

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira – Bejaia  
Faculté des Sciences de la Nature et de La Vie  
Département de sciences biologiques de l'environnement

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master en biologie

Option : environnement et sécurité alimentaire

Thème

Contribution à l'étude des champignons mycorhiziens et leur action  
contre le stress hydrique chez *Hedysarum coronarium* L

Membres de jury

Président : M<sup>r</sup> Bekdouche F.

Promoteur : M<sup>r</sup> Hamlat M

Examineurs : M<sup>r</sup> Ramdani N.

M<sup>elle</sup> Benmouhoub H.

Réalisé par

M<sup>elle</sup> Benkhelouf Radia

M<sup>elle</sup> Ziani Scoura

Promotion 2012



# Remerciements

*Tout d'abord, nous remercions le bon DIEU qui nous a donné  
la force et le courage.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre  
profonde reconnaissance à Mr HAMLAT, notre promoteur pour sa  
qualité humaine, sa patience, et son dynamisme, et de nous avoir  
guidé, conseillé, pour mener à bien ce travail.*

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

*Mr BEKDOUCHE F maître de conférence à l'université de Bejaïa,  
d'avoir accepté présider le jury.*

*Mr RAMDANI N maître assistant et M<sup>elle</sup> BENMOUHOU B H.  
maître assistante, à l'université de Bejaïa d'avoir accepté d'examiner  
ce travail.*

*Ainsi que YACINE BENKHELOUF pour son aide Précieuse.*



# *Dédicaces*

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

*À mon petit ange Romaiissa.*

*À mes frères ; Massinissa et Yacine.*

*À toute ma famille, particulièrement tonton Nacer, tata Doly*

*À tous mes amis (es).*

*À mon binôme scoura et toute sa famille.*

*À toute la promotion de 2011/2012 environnement et sécurité alimentaire.*



*Radia*



# *Dédicaces*

*Au nom du Dieu tout puissant*

*Je dédie ce travail*

*A mes très chers parents, qui m'ont soutenu tout au long*

*De mon cursus*

*Dans la vie n'y'a pas de plus beaux cadeau que leur*

*Amour*

*A mes chères sœurs : Hayat, Ghenima et Taous*

*A mon charmant unique frère MERZOUK*

*A toute ma famille sans exception particulièrement tonton Hocine.*

*A tous mes amis (es)*

*A tous ceux que leur absence n'exclus pas leur présence en moi*

*A mon binôme Rady et toute sa famille.*

*A toute la promotion de 2011/2012 environnement et sécurité  
alimentaire.*

*Scoura*

## *Liste des figures*

<b>Figure N°01 :</b> Schéma d'une fleur de légumineuse.....	04
<b>Figure N°02:</b> Nodosités bactérienne sur les racines d'une légumineuse.....	12
<b>Figure N°03 :</b> Schéma d'une symbiose mycorhizienne .....	13
<b>Figure N°04 :</b> Schéma comparatif de la structure des deux grands types de mycorhizes en coupe transversale.....	15
<b>Figure N°05 :</b> Fermeture des stomates lors d'un stress hydrique.....	20
<b>Figure N°06:</b> <i>Penicillium sp</i> 01.....	31
<b>Figure N°07:</b> <i>Penicillium sp</i> 02.....	33
<b>Figure N°08:</b> <i>Penicillium sp</i> 03 .....	35
<b>Figure N°09:</b> <i>Sclerotium sp</i> .....	37
<b>Figure N°10:</b> <i>Mucor sp</i> .....	39
<b>Figure N°11:</b> <i>Rhizopus sp</i> .....	41
<b>Figure N°12:</b> <i>Drechslera sp</i> .....	43
<b>Figure N°13:</b> <i>Trichoderma sp</i> .....	45
<b>Figure N°14:</b> <i>Absidia sp</i> .....	47
<b>Figure N°15 :</b> Influence des différentes conditions sur la teneur relative en eau.....	49
<b>Figure N°16 :</b> Courbe étalon du dosage de la proline.....	50
<b>Figure N°17 :</b> Influence des différentes conditions sur la teneur en proline.....	51

## *Liste des photos*

<b>Photo N°01:</b> Inflorescence d' <i>Hedysarum coronarium</i> L (sulla).....	07
<b>Photo N°02:</b> gousses d' <i>Hedysarum coronarium</i> L.....	26
<b>Photo N°03 :</b> graines décortiquées d' <i>Hedysarum coronarium</i> L .....	26
<b>Photo N°04:</b> <i>Penicillium sp</i> <sub>1</sub> .....	30
<b>Photo N°05:</b> <i>Penicillium sp</i> <sub>2</sub> .....	32
<b>Photo N°06:</b> <i>Penicillium sp</i> <sub>3</sub> .....	34
<b>Photo N°07:</b> <i>Sclerotium sp</i> .....	36
<b>Photo N°08:</b> <i>Mucor sp</i> .....	38
<b>Photo N°09:</b> <i>Rhizopus sp</i> .....	40
<b>Photo N°10:</b> <i>Drechsléra sp</i> .....	42
<b>Photo N°11:</b> <i>Trichoderma sp</i> .....	44
<b>Photo N°12:</b> <i>Absidia sp</i> .....	46
<b>Photo N°13:</b> <i>rhizobium sp</i> .....	48

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau N°01</b> : Classification botanique du genre Hedysarum .....	06
<b>Tableau N°02</b> : Classification des champignons.....	11
<b>Tableau N°03</b> : Influence des différentes conditions sur la teneur relative en eau.....	49
<b>Tableau N°04</b> : Teneur en proline de chaque condition.....	51

# Sommaire

---

Liste des figures

Liste des photos

Liste des tableaux

---

Introduction.....01

---

## Synthèse bibliographique

---

### Chapitre I : Les légumineuses

I-1. Généralités Sur les légumineuses.....	03
I-2. Propriétés botaniques des légumineuses.....	03
I-3. Importance des légumineuse.....	04
I.4. Classification du genre Hedysarum .....	06
I-5. Présentation de l'espèce <i>Hedysarum coronarium</i> L .....	07

### Chapitre II : Les champignons

II-1 Généralités sur les champignons.....	08
II-2. Mode de reproduction des champignons.....	08
II-3. Mode de vie des champignons .....	09
II-4. Classification des champignons.....	10

### Chapitre III : Notion de symbiose

III-1. Définition.....	12
III-2. La symbiose bactérienne.....	12
III-3. La symbiose mycorhizienne.....	13
III-4. Les types de symbiose mycorhizienne.....	14
III-5. Rôle des champignons mycorhiziens.....	16
III-5-1. Protection phytosanitaire.....	16
III-5-2. Nutrition hydrominérale.....	17
III-5-3. Production d'hormone.....	17

---

**Chapitre IV : Le stress hydrique**

IV-1. Rôle de l'eau dans la plante .....	18
IV-2. Définition du stress hydrique .....	18
IV-3. Effets du déficit hydrique sur le développement de la plante.....	18
IV- 4. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique .....	19

---

**Analyse expérimentale**


---

**Matériels et méthodes**

I-Matériels .....	22
I-1-Station d'étude .....	22
I-2- Echantillonnage .....	22
II-Méthodes .....	23
II-1- Etude des Champignons .....	23
II-1-1-Isolement des champignons .....	23
a- Milieux de culture .....	23
b-Stérilisation des racines .....	23
c- L'ensemencement .....	24
d-Préparation du témoin .....	24
e-Purification des souches fongiques .....	24
e-1-Repiquage .....	24
e-2-Incubation .....	24
II-1-2-Identification des Champignons .....	25
a-Etude Macroscopique .....	25
b-Etude Microscopique .....	25
II-2-Etude du stress hydrique .....	25
I-2-1- le semis des graines .....	25
a- Stérilisation .....	25
b- Le semi .....	27
II-2-2- La teneur relative en eau .....	27
II-2-2- La teneur en proline .....	28

**Résultats et Discussions**

I- Etude des champignons .....	29
I-1- Identification des champignons prélevés .....	29
I-2- Classification et description des champignons isolés .....	29
II- Etude de stress hydrique .....	48
II-1- Inoculum .....	48
II- 1-1- Bactérie .....	48
II-1-2- Champignon .....	48
II-2- Teneur relative en eau .....	49
II-3- Teneur en proline .....	50

---

<b>Conclusion</b> .....	53
-------------------------	----

---

**Références bibliographiques**

**Glossaire**

**Annexes**

## Introduction

La famille des légumineuses est la famille végétale qui fournit le plus grand nombre d'espèces utiles à l'homme, qu'elles soient alimentaires, industrielles ou médicinales comprenant des plantes herbacées, des arbres, des arbustes ou des lianes.

La présence des légumineuses dans les systèmes de culture est une opportunité pour améliorer la fertilité des sols et les rendements des cultures

L'espèce *Hedysarum coronarium* L, est une légumineuse fourragère. Elle constitue un patrimoine d'un grand intérêt agronomique qui peut être exploité dans la valorisation des régions dégradées.

Les organismes vivants sont en interaction permanente les uns avec les autres dans leur environnement. Et parmi ces interactions on distingue les symbioses mycorhiziennes qui stimulent l'absorption de l'eau et des éléments minéraux et les symbioses bactériennes qui permettent de fixer l'azote atmosphérique.

L'amélioration des interactions symbiotiques et la sélection de couple performant (plante- microorganisme) permettent d'augmenter le rendement en biomasse des plantes, et une meilleure fertilisation naturelle du sol qui peut remplacer les intrants chimiques. Elles confèrent également une forte aptitude à supporter des conditions écologiques stressantes.

Par inoculation artificielle, on a essayé de mieux préciser ces interactions entre la plante *Hedysarum coronarium* L et les microorganismes (le champignon *Drechslera* sp et la bactérie *Rhizobium* sp) et leur contribution à la résistance contre le stress hydrique.

Notre étude s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche piloté par l'INRAA, et qui porte sur l'espèce *Hedysarum coronarium* L et sa contribution dans la lutte contre l'érosion du sol.

Nous avons subdivisé en deux parties :

La première partie nous l'avons consacré à l'isolement et à l'identification des champignons rhizosphériques d'*Hedysarum coronarium* L.

La deuxième partie a concerné l'étude du stress hydrique en nous basons sur deux paramètres : la teneur en eau et le dosage de la proline.

## **I-1. Généralités Sur les légumineuses**

D'après Neyra (1992), les légumineuses sont des angiospermes appartenant au phylum des rosales. Elles sont la troisième plus grande famille de plantes supérieures qui comprend des plantes herbacées annuelles jusqu'à des arbres pérennes, avec plus de 18000 espèces et plus de 650 genres (Montserrat, 2009).

C'est l'une des plus importantes familles parmi les dicotylédones (Sebihi, 2008). Certaines légumineuses s'adaptent mieux au froid alors que d'autres poussent mieux dans des climats chauds et humides, il existe aussi des légumineuses qui s'adaptent bien à l'extrême sécheresse (Nieuwenhuis et Nieuwelink, 2005).

Selon Peret (2007), les légumineuses sont une famille très diversifiée au plan taxonomique avec trois sous-familles : les Mimosoïdées, les Caesalpinioïdées et les Papilionoïdées.

On rencontre le genre *Hedysarum* sur des sols variés et sous différentes conditions (Sebihi, 2008).

## **I-2. Propriétés botaniques des légumineuses**

### **I-2-1. L'Appareil végétatif**

- **La tige**

Toujours présente, la tige aérienne est le plus souvent herbacée, elle peut être très courte, et parfois peut filer au ras du sol, en émettant de nombreuses racines (Doré, 2000).

- **La racine**

Les racines des légumineuses sont presque toutes rameuses et fibreuses (de Candolle, 1825).

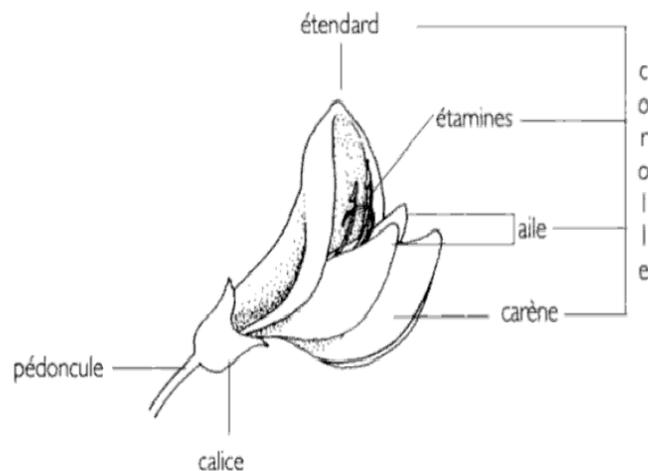
- **La feuille**

D'après Quezel et Santa (1962), les feuilles des légumineuses sont composées, folioles impaires, parfois plus ou moins entièrement transformées en vrilles.

### **I-2-2. L'Appareil reproducteur**

Selon Quezel et Santa (1962) et Doré (2000), le Calice peut être caduc ou persistant, la corolle de la fleur est toujours formée de cinq pétales, et de 5-10 étamines qu'on retrouve très souvent à filets soudés en un tube.

La coupe florale est peut marquée, presque plane (Guignard et Dupont, 2007).



**Figure N° 01** : Schéma d'une fleur de légumineuse (Doré, 2000)

- **Le fruit**

Le fruit des légumineuses est une gousse, qui peut se retrouver sous des formes variables suivant les espèces, c'est cette gousse qui contient les graines (Doré, 2000).

### **I-3. Importance des légumineuses**

#### **I-3-1. Intérêt agronomique des légumineuses**

D'après Journet et *al.*, (2001), leur intérêt agronomique provient en premier lieu de leur aptitude à la fixation symbiotique de l'azote. Elles ne nécessitent aucune fertilisation azotée et contribuent naturellement à enrichir le sol en azote ce qui permet de réduire les coûts de production et de diminuer les pertes dues à l'érosion (Abdelaziz, 1976 et Cavaillès, 2009).

Selon Baudoin (2001), les légumineuses jouent un rôle primordial dans la rotation des cultures, en améliorant les propriétés physiques et biologiques des sols. Les légumineuses ont la capacité de solubiliser des phosphates de calcium et le phosphore par leurs exsudats racinaires (Lazrek, 2008).

Elles contribuent dans la lutte contre l'érosion des sols, de plus elles ont comme avantage de produire des protéines végétales et d'où leur intérêt également dans le cadre d'une agriculture "durable" (Journet et *al.*, 2001).

### **I-3-2. Intérêt alimentaire des légumineuses**

D'un point de vue alimentaire, les légumineuses contribuent dans une large mesure selon Doré (2000), à la nourriture de l'homme et l'alimentation quotidienne des animaux domestiques.

Les graines des légumineuses contiennent généralement 20 à 30% de protéines et sont particulièrement riches en Lysine (acide aminé essentiel pour la croissance) (Djebali, 2008)

Les légumineuses Jouent un rôle stratégique dans le domaine de la sécurité alimentaire du pays, la lutte contre la pauvreté et la malnutrition (INA El Harrache, 1999).

Bien que riche en glucides les légumes secs présentent un indice glycémique faible, ce qui en fait un aliment de choix dans le régime des diabétiques (Roudaut et Lefrancq, 2005).

Le sainfoin est une légumineuse exceptionnellement riche en glucides, donc équilibrée, il convient bien aux vaches et brebis laitière (ACTA, 1985).

### **I-3-3. Intérêts scientifiques des légumineuses**

Les légumineuses alimentaires occupent une part très importante des travaux accomplis dans des domaines aussi divers que la phytotechnie, la génétique, l'entomologie, la phytopathologie et la physiologie (Baudoin, 2001).

### **I-3-4. Intérêt économique des légumineuses**

La culture des légumineuses a des rendements élevés (500 à 750Kg) de protéines à l'hectare (Roudaut et Lefrancq, 2005).

D'après Baudoin (2001), les légumineuses constituent un apport de protéines peu coûteux mais néanmoins important (18% à 30% de la graine sèche)

Le fait que les légumineuses soient capables de pousser sans apport extérieur d'azote représente, pour les agriculteurs une source d'économie en fertilisants azotés qui se chiffre en millions de dollars par an (Madingo et Martino, 2007).

