

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département Biologie



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en : Microbiologie
Domaine : Science de la nature et de la vie
Filière : Science biologique
Spécialité : Microbiologie Appliqué
Thème

**Caractérisation des paramètres physicochimiques et
microbiologique des sols de la vigne.**

Présenté Par :

- 1) Mme BEKKAR KAIMA
- 2) Mme MASMUDI HALIMA
- 3) Mme SAHLI CHIRAZ

Devant le jury composé de :

Dr Ghembaza Nacira	M C A	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Présidente
Dr Chibani Hibat El Rahman	M C A	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examinatrice
Dr. Benelhadj djelloul Saadia	M C A	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadreur

Année Universitaire 2023/2024

Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet des engrais chimiques sur les caractéristiques physiques chimiques et microbiologiques des sols de la vigne et d'apprécier l'importance de la symbiose mycorhizienne sur le développement de cette espèce végétale étudiée *Vitis vinifera* de la région Terga (Ain temouchent). Les sols prélevés sous l'espèce végétale *Vitis vinifera* (naturel et traité par des engrais chimique) dans la région de Terga indique que la texture du sol est sableuse et une conductivité électrique faible, un pH alcalins et des valeurs faibles en phosphore assimilable et en azote. L'établissement de la colonisation racinaire dans le cas de *Vitis vinifera* traite par les engrais chimiques nécessite trois fois plus d'inoculum comparé au sol non traité avec respectivement 13.5 et 4.25. Les examens microscopiques des fragments de racines de *Vitis vinifera* naturel et traité par des engrais chimique dans la région de Terga ont révélé la présence des structures caractéristiques des mycorhizes arbusculaires, principalement des hyphes, des arbuscules, des vésicules et des spores. La fréquence de mycorhization a été élevée dans des fragments naturels avec 73, 33% et 60 % pour les fragments sans engrais chimique. La méthode d'extraction des spores par tamisage humide a montré la présence de trois genres *Sqcutollospora*, *Glomus clarum*, *Gigaspora* dans la rhizosphère de *Vitis vinifera*.

Mots clés : engrais chimiques, *Vitis vinifera* L, spore.

Abstract

The objective of this work is to study the effect of chemical fertilizers on the physical, chemical and microbiological characteristics of vine soils and to assess the importance of the mycorrhizal symbiosis on the development of this studied plant species *Vitis vinifera* of the Terga region (Ain temouchent), Soils sampled under the plant species *Vitis vinifera* (natural and treated with chemical fertilizers) in the Terga region indicate that the texture of the soil is sandy and low electrical conductivity, alkaline pH and low values of assimilable phosphorus and nitrogen. The establishment of root colonization in the case of *Vitis vinifera* treated with chemical fertilizers requires three times more inoculum compared to untreated soil with 13.5 and 4.25 respectively. Microscopic examinations of root fragments of natural and chemically fertilizer- treated *Vitis vinifera* in the Terga region revealed the presence of structures characteristic of arbuscular mycorrhizae, mainly hyphae, arbuscules, vesicles and spores. The frequency of mycorrhization was high in natural fragments with 73.33% and 60% for fragments without chemical fertilizer. The spore extraction method by wet sieving showed the presence of three genera *Sqcutollospora*, *Glomus clarum*, *Gigaspora* in the rhirosphere of *Vitis vinifera*.

Key words: chemical fertilizers, *Vitis vinifera L*, spore.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الاسمدة الكيماوية على التركيبة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لترب الكروم وتقييم أهمية التعايش الفطري في تطور هذا النوع النباتي المدروس الكرم في منطقة تارفة (عين تموشنت) التربة التي تم جمعها تحت الانواع النباتية *Vitis vinifera* (طبيعية ومعالجة بالاسمدة الكيماوية) في منطقة تارفة. يشير إلى أن قوام التربة رملي ومنخفض التوصيل الكهربائي ودرجة الحموضة القلوية وقيم منخفضة من الفوسفور والنيتروجين القابلين للاستعاب. الفحوصات المجهرية لشظايا جذر الكرمة اظهرت نباتات العنب الطبيعية و المعالجة بالاسمدة الكيماوية في منطقة تارفة وجود التركيبات المميزة للجذور الفطرية المفصلية ، وبشكل رئيسي الخيوط الفطرية، والشجيرات، والحويصلات، والجراثيم. كانت نسبة التأسيس الفطري عالية في القطع الطبيعية 73.33 % و 60 % للقطع الخالية من الاسمدة الكيماوية اظهرت طريقة استخالص الجراثيم بالغرلة الرطبة وجود ثلاثة أجناس *Sqcutollospora, Glomus clarum* في تربة نبات *Vitis vinifera*

الكلمات المفتاحية : الأسمدة الكيماوية، الكرمة *Vitis L vinifera* ، الجراثيم.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

A mon dieu Allah.

A Ma grand-mère ET Mon grand-père, que

Dieu ait pitié de lui

A mon raison de ma vie, symbole du sacrifice À

mon père

A ma mère ma fierté et mon courage.

A mon marie taoufik mon soutien de la vie et

mon fils yacine

Ama source de confiance et d'énergie

Mes frères et toutes ma famille bekkar et

surtout ma tante paternelle fatna

A tous mes collègues sans exception.

KAIMA



Dédicace

Je dédié ce travail à :

*Mes parents à qui m'ont soutenu tout au long de
cette épreuve et sans eux je ne serai ce que je suis
en ce moment.*

*Amon marie sofiane mon soutien de la vie et
mo fils yahya*

Ma chère sœur : SORIA

Mes frères : WALID ET MOHAMED AMINE

A tous mes amis

Tous mes collègues sans exception.

HALIMA

A decorative floral arrangement on the right side of the page. It features several large, vibrant pink flowers, including what appear to be peonies and orchids, with green leaves. The flowers are intertwined with elegant, gold-colored scrollwork and vine-like patterns that extend upwards and outwards, framing the text.



Dédicace

A mon dieu Allah.

*A mon raison de ma vie, symbole du sacrifice À
mon père*

A ma mère ma fierté et mon courage.

*A mon marie Youcef mon soutien de la vie et
ma fille Saja*

A ma source de confiance et d'énergie

Mes frères et Ma seour

Tous mes collègues sans exception.

CHIRAZ

Remerciements

Je remercie le bon Dieu de m'avoir donné assez de force et de courage pour mener à terme ce modeste travail.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à :

Mme **BENELHADJ DJELLOUL Saadia**, pour m'avoir encadré, mais aussi pour son aide, ses conseils, ses recommandations, sa grande disponibilité durant ce travail (même pendant ses vacances et week - ends). Merci d'avoir pris le temps de corriger et de finaliser ce travail.

Mme **Ghembaza Nacera** enseignante au Département de Biologie à l'université Belhadj Bouchaib -Ain t'émouchent. Nous sommes honorés qu'elle ait accepté de présider le jury, ainsi que son ouverture d'esprit et sa gentillesse.

Mme **Hiba Chibani**, enseignante au Département de Biologie à l'université Belhadj Bouchaib -Ain t'émouchent a acceptée d'examiner ce travail. Je la remercie beaucoup pour tous les efforts que vous nous consacrez.

Nous remercions également tous ceux qui ont financé le laboratoire Biologie de l'université Belhadj Bouchaib -Ain t'émouchent, Surtout l'ingénieur de laboratoire. Nous remercions chaleureusement nos chers parents et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à rendre cette journée possible

Sommaire

- **Résumé**
- **Dédicace**
- **Remerciement**
- **Liste des figures**
- **Liste des tableaux**
- **Liste des abréviations**

1	Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique		
I	Généralité sur les mycorhizes.....	3
01	Histoire évolutive des mycorhizes	3
02	Définition des mycorhizes.....	3
3.	Partenaires.....	4
3.1	Plantes - hôtes.....	4
3.2.	Champignons.....	4
4.	Structure des mycorhizes.....	5
4.1.	Les ectomycorhizes.....	6
4.2.	Les endomycorhizes.....	6
4.2.1	Les endomycorhizes à arbuscules.....	7
4.3.	Les actendomycorhizes.....	8
5.	Le cycle de vie des champignons mycorhiziens à arbuscules.....	8
6.	Rôle des champignons mycorhiziens à arbuscules.....	10
6.1.	Intérêts pour les champignons mycorhiziens à arbuscules.....	10
6.2	Intérêts pour la plante.....	11
6.2.1	Amélioration de la croissance et la nutrition des plantes (biofertilisant).....	11
6.2.2.	Protection contre les stress abiotiques et biotiques.....	11

6.2.3.	Une modification du métabolisme et de la physiologie de la plante	12
6.3.	Biostabilisation du sol.....	12
7.	Le potentiel infectieux mycorrhizogène du sol (PIM).....	13
II	Généralités sur l'espèce étudiée.....	13
1.	Historique.....	13
2.	Taxonomie.....	14
3.	Description botanique.....	15
3.1	Le Tronc.....	15
3.2	La feuille.....	15
3.3	La vrille.....	15
3.4	La fleur.....	16
3.5	Le fruit.....	17
4	Les principales variétés de vigne en Algérie.....	17

Chapitre II Matériel et Méthodes

I.	Objectif.....	21
II.	Présentation des régions d'études (Terga).....	21
1.	Situation géographiques.....	21
2.	Climat et température.....	22
III	Matériels et méthodes.....	23
1	Echantillonnage.....	23
1.1	Matériel végétale.....	23
1.2	Le sol.....	23
1.2.1	Etude physique chimique du sol.....	24
1.2.1.1	Analyses physiques.....	24

1.2.1.1.1	Analyse granulométrique.....	24
1.2.1.1.2	Mesure du pH.....	24
1.2.1.2	Analyse chimique	25
1.2.1.2.1	Mesure de la conductivité électrique.....	25
1.2.1.2.2	Dosage du calcaire total	25
2	Evaluation des paramètres de la mycorhization des racines récoltées de <i>Vitis vinifera</i>	26
2.1.	Lavage.....	26
2.2	La coloration des racines.....	26
2.3	Montage sur lame et l'observation.....	27
2.4	Estimation de taux de mycorhization.....	27
2.4.1	La fréquence de mycorhization (F).....	27
2.4.2	L'intensité de colonisation du cortex (M).....	27
2.4.3	La richesse arbusculaire de la partie mycorhizés (a%).....	27
2.4.4	La richesse arbusculaire du système racinaire (A%).....	28
3	Protocole du Potentiel Infectieux Mycorhizogène (PIM).....	29
3.1	Inoculation le grain de maïs.....	29
3.2.	Protocole de coloration.....	29
4.	Extraction des spores.....	29
5	Teneur en azote et en phosphore des parties aériennes.....	29
Chapitre III Résultat et discussions		
I.	Résultats	31
1.	Analyse physicochimique du sol.....	31
1.1.	L'analyse granulométrique.....	31

1.2.	La conductivité.....	31
1.3	Le pH.....	31
1.4	Le carbone.....	31
1.5	La matière organique.....	32
1.6	L'azote.....	32
1.7	Le phosphore assimilable.....	32
1.8	Calcaire totalCaCO ₃ % :.....	33
2	Potentiel infectieux mycorhizogène du sol (PIM).....	34
3	Mise en évidence de la colonisation racinaire MA de la vigne naturel et traité par des engrais chimiques de la région de Terga Ain Temouchent.....	36
3.1	Estimation de taux de mycorhization.....	36
3.1.1	Fréquence de la mycorhization (F%).....	36
3.1.2	Intensité de la colonisation du cortex racinaire (M%).....	37
3.1.3	Abondance des arbuscules dans le système racinaire (A%).....	37
3.2	Observation microscopique des formes et des structures mycorhiziennes des racines de la vigne naturel et traité par des engrais chimiques de la région de Terga Ain Temouchent	37
	Caractérisation morphologique des spores du sol sans engrais chimique de la vigne de Terga (Ain Temouchent).....	39
4	Teneur des parties aériennes en phosphore et en azote.....	43
II	DISCUSSION	44
	Conclusion	48
	Références bibliographique	49
	Annexes	62

Listes des figures

N ^o de figure	Titre de figure	N ^o de page
Figure 1	Représentation schématique des sections transversales des huit types des mycorhizes (Garbaye, 2013).	5
Figure 2	Symbiose ectomycorhizienne(Van der heijdenet al., (2015).	6
Figure 3	Coupe descriptive d'une racine endomycorhizée(Fortin. 2000).	7
Figure 4	Les structures de la symbiose mycorhizienne arbusculaire A : arbuscule V : vésicules H : hyphes (Leonie et al., 2017).	7
Figure 5	Différentes formes des ectendomycorhizes. a : Coupe transversale dans une ectendomycorhize de Pinus sp, observée au microscope fluorescent : le manteau, réseau de Hartigpeletons d'hyphes intramatricielle. b : morphotype d'une ectendomycorhize(Duponnoiset al, 2013).	8
Figure 6	Schéma des différentes étapes de colonisation des CMA (Bonfante et Genre.	9
Figure 7	Tronc de <i>Vitus vinifera</i> de la région de Terga.	15
Figure 8	Feuille de <i>Vitus vinifera</i> de la région de Terga	16
Figure 9	Vrille de <i>Vitus vinifera</i> de la région de Terga	16
Figure 10	Fleur de <i>Vitus vinifera</i> de la région de Terga.	17
Figure 11	Fruit de <i>Vitus vinifera</i> de la région de Terga.	17
Figure 12	Localisation de la région d'étude Terga(Google Map 2024).a : Localisation de Ain Temouchent, b : localisation de Terga	22
Figure 13	La température et précipitation moyenne en Ain Témouchent	22
Figure 14	Présentation de matériel végétal <i>Vitis vinifera</i> de la région de Terga.	23
Figure 15	Photos du sol de la vigne de Terga.	23

Figure 16	Les différentes étapes de la coloration des racines végétales selon la méthode de (Philippe et Hayman1970).	26
Figure 17	Répartition en classes de la colonisation du cortex racinaire par les CMA et la présence d'arbuscules (Trouvelotetal., 1986).	28
Figure 18	L'extraction des spores est réalisée selon la méthode du tamisage humide décrite par Gerdermannet Nicholson (1963)	30
Figure 19	Les plantules de maïs après 15 jours de croissance dans des sols aux différentes dilutions.	34
Figure 20	les structures endomycorhiziennes dans les racines de de maïs planté dans le sol de la region de Terga Ain Temouchent (a,b et c)sol sans engrais d avec engrais. a : arbuscule, h : hyphe, v : vésicule. Grx10 et Grx40.	35
Figure 21	Pourcentage d'infection racinaire de espèce étudiée de Terga Ain Temouchent.	36
Figure 22	Les structures endomycorhiziennes dans les racines traitées par les engrais chimique (a,b et c) et sans engrais chimique (d et e) de la vigne de la région de Terga Ain Temouchenta : arbuscule, h : hyphe, v : vésicule. Grx10 et Grx40	38
Figure 23	Structures des spores isolées du sol sans engrais chimique de la région de Terga Ain Temouchent	41
Figure 24	Structures des spores isolées du sol avec engrais chimique de la région de Terga Ain Temouchent	42

Liste des tableaux

Tableau 1	La classification botanique de la vigne Selon Crespy (1987),	14
Tableau2	Caractéristiques et aptitudes culturales des principaux cépages de table cultivés en Algérie (Benabderabou, 1971).	18
Tableau 3	Différentes quantités de sol non stérilisé et stérilisé utilisées lors des dilutions .	29
Tableau 4	Analyse physico-chimique de différents prélèvements des sols d'espèce végétale <i>Vitis vinifera</i> naturel et traité par des engrais chimiques e de la région de Terga Ain Temouchent.	33
Tableau 5	Détermination du PIM50 des sols prélevés sous nom d'espèce végétale avec et sans engrais chimique de la région de Terga (Y : régressions linéaires pour calculer le pourcentage de plantes mycorhizées en fonction du logarithme de la quantité de sol non stérilisé).	35
Tableau 6	Teneur en phosphore et en azote des feuilles de <i>Vitis vinifera</i> de la région de Terga.	43

Liste des abréviations

CMA : Champignonmycorhiziens à arbuscule

MA : Mycorhize arbusculaire

Myc : Mycorhize

Ech : Echantillon

KOH : Hydroxyde de potasse

MO : Matière organique

ppm : partie par million

P : Phosphore

N : Azote

% : Pourcentage

F % : Fréquence de la colonisation mycorhizienne

M % : Intensité de colonisation du cortex

A % : La richesse arbusculaire du système racinaire

a % : La richesse arbusculaire des fragments mycorhizes

V : Vésicule

A : Arbuscule

H : Hyphe

pH : Potentiel hydrogène

Introduction

Introduction

Les engrais inorganiques, également appelés engrais minéraux ou chimiques sont des produits qui proviennent essentiellement de sources non vivantes ou à travers des processus artificiels. La plupart des engrais commerciaux entre dans cette catégorie (**Kadir et Mahma, 2018**).

