Garbaye J., 2013. La symbiose mycorhizienne une association entre les plantes et les Champignons. Ed. Quae, Paris. Pp : 12-230-250.
- Gassion P., 2005. Utilisation de champignon mycorhizien dans le processus de phyto-restauration de sols contaminés aux métaux lourds. Thèse de doctorat en ressources minérales. Université du Québec, Montréal, Canada. Pp 165
- Guezlane-Tebibel N., Kahlouche B., Athmani-Guemouri S. (2011). Microbiologie (Travaux pratiques). 4ème édition corrigée, Ed. OPU. Algérie.
- Guo Y., Du Q., Li G., Ni Y., Zhang Z., Ren W., Hou X., 2016. Soil phosphorus fractions and arbuscular mycorrhizal fungi diversity following long-term grazing exclusion on semi-arid steppes in *Inner Mongolia*. *Geoderma*, 269: 79–90.
- Hamel C., Dalpé Y., Lapierre C., Simard R.R., Smith D.L., 1994. Composition of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi population in an old meadow as affected by pH, phosphorus and soil disturbance. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 49: 223-231.
- Henni J., Boisson C., Geiger J.P., 1994a. Variabilité du pouvoir pathogène chez le *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*. *Phytopathologia Mediterranea*, 10-16.
- Henni J., Boisson C., Geiger J.P., 1994b. Variabilité de la morphologie chez *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*. *Phytopathologia Mediterranea*, 51-58.
- Jiménez-Leyva J.A., Aldo Gutiérrez J., Orozco A., Vargas G., Esqueda M., Gardea A, Gonzalez-Hernandez V., Sanchez E., Munoz E., 2017. Phenological and ecophysiological responses of *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* to native

- arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus availability. *Environmental and Experimental Botany*.
- Johnesen –Green P.C. , Kenkel N.C., Booth T., 1995. The distribution and phenology of arbuscular mycorrhizae along in inland salinity gradient. *Can. J. Bot.*, 73 :1318-1327.
- Levallois P., Phaneuf D., 1992. Les risques associés à la consommation de l'eau potable par les nitrates. Ed. Réseau de la santé publique du Québec.
- Malle L., Loukil B., Boulakoud M., 2015. L'effet des engrais sur la santé des travailleurs dans le milieu professionnel, 3 : 16-21.
- Manga A., Ndiaye F., Diop T.A. 2018. Le champignon arbusculaire *Glomus aggregatum* améliore la nutrition minérale de *Acacia seyal* soumis au stress salin progressif. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11: 2352.
- Meddich A., Oihabi A., Bizide A., 2000. Rôle des champignons mycorrhizeins à arbuscules de zones arides dans la résistance de tréfle (*Trifolium alexandrim* L.) au déficit hydrique. *Agronomie*, 20 : 283 -295.
- Merlin E., Melato E., Botelho Lourenço E.L., Jacomassi E., Junior A.G., Sete da Cruz R.M., Otênio J.K., da Silva C., Alberton O., 2020. Inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus addition increase coarse mint (*Plectranthus amboinicus* Lour.) plant growth and essential oil content. *Rhizosphere*.
- Michaud L., 2011. Le jardinage écologique : quand économie Rim avec écologie. Ed. Multi Monde, Canada. Pp : 25.
- Nelson P.E., Toussoun T.A., Cook R.J., 1981. *Fusarium: diseases, biology, and taxonomy*. University Park: Pennsylvania State University Press.
- Ma L.J., Van Der Does H. C., Borkovich K.A., Coleman J. J., Daboussi M.J., Di Pietro A., Houterman P.M., 2010. Comparative genomics reveals mobile pathogenicity chromosomes in *Fusarium*. *Nature*, 464 :367-373.
- Paradis R., Dalpé Y., Charest C., 1995. The combined effect of arbuscular mycorrhizae and short-term cold exposure on wheat. *New Phytol.*,129 :637-642 .
- Plenchette C., 2003. Mycorrhize et nutrition phosphatée des plantes. *Mem Acad.Natl.Art. Lett. Sei.*,49: 217-225 p.

- Qin Z., Zhang H., Feng G., Christie P., Zhang J., Li X., Gai J., 2020. Soil phosphorus availability modifies the relationship between AM fungal diversity and mycorrhizal benefits to maize in an agricultural soil, *Soil Biology and Biochemistry*.
- Rousselle V., 1913. Engrais chimique. Ed. Librairie J-B Baillièrè et fils, Paris. Pp :8.
- Sánchez-Blanco M. J., Álvarez S., Ortuño M.F., Ruiz-Sánchez, M.C., 2014. Root system response to drought and salinity: root distribution and water transport. In: Morte A., Varma A. (eds.) *Root Engineering*. Springer, Berlin, pp. 325–352.
- Schwachtje J., Karojet S., Thormählen I., Bernholz C., Kunz S., Brouwer S., van Dongen J.T., 2011. A naturally associated rhizobacterium of *Arabidopsis thaliana* induces a starvation-like transcriptional response while promoting growth. *PLoS One*, 6 (12).
- Serge H., 2001. Des modèles biologiques à l'amélioration des plantes. Ed. Institut de recherche pour le développement collection colloques et séminaires, Paris. 821 p.
- Sheena Sangay T., 2018. Étude de l'impact des symbioses mycorrhizienne et rhizobienne dans la domestication du Tara, *Caesalpinia spinosa*. Thèse doctorat. Université Montpellier, France. Pp : 37-38.
- Subramanian K.S., Charest C., 1997. Nutritional growth and reproductive responses of maize (*Zea mays* L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tesselling. *Mycorrhizal*, 7 : 25-32.
- Yezli W., 2016., Biodiversité et écologie de *Fusarium*. Thèse de Doctorat en Sciences en Biologie., Université Oran1 Ahmed Ben Bella. Pp63.