### **I-3-5. Intérêt des légumineuses dans la biodiversité et les paysages**

Leur présence contribue à diversifier les paysages des campagnes, directement en tant qu'espèces de légumineuses prairiales ou à graine, et indirectement en offrant habitat et ressources à diverses espèces animales (Thiébeau et *al.*, 2010).

**Aperçu des possibilités d'utilisation des légumineuses****Plantes :**

- Combinées avec d'autres plantes pour améliorer la fertilité du sol
- Engrais vert
- Tapis végétal

**Résidus :**

- Fourrage
- Travaillé dans le sol pour améliorer la fertilité du sol

**Graines :**

- Source importante d'huile végétale
- Cuites et mangées comme pois cassé
- Moulues en farine et incorporées dans des préparations alimentaires.

(Nieuwenhuis, Nieuwelink 2005)

**I.4. Classification de genre Hedysarum**

Selon Guignard et Dupont (2007), Quezel et Santa (1962) et Ozenda (2006), le genre Hedysarum se classe comme suit :

**Tableau N° 01** : Classification botanique du genre Hedysarum.

Rang taxonomique	Nomenclature
Règne	Plantae
Embranchement	Spermaphyta
Sous embranchement	Angiosperme = Magnoliophyta
Classe	Dicotylédone = Magnoliopsida
Sous classe	Rosidae
Ordre	Fabale
Super famille	Legumineusae
Famille	Papilionoideae
Genre	Hedysarum

### **I-5. Présentation de l'espèce *Hedysarum coronarium* L**

*Hedysarum coronarium* est également appelé sainfoin d'Espagne ou *sulla*, est une plante herbacée, ses tiges sont nombreuses, peuvent atteindre jusqu'à 0,3 à 1,5 m de hauteur (Gobin, 1866 ; Aissani et al ; 1996 ; Frame, 2000), ses feuilles sont composées de sept ou neuf folioles ovales, les fleurs sont d'un beau rouge, longues de 14 à 20 mm en grappes allongées. Elles comportent 5 pétales dont deux soudés en une carène qui entoure dix étamines et l'ovaire (Henri et Saint-Hilaire ; 1971 ; Quezel et Santa, 1962 ; Ozenda ,2006).

*Hedysarum coronarium* est une Plante pérenne et résistante à la sécheresse, à enracinement relativement profond, elle pousse en climat chaud à été doux, mais non tropical, elle est utilisée comme espèce fourragère (Grama, 2007).



**Photo N°01 :** Inflorescence d'*Hedysarum coronarium* L (*sulla*).

## II-1 Généralités sur les champignons

Selon Guignard et *al.*, (1999), les champignons, encore appelés *mycètes* ou *fungi* ne constituent pas un groupe homogène, ils doivent leur unité à leur mode de vie, très généralement saprophyte, c'est-à-dire qu'ils vivent de matière organique en décomposition

D'après Raven et *al.*, (2000) ce sont des organismes hétérotrophes considérés jadis comme des plantes primitives ou dégénérées dépourvues de chlorophylle. Leur unité cellulaire de base est appelée hyphe (Nicklin et *al.*, 2000).

Les champignons présentent des parois cellulaires mais à la différence de celles des plantes, elles sont composées de chitine et non de cellulose, la principale forme de stockage des glucides est le polysaccharide glycogène (Indge, 2004)

D'après Guignard et *al.*, (1999) et Prescott, (2010), les champignons sont caractérisés par une organisation générale rudimentaire ; leur appareil végétatif ou mycélium est constitué de filaments plus ou moins ramifiés sur lesquels se différencient, le moment venu, les organes de dispersion et de reproduction.

Selon lüttge et *al.*, (1991), environ 40 000 espèces de champignons ont été décrites jusqu'à maintenant et l'on peut supposer que ce nombre ne représente pas toutes les espèces existantes.

Ils ont une particularité d'avoir un mode de nutrition semblable à celui des animaux, alors que leur structure se rapproche de celle des plantes, ce qui justifie la création d'un règne séparé parmi les eucaryotes (Nabors, 2008 et Rayner, 1979).

D'après Raven et *al.*, (2011) les champignons sont les principaux décomposeurs de la biosphère.

## II-2. Mode de reproduction des champignons

Les champignons se multiplient aussi bien par voie sexuée que par voie végétative,

### II-2-1. Reproduction sexuée

Selon lüttge et *al.*, (1991) la reproduction sexuée chez les champignons est très diversifiée, les gamètes peuvent fusionner ; on parle comme chez les algues, d'isogamie, d'anisogamie et d'oogamie.

Les organes de reproduction sexuée sont les gamétocystes à l'intérieur desquels se différencient les gamètes. Les gamétocystes mâles et femelles peuvent être morphologiquement identiques ou différents (Amirouche et *al.*, 2009).

Elle permet la recombinaison des caractères héréditaires (J-P. Larpent et M. Larpent., 1985).

### **II-2-2. Reproduction asexuée**

Les spores représentent le mode de reproduction asexué le plus commun chez les champignons : elles sont produites soit dans des sporanges, soit à partir de cellules d'hyphes appelées cellules conidiogènes (Raven et *al.*, 2000), elle permet de conserver des génomes particulièrement bien adaptés (J-P Larpent et M. Larpent, 1985).

## **II-3. Mode de vie des champignons**

Selon Robert et catesson (2000), les champignons sont dépourvus de plastides et incapables de réaliser la photosynthèse, pour assurer leur développement ils doivent impérativement disposer d'une source de carbone organique ; ce sont des hétérotrophes, ils dépendent d'autres êtres vivants pour la satisfaction de leurs besoins nutritifs.

Obligés par leurs hétérotrophies de vivre sur des milieux organiques, les champignons peuvent être des saprophytes, des parasites ou des symbiotes (Chadefaud ,1978).

### **II-3-1. Les saprophytes**

Utilisent la matière organique inerte produite par d'autres organismes. On rencontre des champignons saprophytes dans tous les milieux terrestres, les eaux douces et les eaux marines (Robert et catesson ,2000).

Selon Marouf et Reynaud (2007) les espèces saprophytes jouent un rôle essentiel au sein des cycles biologiques en « minéralisant les matières végétales ou animales morte.

### II-3-2. Les parasites

D'après Halary (2009), Roland et *al.*; (2008) et Robert et Catesson (2000), le parasitisme se définit comme une interaction dans laquelle l'un des partenaires se développe au détriment de l'autre. Les parasites prélèvent les molécules organiques dont ils ont besoin sur des organismes vivants, animaux ou végétaux.

Le parasitisme est généralement nuisible et souvent nocif.

### II-3-3. Les symbiotes

Raven et *al.*, (2000) et Marouf et Reynaud (2007), définissent la symbiose comme une association étroite et durable entre des organismes d'espèces différentes, pouvant appartenir à des règnes différents, vivant en équilibre les uns avec les autres et tirant les bénéfices mutuels de cette union, mais pouvant vivre séparément.

Il existe deux types de symbioses : les lichens et les mycorhizes

#### a- Les lichens

Selon Fortin et *al.*, (2008) les lichens constituent des organismes complexes, résultant de l'association de deux types d'organismes, une algue microscopique et un champignon filamenteux. Selon Madingo et Martino (2007), l'algue qui est photosynthétique est capable de produire de la matière organique qui est ensuite utilisée comme source nutritionnelle par le champignon. L'ensemble a une morphologie et une structure caractéristiques, Permettant de définir des genres et des espèces (Genevès, 1990). D'après Selosse (2009), Plus de 20% des champignons connus forment des lichens.

Le rôle des lichens dans la nature est important par leur capacité à coloniser des milieux extrêmes (Durrieu, 1993).

#### b- Les mycorhizes

Les mycorhizes (du grec : *mukēs* = champignons, *rhiza*= racine) sont des organes mixtes formés par des racines des plantes et des champignons du sol (Duhoux et Nicole, 2004)

Selon Meyer et *al.*,(2008), les mycorhizes se rencontrent chez 83% des dicotylédones, 79% des monocotylédones.

## II.4. Classification des champignons

La classification des champignons s'appuie sur des considérations morphologiques et sur le mode de reproduction.

Nous avons adopté la classification présentée dans le tableau N°02.

**Tableau N°02:** Classification des champignons selon Strullu (1991), Davet (1996), et Guignard et *al.*, (1999).

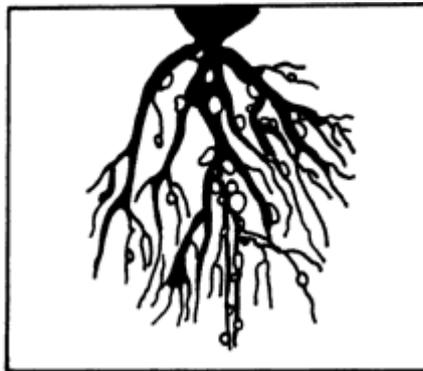
Présence ou absence de zoïdes	Embranchement	Classe	Ordre	Forme végétative	Reproduction asexuée	Reproduction sexuée	paroi	
Champignon à zoïdes (présence de spores ou gamètes mobiles)	Gymnomycota	Myxomycètes	Plasmodiforales Cératiomyxales Myxogastrales	Myxamibe et plasmodiale	Zoospores	Zygote de nature variable	-	
	Mastigomycota	Chytridiomycète (phycomycètes) Omycètes	Chytridiales, blastocladales, monoblepharidales, saprobegnales, péronosporales	Thalle siphonné Mycélium sans cloisons	Planospore Sporange produisant des zoospores ou se conduisent comme conidies planospores	Zygote de nature Oospores variables Oospores (zygote)	Glucane, chitine Glucane Cellulose	
Champignon sans zoïdes (pas de cellules mobiles, pas de flagelles)	Anastigomycota	Zygomycète	Mucorale, endogonales, entomophthorales	Mycélium sans cloisons (siphonné)	Sporocystophore ou parfois par (conidie exogène) sporangiospore)	Zygosporés	Chitine	
		Ascomycètes	Erysiphales, eurotiales, taphrinales	Mycélium cloisonné	conidie, chlamidiospores, sclérote conidiospores	Asque contenant des ascospores	Microfibres de chitine	
		Basidiomycètes	Urédinales, exobasidiales, ustilaginales	Mycélium cloisonné	Ecidiospores, urédospore (chez les rouilles), sclérote	Basides produisant des basidiospores (spores exogènes)	Basides produisant des basidiospores (spores exogènes)	Microfibres de chitine
		Deutéromycètes	Moniliale	Thalle cloisonné ou levuriformes	Arthrospore ou conidie, pycnide blastospore,	Inconnu	Inconnu	Variables

### III-1 Définition

Le terme symbiose signifie « vivre avec » Mbengue (2010). On pourrait également le définir comme étant : la vie commune de partenaire en étroite relation à bénéfices mutuels (Lefevre, 2004).

Le monde végétal présente différents types de symbioses

### III-2. La symbiose bactérienne



**Figure N°02:** Nodosités bactérienne sur les racines d'une légumineuse (Otto, 1998)

Certaines plantes peuvent s'associer en symbiose avec des microorganismes qui sont capables de fixer l'azote atmosphérique (Teillet, 2008). On parle donc de la symbiose bactérienne. 90 genres de bactéries capables de réduire l'azote moléculaire en ammoniac avec une efficacité plus ou moins grande, ont été dénombrées (Morot, 1997).

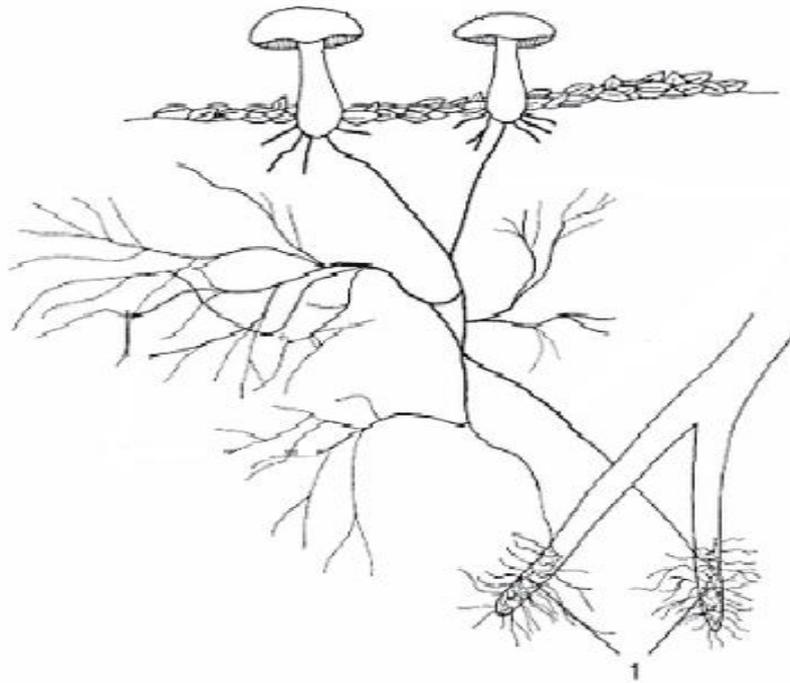
La symbiose légumineuse-rhizobium est le résultat d'une interaction hautement spécifique entre la plante et la bactérie (Campa, 1998). Les bactéries genre *Rhizobium* peuvent infecter les racines des légumineuses entraînant la formation de nodules appelés nodosités (Bado, 2002).

Ces bactéries ont un coût énergétique pour la plante ; largement justifié lorsque le sol est pauvre en composés azotés (Raven *et al.*, 2007).

La symbiose rhizobium/légumineuse est un processus indispensable à la plante pour acquérir l'azote sous forme réduite, mais aussi au rhizobium pour obtenir les nutriments nécessaires à leur développement (Gramma, 2007).

Parmi les 17 à 19000 espèces de légumineuses décrites, Environ 20% des *Papilionoideae* (soit 3400 espèces) ont été testées pour leur aptitude à noduler (Campa, 1998 et Chabbi, 2010).

### III-3. La symbiose mycorhizienne



**Figure N° 03** : schéma d'une symbiose mycorhizienne (Gobat et *al.*, 2010).

Selon Nultsch (1998) les mycorhizes sont des symbioses entre les racines des végétaux supérieurs et les mycéliums des champignons. Le champignon reçoit des matières organiques élaborées par la plante et facilite l'absorption de l'eau et des sels minéraux par les racines (Demay, 1991). Les composés organiques azotés et phosphorés absorbés par les champignons mycorhiziens seront minéralisés par ces derniers avant de les transmettre à la plante (Gobat et *al.*, 2010).

Les associations mycorhiziennes, sont fréquemment rencontrées dans presque tous les écosystèmes naturels (Redon, 2009). Selon Milou (2009) elles concernent près de 95% des végétaux.

Les champignons mycorhiziens sont en général acidophiles, mésothermophiles et aérobies (Strullu, 1985).

### **III-4. Les types de symbiose mycorhizienne**

Les mycorhizes se distribuent entre trois grands types morphologiques :

Les ectomycorhizes

Les endomycorhizes

Les ectendomycorhizes

#### **III-3-1. Les ectomycorhizes**

Selon Benoît et *al.*, (2007) et Pousset (2008), Le mycélium entoure la racine et forme au tour d'elle une sorte de manchon qui pénètre entre les cellules du cortex (la partie la plus superficielle de la racine).

Cette association modifie souvent la forme et l'organisation de la racine mycorhizée. (Vallade, 1999).

Les champignons ectomycorhiziens sont nombreux (plus de 5 000 espèces) (Duhoux et Nicole, 2004). Ce Sont des champignons, ascomycètes, ou basidiomycètes dont les hyphes sont cloisonnés.

La grande partie des végétaux formant ces symbioses sont des arbres, et rares sont les espèces herbacées. Elles existent essentiellement chez, les dicotylédones, et les gymnospermes (Strullu, 1991).