Chaque année, d'importantes quantités d'engrais et d'amendements minéraux ou organiques sont appliquées sur les sols afin d'accroître leur productivité. En revanche, la consommation continue à croître dans le Tiers-monde. Entre 1970 et 2000, l'usage des engrais a augmenté de 450% en Asie, de 200% en Amérique latine et de 100% en Afrique (**Ramade, 2005**).

Les conséquences de l'utilisation des engrais, qui peuvent comporter des risques et qui sont soumises à la critique telle que effets sur la qualité des sols, leur fertilité, leur structure, l'humus et l'activité biologique, effets sur l'érosion du sol, pollution des sols à cause de la présence des métaux lourds ou d'éléments radioactifs et effets indirects sur l'environnement, par la mécanisation pour l'agriculture intensive, et les épandages...ect (**Ayoub et al., 2012 ; Soualmia, 2014**).

Dans la nature, plus que 90 % des végétaux vivent de façons symbiotiques. Il s'agit d'une association durable entre deux ou plusieurs êtres vivants hétérospécifiques et dont chacun tire bénéfice. Au cours des dernières années, une multitude de travaux ont clairement démontré l'intérêt scientifique et pratique de ces symbioses pour l'ensemble des végétaux (**Fortin et al., 2008 ; Taktek , 2015**).

La relation symbiotique entre les microorganismes du sol et les racines de la majorité des plantes terrestres se traduit par un échange bidirectionnel de composés carbonés de la plante vers le symbiote et de composés minéraux des microorganismes vers la plante (**Dalpé, 2005**).

Plusieurs espèces végétales sont utilisées dans les systèmes culturaux comme engrais verts afin d'améliorer les propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol (**Fagaria et al., 2005**), d'augmenter l'efficacité d'utilisation de l'azote (**Thorup Kristensen et al., 2003**) et d'atténuer les émissions de gaz à effet de serre (**Robertson et al., 2000**). Ces engrais verts permettent aussi de réduire l'érosion des sols et de rompre le cycle des maladies, des insectes ravageurs et des plantes adventices (**Reeves, 1994**). Pour toutes ces raisons, l'utilisation des engrais verts dans les rotations peut contribuer à maintenir ou à augmenter les rendements des cultures tout en réduisant les apports en intrants externes (**Tonitto et al., 2006**).

La viticulture en Algérie est le plus souvent associée à l'agriculture coloniale et aux tentatives depuis 1962. Il occupait l'ensemble des terroirs au niveau national mais localisé surtout dans la zone ouest où les sols sont pauvres et la pluviométrie n'excède pas 450 mm par an (**Allouani, 2011**).

Le rendement varie selon les facteurs biotiques et abiotique, en aire écologique les plants sont exposées aux différentes interactions entre les micro-organismes tels que les mycorhizes et les endophytes, elles accomplissent leur vie à l'intérieur de la plante, qui jumellent des relations symbiotiques mutuels, contribuent à la protection et à la nutrition du végétale (**Meyer et al., 2008**).

L'objectif principal de cette étude vise à évaluer l'effet de l'association symbiotique mycorhizienne (CMA) sur les caractéristiques physicochimiques et microbiologique du sol et d'apprécier l'importance de la symbiose mycorhizien influence sur la croissance et le développement de *Vitis vinifera* de la région de Terga Ain Temouchent.

Le présent travail comprend trois parties :

Première partie : la synthèse bibliographique portant des généralités sur les Mycorhize, description botanique des vignes et leurs intérêts.

Deuxième partie : matériels et méthodes, présentation des régions d'étude et la méthodologie expérimentale utilisée.

Troisième partie : Les résultats obtenus, accompagnés par les discussions. Et nous avons terminé notre travaille par une conclusion.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I. Généralité sur les mycorhizes

1. Histoire évolutive des mycorhizes

En 1885, **Frank** introduisit ce terme après avoir observé au niveau des racines des arbres une structure anatomique et morphologique dans laquelle étaient impliqués des mycelia fongiques. Cette observation le conduisit à présager de la nature symbiotique de cette association. La confirmation de l'hypothèse de Frank fut faite lors d'expériences ultérieures. Celle de **(De Bary et Garnsey, 1887)** donna une définition plus approfondie et/ou il note l'incidence bénéfique de la co-existence du parasite et de son hôte dans une vie où apparemment les deux organismes s'entraident.

Aujourd'hui, le sens du terme symbiose a évolué pour n'englober que les relations bénéfiques augmentant les performances et la résistance de l'hôte à certaines conditions et circonstances environnementales. Toutefois, il apparaît que cette relation existait, il y a 400 millions d'années et a été observée sur de fines lames minces de Bryophytes fossilisées rappelant les mycorhizes vésiculaires et arbusculaires **(Heckman *et al.*, 2001 ; Brundrett, 2002)**.

Toutefois, ce n'est que depuis quelques décennies seulement que les botanistes et mycologues ont réalisés que la majorité des plantes terrestres vivent en symbiose avec des champignons du sol. **(Scotland *et al.*, 2003)** estiment qu'il y a entre 220 000 et 420 000 espèces de plantes terrestres **(Trappe, 1987, Wang et Qiu, 2006)**, signalent que 3617 de ces plantes soit 263 familles étudiées sont entre 80% et 92% mycorhizées. Ce pourcentage varie selon les groupes traditionnels du règne végétal à savoir de 85% à 94% chez les Angiospermes et toutes les Gymnospermes terrestres (84% des espèces chez les Gymnospermes).

Les études de **(Brundrett 2009 et Tedersoo *et al.*, 2010)** révèlent que plus de 10 000 espèces en majorité des Angiospermes a 86 % d'entre elles possèdent des mycorhizes. Un taux de 52% à 93% chez les Ptéridophytes (Fougères, Prêles) et de 46% à 71% des espèces de Bryophytes, ce qui représente 95% des plantes vasculaires **(Bennane 2016)**.

2. Définition des mycorhizes

Les mycorhizes (du grec myco = champignon et rhiza = racine) sont des « unions durables » résultant de l'association entre les racines des végétaux et certains champignons du sol, chaque union est basée sur des échanges réciproques **(Smith et Read, 2010)**. Les mycorhizes constituent des partenaires essentiels dans la relation sol – plante – microorganisme **(Garbaye, 2013)**. Les Basidiomycètes, Ascomycètes et Gloméromycètes sont les trois seuls

Groupes de champignons connus qui ont la possibilité de mettre en place des symbioses via leur association avec les racines des plantes pour former des mycorhizes (**Garbaye, 2013 ; Rivaton, 2016; Hamidache, 2020**).

Les associations mycorhiziennes entre les racines et les champignons sont fréquentes dans presque tous les écosystèmes naturels environ 90% des plantes terrestres sont en effet capables d'établir une symbiose pour échanger mutuellement des éléments nutritifs et nécessaires à leur bon développement. Les champignons fournissent des éléments minéraux à la plante tel que l'azote et le phosphore et elle reçoit des molécules carbonées issues de la photosynthèse (**Duhoux et Nicole, 2004 et Redon, 2009**).

3. Partenaires

3.1. Plantes - hôtes

Il a souvent été démontré que la plupart des plantes dans les écosystèmes terrestres ont des associations mycorhiziennes (**Brundrett, 1991 ; Touil, 2017**). Les mycorhizes à arbuscules (MA) sont le type le plus important dans la plupart des écosystèmes. Cependant, les plantes avec MA sont toujours importantes dans les habitats les plus extrêmes (**Harley et Harley 1987; Koske et al., 1992 ; Brundrett, 1999; Touil, 2017**). Beaucoup de gymnospermes et ptéridophytes ont aussi des associations MA (**Brundrett, 2009; Touil, 2017**).

3.2. Champignons

Les champignons formant des associations MA comprennent plus de 150 espèces appartenant aux ordres Glomerales, Diversisporales, Gigasporales, Archaeoporaes et Paraglomerales (**Oehl, 2011 ; Touil, 2017**). Les champignons mycorhiziens sont considérés vivre dans un habitat particulier durant des milliers d'années avec peu de modification génétique (**Trappe et Molina, 1986**). Le nombre relativement faible d'espèces existantes de champignon mycorhizien arbusculaire (CMA) et l'absence de reproduction sexuée dans ce groupe de champignon suggèrent que le potentiel de changement génétique au sein de ces espèces est limitée (**Temmerup, 1988; Morton, 1990**). Les hyphes et les spores des CMA sont multi nucléés et probablement aussi hétérocaryotes (**Sanders, 1996 ; Bever et Moton, 1999 ; Lanfranco, 1999**).

4. Structure des mycorhizes

Selon la nature de l'infection par les hyphes fongiques, l'organe formé présente des morphologies et de structures variables qui peuvent être classées en trois groupes principaux à savoir: les ectomycorhizes, les endomycorhizes et les ectendomycorhizes (**Bouchet, Guignard *et al.*, 2005**).

Les formes de mycorhizes les plus répandues dans la nature et majoritairement décrites dans le monde tropical sont les mycorhizes ectotrophes ou ectomycorhizes qui concernent environ 3 à 5% des plantes ligneuses essentiellement des essences forestières, et les mycorhizes endotrophes ou endomycorhizes à vésicules et à arbuscules (MVA) qui sont présents dans environ 95% des plantes (**Read 1991, Smith et Read, 2010**).

Plusieurs types de mycorhizes, les ectomycorhizes, les ect-endomycorhizes, les mycorhizes arbutoïdes, les mycorhizes monotropoïdes, les mycorhizes éricoïdes, les mycorhizes orchidoïdes, les mycorhizes sébacinoïdes et les endomycorhizes, sont classés par leurs caractéristiques morphologiques distinctes (**Wang et Qiu, 2006; Smith et Read, 2008 et Fortin *et al.*, 2015**)(Figure 1).

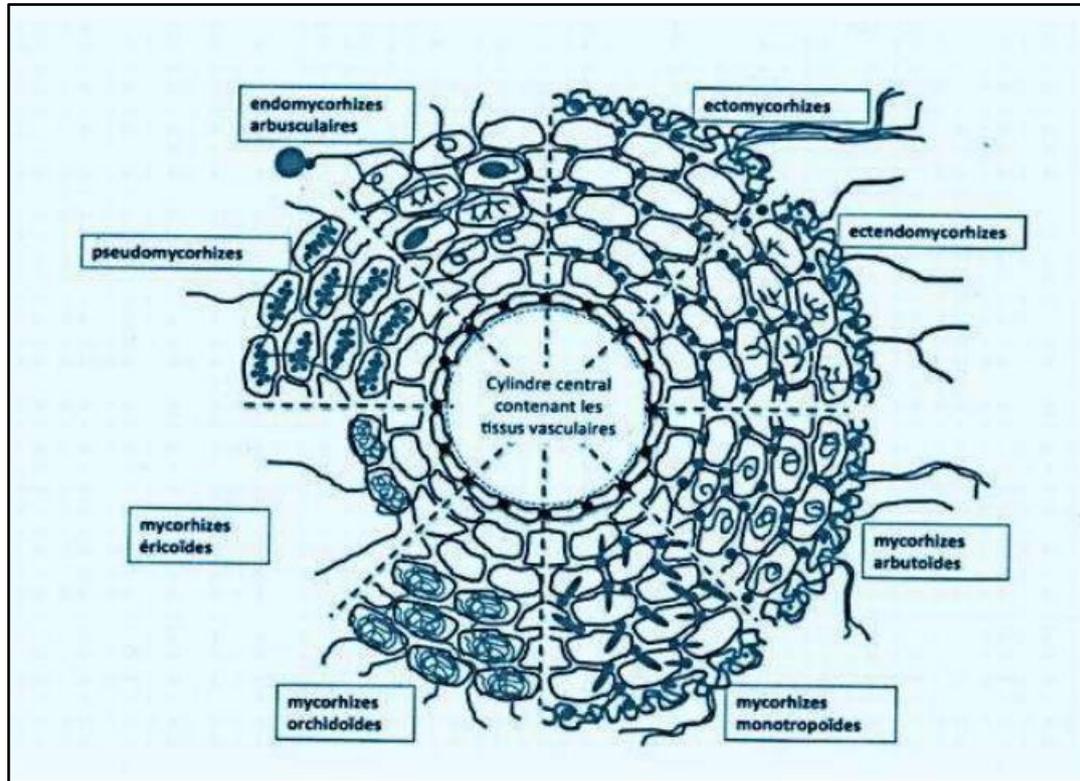


Figure 01: Représentation schématique des sections transversales des huit types de mycorhizes (**Garbaye, 2013**).

4.1. Les ectomycorhizes

Du grec *ektos* : à l'extérieur où les champignons se développent essentiellement autour de la racine, en formant un manchon mycélien (le manteau) à partir duquel se développent des hyphes qui s'insèrent entre les cellules corticales de la racine (réseau de Hartig) (Figure 2). (Duponnois *et al.*, 2013). Ce type d'association est principalement représenté chez les essences forestières des régions tempérées, méditerranéennes et boréales, mais il a été également décrit chez quelques espèces tropicales de la famille des Dipterocarpaceae, Euphorbiaceae, Cesalpiniaceae, Myrtaceae et Fagaceae). Les partenaires fongiques appartiennent aux Basidiomycètes (Boletus, Russula, Laccaria...), mais aussi aux Ascomycètes (Tuber, Elaphomyces...) (Duponnois *et al.*, 2013).

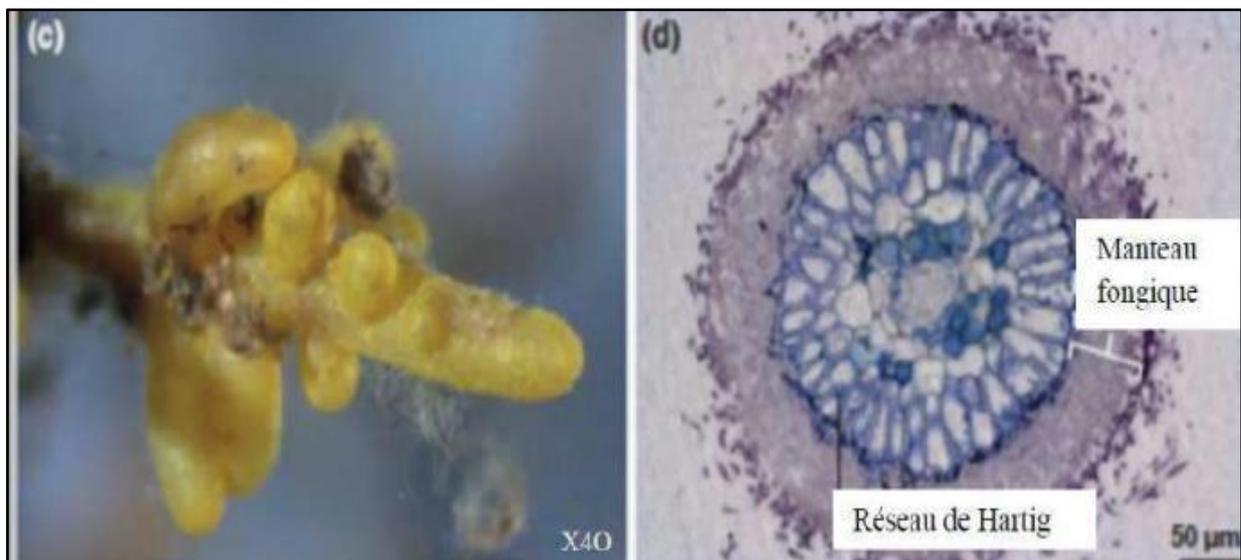


Figure 02: Symbiose ectomycorhizienne (Van der heijden *et al.*, 2015).

4.2. Les endomycorhizes

(du grec *endon* : à l'intérieur) sont caractérisées par l'absence de manchon mycélien externe et par la pénétration des hyphes fongiques dans les cellules corticales (Figure 03) (Duponnois *et al.*, 2013). Les endomycorhizes sont plus diversifiées que les ectomycorhizes et se retrouvent aussi bien dans les racines des espèces herbacées que dans les racines des arbres appartenant aux Angiospermes, Gymnospermes et Ptéridophytes, ainsi que les gamétophytes de quelques mousses, lycopodes et des Psilotales (Peterson *et al.*, 1981 ; Pocock et Duckett, 1984 ; Hamidache , 2020). Divers groupes fongiques sont impliqués dans la formation de ces associations. Les endomycorhizes sont classés en mycorhizes arbusculaires, mycorhizes

Ericoïdes, mycorhizes arbutoïdes, mycorhizes monotropoïdes et les mycorhizes d'orchidées (Peterson *et al.*, 2008 ; Hamidache, 2020).