## Résumé

De nombreuses espèces des micro-organismes vivent dans le sol au voisinage des racines des plantes, parmi elles on trouve les champignons mycorhiziens à arbuscules dont le développement est complètement inféodé au développement des végétaux en place, puisque ces champignons sont des symbiotes obligatoires.

L'objectif de cette étude est d'isoler et caractériser de nouvelles souches de mycorhizes afin de formuler des bio-engrais et de tester leur efficacité sur une culture jeune de maïs.

Les souches mycorhiziennes ont été isolées à partir des racines de jujubier spontané poussant dans trois régions différentes de la wilaya de Tiaret. Les souches ont été purifiées par la culture monospore. Quatre souches ont été sélectionnés et ont été pour la formulation des bio-engrais liquides et solides.

Les résultats ont montré que la présence de mycorhize dans le bio-engrais affecte significativement les paramètres étudiés. Le bio-engrais à base de la souche mycorhiziennes G2" de Sidi Ouadhah a donné les meilleurs résultats pour la croissance de la partie aérienne. Il a stimulé la croissance 66%. Le bio-engrais liquide à base de la souche mycorhizienne A2" de Ksar Chellala a stimulé la production de biomasse fraîche 91%. Le bio-engrais solide à base de la souche mycorhizienne F1" de Sidi Abdelghani a stimulé la croissance des racines par 56%.

**Mots clés :** Mycorhize ; Isolement ; Purification ; Caractérisation ; Bio-engrais ; Maïs ; Paramètres de croissance.

## ملخص

نعيش أنواعاً كثيرة من الكائنات الحية الدقيقة في التربة بلزب من جذور النباتات ، ومن بينها نجد فطريات المايكورايز التي يعتمد تطورها كلياً على تطور النباتات في مكانها ، ألن هذه الفطريات متكافلة إلزامية الهدف من هذه الدراسة هو عزل وتوصيف سلالات جديدة من نظريات المايكورايز من أجل صياغة أسمدة حيوية واختبار فعاليتها على نمو نباتات الذرة.

تم عزل سلالات المايكورايز من جذور أشجار السدرية الطبيعية التي تنمو في ثالث من اطق مختلفة من والية تيارت. تمت تزيئة السلالات بواسطة بؤنية رزح أحادي البوغ. تم اختيار أربع سلالات لتركيبة الأسمدة الحيوية السائلة والصلبة. أظهرت النتائج أن وجود فطريات المايكورايز في السماد الحيوي يؤثر بشكل كبير على العناصر المدروسة. السماد الحيوي المركب من سلالة المايكورايزال " G2 من سيدي قاضح أعطى أفضل النتائج لنمو الجزء الأخضر من النبتة بحيث حفز النمو بسرعة 66%. السماد الحيوي السائل المركب من سلالة المايكورايزال " A2 من قصر شالال عزز تطور الكتلة الحيوية الطازجة بـ 91%. عزز السماد الحيوي الصلب لسيدي عبد الغني المركب من سلالة لفطريات المايكورايزا " F1 نمو الجذور بنسبة 56%.

**الكلمات الرئيسية:** المايكورايزال ؛ عزل؛ التوصيف ؛ سماد حيوي ؛ الذرة ؛ معاملات النمو.

## Abstract

Many species of microorganisms live in the soil near plant roots, among them are arbuscular mycorrhizal fungi whose development is completely dependent on the development of the plants in place, since these fungi are obligatory symbionts.

The objective of this study is to isolate and characterize new strains of mycorrhizae in order to formulate bio-fertilizers and to test their efficiency on a young corn crop.

The mycorrhizal strains were isolated from the roots of spontaneous jujube trees growing in three different regions of the Tiaret wilaya. The strains were purified by monospore culture. Four strains were selected and were for the formulation of liquid and solid bio-fertilizers.

The results showed that the presence of mycorrhiza in the bio-fertilizer significantly affects the studied parameters. The bio-fertilizer based on the mycorrhizal strain G2" from Sidi Ouadhah gave the best results for the growth of the aerial part. It stimulated the growth 66%. The liquid bio-fertilizer based on mycorrhizal strain A2" from Ksar Chellala stimulated the production of fresh biomass 91%. The solid bio-fertilizer based on the mycorrhizal strain F1" of Sidi Abdelghani stimulated the growth of roots by 56%.

**Key words:** Mycorrhiza; Isolation; Purification; Characterization; Bio-fertilizer; Maize; Growth parameters.