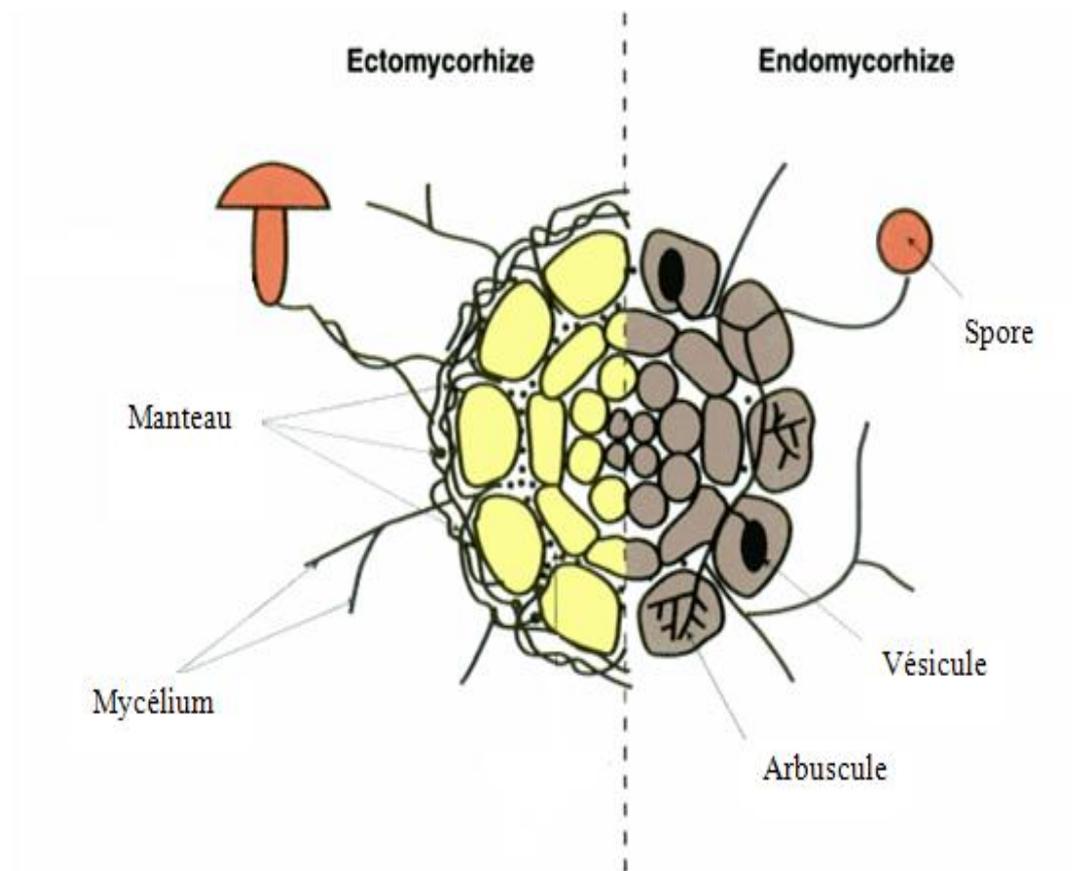
#### **III-3-2. Les endomycorhizes**

Selon Tabard, (1983) et Asselineau et Domench, (2007), les endomycorhizes où les hyphes externes de mycélium mycorhizien ne forment pas de manteau, les hyphes franchissent les parois des cellules racinaires de la plante et pénètrent à l'intérieur des cellules végétales pour réaliser les échanges de nutriments, d'eau et de sucre avec la plante.

Les endomycorhizes à arbuscule ou vésicules sont caractérisées par la présence d'hyphes intraracinaires, de vésicules et/ou arbuscules endocellulaires (Reidacker et *al.*, 1993).

### III-3-3. Les ectendomycorhizes

Ce sont des formes intermédiaires, qui possèdent à la fois des caractères d'ectomycorhizes et d'endomycorhizes (Nultsch, 1998).



**Figure N° 04:** Schéma comparatif de la structure des deux grands types de mycorhizes en coupe transversale (Drénou, 2006).

### III-5. Rôle des champignons mycorhiziens

La mycorhize est une symbiose bénéfique, qui s'exprime selon De Rougemont (2007) par :

- La nutrition, l'accès aux sels minéraux et à l'eau.
- La résilience au stress, abiotique ou biotique.
- La structure du sol et le milieu ambiant
- La Protection phytosanitaire

#### III-5-1. Protection phytosanitaire

Selon Hirsh et Kapulnik (1998) et Stenstrom et *al.*, (1997) les associations mycorhiziennes ;

- augmentent la résistance des plantes aux stress environnementaux et aux agents pathogènes.
- Les champignons mycorhiziens peuvent produire des substances antibiotiques qui pourraient avoir un effet contre les pathogènes.
- Le manteau des ectomycorhizes agit comme une barrière mécanique contre les pathogènes qui tenteraient de pénétrer dans la racine.
- La présence de champignons symbiotiques limite la quantité totale de substances exsudées par la racine et utilisables par les pathogènes.
- Après la colonisation des racines par les champignons mycorhiziens, l'hôte peut produire des inhibiteurs contre les pathogènes.

### **III-5-2. Nutrition hydrominérale**

D'après Kugler, (1986), les mycorhizes augmentent la résistance des plantes au stress hydrique.

Ils favorisent la nutrition hydrominérale du végétal, par l'absorption du phosphate (nutriment le plus immobile du sol) et favorise celle de l'azote et du potassium, du zinc, du cuivre et de l'eau (Meyer et *al.*, 2008).

L'effet bénéfique de la mycorhisation dans l'alimentation hydrique de la plante hôte est en partie lié au vaste réseau d'hyphes qui prospectent le sol.

### **III-5-3. Production d'hormone**

Les extrémités des racines sont le siège de la production d'hormones végétales telles que les auxines, les cytokinines et les gibberellines, qui assurent la régulation du développement et la croissance de la plante.

## **IV-1. Rôle de l'eau dans la plante**

L'eau est le vecteur de transport de toutes les substances nécessaires au fonctionnement de la plante (Lecoeur, 2007). Elle intervient dans le port des végétaux herbacés et des jeunes organes en maintenant la turgescence des cellules (Georenflot, 1998). L'eau est aussi le milieu qui permet aux éléments nutritifs de circuler entre les différentes parties de la plante (Gaussen, 1995)

Elle s'y trouve dans la plante à l'état liquide, mais aussi sous forme de vapeur d'eau dans les chambres sous-stomatiques des feuilles (Laberche, 2004).

Les plantes présentent souvent des teneurs en eau très élevées, voisines de 70-90% (Morot, 2009).

Moins de 5% de l'eau absorbé par les plantes, est réellement utilisées pour la croissance, et une quantité encore moindre est utilisée dans les réactions biochimiques (Hopkins, 2003). D'après Yevs et *al.*, (2005) ; Si la transpiration est intense et tend à dépasser l'approvisionnement, il peut y avoir rupture de la colonne et apparition d'un stress hydrique.

## **IV-2 : définition du stress hydrique**

Selon Munier-Jolain (2005), le stress hydrique est provoqué lorsque les tissus de la plante subissent une baisse de leur teneur en eau qui affecte tout le métabolisme de la plante.

Le stress peut concerner aussi bien le manque que l'excès d'eau (Lepoivre, 2003).

C'est un médecin d'origine Hongroise, Hans Selye (1907-1982), qui découvrit ce Phénomène physiologique et lui attribua le nom de « stress » (Bakouri et Kherfallah, 2007).

Il Provoque chez la plante une diminution de la photosynthèse par fermeture stomatique (Mouhouche, 2001).

Afin de mieux comprendre la complexité des mécanismes d'adaptations mis en jeu nous détaillerons dans ce chapitre les différentes adaptations structurales et fonctionnelles chez la plante.

### **IV-3. Effets du déficit hydrique sur le développement de la plante**

Selon Pindar (2000) et Attia (2007), le déficit hydrique se répercute sur le développement de la plante par :

Un retard de la floraison, et du développement des grains ;

La réduction de la surface foliaire en conditions sèches diminue la surface évaporatrice de la plante et limite considérablement la production primaire et une baisse de la photosynthèse.

La sénescence foliaire conduit également à une allocation préférentielle des ressources vers les organes reproducteurs.

### **IV- 4. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique**

La réponse de la plante à la contrainte hydrique est divisée en deux zones : une zone de déformation élastique où le végétal revient à son état initial en cas de cessation de la contrainte et une zone de déformation permanente où le végétal ne peut revenir à son état initial (Arbaoui, 1997).

#### **IV-4-1. Adaptations phénologiques**

Afin d'éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique (Mouellef, 2010).

Selon Bajji, (1999) cité par Slama *et al*, (2005), la précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs.

#### **IV-4-2. Adaptation morphologiques**

Les longs déficits hydriques se traduisent par des changements progressifs dans la structure de la plante, tels que :

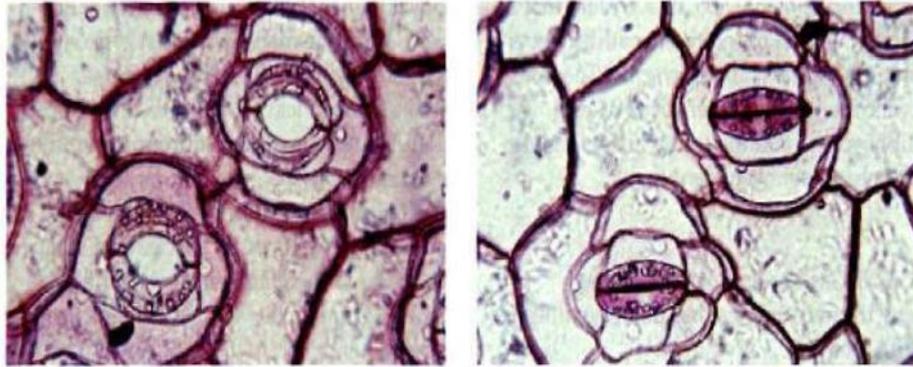
- La réduction de la surface transpirante Par réduction de surface des feuilles qui sont transformées en écailles (Dajoz, 1996 et Scheromm, 2000).

- L'enroulement des feuilles (Gausсен ,1995)
- Le rapetissement des cellules foliaires et l'épaississement des membranes cellulaires (Otto, 1998).

#### **IV-4-3. Adaptation physiologiques**

##### **a- régulation stomatique**

Selon Mouellef (2010), la fermeture des stomates permet à la plante de réduire la sortie d'eau.



**Figure N°05:** Fermeture des stomates lors d'un stress hydrique (jabnoue, 2008)

##### **b- teneur en chlorophylle**

(Tahri et *al.*,1997) montrent que l'augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress hydrique est suivie par un abaissement dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b).

##### **c- Ajustement osmotique**

La plante diminue la vitesse d'évaporation et constitue des réserves d'eau à l'intérieur des tissus (Ozenda, 1982). L'ajustement osmotique joue un rôle déterminant dans le maintien de la turgescence aux faibles potentiels hydriques foliaires (Afoulous, 2008).

La régulation osmotique implique des changements de concentration des solutés dans les différents compartiments cellulaires.

Les éléments qui contribuent à l'osmorégulation sont très variés, ce sont essentiellement des ions minéraux, les sucres solubles, les acides aminés particulièrement la proline, certains acides organiques et certains alcools (Gate, 1995 et Lepoivre, 2003).

#### **le sucre**

Selon Mouellef (2010), les sucres peuvent servir de composés solubles compatibles pour l'ajustement osmotique, comme de nombreuses autres molécules (proline, glycine-bétaine ou pinitol).

D'après Bensari et *al.*, (1990) cité par Mouellef, (2010) lorsque la contrainte hydrique cesse, la feuille reconstitue les réserves d'amidon et si une nouvelle contrainte hydrique intervient, le temps d'adaptation est plus court.

#### **la proline**

L'accumulation de la proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets du stress hydrique (Hirech, 2006).

Elle joue un rôle dans le métabolisme intercellulaire, dans la protection des membranes, et des systèmes enzymatiques ; et favorise la reprise après réhydratation (Lepoivre, 2003).

## **I-Matériels**

### **I-1-Station d'étude**

Le site de prélèvement de nos échantillons est situé dans le campus universitaire A MIRA, (Targua Ouzemour), ce site est l'une des stations d'étude des travaux de recherche qui sont menés par l'équipe du laboratoire d'Ecologie sur l'espèce *Hedysarum coronarium* L.

### **I-2- Echantillonnage**

Au cours de notre travail, plusieurs échantillonnages ont été réalisés, qui ont porté sur :

#### **Les racines d' *Hedysarum coronarium* L**

Elles ont été prélevées avec soins, puis rincées au laboratoire, et enfin ensemençer afin d'isoler les champignons.

- **Le sol**

Il a été prélevé sur le site d'étude, séché à la température du laboratoire et débarrassé des débris végétaux, afin de servir au semis des graines.

- **Les graines**

Elles ont été récoltées sur le même site de prélèvement des racines.

- **La bactérie**

La bactérie retenue pour l'étude (*Rhizobium* sp) appartient à la collection du laboratoire de microbiologie appliquée.

## **II-Méthodes**

### **II-1- Etude des champignons**

#### **II-1-1-Isolement des champignons**

##### **a. Milieu de culture**

Nous avons utilisé le milieu de culture P.D.A (Potato Dextrose Agar) qui est un milieu peu sélectif permettant l'isolement d'un grand nombre de champignons.

Pour préparer ce milieu, on cuit 200g de pommes de terre pelées, lavées et coupées, en tranches fines dans un litre d'eau distillée pendant une heure. Après refroidissement on filtre, et on récupère le liquide filtré. On ajoute 20g de glucose et 20g de gélose (Agar Agar), (Davet et Rouxel, 1997).

Après stérilisation du milieu de culture à l'autoclave pendant 20 mn à 120 °C, il est coulé dans des boîtes de Pétri stérilises à raison de 15 ml par boîtes.

Après solidification du milieu, les boîtes de Pétri sont mises à l'étuve à une température de 25°C pendant 24 h afin d'éliminer les boîtes contaminées.

##### **b. Stérilisation des racines**

Les racines sont lavées délicatement à l'eau courante. Puis séchées à l'air ambiant entre deux feuilles de papier filtre .On pèse 10g de racines.

Pour les stériliser, on les mis dans un bain d'alcool à 70° pendant 2 minutes, suivi d'un autre bain d'hypochlorite de sodium (eau de javel) à 3° pendant 2 minutes ensuite, elles sont transférées dans trois bains successifs d'eau distillée stérile de 10 minutes chacun.

Elles sont ensuite découpées une à une avec un scalpel en petits fragments de 3 à 4 mm, qui seront ensuite broyées à sec jusqu'à l'écrasement total.

Une fois les racines broyées, on verse la solution dans une fiole graduée et on ajuste avec de l'eau distillée stérile à un volume de 100 ml. L'ensemble est placé pendant 45 minutes sur un agitateur magnétique dans le but d'une homogénéisation et la libération des champignons.

**c. L'ensemencement**

L'ensemencement est réalisé avec 1 ml de la solution, avec quelques racines. Il a concerné 10 boîtes de Pétri.

L'ensemencement se déroule dans des conditions stériles (Toutes nos manipulations se déroulent entre deux becs benzène, le matériel utilisé est stérilisé).

Après l'ensemencement, chaque boîte est entourée de parafilm pour éviter toute contamination et mise à l'étuve à une température de 25°C, jusqu'à l'apparition de colonies fongiques.

**d. Préparation du témoin**

Trois boîtes de Pétri contenant le milieu P.D.A ont été ouvertes pendant 10 minutes, dans les conditions de travail, pour servir de témoin, puis mises à l'étuve à une température de 25°C.

**e. Purification des souches fongiques**

Après 5 jours d'incubation on a constaté le développement de plusieurs colonies fongiques dans chaque boîte de Pétri et pour mieux identifier les différentes espèces on procède à la purification des souches, par repiquage sur milieu de culture neuf.

**✚ Repiquage**

Le repiquage consiste à prélever avec une pince stérile quelques spores ou un fragment mycélien qu'on transfère dans une autre boîte de pétri contenant du milieu P.D.A neuf. L'inoculum est mis au centre de la boîte. Après cette opération, les boîtes de Pétri sont recouvertes avec le parafilm.