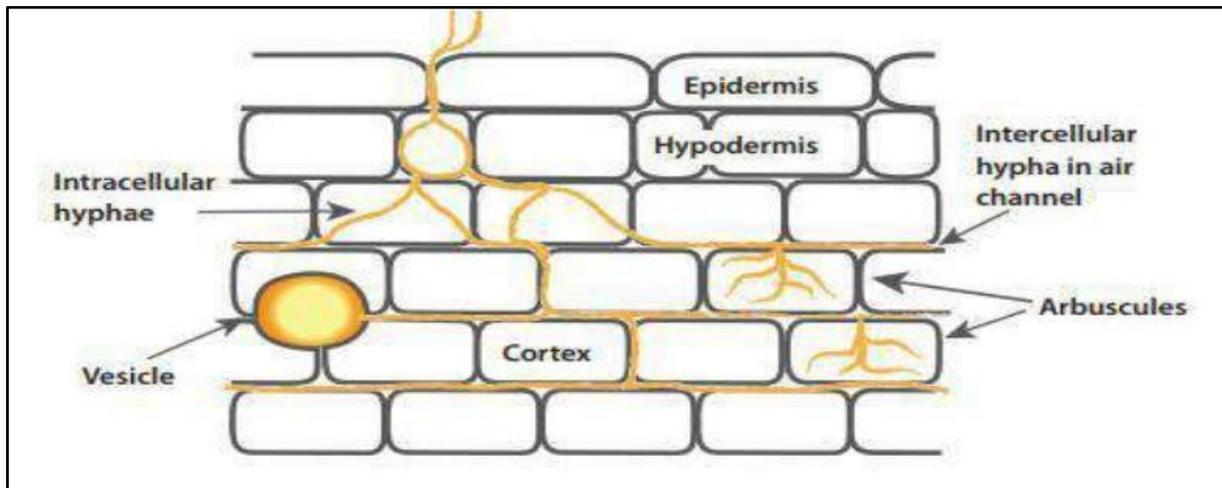


Figure 03: Coupe descriptive d'une racine endomycorhizée (Fortin, 2000).

4.2.1 Les endomycorhizes à arbuscules

Ce sont les plus répandues. Elles colonisent environ 80% des plantes vasculaires terrestres (Barea et Honrubia, 1993). Les endomycorhizes arbusculaires sont représentées par la division des Glomeromycota. Elles ont un potentiel d'adaptation et une large diversité génétique afin de leur permettre de s'adapter aux différentes conditions environnementales (Ivaoud, 2019). Ces associations doivent leur nom aux structures fongiques résultant des hyphes intracellulaires qui se ramifient intensément à l'intérieur des cellules du cortex racinaire pour former des structures appelées arbuscules. Ces hyphes peuvent former des vésicules (Figure 04) (Bonfante-Fasolo, 1984 ; Duponnois *et al.*, 2013).

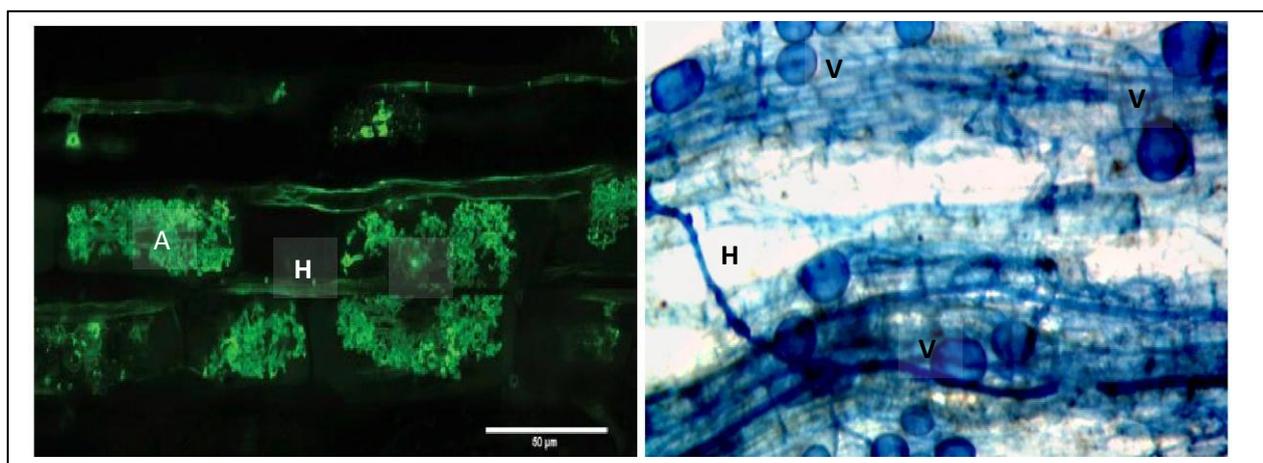


Figure 04: Les structures de la symbiose mycorhizienne arbusculaire A : arbuscule V : vésicules H : hyphes (Leonie *et al.*, 2017).

4.3. Les ectendomycorhizes

Caractérisées à la fois par la présence du manteau mycélien et le développement d'hyphes inter et intracellulaires (Figure 05). Elles se rencontrent chez les Arbutacées, les Monotropacées et sont formées par des Basidiomycètes (Cortinarius, Boletus...) (**Mikola, 1948 ; Duponnois *et al.*, 2013**).



Figure 05 : Différentes formes des ectendomycorhizes. a : Coupe transversale dans une ectendomycorhize de *Pinus sp*, observée au microscope fluorescent : le manteau, réseau de Hartig peletons d'hyphes intramatricielle. b : morphotype d'une ectendomycorhize (**Duponnois *et al.*, 2013**).

5. Le cycle de vie des champignons mycorhiziens à arbuscules

Chez les CMA, il n'y a pas de spécificité entre la plante-hôte et le partenaire fongique (**Mosse, 1981 ; Smith et Read, 2010**). Un champignon endomycorhizien peut s'associer à plusieurs plantes et une même plante peut être infectée par plusieurs espèces de CMA. Cependant il y a des différences spécifiques dans la réponse des plantes hôtes aux CMA et vice-versa (**Vander Heijden, 1998**). Un CMA s'installe grâce à une succession d'interactions entre le champignon et la plante-hôte, qui conduisent à une intégration morphologique et fonctionnelle des deux symbiotes (Figure 06) (**Gianinazzi-Pearson, 1996**).

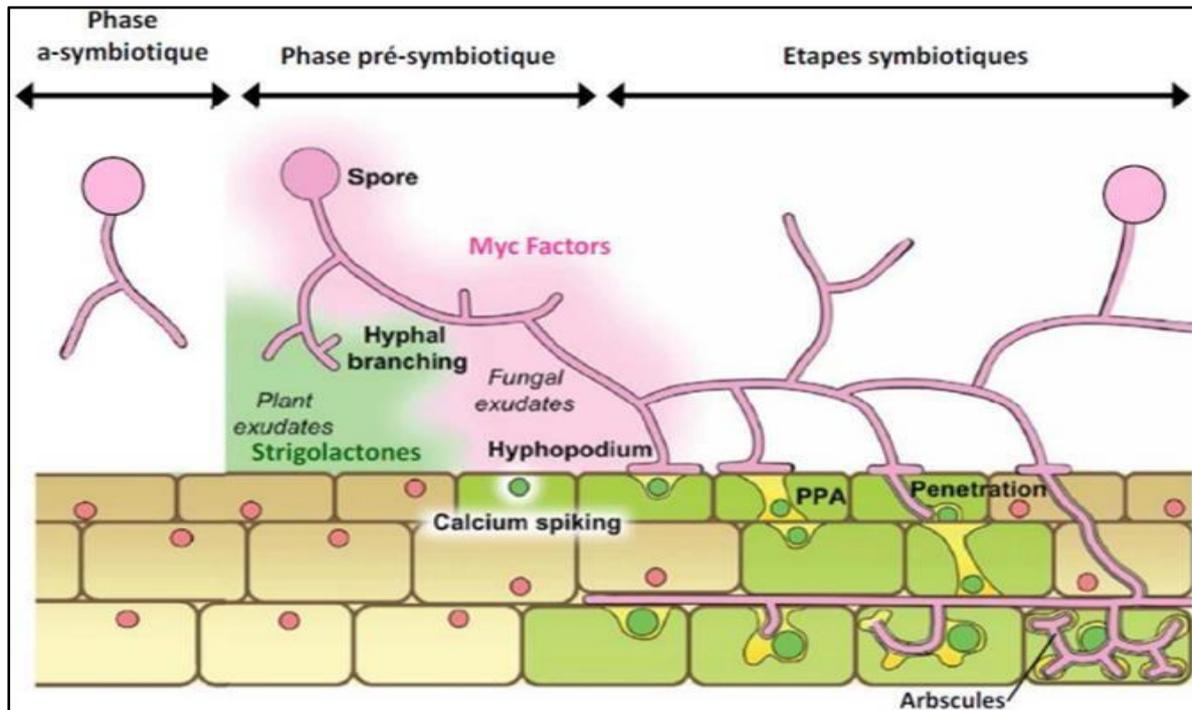


Figure06: Schéma des différentes étapes de colonisation des CMA (Bonfante et Genre, 2010).

- **La phase a-symbiotique**

Dans des conditions environnementales (physique, chimique et microbiologique) favorables, les spores rhizosphériques ou intra racinaires en dormance, peuvent germer spontanément en absence d'une plante hôte (Smith et Read, 1997 ; Smith et Read, 2010). Cependant, la croissance du tube germinatif du champignon en absence de la plante hôte est limitée dans le temps (1 à 3 semaines selon les espèces de CMA) et est caractérisée par une faible utilisation des réserves du champignon (Bécard et Piché, 1989).

- **La phase pré- symbiotique**

Pendant l'établissement de la symbiose, la plante accepte le champignon sans manifester des réactions généralisées de rejet (Dumas-Gaudot, 2000). Ceci est dû à l'établissement d'un "dialogue" moléculaire continu dans la rhizosphère dirigé par l'échange de signaux diffusibles produits par chacun des partenaires qui conduisent à une reconnaissance mutuelle et au développement de programmes génétiques de compatibilité avant tout contact physique (Vierheilig et Piché, 2002; Bonfante et Genre, 2010). Le champignon détecte la présence d'une racine hôte grâce à des molécules de strigolactones présentes dans les exsudats racinaires des plantes hôtes (Buée, 2000; Akiyama, 2005), qui activent l'activité métabolique

Et la ramification intense des hyphes du champignon pour former un "branching", qui oriente et augmente les probabilités de rencontre et de contact entre les deux partenaires (**Nagahashi et Douds, 2000**). Les champignons sécrètent eux aussi des signaux diffusibles induisant des variations de concentration en calcium dans le cytosol et le noyau, la régulation transcriptionnelle de gènes et la ramification des racines de l'hôte: les facteurs Myc (**Kosuta, 2003**). Ce processus de passage du champignon à une phase de développement pré-symbiotique, constitue une véritable "biotrophie sporale" qui est caractérisée par une ramification abondante du tube germinatif et une utilisation des réserves principalement lipidiques du champignon (**Bécard, 2004**).

- **La phase symbiotique**

L'hyphe ramifié qui résulte du tube germinatif entre en contact étroit avec une cellule rhizodermique de la plante hôte et il se différencie en hyphopodium ou appressorium (**Hepper, 1985**), qui est le point d'entrée du champignon dans la racine et son futur point de pénétration (**Genre, 2005**). Dans cette cellule située sous l'hyphopode, l'appressorium différencie ensuite un hyphe d'infection et un appareil de pré-pénétration PPA (PrePenetrationApparatus) est mis en place sous l'influence de la pression hydrostatique élevée et d'une production localisée d'hydrolases qui vont dégrader la paroi de la plante suivie d'une invagination de la membrane plasmique végétale permettant la formation d'un pont apoplasmique transcellulaire à l'intérieur du PPA à travers lequel se fait la progression de l'hyphe d'infection (**Duhoux et Nicole, 2004; Genre, 2005**).

6. Rôle des champignons mycorhiziens à arbuscules

L'association mycorhizienne est l'association la plus importante dans notre planète (**Mohammadi, 2011 ; Lalitha et al., 2017**).

6.1. Intérêts pour les champignons mycorhiziens à arbuscules

De nombreux auteurs rapportent que les mycorhizes stimulent la croissance des végétaux ce qui serait dû à une meilleure alimentation hydrique et minérale. En effet, les plantes mycorhizées sont plus riches en éléments minéraux que celles qui ne le sont pas. Pour un développement égal, il faut apporter plus d'engrais aux plantes non mycorhizées qu'à celles qui sont mycorhizées. Cette efficacité est attribuée à une augmentation de la surface absorbante. Une meilleure nutrition phosphatée et meilleure accessibilité aux oligo-éléments (cuivre, zinc, fer) est constatée lorsque la concentration dans la solution du sol est faible et le

coefficient de diffusion dans le sol est très faible pour la plante (Zoulim, 2017). L'importance agronomique des champignons MA repose en partie sur leur capacité à pourvoir la plante en éléments nutritifs qui diffusent très lentement dans le sol et dont les zones d'épuisement se développent aux environs immédiats de la racine (Sieverding Friedrichsen *et al.*, 1991; Marschner 1995).

La disponibilité du phosphore dans le sol étant un des principaux facteurs limitant la croissance de nombreux auteurs considèrent les réponses de croissance dues à la mycorhization comme étant une conséquence directe ou indirecte de l'amélioration de la nutrition phosphatée. Marschner (1995) rapporte qu'en général, le taux d'absorption du P par unité de longueur du mycorhize (racine colonisée) est 2 à 3 fois plus élevé que dans les racines non colonisées. Cette amélioration s'explique partiellement par l'exploration d'un grand volume de sol par les hyphes externes (Zoulim, 2017). La plante apporte également au champignon de petites quantités d'acides aminés et de vitamines (B1) (Desfemmes, 2024).

6.2. Intérêts pour la plante

6.2.1. Amélioration de la croissance et la nutrition des plantes (biofertilisant)

L'effet majeur des champignons mycorhiziens dans les écosystèmes non perturbés est l'amélioration de la croissance des plantes mycorhizées par rapport aux plantes non mycorhizées (Plenchette, Fortin *et al.*, 1983). L'accroissement de la biomasse végétale est lié à l'apport de nutriments limitant par le champignon. En effet, en explorant un plus vaste volume de sol que les racines, le mycélium des champignons MA permet de suppléer la nutrition de la plante en éléments limitants, en particulier le phosphore (Fortin *et al.*, 1983; Desfemmes, 2024). Les mycorhizes favorisent l'absorption par la plante des éléments minéraux du sol les moins mobiles (P, N, S, K, Cu, Zn), dans les mêmes conditions de culture, on constate que les plantes mycorhizées ont un meilleur développement. Avec différentes souches de champignons, on a différents résultats d'où la notion de biodiversité fonctionnelle (Wipf, 2014).

6.2.2. Protection contre les stress abiotiques et biotiques

Les mycorhizes améliorent la résistance des plants aux stress abiotiques (métaux lourds, pesticides, ...) et biotiques (pathogènes) (Wipf, 2014). Les plantes mycorhiziennes ont été capables de produire mieux que les plantes non mycorhiziennes dans diverses situations de stress. De nombreux champignons mycorhiziens possèdent des caractéristiques individuelles

spécifiques en ce qui concerne la tolérance aux températures extrêmes du sol, au pH, à l'humidité, à la faible fertilité, à la salinité, aux substances toxiques, etc., qui peuvent fournir à la plante hôte un avantage concurrentiel écologique facilitant l'augmentation de la survie, de la croissance, de la nutrition et/ou du rendement des plantes dans des conditions de stress (Wipf,2014). En outre, grâce à l'exploitation d'un plus grand volume de sol, à une croissance prolongée des racines et à une plus grande surface d'absorption, les plantes mycorhiziennes présentent une meilleure croissance que les plantes non mycorhiziennes, en particulier dans les régions arides et semi-arides où une faible humidité et une température élevée sont très critiques pour la survie et la croissance des plantes. Les champignons mycorhiziens sont également impliqués dans la détoxification des sols riches en métaux toxiques. Les mécanismes de tolérance aux métaux lourds sont également connus pour être présents dans les champignons mycorhiziens. On sait que les champignons endomycorhiziens ont un impact plus important que les champignons ectomycorhiziens sur la production de cultures horticoles et la végétalisations de sites indésirables, en raison de leur gamme d'hôtes plus large (Hamrit et Derri, 2020).

6.2.3. Une modification du métabolisme et de la physiologie de la plante

Les mycorhizes modifient l'équilibre hormonal de la plante, on constate l'effet du mycorhize sur des rosiers placés dans la même chambre de culture (Wipf, 2014 ; Desfemmes, 2024).