**✚ Incubation**

Après repiquage des souches fongiques, les boîtes sont mises à incuber à une température de 25°C, après 5 jours on observe l'apparition de colonies bien différenciées en tenant compte chaque jour de leur vitesse de croissance.

## **II-1-2-Identification des champignons**

Pour l'identification de chaque champignon deux études ont été suivies :

### **a-Etude macroscopique**

L'identification est réalisée par l'observation des colonies à l'œil nu et à la loupe binoculaire.

Les caractères étudiés sont :

La vitesse de croissance ;

La couleur et la forme des colonies ;

L'aspect des bordures des colonies ;

La texture du thalle (velouté, laineux, floconneux,...) ;

La couleur du thalle ;

La présence de gouttelettes sur le mycélium.

### **b- Etude microscopique**

On utilise la méthode de Guiraud et Galzy (1980), qui consiste à prélever à l'aide d'une aiguille l'échantillon à examiner, puis placé sur une lame avec une goutte de lactophéno.

On recouvre avec une lamelle et la préparation est scellée d'une couche de vernis à angles.

Pour l'identification des champignons, on s'est basé sur les critères cités par (Botton et *al*, 1990)

## **II-2-Etude du stress hydrique**

### **I-2-1- le semis des graines**

#### **a- Stérilisation**

- **Le sol**

Après avoir éliminé toutes les débris végétaux, le sol est stérilisé à l'autoclave à 120°C pendant 20 mn trois fois successives.

- **Les graines**



**Photo N°02** : Gousses d'*Hedysarum coronarium* L



**Photo N°03** : Graines décortiquées d'*Hedysarum coronarium* L

On a suivi les étapes suivantes :

- Lavage à l'eau savonneuse ;
- Rinçage à l'eau distillée ;
- Bain à l'eau javel (hypochlorite de sodium) 4° pendant 2mn ;
- Bain à l'alcool 90° pendant 1mn ;
- Trois bains à l'eau distillée stérile de 15mn chacun
- les graines sont mises ensuite dans des boîtes de Pétri à la température ambiante pour leurs imbibitions.

**b- Le semis**

Le semis de nos graines a été effectué le 15/03/2012.

Après 48 h d'imbibition, on est passé au semis, qui se résume dans les étapes suivantes :

Nous avons préparé 60 pots bien stériles, qui sont répartis en 5 conditions (12 pots pour chaque condition).

**Condition1** : C1 graines sans inoculation (Témoin 1 sans stress) ;

**Condition2** : C2 graines sans inoculation (Témoin 2 avec stress) ;

**Condition3** : C3 graines inoculées par le champignon (*Drechsléra sp*) ;

**Condition4** : C4 graines inoculées par la bactérie ; (*Rhizobium sp*) ;

**Condition5** : C5 graines inoculées par le champignon et la bactérie.

Les pots sont remplis du sol stérile.

Dans une hôte stérile, nous avons semis 03 graines dans chaque pot

**II-2-2- La teneur relative en eau**

Nous avons suivi la méthode de Barrs (1968) in Hireche (2006), qui consiste à prélever une feuille et la peser immédiatement (poids frais) ;

L'échantillon est ensuite placé dans de l'eau distillée à l'obscurité pendant 24h, pour obtenir un taux de réhydratation maximum.

La feuille est de nouveau pesée (PFSH), puis mise à sécher à l'étuve à 80°C pendant 24h et repesée (poids sec).

Puis, on calcule la teneur relative en eau, suivant cette formule :

$$\text{TRE} = \frac{\text{PF} - \text{PS}}{\text{PFSH} - \text{PS}} \times 100$$

PF : poids frais

PS : poids sec

PFSH : poids frais à saturation hydrique.

**II-2-2- La teneur en proline**

La proline a été dosée par la méthode de Troll et Landly (1974), modifiée par Dreier et Dring (1974), in Benhamiche (1999).

On pèse 100mg de substance végétale fraîche, auxquels sont ajoutés 2ml de méthanol à 40%.

L'ensemble est chauffé au bain marie à 85°C pendant 30mn.

Après refroidissement, on prélève 1ml d'extrait, on ajoute :

1ml d'acide acétique (pure) ;

25mg de ninhydrine ;

1ml du mélange A (120ml d'eau distillée, 300ml d'acide acétique, 80ml d'acide orthophosphorique ; d 1,7).

La solution est portée à ébullition pendant 30mn et vire alors progressivement au rouge.

Après refroidissement 5ml de toluène sont ajoutées à la solution puis agitée.

Deux phases se séparent, la phase supérieure est récupérée et déshydratée par l'ajout du sulfate de sodium, à l'aide d'une spatule. Puis on fait la lecture au spectrophotomètre à 528nm.

Les valeurs obtenues sont ensuite reportées sur une gamme étalon.

## **I-Etude des champignons**

### **I-1 - Identification des champignons prélevés**

L'identification des champignons est basée sur les critères cités dans le chapitre matériels et méthodes.

Nous avons pu identifier 09 espèces appartiennent à sept (07) genres qui sont : Penicillium, Absidia, Sclerotium, Mucor, Rhizopus, Dreschléra et Trichoderma

Les genres Absidia, Mucor et Rhizopus appartiennent à l'ordre des Mucorales.

Les genres Penicillium, Sclerotium, Drechsléra et Trichoderma appartiennent à la classe des Deutéromycètes.

### **I-2 - Classification et description des champignons isolés**

Concernant l'identification des espèces, on s'est basé sur les classifications faites par : Botton (1990), Roquebert (1998), Guignard et Galzy (1980).

***Penicillium sp<sub>1</sub>***

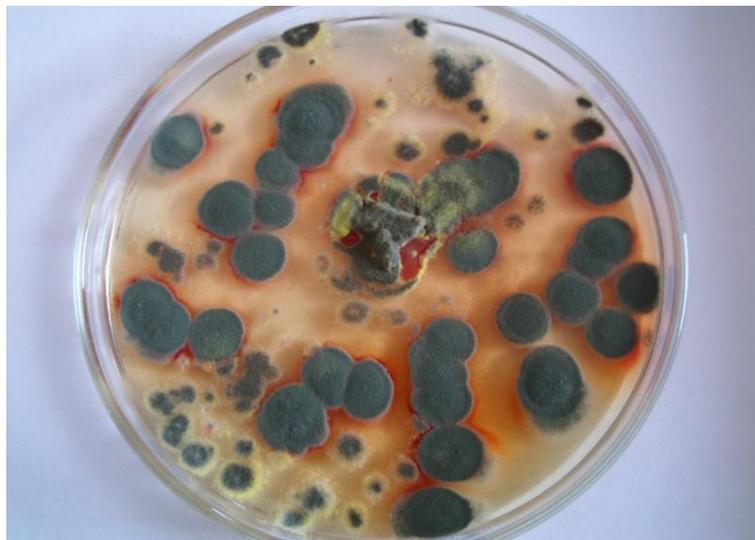
- Classe : Deutéromycètes
- Ordre : Moniliale
- Famille : Monoliaceae
- Genre : *Penicillium*
- Espèce : *penicillium sp<sub>1</sub>*

**Caractères cultureux**

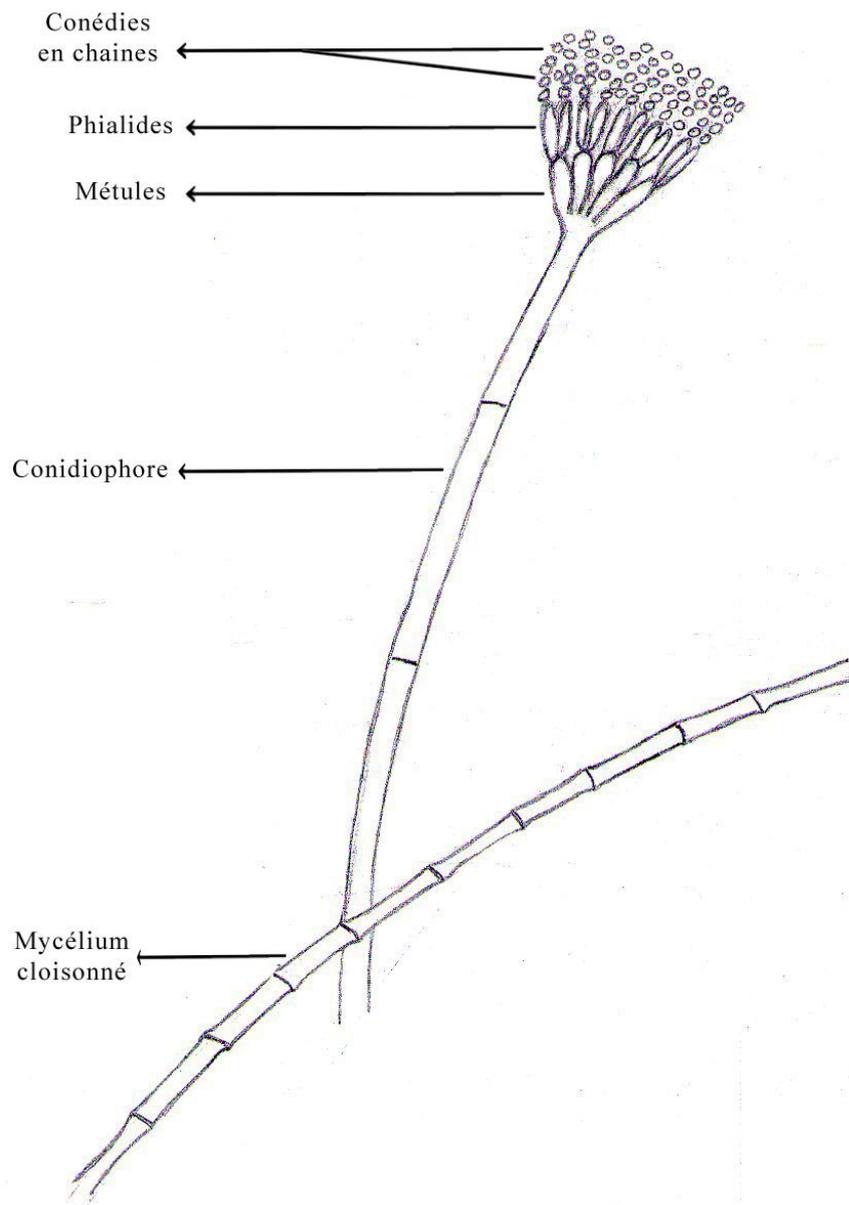
Sous la loupe binoculaire on a observé plusieurs colonies circulaires de couleur verte avec des bordures grises. Le thalle présente une vitesse de croissance moyenne avec un aspect velouté (photo N° 04).

**Etude microscopique**

L'observation microscopique nous a montré un mycélium cloisonné, un conidiophore hyalin et lisse. Les Pénicilles sont biverticillés formés par des métules qui portent des phialides. Les conidies sont globuleuses et disposées en chaîne (Figure N° 06).



**Photo N°04:** *Penicillium sp<sub>1</sub>*



**Figure N° 06 : Dessin d'une partie de *Penicillium sp 01***

**(Grossissement 8 x100)**

***Penicillium sp<sub>2</sub>***

- Classe : Deutéromycètes
- Ordre : Moniliales
- Famille : Monoliaceae
- Genre: *Penicillium*
- Espèce : *Penicillium sp<sub>2</sub>*

**Caractères cultureux**

L'observation macroscopique, nous a permis de révéler une colonie de couleur vert foncé, occupant toute la surface de la boîte pétrie, le mycélium présente un aspect velouté avec une vitesse de croissance rapide (Photo N° 05).

**Etude microscopique**

L'observation microscopique nous a montré un mycélium cloisonné, un conidiophore ramifié constitué d'un simple verticillé de phialides dit monoverticillé, les conidies sont globuleuses hyalines et en chaînes (Figure N° 07).



**Photo N°05:** *Penicillium sp<sub>2</sub>*

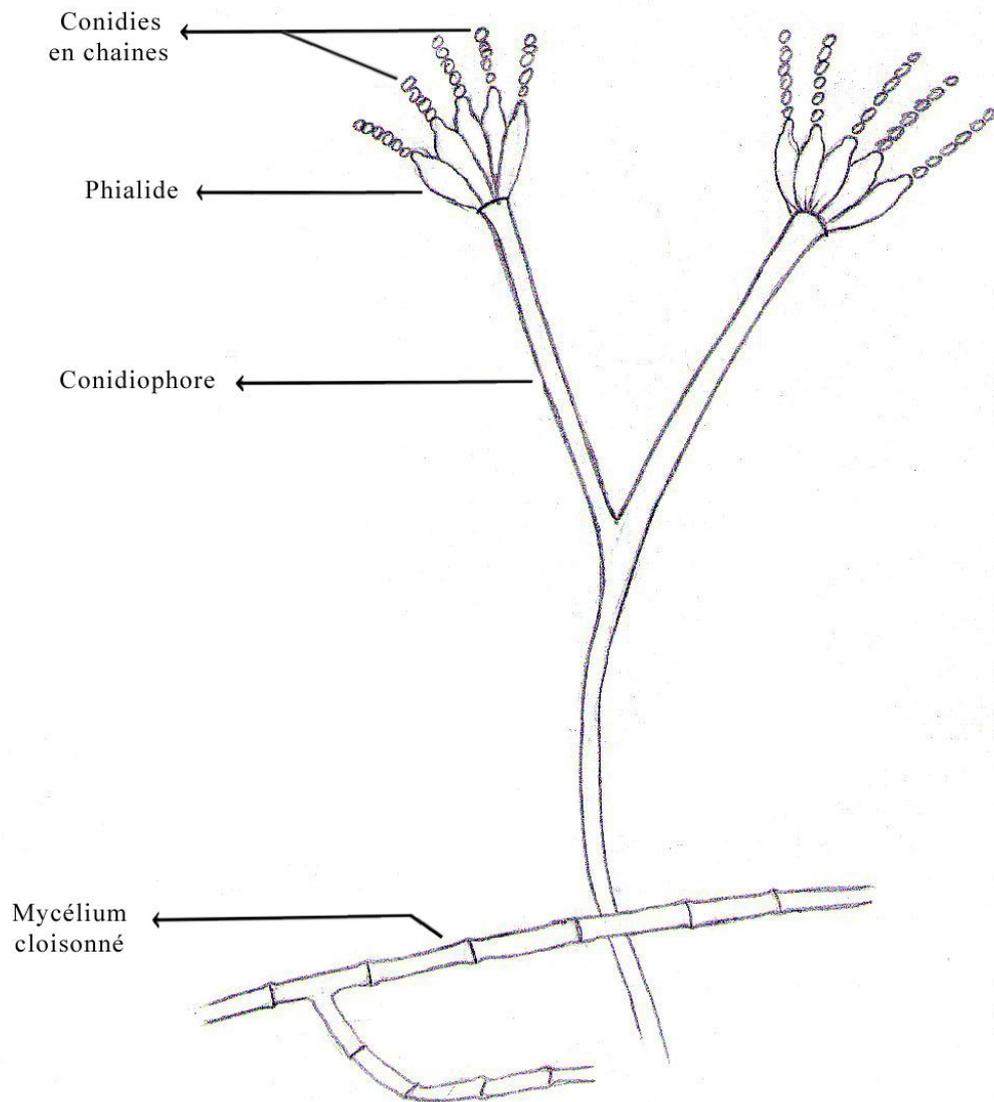


Figure N° 07 : Dessin d'une partie de *Penicillium sp 02*

(Grossissement 8 x100)

***Penicillium sp<sub>3</sub>***

- Classe : Deutéromycètes
- Ordre : Moniliales
- Famille : Monoliaceae
- Genre: *Penicillium*
- Espèce : *Penicillium sp<sub>3</sub>*

**Caractères cultureux**

A l'œil nu, nous observons plusieurs colonies, de couleur verte avec des bordures blanches, le thalle a un aspect velouté avec une vitesse de croissance rapide (Photo N° 06)

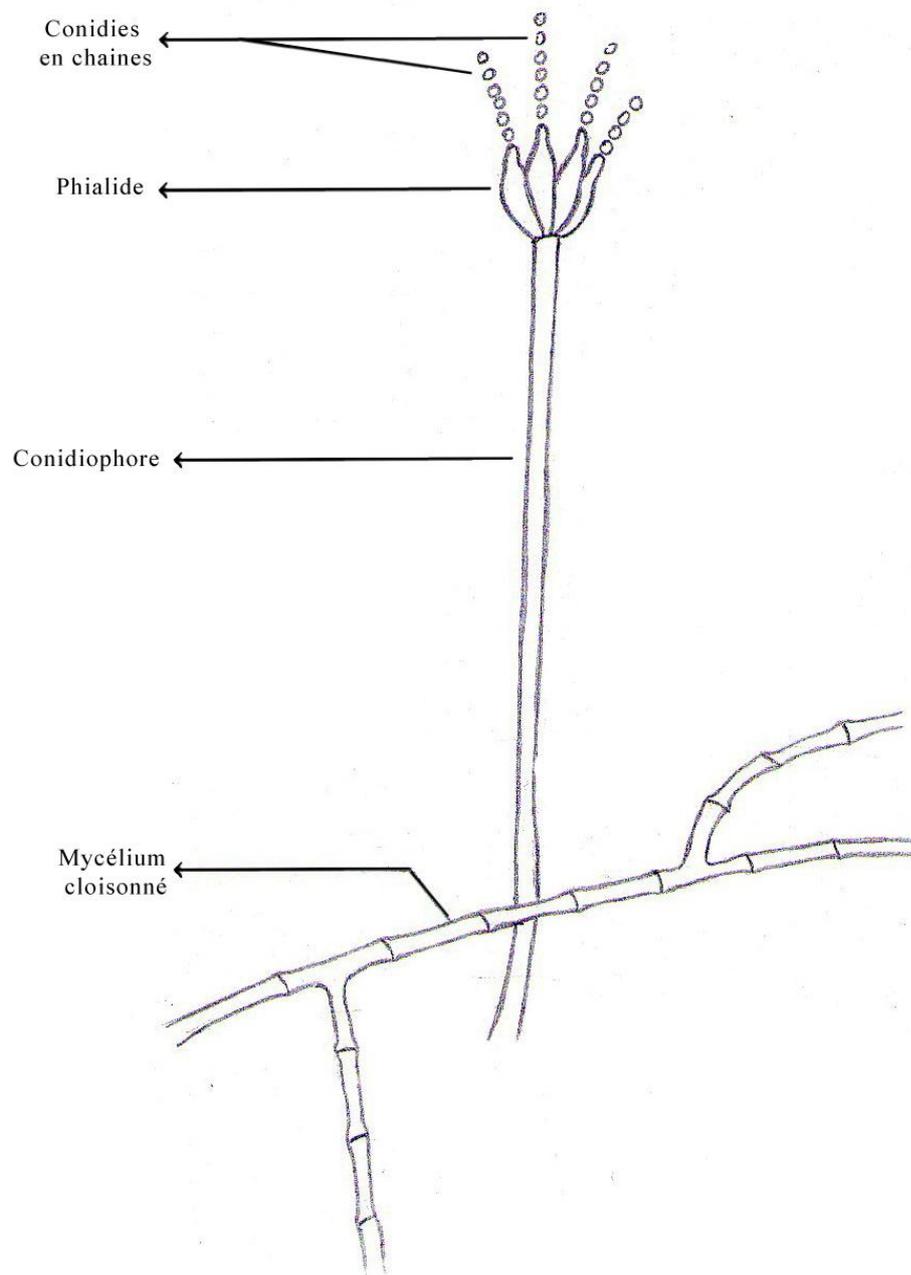
**Etude microscopique**

L'observation sous le microscope optique nous a montré un mycélium cloisonné, un conidiophore hyalin, lisse, constitué d'un simple verticille de phialides (monoverticillé).

Les conidies sont globuleuses, disposées en chaîne (Figure N°08).



**Photo N°06: *Penicillium sp<sub>3</sub>***



**Figure N° 08 : Dessin d'une partie de *Penicillium sp 03***

**(Grossissement 8 x100)**

### ***Sclerotium sp***

- Classe : Deutéromycètes
- Ordre : Mycélia stérilia (agonomycétales)
- Famille : Sclérotiaceae
- Genre : Sclerotium
- Espèce : *Sclerotium sp*

### **Caractères cultureux**

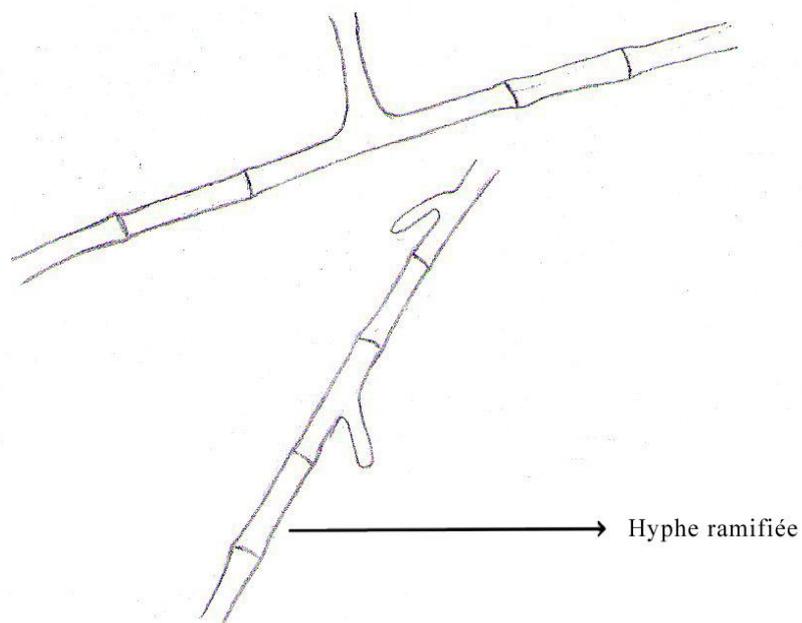
L'étude macroscopique, nous a permis de révéler une colonie qui occupe toute la boîte de Pétri, elle est d'une couleur blanche, circulaire. Le mycélium a un aspect cotonneux avec une vitesse de croissance rapide (photo N°07).

### **Etude microscopique**

Sous le microscope optique, on a observé un mycélium très fin hyalin, cloisonné très ramifié, avec absence des spores, qui est un caractère spécifique de ce champignon (Figure N°09).



**Photo N°07:** *Sclerotium sp*



**Figure N° 09: Dessin d'une partie de *Sclerotium* sp**

**(Grossissement 8 x 100)**

***Mucor sp***

- Classe : Zygomycètes
- Ordre : Mucorales
- Famille : Mucoraceae
- Genre : Mucor
- Espèce : *Mucor sp*

**Caractères cultureux :**

A l'œil nu, nous avons observés des colonies qui occupent toute la boîte, le thalle est de couleur blanc gris qui porte à sa surface des sporocystes noir. Le mycélium présente une vitesse de croissance rapide et des gouttelettes d'eau à sa surface. (Photo N° 08).

**Etude microscopique :**

Sous le microscope, on a observé un mycélium siphonné de largeur moyenne, avec un sporocystophore dressé, isolé, qui se termine par un sporocyste qui contient des spores granuleuses. Le sporocystophore est pourvu d'une columelle et il est parfois ramifié (Figure N° 10)



**Photo N°08:** *Mucor sp*

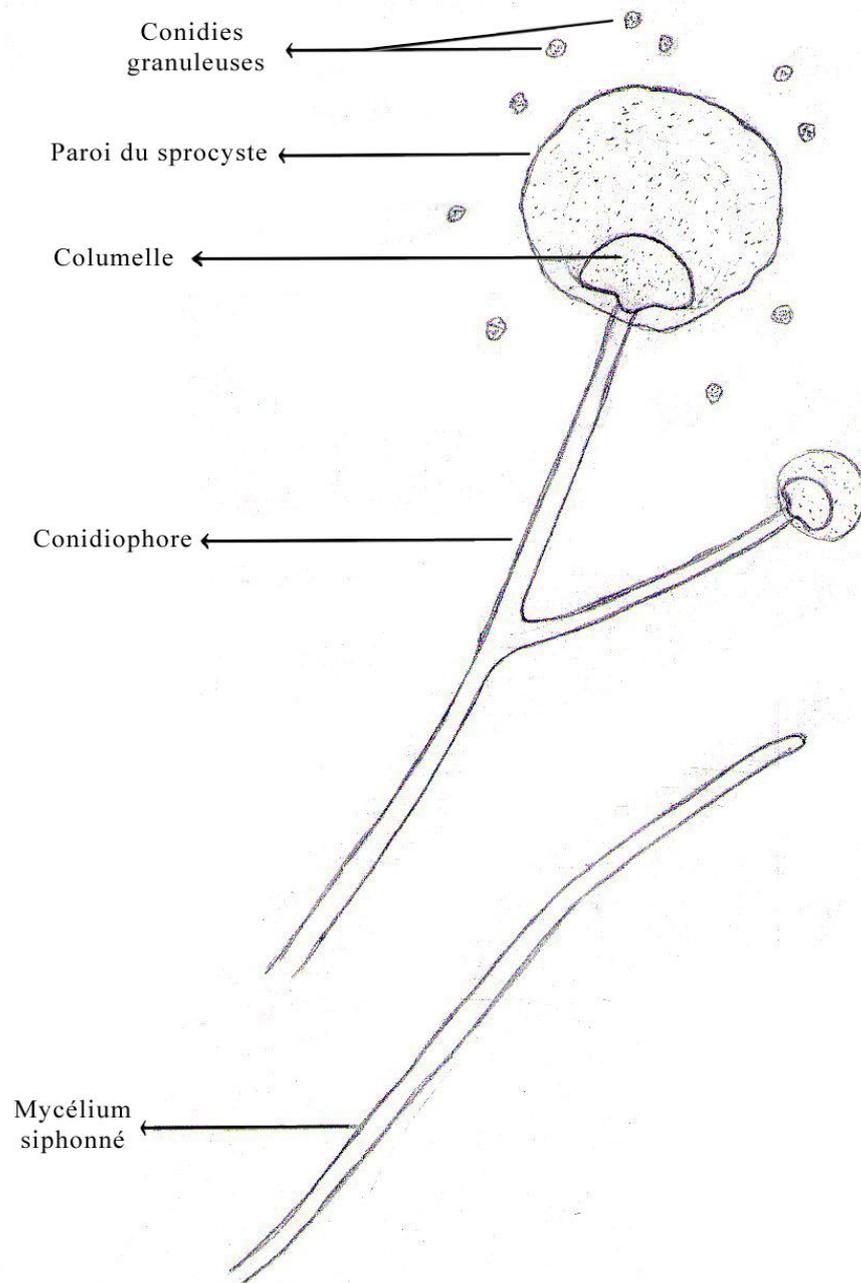


Figure N° 10 : Dessin d'une partie de *Mucor sp*

(Grossissement 8 x 100)

***Rhizopus sp***

- Classe : Zygomycètes
- Ordre : Mucorales
- Famille : Mucoraceae
- Genre : *Rhizopus*
- Espèce : *Rhizopus sp*

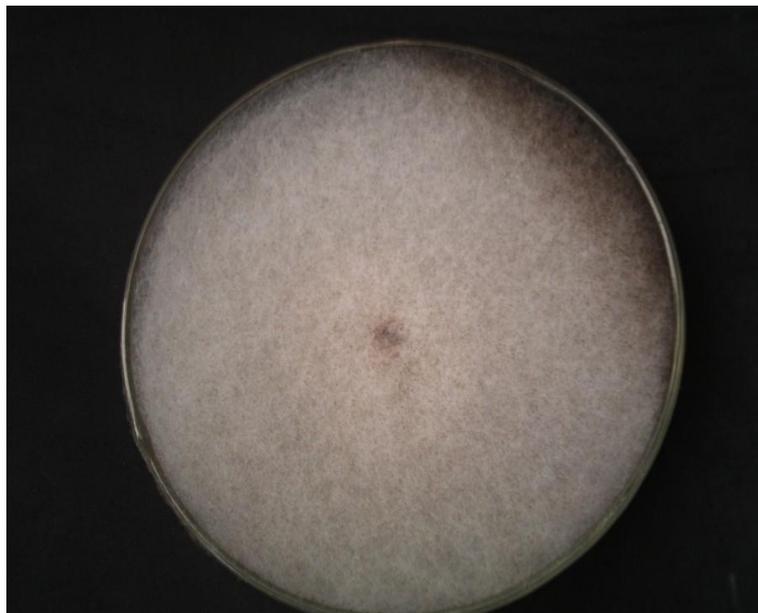
**Caractères cultureux**

L'étude macroscopique nous a montré un champignon de couleur blanche avec des sporocystes noir aux bordures de la boîte de pétri. On remarque également la présence de gouttelettes d'eau à la surface.

Le mycélium présente un aspect laineux, avec une vitesse de croissance rapide (Photo N°09)

**Etude microscopique**

L'étude microscopique, nous a montré un mycélium non cloisonné, les sporocystophores sont disposés en bouquets de 2 à 6 réunis à leur base par des rhizoïdes. Les sporocystes sont globuleux, portent des spores ovoïdes (Figure N° 11)



**Photo N°09: *Rhizopus sp***

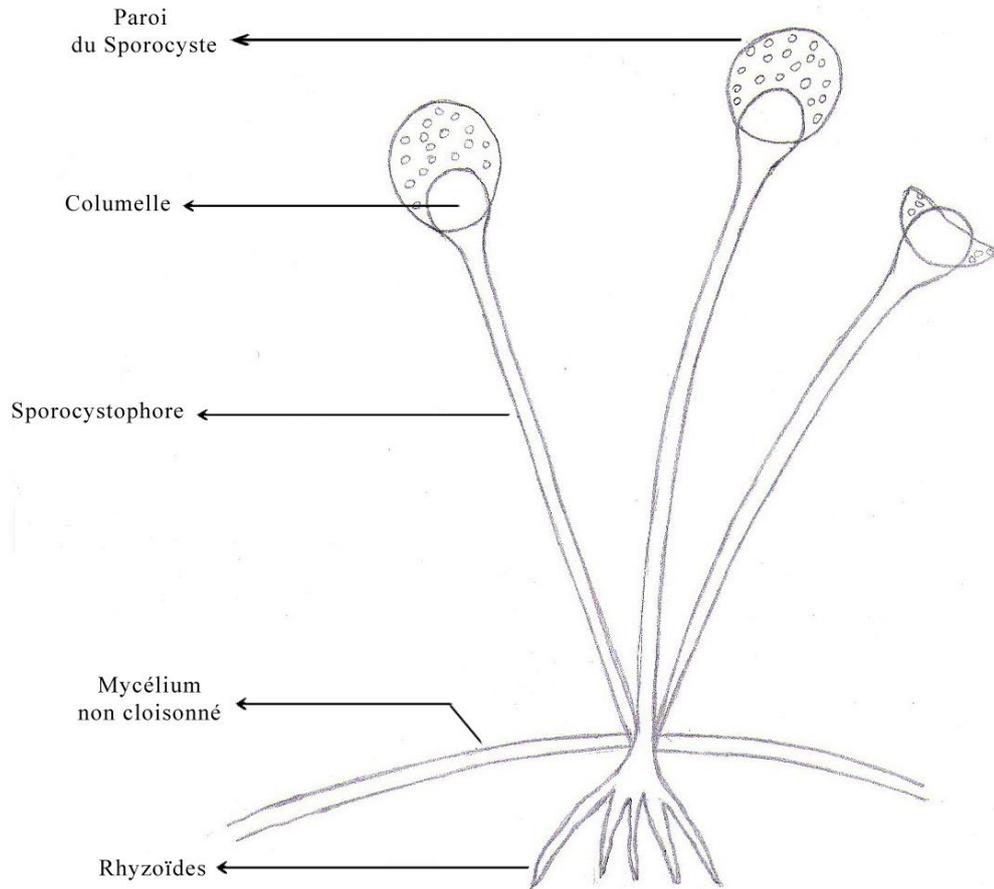


Figure N° 11 : Dessin d'une partie de *Rhizopus* sp

(Grossissement 8 x 100)

***Drechsléra sp***

- Classe : Deutéromycètes
- Ordre : Moniliales
- Famille : Dematiaceae
- Genre : Drechsléra
- Espèce : *Drechsléra sp*

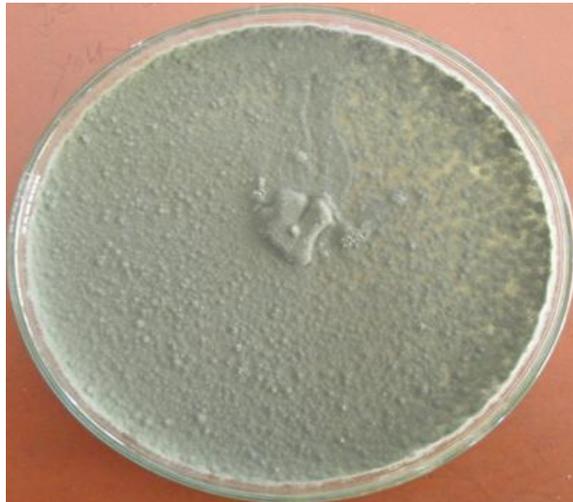
**Caractères cultureux**

L'observation macroscopique nous permet d'observer une colonie circulaire de couleur vert clair. Le thalle velouté avec une vitesse de croissance rapide (Photo N° 10)

**Etude microscopique**

Sous le microscope optique, on a observé un mycélium cloisonné, des conidiophores noirs.