6.3. Biostabilisation du sol

Les hyphes des CMA étant présents en quantité importante dans les sols, ils peuvent atteindre 111 m.cm^3 de sol (Miller, Reinhardt *et al.*, 1995). Ils possèdent la propriété d'agir sur la macro agrégation des constituants du sol et donc sur sa stabilité (Tisdall, 1991). En effet, ces hyphes excrètent une glycoprotéine, la glomaline, permettant l'agglomération des micro agrégats d'un diamètre inférieur à $250 \mu\text{m}$ pour former des macro agrégats stables supérieur à $250 \mu\text{m}$ (Tisdall, 1994; Wright et Upadhyaya, 1998).La concentration de la glomaline dans les sols dépend de la plante hôte et du champignon associé (Wipf ,2014; Driai, 2016). La stabilité du sol ainsi produite permet de lutter contre l'érosion, la perte de nutriments et de la matière organique par lixiviation, qui sont à l'origine d'une baisse de productivité en agriculture(Hamrit et Derri 2020; Desfemmes, 2024).

7. Le potentiel infectieux mycorhizogène du sol (PIM)

Les champignons mycorhiziens sont naturellement présents dans les agro-écosystèmes. Cependant, leur population est sujet à des fluctuations sous l'action des facteurs édaphiques et culturels. Le PIM d'un sol caractérise non seulement la population de champignons mycorhiziens présents dans le sol sous forme de spores, de mycélium et de fragments de mycorhizes, mais aussi le fait que cette population est apte à former des mycorhizes sous des conditions du sol en question. Il varie surtout en fonction des pratiques culturales telles que la désinfection (agent fumigeant, vapeur, solarisation), l'application d'engrais et de pesticides, la rotation des cultures ou la jachère. Les plantes à forte dépendance mycorhizienne favorisent le développement des champignons ce qui à une incidence directe sur l'augmentation du potentiel infectieux mycorhizogène du sol (**Duponnois *et al.*, 2013; Zoulim, 2017**).

II. Généralités sur l'espèce étudiée

1. Historique

L'histoire de la vigne accompagne l'histoire de l'humanité depuis des millénaires. Il semble être originaire des régions chaudes du bassin méditerranéen (**Dubois et Deshaies, 1997**). Les fossiles les plus anciens de la famille des Vitacées datent de la fin du Crétacé (il y a environ 100 millions d'années). Le Caucase est à l'origine du raisin, et l'influence climatique de la mer Caspienne favorise la préservation d'un cépage remarquable qui a donné naissance aux vignes que nous connaissons aujourd'hui (**Villa, 2005**). Les premières vignes d'Algérie sont attribuées aux Phéniciens.

Selon (**Aouf, 1972**), durant la période coloniale, la viticulture s'est fortement développée et est devenue l'une des grandes richesses du pays. Jusqu'à l'indépendance en 1962, l'Algérie était considérée comme faisant partie du territoire français et sa production viticole était soumise aux mêmes réglementations que sur le continent. La France importait alors jusqu'à 14 millions de litres de vin produit sur le sol algérien. En 1962, l'Algérie se retrouve avec près de 350 000 hectares de vignes et un potentiel de production viticole de 14 millions de litres. En revanche, les vignes de raisin de table sont rabougries, avec une superficie de 4 000 ou 5 000 hectares et un rendement en raisin d'environ 200 000 quintaux.

2. Taxonomie

La vigne est une plante ligneuse vivace ramifiée qui peut persister pendant des décennies dans des conditions normales de croissance (**Galet, 1993**). Elle appartient à la classe des plantes dicotylédones (Ampelidaceae) (**Mario, 1996**), famille des Vitacées de l'ordre Rhamnales, elle-même divisée en neuf genres, dont *Vitis*. Cette dernière est divisée en deux sous-genres : *Muscadinia* et *Euvitis* (vraie vigne) (**Huglin, 1986**).

La quasi-totalité des vignes cultivées fait partie du sous genre *Euvitis* qui se divisent en trois groupes : euroasiatique (ne comprend qu'une seule espèce (*Vitis vinifera*), asiatique et américain (**Reynier, 2007**). Selon **Galet (2000)**, la famille des vitacées était appelée autre fois Ampélidées ou Ampélidacées et elle compte plus d'un millier d'espèces. Les vitacées sont des phanérogames, elles appartiennent aux angiospermes de la classe des dicotylédones (Tableau 01).

La vigne cultivée proprement dite, *Vitis vinifera* L. comprend des milliers de cépages, à l'intérieur desquels il n'a guère été possible de procéder à des classifications plus poussées (**Galet, 2000**). Cette espèce appartient à la vigne euro-asiatique.

La vigne américaine, elle rassemble une vingtaine d'espèces et elle est utilisée comme porte-greffe ou croisée avec *Vitis vinifera* pour produire des hybrides (**Reynier, 2007**).

Tableau 01 : La classification botanique de *Vitis vinifera* L selon **Crespy (1987)**

Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Archichlamydées
Ordre	Rhamnales
Famille	Vitacées
Genre	<i>Vitis</i>
Espèce	<i>Vitis vinifera</i> L.

3. Description botanique

3.1. Le tronc

Le tronc d'une vigne n'est pas le tronc droit d'un arbre fruitier ou d'un arbre forestier, mais il peut se plier et se tordre pour servir de support sur lequel il grimpe même en rampant sur le sol. Il se ramifie en plusieurs rameaux ou rameaux que les tiges de l'année appellent rameaux tant qu'ils subsistent et la vigne bourgeonnera après durcissement (Galet, 2000). En plus de son rôle de support, il sert à transporter la résine produite à travers les vaisseaux du bois et phloème, il sert aussi de réservoir pour les substances stockées qui s'accumulent dans les cellules du bois et de l'arbre ou les rayons de la moelle (Galet, 2000) (Figure 07).



Figure 07: Tronc de *Vitis vinifera* de la région de Terga.

3.2. La feuille

La feuille de la vigne sont caduques, attaché aux rameaux par des pétioles, sa forme est plus courante est ronde ou orbiculaire, mais elle peut aussi être cordiforme, réniforme, cunéiforme. Chaque feuille est constituée de deux parties : le pétiole et le limbe (Ribereau- Gayon et Peynaud, 1980). Ou s'insère cinq nervures principales qui se ramifient en nervures secondaires. Les feuilles portent généralement des poils surtout sur leur face inférieure. La partie supérieure est utilisée pour se protéger de la chaleur et du froid, la partie inférieure est celle qui favorise la transpiration et les échanges gazeux réalisés par la photosynthèse (Figure 08).



Figure 08 : Feuille de *Vitis vinifera* de la région de Terga

3.3. La vrille

Les vrilles sont des organes qui permettent aux branches de se fixer sur divers supports. Ils sont disposés sur des nœuds, du côté opposé au point où se trouvent les feuilles de la branche. Le tendon est composé de trois parties : La partie basale, la branche principale et la branche accessoire. Les vrilles, à l'origine sont herbacées, deviennent ligneuses à l'automne (Figure 09) (Galet, 1993).



Figure 09 : Vrille de *Vitis vinifera* de la région de Terga

3.4. La fleur

La fleur est centripète, est pentamère : elle se compose de cinq sépales avortés, cinq pétales soudés (corolle ou capuchon), cinq étamines et un ovaire qui comporte deux carpelles renferment chacun deux ovules (Figure 10) (Reyner, 2007 ; Carbonneau *et al.*, 2007)



Figure 10: Fleur de *Vitis vinifera* de la région de Terga.

3.5. Le fruit

Le fruit est une baie charnue, constituée d'un péricarpe et des pépins, de l'extérieur vers l'intérieur se compose d'un : - exocarpe : (pellicule), comprend la cuticule, des cellules de l'épiderme et des cellules de l'hypoderme. - mésocarpe : (la pulpe), comprend l'endocarpe délimitant les loges capillaires qui contiennent les pépins (**Figure 11**).



Figure 11 : Fruit de *Vitis vinifera* de la région de Terga.

4. Les principales variétés de vigne en Algérie

Il existe des centaines de variétés de raisins ou cépages, parmi lesquels on distingue les cépages de cuve, blanc ou rouge et les cépages de table et d'autres destinés au séchage. La vigne cultivée pour la production de raisin de table doit produire des fruits de qualité destinés à la consommation en frais.

Le raisin de table doit présenter un certain nombre de qualités commerciales (flatter l'œil et le palais, conserver ces qualités au cours des opérations d'emballage et de transport). L'époque

De maturité joue un rôle économique et permet de classer les cépages suivant l'échelle commerciale en (Tableau 02) (Benabderabou, 1971).

- ✓ Raisin précoce.....Mi-juin/début juillet.
- ✓ Raisin de saison..... Fin juillet/début novembre.
- ✓ Raisin tardif..... mai à fin décembre.

Tableau 02 : Caractéristiques et aptitudes culturales des principaux cépages de table cultivés en Algérie (Benabderabou, 1971).

Cépage	Couleur	Maturité	Aptitudes culturales	Mode de conduit	Porte-greffe	Zone de culture
Chasselas	Jaune ambré	Mai-juin début juillet	-Sols maigres de coteaux -Sols riches, sensibles au mildiou, oïdium, sirocco et vents chargés de sable et embruns bonne transportabilité	Goblet Taille longue	B 41	Zones littorales Hivers doux et étés tempérés
Cardinal	rose	1 ^{ère} semaine de juillet	-Terres riches sensibles au mildiou, oïdium et gelées d'hiver	Taille longue	P 1103 B 41	Zones chaudes et bien exposées au soleil Zones littorales
Alphonse Lavallée « Gros Noir »	Noire	Fin de juillet début aout	-Terrain frais et fertile, sensible à oïdium, mildiou, bonne transportabilité	Taille longue	SO4 R 110 R 99	Plaines sub-littorales vallées intérieures
Italia	Blanche doré	Zones littorales Fin juillet début septembre Zone de montagne mi-octobre mi-Novembre	-Sols riches et frais sensible au mildiou et oïdium à la pourriture grise et aux gelées d'hiver	Taille longue	R99 R110 P 1103	Plaines littorales et Zone de montagne
Muscat d'Alexandrie	Jaune vert	mi-août mi-septembre	-Redoute le sirocco préfère la proximité de la mer	Goblet et Taille longue	SO4 B 41	Zones littorales

Sultanine	Jaune doré	Début août	-Terre riches et irriguées, sensible au mildiou facile à sécher	Taille longue	SO4	Zones à étés chaudes et secs
Kings Ruby	Rouge	Début août	-Terre productive sur terrain profond et riche et irrigué	Taille longue	SO4	Zones à étés chaudes et secs
Ahmer bou Amar	Rose ou rouge vif	mi-septembre à mi-novembre	-Sols riches, a besoin de nuits froides pour colores ses grains	Taille longue	B41 P1103	Zone de montagnes
Valensi	Jaune doré	mi-septembre à fin décembre	-Se conserve bien sur souche, Résiste au transport	Taille longue	R110 P1103 B41	Zone de montagnes et plaines sèches

Chapitre II

Matériel et Méthodes

I. Objectif

Les objectifs de ce travail est d'étudier l'effet des engrais chimiques sur les caractéristiques physiques chimiques et microbiologiques des sols de la vigne et d'apprécier l'importance de la symbiose mycorhizienne sur le développement de cette espèce végétale étudiée *Vitis vinifera* de la région Terga (Ain temouchent)

II. Présentation des régions d'études (Terga)

1. Situation géographiques

Dans la partie centrale du littoral de la wilaya d'Ain Temouchent, à environ 90 km d'Oran vers l'ouest, se situe la zone côtière de Terga à l'embouchure de l'oued Mallah. Le site est caractérisé par l'étalement d'une crique sur 600 m du sud sud-ouest au nord nord-ouest, limitée par deux promontoires, l'un au nord s'élevant à 10 m environ et l'autre au sud s'élevant à plus de 30 m. Entre les deux, s'étire une vaste plage sablonneuse occupée en grande partie par des bungalows balnéaires datant pour la plupart de l'époque coloniale. Au-delà de l'arrière plage à l'est du chemin de Wilaya n°20, s'élève rapidement une grande masse sablonneuse à 70 m occupant 55 h (Figure 12).

A l'arrière de la dune, à cinquante mètres d'altitude, se trouve un plateau qui domine la mer. Ce plateau n'est pas parfaitement plat, il est caractérisé par des rides allongées ouest-est, plus ou moins occupées par une couverture végétale naturelle, tandis que les fonds sont cultivés (arboriculture, vigne ou labours) (Ghodbani, 2008).



Figure12 : Localisation de la région d'étude Terga (Google Map 2024).a : Localisation de Ain Temouchent, b : localisation de Terga.

2 .Climat et température

Aïn Temouchent possède un climat tempéré. Sur l'année ; la température moyenne à Ain Témouchent est de 19.1 C° et les précipitations sont en moyenne de 316.2mm.

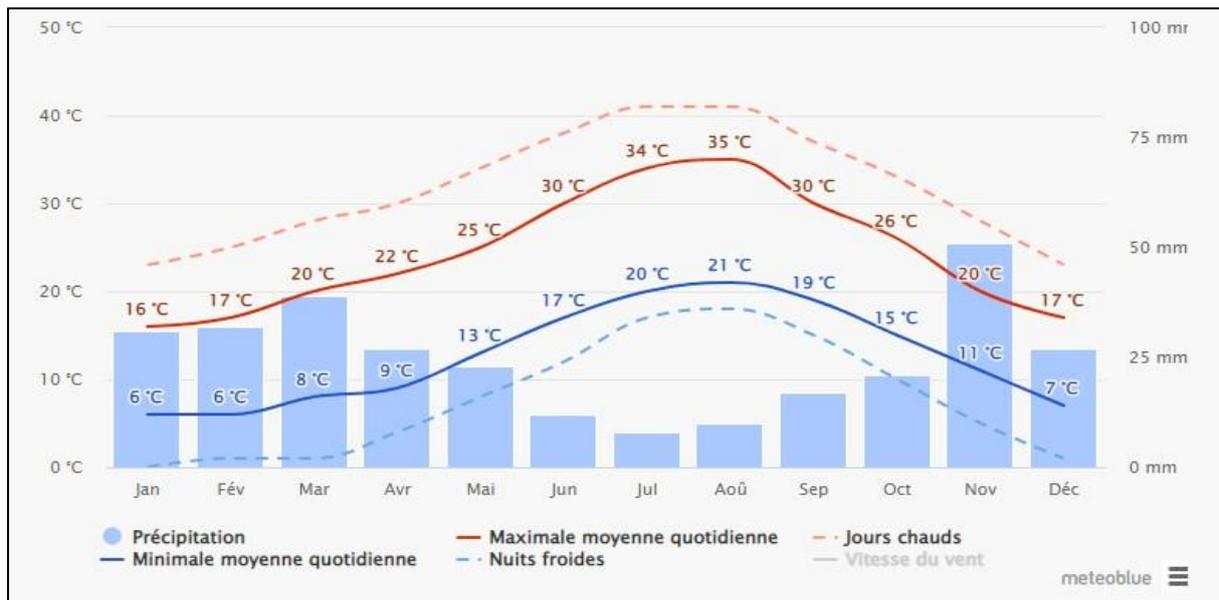


Figure13 : La température et précipitation moyenne en Ain Témouchent.

III. Matériels et méthodes

1. Echantillonnage

1.1. Matériel végétale

Les prélèvements des échantillons végétaux ont été effectués en février 2024 dans la région d'Ain Temouchent (Terga).

- ❖ Trois échantillons des racines de *Vitis vinifera*, (Figure14) pour chaque traitement naturel et traité par des engrais chimiques ont été prélevés d'environ 20 centimètres de profondeur sachant qu'entre 20 et 30 cm on peut trouver les racines les plus fines susceptibles d'être mycorhizes à l'aide une hache pour évaluer les paramètres de la mycorhization des racines des deux variétés.
- ❖ Trois échantillons des feuilles de *Vitis vinifera* ont été prélevés pour chaque traitement naturel et traité par des engrais chimiques.



Figure14: Présentation de matériel végétal *Vitis vinifera* de la région de Terga.

1.2. Le sol

Trois échantillons de sol ont été prélevés autour de la vigne naturelle et traité par des engrais chimiques pour les analyses physicochimiques et le PIM (Potentiel Infectieux Mycorhizogène) (Figure15).



Figure15: Présentation des échantillons des sols de la région de Terga.

1.2.1. Etude physique chimique du sol

Avant de procéder aux analyses physiques et chimiques, les échantillons de sol ont été séchés à l'air libre, puis tamisés avec un tamis à mailles de 2 mm de diamètre, homogénéisés et conservés dans un endroit sec.

Les analyses physicochimiques sont effectuées au laboratoire de pédologie (Université d'Oran). Les analyses chimiques (le phosphore, l'azote) sont effectuées par des appareils automates et les autres analyses par des méthodes développées au laboratoire de AFAK CONTROL (laboratoire d'analyses de la qualité Oran)

1.2.1.1. Analyses physiques

1.2.1.1.1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique du sol a pour but de définir la texture d'un sol, selon la méthode de (**Rouiller *et al.*, 1994**). Elle consiste à classer les éléments du sol d'après leur grosseur et à déterminer le pourcentage de chaque fraction (sable, limon, argile). Elle permet d'expliquer les propriétés physiques de ce sol, son comportement vis à vis de l'eau, de l'air et des racines et d'évaluer sa stabilité structurale c'est-à-dire la solidité de l'état de la structure du sol et sa résistance aux agents de dégradation. Pour cette analyse, de la terre fine est obtenue par tamisage au tamis à mailles de 2 mm de diamètre. La matière organique est éliminée par un oxydant (H_2O_2), la durée d'exposition dépend de la teneur en matière organique (24h à 48h). Les particules minérales sont ensuite dispersées à l'aide d'un dispersant alcalin (hexamétaphosphate de sodium).

Les particules grossières de diamètre supérieur à 50 mm sont séparées par tamisage, les particules moyennes et fines sont obtenues par la mesure de la vitesse de sédimentation. La texture du sol est déterminée d'après le triangle des textures (Annexe 01).

1.2.1.1.2. Mesure du pH

À 20 g de terre fine (séchée à l'air) sont ajoutés 50ml d'eau distillée (pour mesurer le pH eau). Le contenu est agité pendant quelques minutes, puis laissé à reposer 2h. Le pH est ensuite mesuré à l'aide d'un pH-mètre après une brève agitation (**Callot et Dupuis, 1980**). Le classement de sol par rapport à son pH est fait selon les normes internationales (Annexe 02).

1.2.1.2. Analyse chimique

1.2.1.2.1. Mesure de la conductivité électrique

Le principe consiste à déterminer la conductivité électrique (CE) de l'eau pour déterminer la salinité de l'extrait du sol selon la méthode décrite par **Aubert (1978)**. Elle est effectuée en mélangeant du sol avec l'eau distillée 1 : 4 (V : V).

Après une agitation de quelques minutes la solution est chauffée à une température T (25 °C), une première lecture au conductimètre est réalisée à cette température (CT), puis chauffée à une température T' (35 °C) et une deuxième lecture est réalisée (CT').

Le coefficient de température β est calculé comme suite :

Le conductimètre est réglé à la valeur β et la mesure de la CE est effectuée ; cette dernière s'exprime en milli Siemens (mS). Le degré de la salinité du sol est évalué en se référant aux normes internationales.

1.2.1.2.2. Dosage du calcaire total

Le calcaire n'est pas un constituant toujours présent dans le sol. Par contre pratiquement tous les sols contiennent du calcium si peu soit-il, cet élément se trouve en particulier fixé sur l'argile sous forme d'ion calcique ou en solution sous forme de sels solubles de calcium.

Le calcaire ou carbonate de calcium, CaCO_3 , est un sel insoluble. Mais l'eau chargée de gaz carbonique peut le dissoudre lentement le transformant en un sel soluble, le bicarbonate de calcium. C'est ainsi que peu à peu le calcaire disparaît d'un sol donné. Mais la solution du sol, et l'argile gardent très longtemps du calcium provenant de la dissolution du calcaire.

On utilise la propriété du carbonate de calcium qui se décompose sous l'action d'un acide (HCl) en eau et gaz carbonique, ce dernier est recueilli dans un tube gradué en ml (**Callot et Dupuis, 1980**).

2. Evaluation des paramètres de la mycorhization des racines récoltées de *Vitis vinifera*

2.1. Lavage : les racines échantillonnées sont soigneusement rincées à grande eau de robinier afin d'éliminer les particules de sol. Les racines fines peuvent être coupées en morceaux de 2 à 3 cm de longueur (afin de faciliter leur manipulation ultérieure).

2.2. La coloration des racines

Les mycorhizes sont systématiquement éclaircis et colorées avant toute observation microscopique. La technique d'éclaircissement et de coloration de (Philippe et Hayman1970) est utilisée (Figure 16):

- Lavage des racines à l'eau de robinet,
- Les racines sont traitées au bain Marie avec du KOH à 10%, pendant 45 min à 90 °C, pour vider le contenu cellulaire.
- Elles sont ensuite placées dans l'acide lactique pendant 10 min à température ambiante, afin d'éliminer le KOH.
- Coloration au bleu de trypan à 0,01% à 90 °C pendant 20 min et traitement au glycérol, qui enlève l'excès de colorant.



Figure 16: les différentes étapes de la coloration des racines végétales selon la méthode de (Philippe et Hayman1970).

2.3. Montage sur lame et l'observation

Montage entre lame et lamelle d'un fragment dans une goutte de glycérol pour une observation microscopique des structures mycorhiziennes. L'observation est effectuée au microscope optique (10X et 40X).

2.4. Estimation de taux de mycorhization

2.4.1. La fréquence de mycorhization (F)

$F\% = (\text{nombre de fragments mycorhizes} / \text{nombre total de fragments observés}) \times 100$

$$F = n/N \times 100$$

2.4.2. L'intensité de colonisation du cortex (M)

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

Ce paramètre traduit le mieux le degré de mycorhization (Figure 17).

$$M\% = [(95 \times n_5) + (70 \times n_4) + (30 \times n_3) + (5 \times n_2) + (5 \times n_1)] / N$$

n_5 = nombre de fragments mycorhizes notés 5.

n_4 = nombre de fragments notés 4.

n_3 = nombre de fragments notés 3

n_2 = nombre de fragments notés 2.

n_1 = nombre de fragments notés 1.

2.4.3. La richesse arbusculaire de la partie mycorhizés (a%)

$$a\% = (100m_{A3} + 50m_{A2} + 10m_{A1}) / 100$$

m_{A3} , m_{A2} , m_{A1} sont les % de m respectivement affectés des notes A3, A2, A1. Avec $m_{A3} = ((95n_5A_3 + 70n_4A_3 + 30n_3A_3 + 5n_2A_3 + n_1A_3) / \text{nombre de fragments mycorhizes}) \times 100 / m$, de même pour A2 et A1 (Figure 17).

2.4.4. La richesse arbusculaire du système racinaire (A%)

Abondance d'arbuscules dans le système racinaire

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

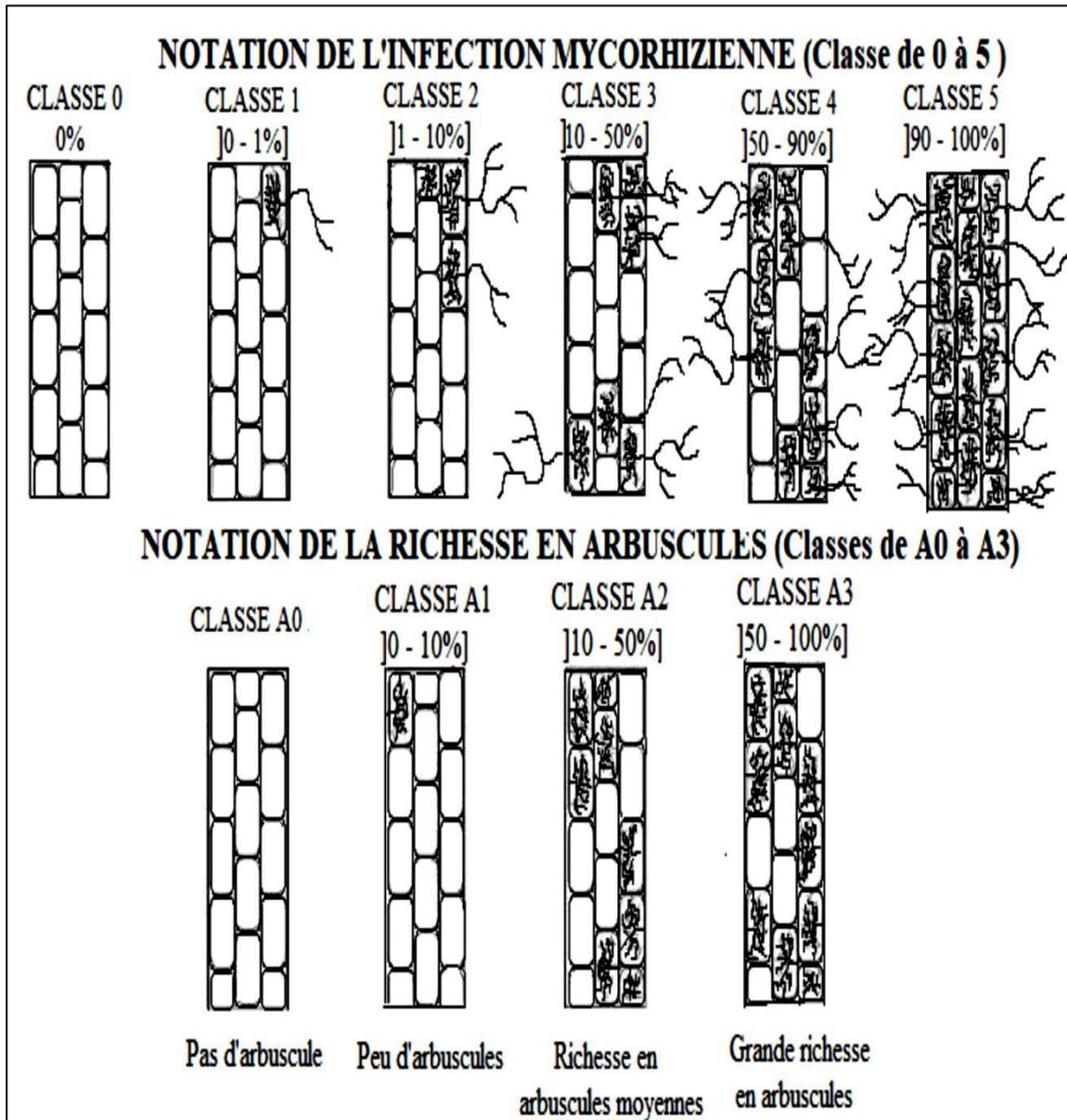


Figure 17 : Répartition en classes de la colonisation du cortex racinaire par les CMA et la présence d'arbuscules (Trouvelot *et al.*, 1986).

3. Protocole du Potentiel Infectieux Mycorhizogène (PIM)

Le Potentiel Infectieux Mycorhizogène ou PIM d'un sol représente sa capacité à initier la formation d'associations mycorhiziennes à partir d'une quantité d'inoculum présent dans ce sol sous forme de spores, de mycélium et de débris de racines portant des vésicules. (Plenchett 1989).

3.1. Inoculation le grain de maïs

Dix graines de maïs plante fortement mycotrophe ont été semées dans des pots de 150ml de capacité et contenant 100g de sols aux différentes dilutions. L'arrosage est effectué quotidiennement à l'eau distillée stérile (120°C, 20 min) (Plenchette, 1989).

Tableau 03: Différentes quantités de sol non stérilisé et stérilisé utilisées lors des dilutions.

Dilutions de sol	1	2	3	4	5	6
Quantité de sol non stérilisé de Terga (g)	3	6	12	24	28	100
Quantité de sol stérilisé (g)	97	94	88	76	52	00

3.2. Protocole de coloration

Après 15 jours de culture, le système racinaire entier de chaque plante a été prélevé pour la détermination du PIM selon la méthode de (Philippe et Hayman 1970).

Montage entre lame et lamelle d'un fragment dans une goutte de glycérol pour une observation microscopique des structures mycorhiziennes.

4. Extraction des spores

L'extraction des spores est réalisée selon la méthode du tamisage humide décrite par Gerdermann et Nicholson (1963) (Figure 18):

- Mélanger 100g de sol de l'échantillon avec de l'eau de robinet dans un erlenmeyer de 1000ml.
- Agiter ce mélange pendant 1 minute puis laisser décanter pendant 30 secondes.
- Filtrer le surnageant sur un jeu de tamis superposés à mailles de tailles décroissantes (500µm, 200µm, 50µm).
- Récupérer les contenus du tamis de 50µm dans l'eau distillée et placer dans des

tubes de centrifugation.

- Injecter une solution de saccharose à 60% à l'aide d'une seringue au fond du tube (solution de saccharose représente environ 1/3 du volume total à centrifuger).
- Centrifuger à 1400trs /min pendant 3 min.
- Récupérer le surnageant contenant des spores à l'aide d'une seringue et les rincer abondamment à l'eau distillée dans un tamis de 50 μ m.
- Les spores sont observées à la loupe binoculaire et comptées afin de connaître les différents groupes de chaque échantillon, en fonction de la couleur, la forme et la taille.
- Quelques spores sont montées entre lame et lamelle pour une observation microscopique.

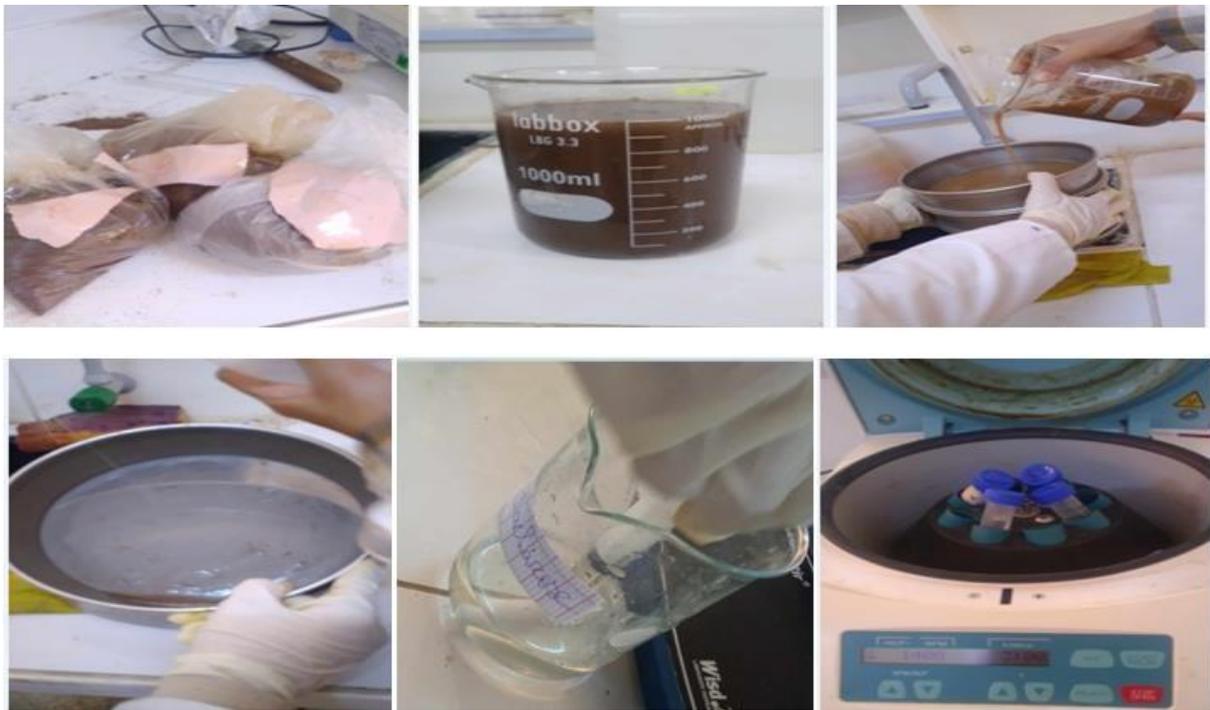


Figure18 : Protocole d'extraction des spores à partir des sols de Terga Ain Temouchent.

5. Teneur en azote et en phosphore des parties aériennes

Les feuilles des parties aériennes de *Vitis vinifera* sont séchées à 60 °C pendant 3 jours puis broyées en poudre pour l'analyse minérale de l'azote total et du phosphore réalisée au laboratoire de AFAK CONTROL (laboratoire d'analyses de la qualité Oran) par des appareils automatés.

Chapitre III

Résultat et discussions

I. Résultats

1. Analyse physicochimique du sol

Les résultats des caractéristiques physico-chimiques des différents prélèvements de sols d'espèce *Vitis vinifera* naturel et traité avec des engrais chimiques sont présentés dans le tableau 4.