Les conidies sont solitaires, de couleur brune plus moins foncé, droites clavées à cylindriques, à paroi épaisse, avec des pseudo-cloisons transversales (Figure N°12).



**Photo N° 10 : *Drechsléra sp*.**

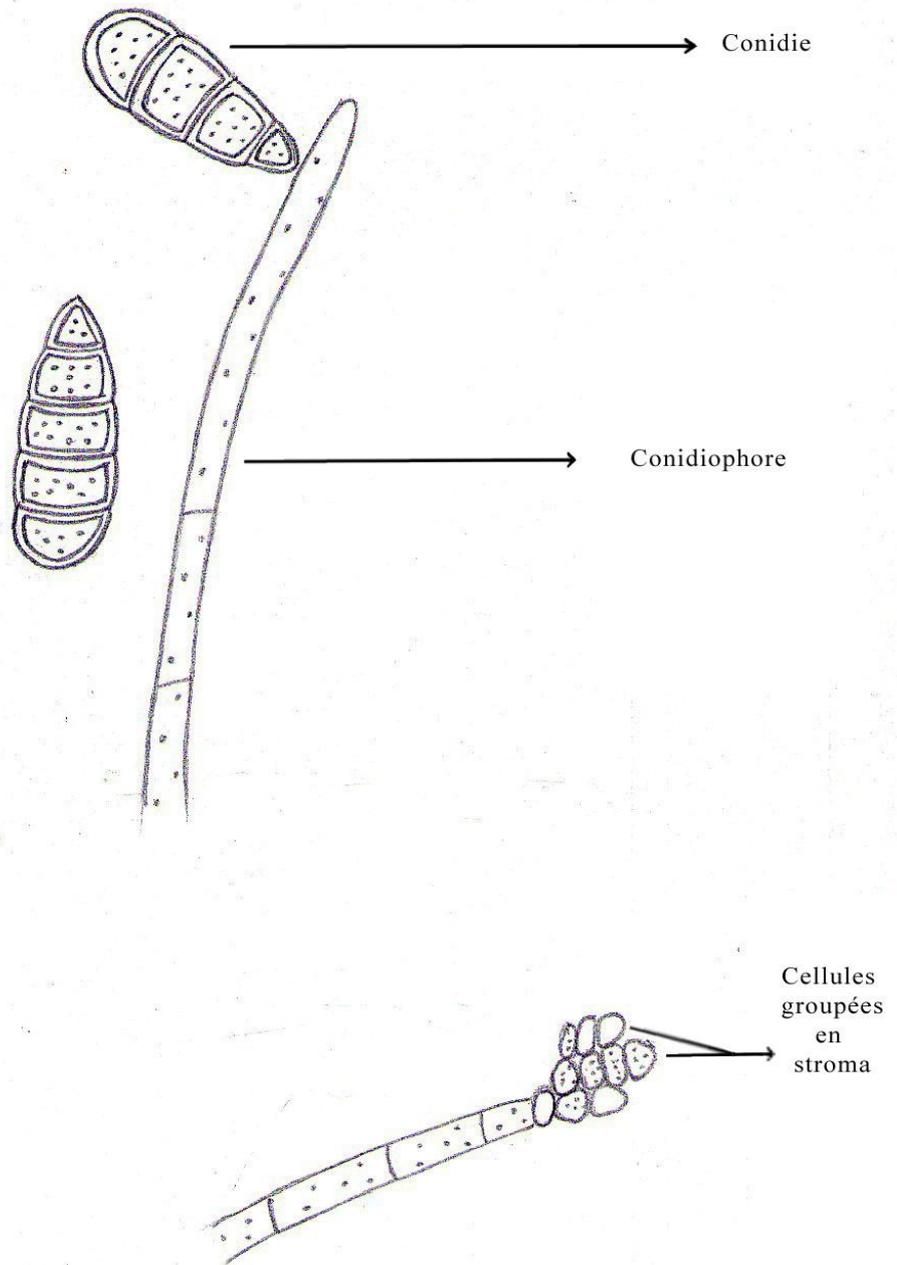


Figure N° 12 : Dessin d'une partie de *Drechsléra* sp  
(Grossissement 8 x 100)

### ***Trichoderma sp***

- Classe: Deutéromycètes
- Ordre : Moniliales
- Famille : Moniliaceae
- Genre : *Trichoderma*
- Espèce : *Trichoderma sp*

### **Caractères cultureux**

L'étude macroscopique, nous a montré des colonies circulaires de couleur noir avec des bordures blanches, le thalle à une vitesse de croissance moyenne et un aspect velouté (Photo N°11)

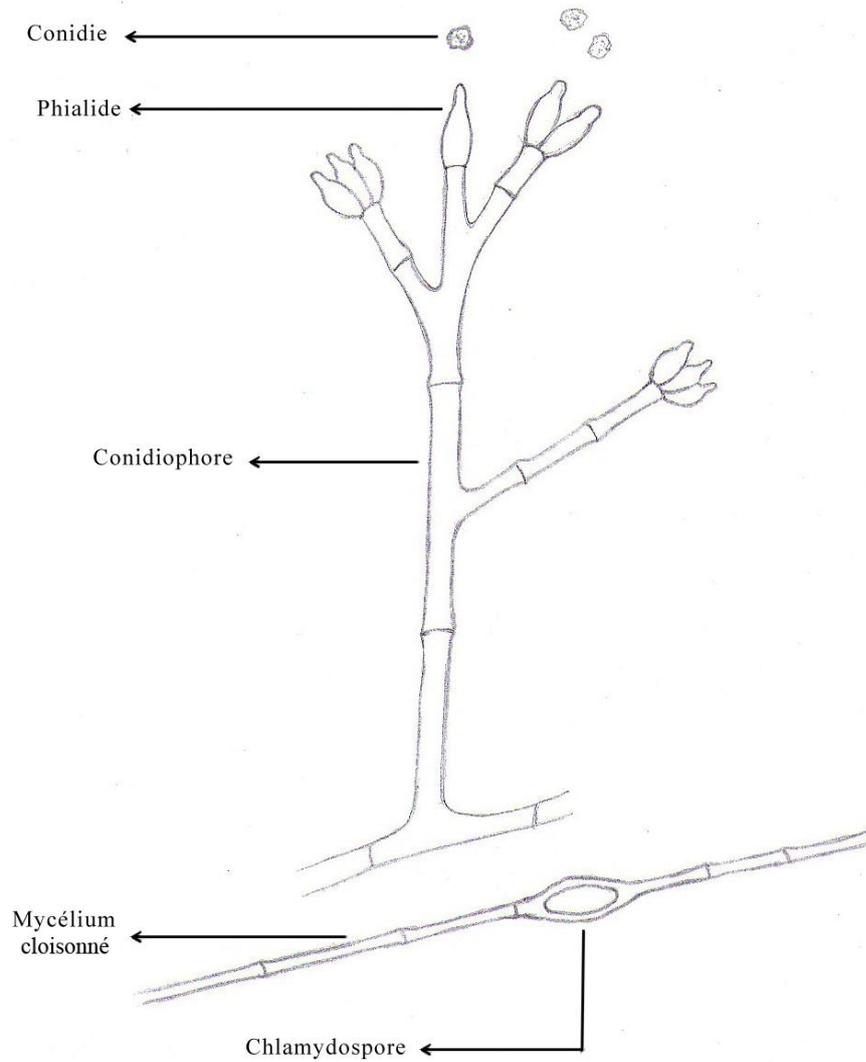
### **Etude microscopique**

Sous le microscope on a observé un mycélium cloisonné, des conidiophores très ramifiés qui portent des phialides de petite taille en forme de quille. Les conidies sont granuleuses.

On a également remarqué la présence des chlamydospores à paroi épaisse (Figure N°13)



**Photo N°11:** *Trichoderma sp*



**Figure N° 13 : Dessin d'une partie de *Trichoderma sp***

**(Grossissement 8 x 100)**

***Absidia sp***

- Classe: Zygomycètes
- Ordre : Mucorales
- Famille : Mucoraceae
- Genre : Absidia
- Espèce : *Absidia sp*

**Caractères cultureux**

A l'œil nu, on a observé des colonies de couleur vert grisâtre, le thalle a un aspect velouté avec une vitesse de croissance moyenne (PhotoN°12)

**Etude microscopique**

Cette étude nous a montré un mycélium non cloisonné et sporocystophore ramifié, qui se termine par des phialides qui portent des spores lisses et rondes à leurs extrémités (Figure N° 14)



**Photo N°12: *Absidia sp***

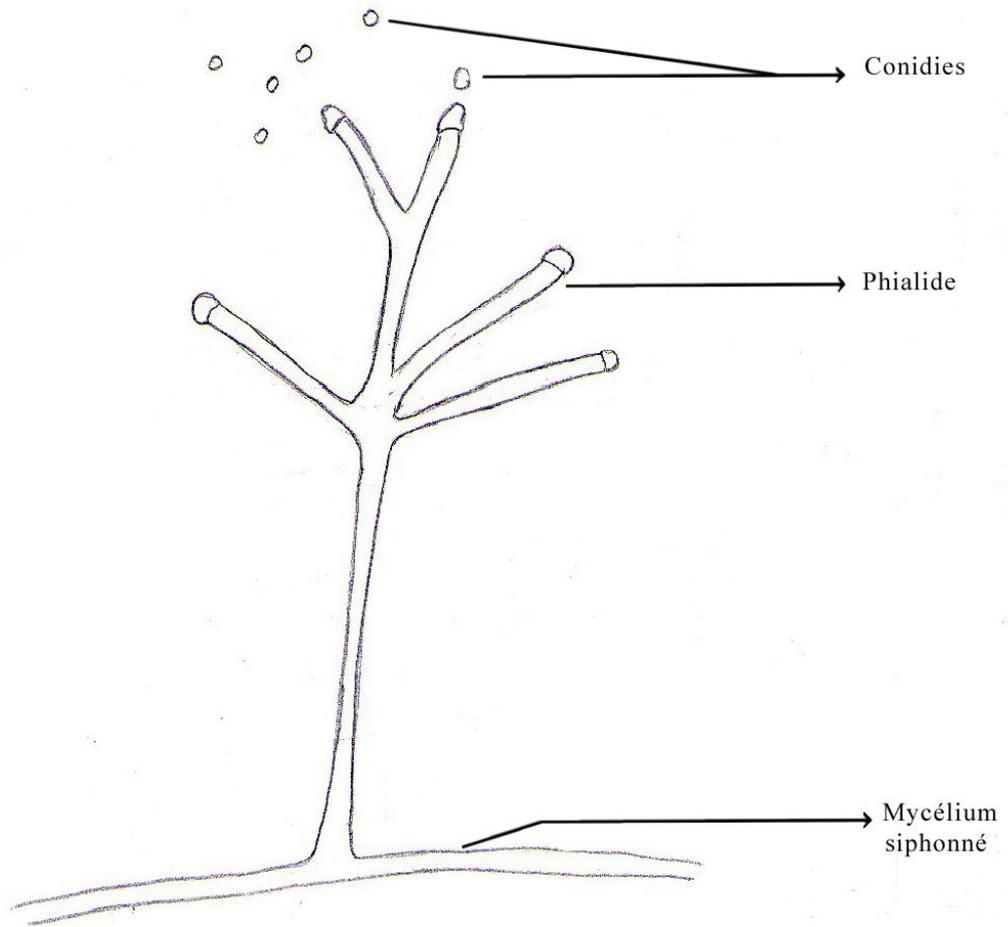


Figure N° 14 : Dessin d'une partie d'*Absidia* sp

(Grossissement 8 x 100)

## **II- Etude du stress hydrique**

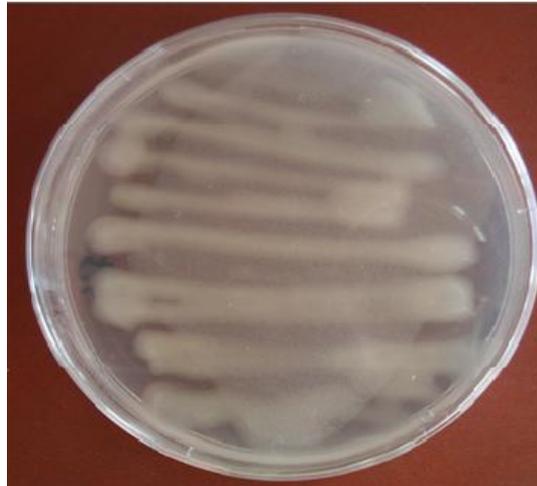
Pour mettre en évidence l'action des microorganismes contre le stress hydrique, nous avons suivi deux paramètres :

- La teneur relative en eau
- La teneur en proline

### **II- 1- Inoculums**

#### **II-1-1 Bactérie**

Nous avons utilisés les bactéries (*rhizobium sp*) de la collection du laboratoire de microbiologie appliquée pour l'inoculation de nos graines dans les conditions C4 et C5 (Photo N°13)



**Photo N°13:** *rhizobium sp*

#### **II-I-2- Champignon**

Pour la seconde partie de notre étude, le choix de l'inoculum fongique s'est porté sur *Drechsléra sp* (photo N°10), qui est considéré par Dalpy (1997), dans l'herbier national de mycologie du Canada comme un champignon mycorhizien.

Nous avons inoculés les conditions C3 et C5.

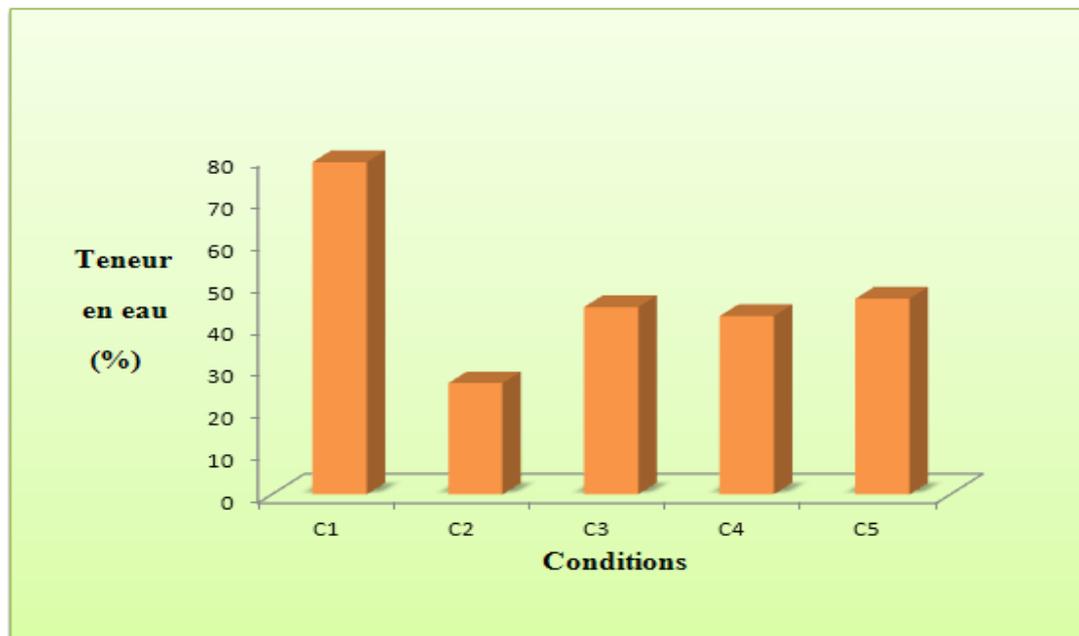
Après deux mois de culture nous avons arrêté l'arrosage pour provoquer un stress hydrique. Et après 15 jours de stress, on a procédé à l'étude de la teneur relative en eau et celle de la teneur en proline.