1.1. L'analyse granulométrique

L'analyse granulométrique des sols étudiés de la région de Terga Ain Temouchent (Tableau 04) et leur extrapolation sur le triangle des textures du sol (Annexe 01) montre qu'il s'agit des sols qui présentent une texture sableuse avec 84% et 90% pour le sol sans engrais chimique et sol avec engrais chimique respectivement. L'argile et limon présentent 08% pour le sol sans engrais chimique et le sol avec les engrais chimique présente 06% d'argile et 04% limon.

1.2. La conductivité

La conductivité d'un sol ou un sédiment est une mesure de la quantité d'ions présents et qui pourraient se dissoudre en présence d'eau. Selon les résultats présentés dans le tableau 04, la valeur de la conductivité est moins élevée dans la rhizosphère d'espèces d'étude (0.12 à 0.54 mS/cm).

1.3. Le pH

Le pH (potentiel Hydrogène) exprime l'acidité ou de la basicité d'un sol, est un indicateur d'ambiance qui a une influence directe sur la vie microbienne et les formes chimiques des éléments nutritifs.

Si l'on se réfère à l'échelle proposée par (Soltner, 1981), les deux sols prélevés sous l'espèce végétale *Vitis vinifera* naturelle, traité par des engrais chimique) de la région de Terga présentent des pH alcalins avec des valeurs varient entre 8.33 à 8.84 (tableau 04).

1.4. Le carbone

La détermination du carbone organique total nous permet d'évaluer la quantité de matière organique présente dans des échantillons de sols et de sédiments. La matière organique

amplifie grandement la capacité d'échange cationique du sol et retient les nutriments assimilables par les plantes.

Le taux du carbone du sol sans engrais chimique est plus élevé comparé au sol traité par les engrais chimique avec des valeurs qui varient entre (3.82%) et (2.79%) respectivement (tableau 04).

1.5. La matière organique

La matière organique du sol est composée d'organisation vivante de résidus de végétaux et d'animaux et de produits en décomposition. Elle ne représente, en général, que quelques pourcents (0.5 à 10%) de la masse du sol. La matière organique joue un rôle physique dans le sol pour la cohésion, la structure, la porosité, la rétention ou le stockage de l'eau, etc....

Les résultats des sols rhizosphériques étudiés de espèce végétale *Vitis vinifera* *Vicia* nature let traité par des engrais chimiques de la région de Terga montrent que les taux de la matière organique sont respectivement de $3.97\pm$ et $1.55\pm\%$ (Tableau 04). Ceci montre une variation large de la matière organique. Le sol avec engrais est un sol pauvre en matière organique, et celui du sol sans engrais est à teneur élevée en matière organique.

1.6. L'azote

L'azote est un facteur essentiel de la production végétale. Il occupe une place centrale dans tous les processus biologiques, et joue un rôle déterminant au niveau du rendement.

Les quantités d'azote des sols d'espèce étude *Vitis vinifera*, naturel et traité par des engrais chimiques sont 0.032 % et 0.07% respectivement (Tableau 04). Ce qui montre que les teneurs en azote des deux sols sont très faibles.

1.7. Le phosphore assimilable

Le phosphore est un constituant fondamental de la vie des plantes et des animaux. Le phosphore a un rôle dans une série de fonctions du métabolisme de la plante et il est l'un des éléments nutritifs essentiels nécessaires pour la croissance et le développement des végétaux.

Les résultats de l'étude des sols montrent des valeurs faible de phosphore assimilable, du sol naturel et traité par des engrais chimiques avec <0 (Tableau 04).

1.8. Calcaire total $\text{CaCO}_3\%$:

Le calcaire total représente un fragment de dimension quelconque des parties de la roche mère, il présente une source de calcium, sulfate et nitrate. Il favorise la stabilité de la structure et la perméabilité du sol (Baise, 1988 ; Mathieu et Pieltain, 2003). Le tableau 04 montre qu'il y a une variation entre les échantillons du sol où nous enregistrons des valeurs de calcaire de 13.14% pour sol sans engrais et 17.26% pour sol avec engrais.

Tableau 04 : Analyse physico-chimique de différents prélèvements des sols d'espèce végétale *Vitis vinifera* naturel et traité par des engrais chimiques e de la région de Terga Ain Temouchent.

Sol		Sol sans engrais chimique (naturel)	Sol avec engrais chimique
Granulométrie %	Sable	84±0	90±0
	Argile	08±0	06±0
	Limon	08±0	04±0
Conductivité(mS / cm)		0.11±0.03	0.11±0.01
PH		8.33±0.4	8.84±0.09
Matière organique %		3.97±0.2	1.55±0.03
Carbone total %		3.82±0.11	2.79±0.09
Azote total %		0.032±0.004	0.07±0.007
Phosphore assimilable ppm		<0.01	<0.01
CaCO ₃ %		13.14±1.2	17.26±0.97

2. Potentiel infectieux mycorhizogène du sol (PIM)

Le PIM d'un sol caractérise non seulement la population de champignons mycorhiziens présents dans le sol sous forme de spores, de mycélium et de fragments racinaires mycorhizés, mais aussi le fait que cette population est apte à former des mycorhizes dans les conditions de sol pauvre. Après deux semaines de culture du maïs (Figure 19), l'observation microscopique des racines après la coloration de **Phillips et Hayman (1970)** montre la présence des différentes structures fongiques (hyphes, vésicules et arbuscules) (Figure 19).

Le PIM50 du sol naturel de la région de Terga Ain Temouchent de *Vitis vinifera* est calculé puis comparé aux PIM 50 du sol traité par les engrais chimiques. Le PIM50 des sols naturels sans engrais chimiques est de 13.5 (Tableau 5 Cette valeur indique la quantité de sol non désinfecté nécessaire pour mycorhizer 50% de plantes. le PIM50 du sol rhizosphérique de *Vitis vinifera* traité par des engrais chimique est de 4.25 (Tableau 05).

L'établissement de la colonisation racinaire dans le cas de *Vitis vinifera* traite par les engrais chimiques nécessite trois fois plus d'inoculum comparé au sol non traité.

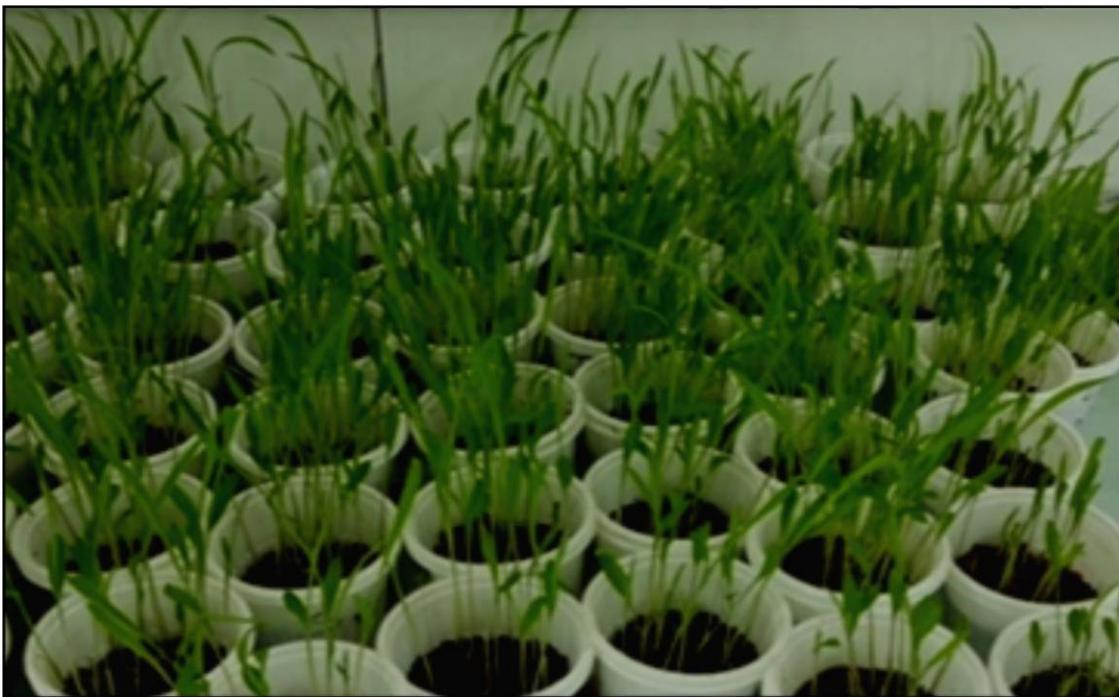


Figure 19 : Les plantules de maïs après 15 jours de croissance dans des sols aux différentes dilutions.

Tableau 5: Détermination du PIM50 des sols prélevés sous nom d'espèce végétale avec et sans engrais chimique de la région de Terga (Y : régressions linéaires pour calculer le pourcentage de plantes mycorhizées en fonction du logarithme de la quantité de sol non stérilisé).

Sol	$y=Ax+B$	R^2	PIM50
<i>Sol avec les engrais chimique (naturel)</i>	$y=-12,85x+70$	0,863	4,25
<i>Sol sans engrais chimique</i>	$y=-15,94x+129,2$	0,874	13,50

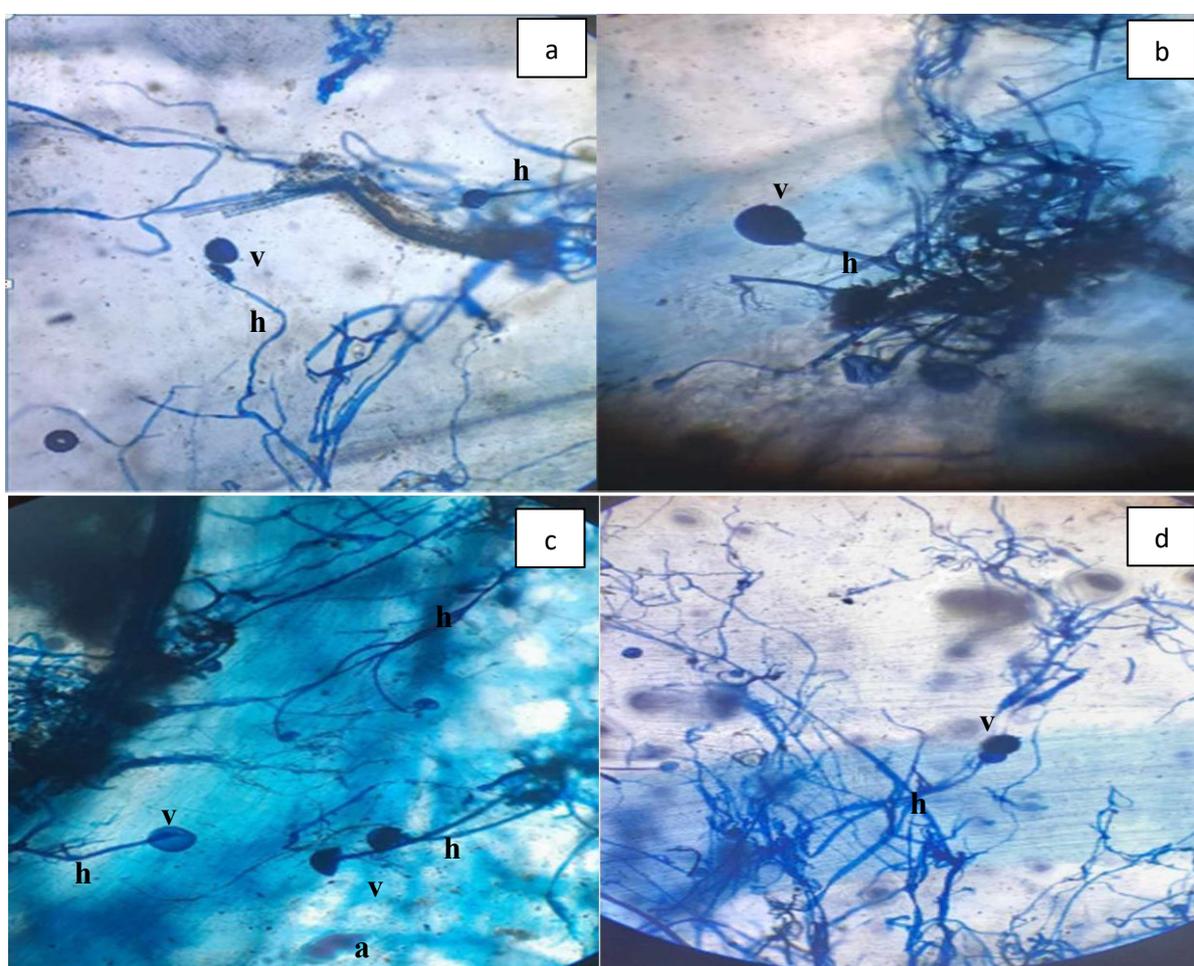


Figure20: les structures endomycorhiziennes dans les racines de de maïs planté dans le sol de la region de Terga Ain Temouchent (a,b et c)sol sans engrais d avec engrais. a : arbuscule, h : hyphe, v : vésicule. Grx10 et Grx40.

3. Mise en évidence de la colonisation racinaire MA de la vigne naturel et traité par des engrais chimiques de la région de Terga Ain Temouchent.

3.1. Estimation de taux de mycorhization

L'examen microscopique des racines de la vigne Prélevés au niveau de la région de Terga, traité selon la méthode de (Phillips et Hayman1970) .et colorées au bleu de trypan révèle la présence de différentes structures champignons mycorhiziens CMA (hyphes, vésicules et arbuscules) (Figure 21).

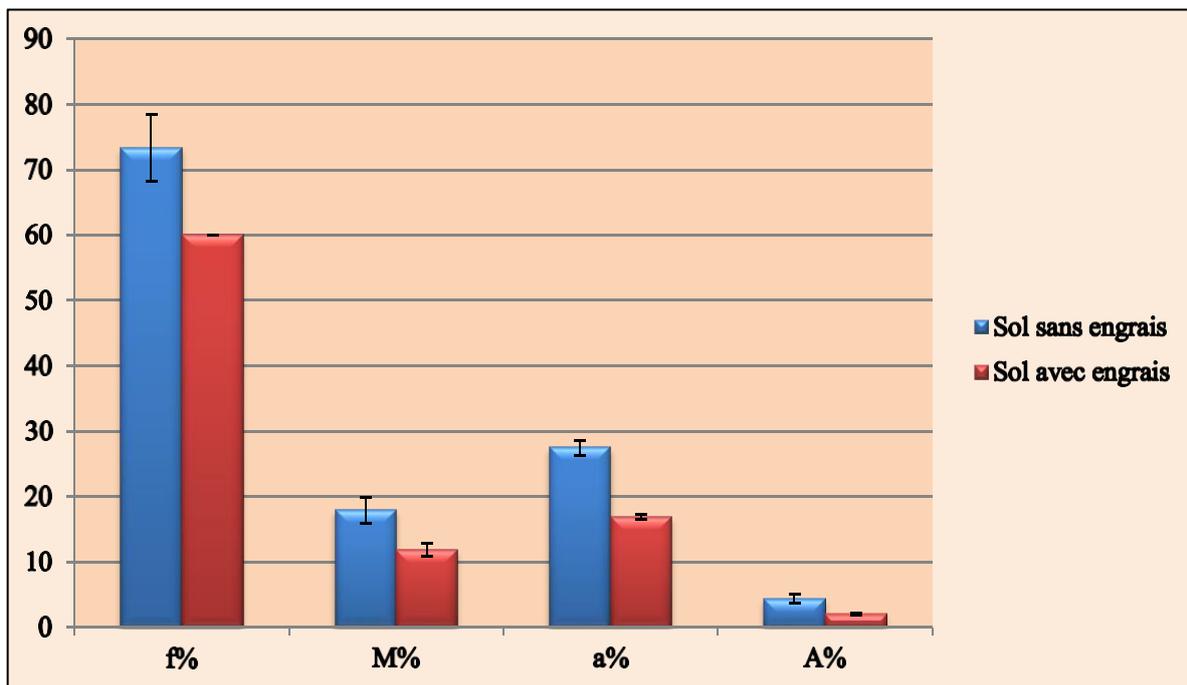


Figure 21 : Pourcentage d'infection racinaire d'espèce étudiée de Terga Ain Temouchent.

F%: Fréquence de mycorhization. M%: Intensité de colonisation dans le système racinaire. a%: La richesse arbusculaire des fragments mycorhizés. A% : La richesse arbusculaire du système racinaire.

3.1.1. Fréquence de la mycorhization (F%)

La figure 21 présente de pourcentages de fréquence de colonisation est de 73,33% pour sol sans engrais et de 60 % pour sol avec engrais. Ces valeurs sont très importantes surtout pour le sol sans engrais.

3.1.2. Intensité de la colonisation du cortex racinaire (M%)

L'analyse de la figure 21 révèle que le cortex du système racinaire du sol avec engrais est faiblement colonisé par les CMA avec une valeur de 11,05 % comparé au sol sans engrais qui représente 17,92 %.

3.1.3. Abondance des arbuscules dans le système racinaire (A%)

Des structures arbusculaires sont aussi présentes, surtout dans le sol sans engrais chimique. L'abondance des arbuscules reflète des taux faibles, que ce soit dans le système racinaire (A%) ou dans les parties mycorhizées des fragments de la racine (a%).

Les valeurs sont enregistrées pour le sol sans engrais sont (A% = 4,38%, a% = 27,46 %), et pour sol avec engrais sont (A% = 1,99 %) et (a% = 16,66 %).

3.2. Observation microscopique des formes et des structures mycorhiziennes des racines de la vigne naturel et traité par des engrais chimiques de la région de Terga Ain Temouchent.

Selon la méthode de (Phillips et Hayman 1970), l'observation microscopique des fragments de racines de la vigne naturel et traité par des engrais chimique coloré au bleu de trypan révèle la présence de différentes structures champignons mycorhiziens (CMA) (hyphes, vésicules et arbuscules) (Figures 22).

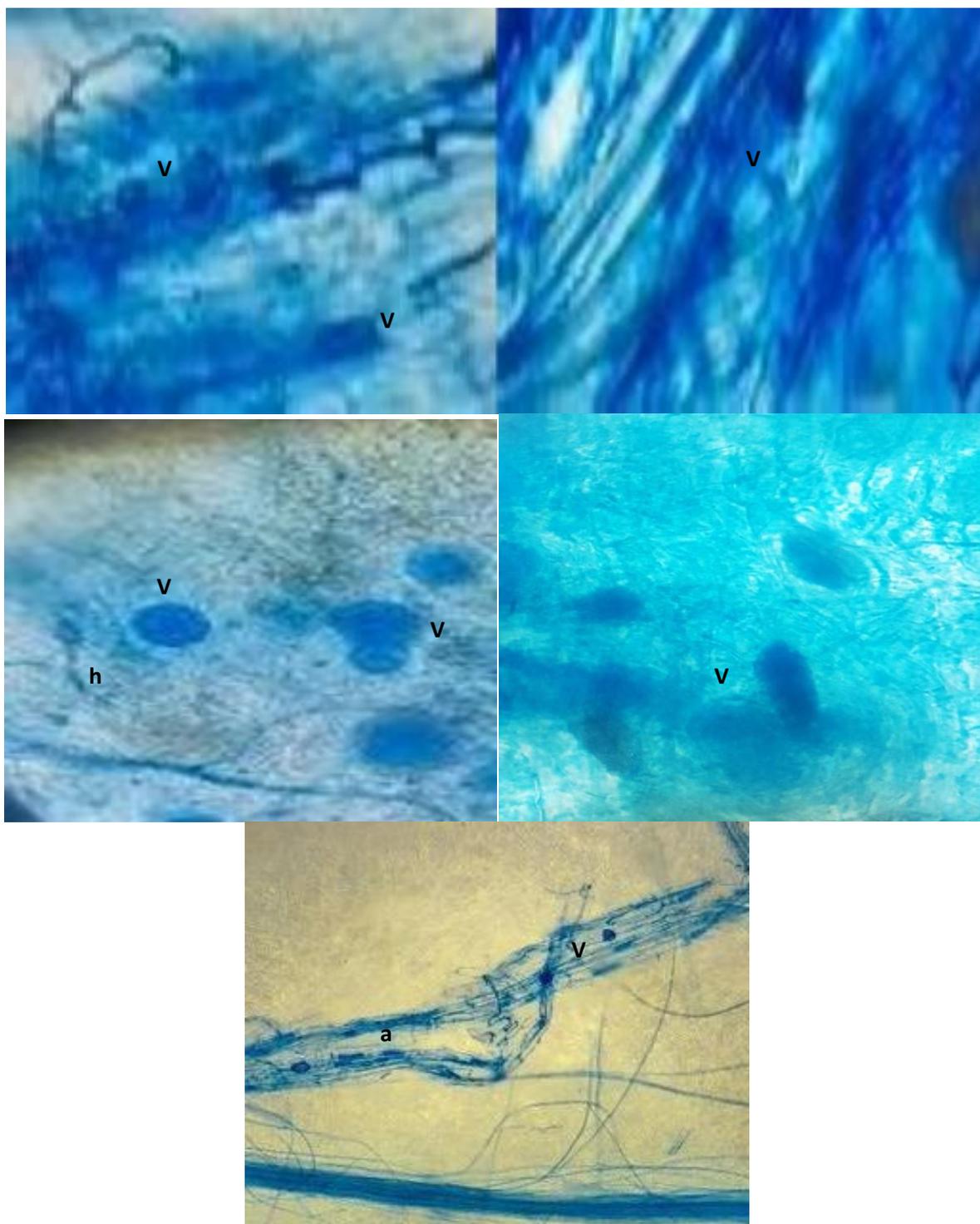


Figure 22: les structures endomycorhiziennes dans les racines traitées par les engrais chimique (a, b et c) et sans engrais chimique (d et e) de la vigne de la région de Terga Ain Temouchent a : arbuscule, h : hyphe, v : vésicule. Grx10 et Grx40

4. Caractérisation morphologique des spores du sol sans engrais chimique de la vigne de Terga (Ain Temouchent)

L'observation des spores sous microscope optique avec grossissement de Grx10 et Grx40 a permis de distinguer quelques morphotypes correspondant à la rhizosphère de la vigne de Ain Temouchent de la région de Terga. Les morphotypes sont différenciés selon la couleur, la taille, les couches de la paroi et l'hyphe d'attachement.

➤ Morphotype (a et b)

Les spores de cette espèce sont de forme globuleuse et de couleur jaune brun, leur paroi est composée de deux couches. Ils sont caractérisés par la présence d'un seul hyphe d'attachement. Selon la base de données INVAM, cette espèce appartient au genre : *Glomus sp4*.

➤ Morphotype (c)

La spore est de forme globuleuse à subglobuleuse et de couleur rouge brun, entourée par une seule paroi fine. Ils sont caractérisés par la présence d'un seul hyphe d'attachement. Selon la base de données INVAM, cette espèce appartient au genre : *Sqcutollosporasp4*.

➤ Morphotype (d et j)

Les spores sont de forme globuleuse à subglobuleuse à subglobuleuse et de couleur marron foncé à presque noir, entourée par une seule paroi. Ils sont caractérisés par l'absence d'hyphe d'attachement. Selon la base de données INVAM, cette espèce appartient au genre : *Sqcutollospora sp3*.

➤ Morphotype (e)

Les spores de cette espèce sont de forme globuleuse et de couleur marron foncé, entourée par une seule paroi fine. Ils sont caractérisés par l'absence d'hyphe d'attachement. Selon la base de données INVAM, cette espèce appartient au genre : *Sqcutollospora sp1*.

➤ Morphotype (f)

Les spores de cette espèce sont de forme globuleuse et de couleur brun orangé, leurs parois sont composées de deux couches, la couche interne est fine et l'externe est épaisse. Ils sont

caractérisé par la présence d'hyphe d'attachement. Selon la base de données INVAM, cette espèce appartient au genre : *Glomus sp17*.

➤ **Morphotype (g)**

Les spores de cette espèce sont de forme ovale et de couleur jaune brunâtre, leurs parois sont composées de deux couches. ils sont caractérisé par la présence d'hyphe d'attachement. Selon la base de données INVAM, cette espèce appartient au genre : *Glomus sp1*.

➤ **Morphotype (h)**

Les spores de cette espèce sont de forme globuleuse et de couleur marron foncé, entourés par un seule paroi. ils sont caractérisé par la présence d'hyphe d'attachement. Selon la base de données INVAM, cette espèce appartient au genre : *Scutellospora sp1*

➤ **Morphotype (i et k)**

Les spores de cette espèce sont de forme ovale et de couleur jaunâtre, entourés par une seule paroi fine. ils sont caractérisé par l'absence d'hyphe d'attachement. Selon la base de données INVAM, cette espèce appartient au genre : *Glomus clarum*.

➤ **Morphotype (l)**

Les spores de cette espèce sont de forme ovale et de couleur transparente, entourés par un seule paroi épaisse. ils sont caractérisé par l'absence d'hyphe d'attachement. Selon la base de données INVAM, cette espèce appartient au genre : *Gigaspora sp2*.

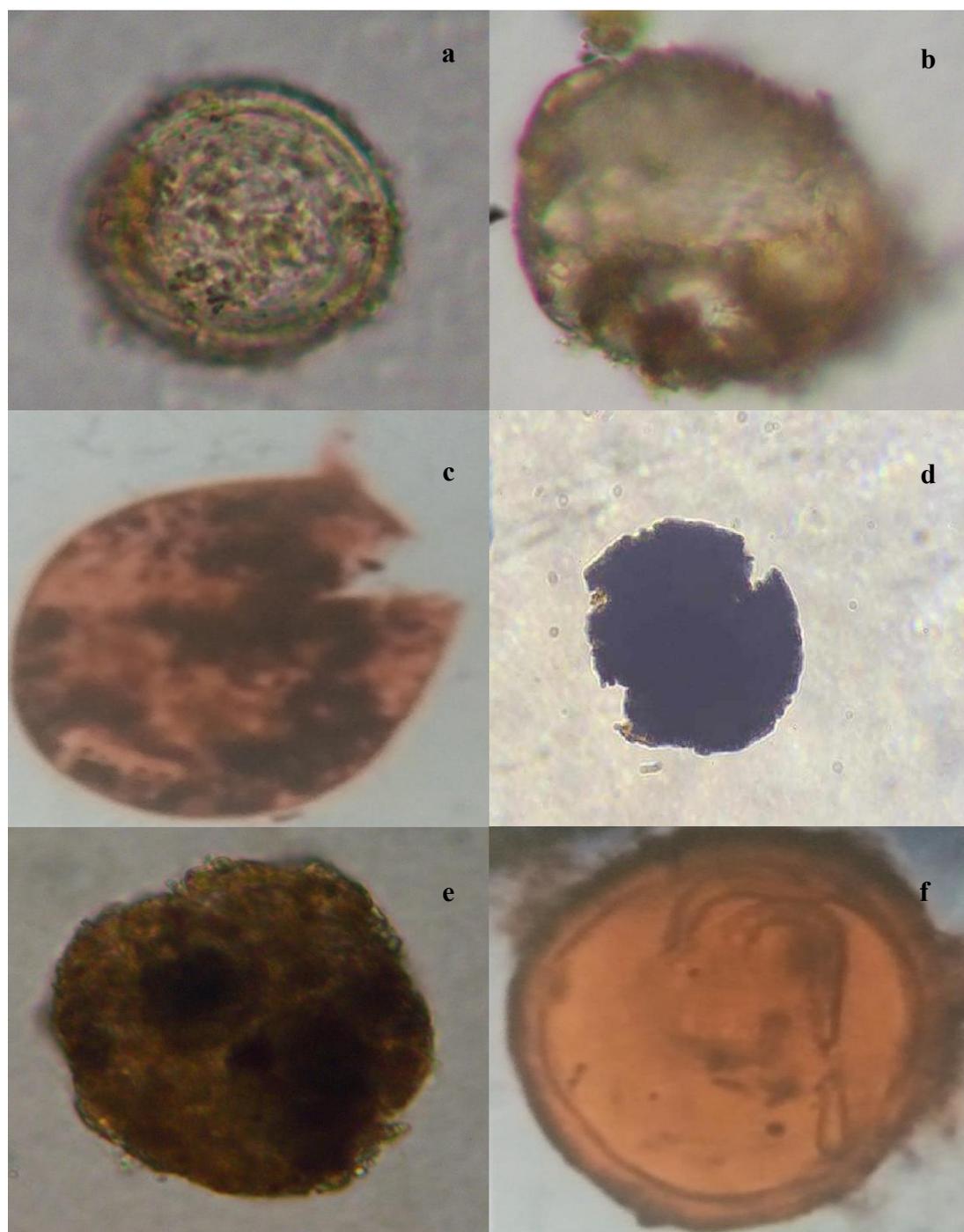


Figure 23 : Structures des spores isolées du sol sans engrais chimique de la région de Terga Ain Temouchent.

Morphotype (a et b) : *Glomus sp4*.

Morphotype (c) : *Sqcutillospora sp4*.

Morphotype (d) : *Sqcutillospora sp3*.

Morphotype (e) : *Sqcutillospora sp1*.

Morphotype (f) : *Glomus sp17*

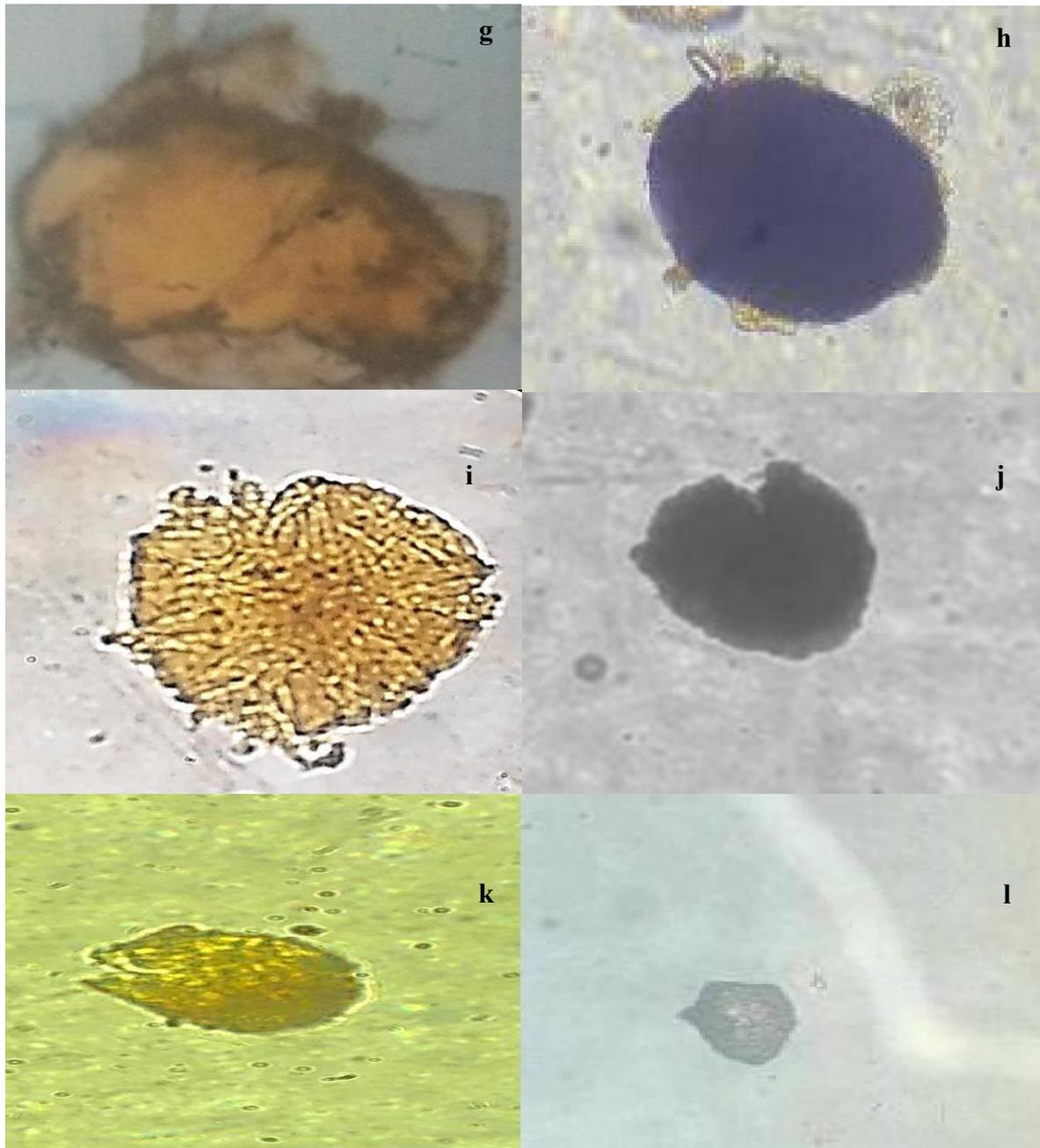


Figure 24 : Structures des spores isolées du sol avec engrais chimique de la région de Terga Ain Temouchent.

Morphotype (g) *Glomus sp1.*

Morphotype (h) : *Scutellospora sp1.*

Morphotype (j) : *Sqcutollospora sp3.*

Morphotype (i et k) : *Glomus clarum..*

Morphotype (l) : *Gigaspora sp2.*

5. Teneur des parties aériennes en phosphore et en azote

Les taux phosphore et d'azote de la partie aérienne pour les échantillons de Terga sont représentés dans le tableau 5. Le taux du phosphore des feuilles de la vigne naturelles est 0,23% et les parties aériennes de la vigne avec engrais chimique présentent 0,46%.