## II-2- Teneur relative en eau (TRE)

Les teneurs relatives en eau des plantes de chaque condition sont représentées dans le tableau suivant,

**Tableau N°03** : influence des différentes conditions sur la teneur relative en eau.

Conditions	TRE (%)
Condition 1 témoin sans stress	78,85%
Condition 2 témoin avec stress	26,39%
Condition 3 champignon	44,44%
Condition 4 bactérie	42,30%
Condition 5 bactérie + champignon	46,43%



**Figure N°15** : Influence des différentes conditions sur la teneur relative en eau.

D'après le tableau N°03 et la figure N°15, on remarque que la teneur relative en eau varie entre 78,85% et 26,39%, et que la condition C1 correspond à la teneur la plus élevée. Ce qui représente la condition optimale d'hydratation.

Après deux semaines du stress hydrique, nous remarquons une chute de la teneur relative en eau, et ceci pour toutes les conditions expérimentales.

Par rapport à la deuxième condition (C2), les plantes issues des graines inoculées par les micro-organismes présentent une teneur relative en eau plus importante (Figure N°15).

La présence des champignons dans les deux dernières conditions améliore d'avantage cette teneur relative en eau.

La présence de deux microorganismes (Bactérie + Champignon) dans la condition C5, permet d'améliorer d'avantage cette teneur relative en eau par rapport aux autres conditions.

Selon Guignard et al, (1991), les racines mycorhizées pourvues d'intenses ramifications, permettent d'augmenter les surfaces d'échange entre la plante et son milieu.

En effet, Strullu (1991), note que la mycorhize a un effet bénéfique dans l'alimentation hydrique de la plante.

### II-3- Teneur en proline

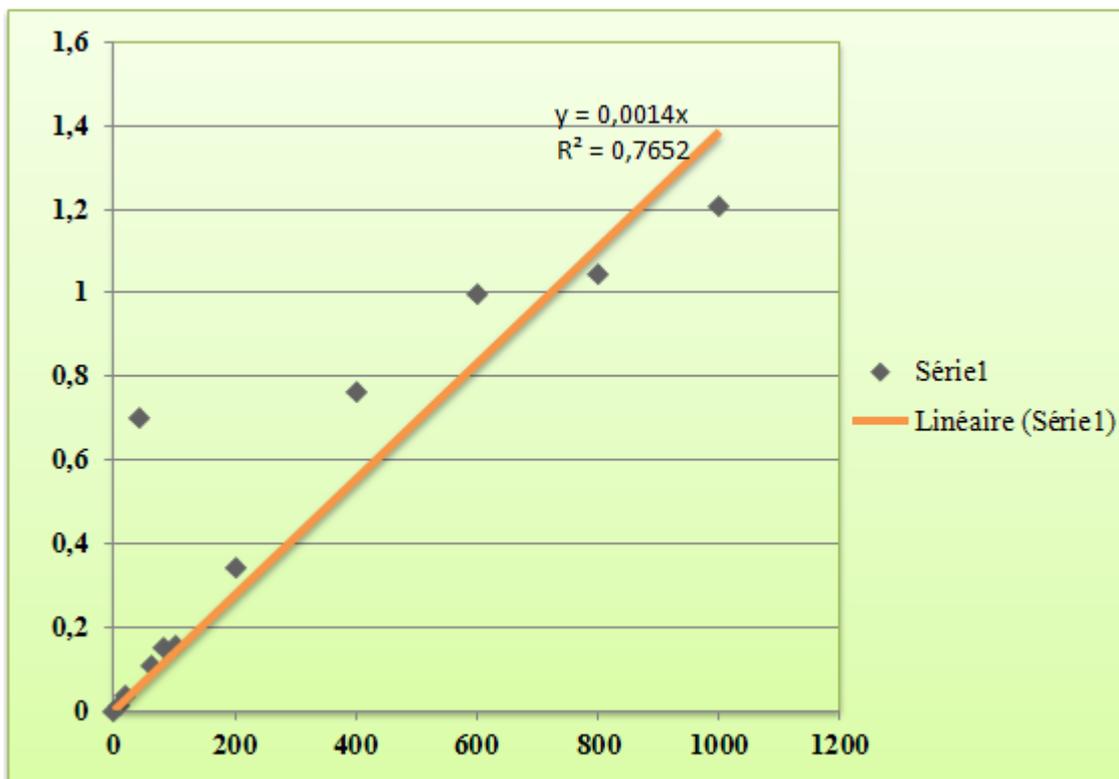
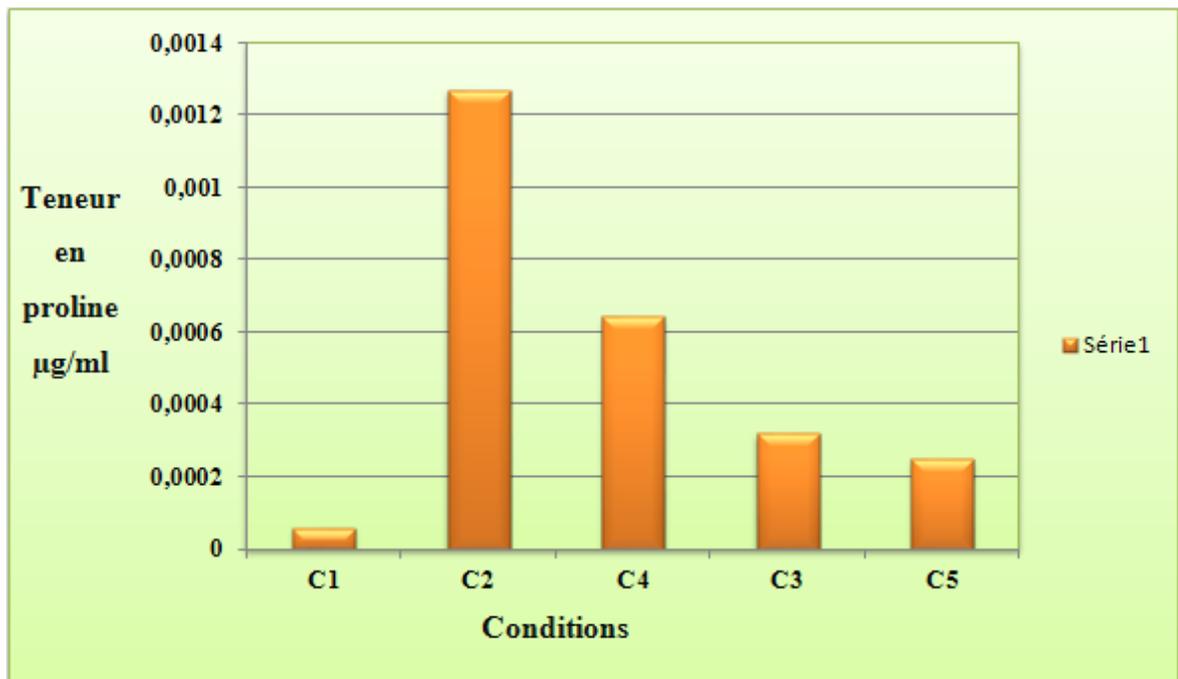


Figure N°16 : Courbe étalon du dosage de la proline.

Le tableau N°04 montre les différentes valeurs de teneur en proline de chaque condition

**Tableau N°04 : teneur en proline de chaque condition**

Conditions	C1 Témoin sans stress	C2 Témoin avec stress	C3 Champignon	C4 Bactérie	C5 Bactérie et Champignon
Teneur en proline $\mu\text{g/ml}$	$5,83 \times 10^{-5}$	$1,26 \times 10^{-3}$	$3,17 \times 10^{-4}$	$6,41 \times 10^{-4}$	$2,47 \times 10^{-4}$

**Figure N°17 : Influence des différentes conditions sur la teneur en proline.**

Le tableau N°04 montre que la teneur en proline varie entre  $5,83 \times 10^{-5} \mu\text{g/ml}$  et  $1,26 \times 10^{-3} \mu\text{g/ml}$

La condition C1, qui correspond à la condition optimale d'hydratation, présente la valeur minimale de proline, suite à l'absence de stress hydrique.

L'application d'un stress hydrique de deux (02) semaines provoque une augmentation importante du taux de proline, pour toutes les conditions. Ceci constitue le moyen de défense et de résistance du végétal au manque d'eau.

Monneveux et Nemmar (1983) in Benhamiche (1999), estiment que l'accumulation de la proline observée chez les plantes, lui permet de s'adapter aux conditions de sécheresse, et lui permet de se maintenir en équilibre, en réglant sa pression osmotique et en conservant sa turgescence cellulaire.

La présence des micro-organismes dans les conditions C3, C4 et C5 provoque une réduction du taux de proline par rapport à la condition C2 (Témoin 2).

ce qui nous permis de dire que les micro-organismes contribuent dans la lutte contre le stress hydrique des plantules.

L'analyse statistique nous montre qu'il y a une différence significative entre les différentes conditions ( $F=17,7$ ) avec un risque  $\alpha=5\%$ .

La présence des deux microorganismes ensemble (condition C5) permet d'atténuer d'avantage la réduction du taux de proline par rapport aux conditions C3 et C4, car ces microorganismes mettent à la disposition de la plante des quantités d'eau importante et améliorent la nutrition minérale (azote et phosphore) des plantes.

En condition de bonne alimentation hydrique, on constate que les teneurs en proline restent faibles (Mouellef, 2010).

d'après Duhoux et Nicole (2004) et Lüttge et *al.*, (2002), la mycorhize a un effet bénéfique dans l'alimentation hydrique de la plante, et assure une meilleur nutrition minérale par l'augmentation de volume de sol exploré par l'intermédiaire des filaments mycéliens, ce qui améliore et augmente la tolérance des plantes au stress hydrique.

Nos résultats rejoignent ceux de Benadjaoud (2002), qui stipule que la tolérance de la plante à un manque d'eau proviendrait d'un ajustement osmotique par une forte accumulation en proline qui est étroitement liée à l'intensité du stress.

## Conclusion

Au terme de notre travail, nous avons pu identifier 09 espèces de mycètes appartenant à sept genres qui sont : Pénicillium, Absidia, Sclerotium, Mucor, Rhizopus, Dreschléra et Trichoderma.

Ce qui constitue un enrichissement de la collection fongique du laboratoire de microbiologie appliquée.

La présence de microorganisme permet d'atténuer l'influence du stress hydrique chez *Hedysarum coronarium* L, en permettant une élévation de la teneur relative en eau due à l'augmentation de la surface d'échange entre les plantes et leurs milieux, ce qui induit une diminution du taux de proline au niveau de la plante.

Les symbioses mycorhiziennes et bactériennes ont un avantage non seulement dans l'amélioration de la résistance de la plante contre le stress hydrique mais aussi dans l'agriculture biologique en réduisant l'utilisation des engrais chimiques et les pesticides.

En perspective, il est souhaitable de poursuivre cette étude par d'autres travaux qui portent sur d'autres aspects des mycorhizes tels que la nutrition minérale, la photosynthèse...etc.

# Références bibliographiques

## A

**Abdelaziz S., 1976 :** Etude de la fixation biologique de l'azote chez certaines espèces de légumineuses spontanées, Mémoire d'ingénieur, Institut Nationale d'Agronomie, El Harache, Alger, P42.

**Afoulous S., 2008 :** Modulation de l'expression de rédoxine chez les céréales et réponse au stress oxydatif. Master 2 Recherche ; Toulouse, P28.

**Aissani A.M. et Bakiri H., 1996 :** Caractérisation des réserves des graines d'une légumineuse papilionacée *Hedysarum coronarium* L. mémoire fin d'études ; université A/Mira Bejaia. P39.

**Amirouche N.; Bouguedoura N. et Hadj Arab H., 2009 :** Botanique, édition : Houma-Alger, P91.

**Arbaoui M., 1997 :** Action de la salinité et du stress hydrique sur le comportement métabolique et anatomique de quelques variétés de tomate industrielle (*lycopersicum asculentum* Mill.) au stade Juvenile. INA, thèse de Magister, P92.

**Asselineau E. et Domenech G., 2007 :** De l'arbre au sol, les bois raméaux fragmentés, édition : educagri, P191.

**Association de Coordination Technique Agricole (ACTA), 1985 :** Graminées et légumineuses fourragères ; Paris.

**Attia F., 2007 :** Effet du stress hydrique sur le comportement ecophysiologique et la maturité phénologique de la vigne *Vitis vinifera* L.: étude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées. Institut national polytechnique de Toulouse. P194.

## B

**Bakouri W. et Kherfallah A., 2007 :** Influence des champignons mycorhiziens et leurs actions sur le stress hydrique chez les légumineuses 'Medicago intertexta' ; mémoire de fin de cycle, université de Bejaïa A/Mira. P59.

**Bado B.V., 2002 :** Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicales des zones guinéenne et soudanienne de burkina faso, thèse de doctorat, université Laval, P197.

**Baudoin J.P., 2001:** Biotechnol. Agron. Soc. Environ, Contribution des ressources phylogénétiques à la sélection variétale de légumineuses alimentaires tropicales, **5** (4), 221–230

**Bendjaoud A., 2002 :** Effet de la déshydratation et la réhydratation sur le métabolisme cellulaire des jeunes plantules de *Parkinsonia aculeata* L.: Aspects physiologiques. Thèse Magister, USTHB, Alger. P61.

**Benhamiche S., 1999 :** Etude des paramètres morphologiques de rendement de quelques variétés de blé dur ( *Triticum durum* Desf) et de blé tendre (*Triticum aestivum* L) susceptibles d'être utilisées en milieu sahariens, Thèse de Magister, université de Bejaia. P185.

**Benoît D., Richard E.M., Pierre et André J., 2007 :** Les rémanents en foresterie et agriculture : les branches : matériaux d'avenir, édition tec et doc lavoisier .P 387

**Botton B., Breton A., Fevre M., Gauthier S., Guy PH., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y. et Veau P., 1990:** Moisissures utiles et nuisibles, importance industrielle, 2<sup>ème</sup> édition : Masson, P512.

## C

**Campa C., 1998 :** L'Acacia au Sénégal: 3-5 décembre 1996, Dakar, Sénégal, édition Orstom, P 473

**Chabbi R., 2010 :** Caractérisation des bactéries isolées à partir du genre *Trigonella* L. (Légumineuses) poussant dans différents écosystèmes de l'Est algérien, Mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine. P111.

**Chadefaud M.G. et de Ferre Y., 1978 :** Précis de Botanique : végétaux inférieurs ; Edition Masson, paris

**Cavaillès E., 2009 :** La relance des légumineuses dans le cadre d'un plan protéine : quels bénéfices environnementaux ?, Études et document, n°15, P44.

## **D**

**Dajoz R., 1996 :** Précis d'écologie ; 6<sup>ème</sup> édition : Dunod : paris. P601.

**Dalpy Y., 1997 :** Biodiversité des champignons mycorhiziens CRECO (Centre de Recherche de l'Est sur les Céréales et les Oléagineux). Rapport préparé pour la 3eme réunion du « Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice ». Montréal, Québec, Canada, P13.

**Davet P., 1996 :** Vie microbienne du sol et production végétale, édition : INRA, P200.

**Davet P. et Rouxel F., 1997 :** Détection et isolement des champignons du sol ; INRA ; Edition paris ; P203.

**De Candolle M., 1825 :** Mémoires sur la famille des légumineuses, édition : Paris P673.

**Demay F., Serres-Cousiné H., et Demougin J., 1991 :** Encyclopédie Larousse édition : Paris.

**Djebali N., 2008:** Etude des mécanismes de résistance de la plante modèle *Medicago truncatula* vis-à-vis de deux agents pathogènes majeurs des légumineuses cultivées : *Phoma medicaginis* et *Aphanomyces euteiches*, thèse de doctorat, université de Toulouse, P209.

**De Rougemont M., 2007 :** Journées Méditerranéennes de l'Olivier, Les mycorhizes et l'olivier ; suisse. PP 1-9.

**Doré A., 2000 :** Flore pastorale de montagne : légumineuses et autres plantes fourragères. Tome 02, ed: Cemagref, France. P225

**Drénou C., 2006 :** Les Racines face cachée des arbres ; édition paris. P334.

**Duhoux E. et Nicole M., 2004 :** Biologie végétale, Edition : paris. P166.

**Durrieu G., 1993 :** écologie des champignons; Edition : paris. P207

## *F*

**Fortin J. A., Plenchette C. et Piché Y., 2008 :** Mycorhizes La nouvelle révolution verte.2008.Canada. P148

**Frame J., 2000,** *Hedysarum coronarium* L, Leguminosae F.A.O

## *G*

**Gate P., 1995 :** Ecophysiologie du blé, édition : technique et documentation, P351.

**Gaussen - G C., 1995 :** Désertification et aménagement au Maghreb

**Genevés L., 1990 :** Biologie végétale : thallophytes et microorganismes ; édition : Dunod : BORDAS : Paris. P91.

**Georenflot R., 1998 :** Biologie végétale : plantes supérieures : appareils végétatifs. ; 6<sup>eme</sup> édition. ; P 236.

**Gobat J.M., Aragno M. et Matthey W., 2010 :** Le sol vivant: Bases de pédologie, Biologie des sols, 3<sup>eme</sup> édition; suisse, p819.

**Gobin A., 1866 :** Guide pratique pour la culture des plantes fourragères, ed: paris P268

**Gram Borhane S. : 2007 :** Utilisation des techniques d'électrophorèse pour l'identification et l'étude de la diversité des Rhizobiums de quelques légumineuses, Mémoire de Magistère, Université Mentouri Constantine, P93.

**Guignard J. L. et Dupont F., 2007:** Abrégé botanique ; 14<sup>eme</sup> édition: Masson : paris. P285.

**Guignard J.L., Bouchet-Ph. et Villard-J., 1999 :** les champignons : Mycologie fondamentale et appliquée ; Edition : paris. P183.

**Guiraud J. et Galzy P, 1980 :** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires, Edition l'usine, P 234.

## *H*

**Halary M.S., 2009** : Etude des symbioses de mytilidés des écosystèmes marins profonds à base chimiosynthétique par des techniques de FISH, de microscopie et de traitement d'images ,thèse de doctorat, université pierre et marie curie, P213.

**Henri J. et Saint-Hilaire J., 1971** : Plantes de la France: décrites et peintes d'après nature, ed : paris, Volume 4,

**Hirech Y., 2006** : Réponse de la luzerne (*Medicago Sativa* L) au stress hydrique et à la profondeur du semis, Thèse de Magister, Batna, P83.

**Hirsh Ann M., Kapulnik Y., 1998**: Signal transduction pathways in Mycorrhizal association: comparisons with the Rhizobia-Legum Symbiosis. Fungal genetics and Biology, 23, PP 205-212.

**Hopkins W.G., 2003**: Physiologie végétale. Edition: Paris. P514.

## *I*

**INA, (Institut National d'Agronomie), réseau Magrèbien de recherche, 1999** : les légumineuses alimentaires en Algérie : situation actuelle et perspectives, P150.

**Indge B., 2004** : La biologie de A à Z, 1 100 définitions, édition : Dunod, Paris, P344.

## *J*

**Jabnoue M., 2008** : Adaptation des plantes à l'environnement : Stress hydrique ; Article.

**Journet E.P., Carreau V., Gouzy J., Thoquet P., Rosenberg C., Barker D., Huguet T., Denarie J. et Gamas P., 2001** : La légumineuse modèle *Medicago truncatula* : approches génomiques et perspectives. Ecole thématique Biologie végétale.

## *K*

**Kugler M., 1986** : Les mycorhizes; des engrais qui poussent comme des champignons ; article, Québec, canada.

## *L*

**Laberche J.C., 2004** : Biologie végétale ; 2<sup>ème</sup> édition ; Dunod, paris, P270

**Larpent J P. et Larpent-Gourgaud M., 1985** : éléments de microbiologie, édition : Hermann, P464.

**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 à Université Toulouse III - Paul Sabatier, P255.

**Lecoeur J., 2007** : Influence d'un déficit hydrique sur le fonctionnement d'un couvert végétale cultivé. P12.

**Lefevre C., 2004** : Caractérisation et phylogénie des bactéries symbiotiques intracellulaires des charançons de la famille des Dryophthoridae. Thèse de Doctorat de l'Institut national des sciences appliquées de Lyon. France. P124.

**Lepoivre, 2003** : phytopathologie, 1<sup>ère</sup> édition de boeck, Bruxelles. P427.

**Luttge U., Maufred K. et Bauer G., 1991** : Botanique ,3<sup>ème</sup> édition ; P604.

## *M*

**Madingo M. et Martino J.; 2007** : Biologie des micro-organismes ; 11<sup>ème</sup> édition : Pearson ; P1047.

**Marouf A .et Reynaud J., 2007** : La botanique de A à Z, édition : Paris. P342.

**Mbengue P., 2010** : Perception et transduction du signal bactérien facteur Nod dans l'établissement de la symbiose rhizobium-légumineuse : recherche et caractérisation de partenaires du LysMRLK LYK3, un récepteur putatif des facteurs Nod chez *Medicago truncatula*, thèse de doctorat ,université de Toulouse, P207

**Meyer S., Reeb C. et Bosdeveix R., 2008**: Botanique: biologie et physiologie végétales ; 2<sup>ème</sup> édition : MALOINE, paris, P490.

**Milou C. 2009** : Fertilité des sols ; Mycorhizes un axe de recherche pour réduire l'apport d'engrais.

**Montserrat R-S. 2009** : Etude de l'interaction de *Medicago truncatula* avec *Fusarium oxysporum* et du rôle de l'acide salicylique dans les interactions de la plante avec différents agents pathogènes et symbiotiques, thèse de doctorat, université de Toulouse, P 282.

**Morot Gandy J.F. 1997** : Assimilation de l'azote chez les plantes : aspects physiologique, biochimique et moléculaires ; édition INRA ; Paris. P133.

**Morot Gaudry J.F., 2009** : Biologie végétale : nutrition et métabolisme. ; Édition : Duond, Paris. P216

**Mouellef A. 2010** ; Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum Desf.*) au stress hydrique. Mémoire de fin d'étude ; Université Mentouri, Constantine ; P93.

**Mouhouche B., 2001**: Effets du stress hydrique appliqué à différentes phases phénologiques sur les composantes du rendement de quatre légumineuses alimentaire à grosses graines ; Institut National Agronomique El-Harrach Alger ; thèse Doctorat. P165.

**Munier Jolain N., 2005** : Agrophysiologie du pois protéagineux, édition paris. P154

## *N*

**Nabors M., 2008** : Biologie végétale. ; Structure et fonctionnement, écologie et biotechnologies ; Edition paris P614

**Neyra, M. 1992** : Fichier technique de la fixation symbiotique de l'azote: légumineuse/rhizobium, édition : Rome.

**Nicklin J., Graeme-Cook K., Paget T. et Killington R., 2000** : L'Essentiel en Microbiologie, édition berti, paris, P365.

**Nieuwenhuis R. et Nieuwelink J., 2005** : La culture du soja et d'autres légumineuses, ed: Pays-Bas, P72.

**Nultsch W., 1998** : Botanique générale, édition, de Boeck, paris, P 603.

## O

**Otto H.J., 1998** : Ecologie forestière, ed : paris, P401.

**Ozenda P., 1982** : Les végétaux dans la biosphère, édition : Doin. Paris. P431.

**Ozenda P., 2006** : Les végétaux : organisation et diversité biologique ; 2<sup>ème</sup> édition : Dunod, P516.

## P

**Peret B., 2007** : Transport de l'auxine et développement du nodule actinorhizien chez l'arbre tropical *Casuarina glauca*, thèse de doctorat, université de Montpellier II P69.

**Pindar A., 2000** : La relation stress hydrique- rendement du maïs en Bresse : quelle perspective de spatialisation ? Utilisation d'un simulateur de culture (STICS), Mémoire d'ingénieur d'Agronomie, Etablissement National d'Enseignement Supérieur Agronomique de Dijon, P86.

**Pousset J., 2008**: Agriculture naturelle répondre au nouveaux défis. Edition: Paris. P89.

**Prescott, Harley, Klein, Weiley, Sherwood et Woolverton, 2010**: Microbiologie, 3<sup>ème</sup> édition: de Boeck. P1088.

## Q

**Quezel P. et Santa S., 1962** : Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 01 (CNRS., ed.), Paris-France, P636.

## R

**Raven, Johnson, Losos et Singer, 2007** : Biologie ; Edition : De boeck, paris, P1316.

**Raven P.H., Evert Ray F. et Eichhorn Susan E., 2000**: Biologie végétale, Edition: Paris. P968.

**Raven P.H., Georges B. Johnson, Kenneth A. Mason, Jonathan B. Losos, Susan S. Singer, Georges B. Johnson, 2011**: Biologie, P1406.

**Rayner R., 1979** : Les champignons de nos régions, Edition : Bruxelles, P128.

**Redon P.O. 2009** : Rôle de champignons mycorhiziens à arbuscules dans le transfert du cadmium (Cd) du sol à la luzerne (*Medicago truncatula*). Thèse de Doctorat. Université Henri Poincaré, Nancy I. P198.

**Reidacker A., Dreyer E., Pafadnam C., Joly H. et Bory G., 1993** : Physiologie des arbres et des arbustes en zones arides et semi arides ; édition ; John Libbey Eurotext, Paris, P489.

**Robert D. et Catesson A.M., 2000** : Organisation végétale ; Edition : Paris, P356.

**Roland J.C., El Maarouf-Bouteau H. et Bouteau F., 2008** : Organisation des plantes sans fleurs, algues et champignons ; 7<sup>ème</sup> édition, Dunod ; Paris; p154.

**Roquebert M., 1998** : Moisissures des aliments hydratés, édition Lavoisier Tec & Doc, P516.

**Roudaut H., Lefrancq E., 2005** : Alimentation théorique ; ed: France, P305.

## S

**Scheromm P., 2000** : La résistance des plantes à la sécheresse, INRA Montpellier, P3

**Sebihi F.Z., 2008** : Les Bactéries Nodulantes des Légumineuses (B.N.L) : Caractérisation des bactéries associées aux nodules de la Légumineuse Fourragère, *Hedysarum perrauderianum*. Thèse de Magister. Université Mentouri de Constantine. P110.

**Selosse M.A., 2009** : La symbiose structures et fonctions, rôle écologique et évolutif, édition Dunod, P154.

**Slama A. Ben Salem M. Ben Naceur M. et Zid E.; 2005**; Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance, Sécheresse vol. 16, n° 3, 225-9. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (INRAT).

**Stensröm E., Damm E. et Unestam T., 1997** : le rôle des mycorhizes dans la protection des arbres forestiers contre les agents pathogènes du sol, PP 121-128.

**Strullu D.G., 1991** : Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées. Edition Tec et Doc. Lavoisier, Paris, P248.

**Strullu D.G., 1985**: Les mycorhizes: Volume 13, Partie 2, P198.

## T

**Tabard C.P., 1983 :** Etude de la croissance de champignons mycorhiziens : évaluation de la masse mycélienne par dosage de la chitine ; étude des enzymes de l'assimilation de l'azote minéral, thèse Doctorat, université des sciences et techniques de Languedoc. P68.

**Tahri E., Belabed A. et Sadki K. 1997:** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*). *Bulletin de l'Institut Scientifique*. Rebat.21: PP 81 - 89.

**Teillet A., 2008 :** Caractérisation de deux déterminants moléculaires impliqués dans le processus d'infection lors de l'interaction symbiotique entre la légumineuse modèle *Medicago truncatula* et *Sinorhizobium meliloti* ; thèse doctorat, université de Toulouse, P213.

**Thiébeau P. , Badenhausser I. , Meiss H. , Bretagnolle V. , Carrère P. , Chagué J. , Decourtye A. , Maleplate T. , Médiène S. , Lecompte P. , Plantureux S. et Vertès F., 2010 :** Contribution des légumineuses à la biodiversité des paysages ruraux, *Innovations Agronomiques* N° 11, PP 187-204.

## V

**Vallade J., 1999 :** Structure et développement de la plante : morphogenèse et biologie de la reproduction des angiospermes, édition : Dunod ; Paris. P224

## Y

**Yeys T., Bordonneau M., Henry M. et catherine T., 2005:** Le monde des végétaux : organisation, physiologie et génomique ; édition : Dunod : Paris. P384.

## *Glossaire*

**Carène** : Saillie longitudinale du dos de certains organes, rappelant par sa forme la carène d'un bateau : glumes du phalaris; sépales de la Crucianelle, réunion des 2 pétales inférieurs des Papilionacées.

**Columelle** : membrane séparant le sporangiophore du sporange (sporange) de champignons inférieurs.

**Isogamie** : Mode de reproduction où les gamètes mâles et femelles sont strictement identiques.

**Oogamie** : désigne une méthode de reproduction sexuée dans laquelle les gamètes mâles et femelles ont des comportements, des tailles et des physiologies différentes.

**Panicule** : Disposition des fleurs ou des fruits en grappe de forme conique.

**Phialide** : Cellule spécialisée du mycélium qui va émettre les spores ou encore cellule conidiogène la plus différenciée.

**Ptéridophytes** : (du grec *pteros*, aile et *phytos*, végétal), ou fougères, sont un embranchement du règne des végétaux, les plantes de cet embranchement sont des végétaux terrestres vasculaires : ils disposent d'un système de conduction de la sève.

**Sporanges** : chez les ptéridophytes, organe en forme de sac, limité par une ou plusieurs assises cellulaires.

**Annexe N°01** : Résultats de la gamme étalon.

<b>Proline µg/ml</b>	0	10	20	40	60	80	100	200	400	600	800	1000
<b>DO à 528nm</b>	0	0,01	0,035	0,70	0,109	0,152	0,155	0,343	0,765	0,998	1,045	1,207

**Annexe N°02** : Analyse de la variance de la teneur en proline

<b>Origine</b>	<b>Somme des carrés des écarts</b>	<b>d.d.l</b>	<b>F</b>
<b>Entre conditions</b>	$6,77 \times 10^{-7}$	4	17,75
<b>Résiduelles</b>	$3,82 \times 10^{-8}$	10	

## **Résumé**

Cette étude consiste à inoculer la plante *Hedysarum coronarium L* par des microorganismes (bactérie et champignon).

La première partie de notre travail, nous a permis d'isoler et d'identifier neuf espèces appartenant à sept genres différents.

Dans la seconde partie, l'inoculation d'*Hedysarum coronarium L* par des microorganismes (bactérie et champignon) a permis d'atténuer l'action du stress hydrique en améliorant la nutrition hydrique en élevant la teneur en eau et en réduisant la teneur en proline.

Mots clés : légumineuses, *Hedysarum coronarium L*, mycorhize, *rhizobium sp*, stress hydrique et symbioses.

## **Abstract**

This study consist to inoculate the plant *Hedysarum coronarium L* by microorganisms (bacteria and fungi).

The first part of our work, we were able to isolate and identify nine fungi owned by seven different genera.

In the second part, the inoculation of *Hedysarum coronarium L* by microorganisms (bacteria and fungi) has mitigated the action of water stress by improving nutrition water by raising the relative water content and reducing the proline content.

Key words: leguminous, *Hedysarum coronarium L*, mycorhize, *rhizobium sp*, hydrous stress and symbiose.