Le taux d'azote des feuilles de la vigne naturelles le plus élevé avec 4,17% suivi par 2,27% pour les feuilles traité par les engrais chimique (Tableau 06).

Tableau 6 : Teneur en phosphore et en azote des feuilles de *Vitis vinifera* de la région de Terga.

	Phosphore (%)	Azote (%)
Partie aérienne de <i>Vitis vinifera</i> sans engrais chimique (Naturelle)	0,23	4,17
Partie aérienne de <i>Vitis vinifera</i> avec engrais chimique	0,46	2,27

II. Discussion :

1. Analyses physicochimiques du sol

Notre résultats des analyses physico-chimiques du sol de la plante étudiée *vigne* sont observés sous l'influence des associations symbiotique et les engrais chimiques, des changements dans les paramètres édaphiques sont observés dans plusieurs travaux suite aux associations symbiotiques plantes-microorganismes (**Brundrett, 1991 ; Hodge et al., 2001 ; Hatimi et Tahrouche, 2007 ; Mouffak et al., 2014**).

Notre étude indique que la texture du sol est sableuse. Un sol sableux est un sol léger, perméable et peu riche en humus et une conductivité électrique faible (Tableau 4).

Le pH est l'un des plus importants indicateurs de la qualité du sol (**Li et al., 2006**). Les sols prélevés sous l'espèce végétale *Vitis vinifera* (naturelle et traité par des engrais chimique) dans la région de Terga présentent un pH alcalins avec des valeurs varie entre 7.82 à 8,86 selon le référentiel pédologique de **Baize et Jabiol (1995)**. Notre résultat et similaire avec les résultats de **Daoud et Halitim (1994)** avec un pH du sol varie entre 7,5 et 8,5 sous les espèces végétales des régions arides et semi-aride. Dans les milieux arides et semi arides, le pH peut être influencé par le climat et la végétation (**Smith et al., 2000**) et il est fortement influencé aussi par la décomposition de la roche mère (**Chaude et Leclé, 1999**).

Son élévation est due au faible lessivage vu les faibles précipitations qui caractérisent ces régions (**Wezel et al., 2000 ; Sanon et al., 2013**) comme c'est le cas de l'écosystème de Ain Temouchent. Le même résultat est observé par **Benelhadj djelloul et al, (2016)** dans la région semi-aride de la Wilaya de Ain Temouchent avant la réhabilitation de la sablière de Terga avec un pH varie entre 8.6 et 9.28.

Selon les valeurs données par **Kjeldahl, 1882** sur l'azote total, les sols de la région de Terga sont pauvres en azote (0.032%, et 0.07% %), ces valeurs peuvent être exprimées par l'absence des espèces légumineuses fixatrices d'azote atmosphérique. La texture du sol influe également sur la composition chimique du sol sablonneux (**Ranwell, 1972 ; Koske et Halvorson, 1981**). Ces sols sont généralement pauvres en azote (**Hatimi et Tahrouche, 2007**), et les quantités du phosphore assimilable enregistrées dans les deux sols avec et sans engrais chimique sont Pauvre (≤ 0.01) Selon le référentiel **Olsen, 1954**. **Koske et Halvorson (1981), Brundrett (1991) et Hatimi et Tahrouche (2007)** indiquent que les sols sableux sont généralement pauvres en phosphore et en azote et les plantes avec leurs symbiotes fongiques sont considérées comme des éléments clés de la fertilité du sol. Aussi **Yang et al., (2008)** ont

constaté une corrélation positive entre l'azote total du sol et la colonisation des racines par les CMA.

Dans la région semi-aride **Ighilhariz et al, (2016), Nahila et al ,2016** ont trouvé les résultats du sol sablière de Terga avec une faible augmentation dans le taux d'azote du sol pour les différents traitements. Aussi, les valeurs de phosphore assimilable sont également supérieures à celle du témoin, ceci est probablement en relation avec les différents traitements (inoculation contrôlée par les CMA) de *Schinus terebinthifolius*. Selon **Dupré et al.,(1993), Puttsepp et al.,(2004) et Garcia-Motero et al.,(2009)**, la carence en phosphore du milieu favorise la colonisation des champignons mycorhiziens.

Le contenu des sols en matière organique est influencé globalement par les facteurs climatiques, la végétation, la texture du sol, les conditions topographiques, le drainage et les pratiques culturales (**Drouet, 2010**). Les teneurs en matière organique total des sols sont obtenue généralement par la mesure de la teneur en carbone, (**Anne, 1945**), notre sol est faible en matière organique moins de 6% selon les normes internationales.

2. Le potentiel infectieux mycorhizogène (PIM)

Le potentiel infectieux mycorhizogène (PIM) d'un sol caractérise la population de champignons mycorhiziens présents dans le sol qui est capable à former des mycorhizes (**Plenchette et al., 1989**).

La biodiversité microbienne tellurique est considérée comme un biofertilisant potentiel qui peut contribuer à l'amélioration de la performance des plantes vis-à-vis des stress environnementaux et la fertilité des sols (**Barea et Jeffries, 1995 ; Requena et al., 2001 ; Gentili et Jumpponen, 2006**). Il s'agit notamment des champignons mycorhiziens, un outil biologique d'un grand intérêt pour la restauration des sols (**Bethlenfalvay et Schüepp, 1994 ; Johansson et al., 2004 ; Cardoso et Kuyper, 2006 ; Gentili et Jumpponen, 2006**), l'amélioration de la croissance des plantes, la nutrition hydrique et minérale et la protection des plantes (**Duponnois et al., 2005b ; Lambers et al., 2008 ; Benelhadj djelloul et al., 2016**).

Le PIM50 qui est mesurer dans notre sols *Vitis vinifera* de la région Terga présente 13.50 pour le sol naturel et 4.25 pour le sol traite par les engrais chimiques Cette diminution et expliquer par l'utilisation des engrais chimiques. Les vignes sont généralement classées dans

le groupe des espèces mycotrophes (**Habt *et al.*, 1991**) qui ont, par conséquent, la capacité de promouvoir la multiplication des symbiotes fongiques et d'améliorer ainsi le PIM du sol (**Plenchette *et al.*, 1983 ; Johnson *et al.*, 1992 ; Duponnois *et al.*, 2013**).

Les engrais chimiques peuvent perturber l'équilibre biologique des sols en affectant la diversité et l'activité des micro-organismes bénéfiques tels que les bactéries et les champignons. Ces micro-organismes jouent un rôle clé dans la décomposition de la matière organique, la fixation de l'azote atmosphérique et la libération des éléments nutritifs pour les plantes (**Adouane et Barrached, 2023**).

3. Colonisation racinaires des racines par les CMA

L'étude microscopique des racines *Vitis vinifera* naturel et traité par des engrais chimiques dans la région de Terga. Montre la présence de différentes structures mycorhizienne les vésicules et les hyphes.

Requena *et al.*, (1996, 1997) rapportent que dans les milieux méditerranéen, la majeure partie des espèces végétales sont mycotrophes. Il a aussi souvent été démontré que la plupart des plantes dans les écosystèmes terrestres ont des associations mycorhiziennes (**Brundrett, 1991**). Dans cette association le champignon prend le rôle de la racine de la plante et agit comme une extension du système racinaire (**Muchovej, 2004**).

Plusieurs auteurs ont rapporté que les sols sablonneux abritent des CMA diversifiés et une microflore (bactérienne et fongique) riche, variée et écologiquement plus bénéfique et la diversité des CMA dans des sols sablonneux (**stahl, 1900 ; Read, 1989 ; Hatimi et Tahrouch, 2007**)

Bohrer *et al.*, (2004) ont signalé que plusieurs facteurs influent sur les champignons CMA, à savoir, les espèces végétales, les espèces fongiques et peuvent ainsi contribuer à la variation dans le niveau de colonisation d'un site à un autre.

Les résultats montrent que la fréquence de mycorhization est supérieure à 70% dans les racines des espèces naturelles et 60% pour les racines des espèces traitées par des engrais chimiques. **Bohrer *et al.* (2004)** ont signalé que plusieurs facteurs influent sur les champignons CMA, à savoir, les espèces végétales, les espèces fongiques et peuvent ainsi contribuer à la variation dans le niveau de colonisation d'un site à un autre. Les espèces végétales peuvent

avoir une influence directe sur l'abondance et la composition des champignons mycorhiziens (Lovelock *et al.*, 2003).

4. Teneur des parties aériennes en phosphore

Nos résultats montrent que les teneurs des feuilles en azote et plus élevé dans le cas des plantes naturelles comparées aux feuilles des plantes traité par des engrais chimique. Le taux du phosphore est faible pour les deux types des sols.

Selon Dupré *et al.*, (1993), Puttsepp *et al.*,(2004) et Garcia-Motero *et al.*,(2009), la carence en phosphore du milieu favorise la colonisation des champignons mycorhiziens. Cartmill *et al.*, (2008) affirme que l'un des principaux mécanismes mis en place par les plantes pour contrer le stress abiotique est une meilleure absorption du phosphore. les mêmes résultats est observés par (Clark et Zeto, 1996) qui ont trouvé une grande différence de la teneur en phosphore entre les plantes mycorhizées et non mycorhizées. Ces résultats est en adéquation avec notre études.

5. Extraction des spores

Les spores isolées à partir des deux types des sols sont des spores qui appartiennent aux genres *Glomus* et *Sqcutollospora*. Plusieurs espèces de CMA appartenant au genre *Glomus* et *Gigaspora*, ont été aussi isolés de sol occupé par des plantes de *Tamarix articulata* des zones aride et semi-aride en Algérie (Benchrif *et al.*, 2015).

En terme de dominance ; *Glomus* représente le genre le plus répondu avec un poucentage très élevé par rapport aux autres genres chez la majorité des espèces étudiées ce qui a été signalée aussi pour d'autre plante comme *Retama monosperma*, *Ononis natrix* et *Schinus barbarus* par Hatimi et Tahrouch (2007).

Conclusion

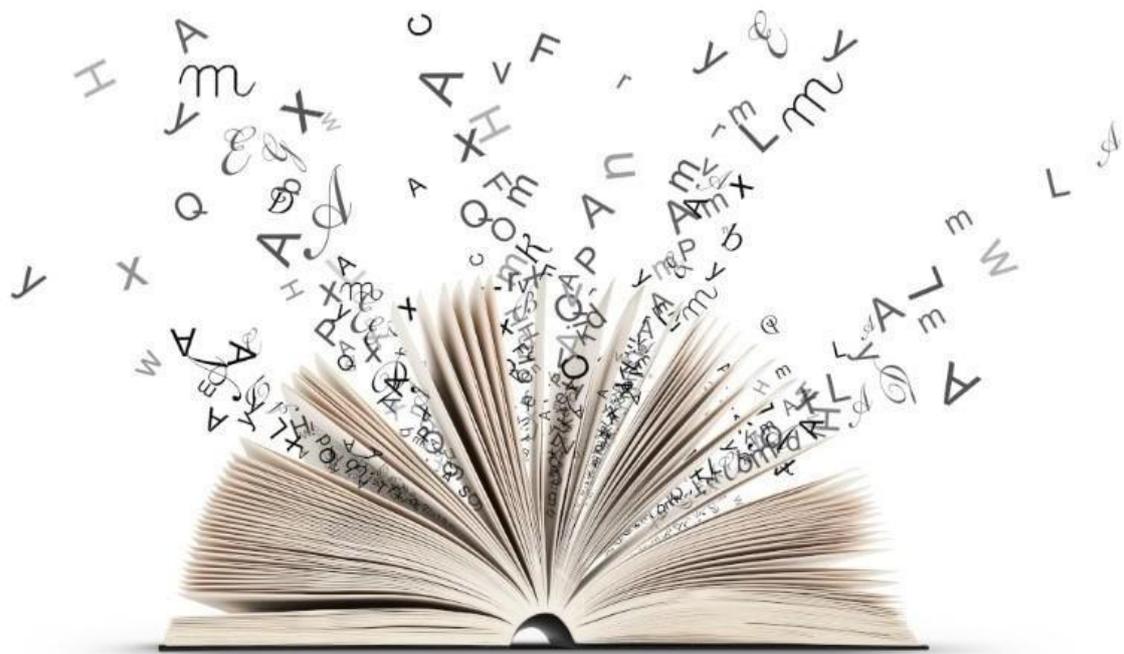
Conclusion générale

L'objectif de notre travail est la mise en évidence l'effet des engrais chimiques sur les caractéristiques physiques chimiques et microbiologiques des sols de *Vitis vinifera* et d'apprécier l'importance de la symbiose mycorhizienne sur le développement de cette espèce végétale étudiier *Vitis vinifera* de la région Terga (Ain temouchent).

- ✓ L'analyse des sols rhizosphérique montre un PH alcalin, une texture sableuse, riche en azote et pauvre en matière organique, le taux de phosphore assimilable est faible. Ce qui optimise la présence et la prolifération des champignons mycorhiziens à arbuscules.
- ✓ L'observation microscopique des fragments des racines de espèce étudiée prélevée et colores au bleu de trypan, révèle une fort colonisation par les champignons mycorhiziens dans le cas du sol naturel. La colonisation racinaire exprime en taux de mycorhization avec plus de 70% (sol naturel)
- ✓ le potentiel infectieux mycorhizogène PIM est très élevé dans le cas du sol naturel comparé au sol traité par les engrais chimiques, cela peut être expliqué par l'utilisation des engrais chimiques qui ont des effets négatifs sur la communauté microbienne.

L'ensemble de ces résultats nous offre un élément de conclusion très important du Potentiel Infectieux Mycorhizogène des différents sols par l'introduction des espèces herbacés hautement mycotrophe constitue une bonne stratégie pour l'amélioration de la qualité du sol physique, chimique et microbiologique au lieu d'utiliser des engrais chimiques.

Références bibliographiques



Références bibliographiques

- [1]. Akiyama, K., Matsuzaki, K., & Hayashi, H. (2005). Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. *Nature*. 435, 824–827.
- [2]. Anne, P. (1945). Carbone organique (total) du sol et de l'humus. *Ann. Argon.* 15 :161-172.
- [3]. Aouf, M. (1972). La conversion-reconstitution du vignoble algérien. Option méditerranéenne. Pp. 65-67.
- [4]. Baise, D. (1988). Guide des analyses courantes en pédologie. Ed. INRA, Paris, 171 P.
- [5]. Baize, D., & Jabiol, B. (1995). Guide pour la description des sols. Paris : INRA, 375 p.
- [6]. Barea, J. M., & Honrubia, M. (1993). Micorrizas y revegetación. *Ecosistemas*, 4: 46-47.
- [7]. Barea, J. M., & Jeffries, P. (1995). Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil plant systems. En: Varma, A., Hock, B. (eds) *Mycorrhiza: Structure, function, molecular biology and biotechnology*. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 521-559.
- [8]. Bécard, G., & Piché, Y. (1989). Fungal growth-stimulation by CO₂ and root exudates in vesicular arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Appl. Environ. Microbiol.*, 55 : 2320-2325.
- [9]. Bécard, G., Kosuta, S., Tamasloukht, M., Séjalon-Delmas, N., & Roux, C. (2004). Partner communication in the arbuscular mycorrhizal interaction. *Canadian Journal of Botany*. 82, 1186–1197.
- [10]. Benabderabou, L. L. (1971). *Ampélographie algérienne : cépages de cuve et de table cultivés en Algérie*. Alger: Société générale d'édition et de diffusion.
- [11]. Bencherif, K., Boutekrabet, A., Fontaine, J., Laruelle, F., Dalpé, Y., & Lounès-Hadj Sahraoui, A. (2015). Impact of soil salinity on arbuscular mycorrhizal fungi biodiversity and microflora biomass associated with *Tamarix articulata* Vahl rhizosphere in arid and semi-arid Algerian areas. *Science of The Total Environment*. 533, 488–494.
- [12]. Benelhadj djelloul, S., Ighilhariz, Z; Boukhatem, Z.F., Duponnois, R., Philippe, D., & Bekki, A. (2016). Plant soil symbioses, role in Terga (West of Algeria) sandpit rehabilitation. *International Journal of Biosciences*. 9, 148-161.

- [13]. Bethlenfalvay, G. J., & Schüepp, H. (1994). Arbuscular mycorrhizas and agrosystem stability. in: Gianinazzi, S., Schüepp, H. (eds) ; Impact of Arbuscular Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems. Birkhauser Verlag ; Basel, Switzerland. pp: 117- 131.
- [14]. Bohrer, K., Friese, C. F., & Amon, J. P. (2004). Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in differing wetland habitats. *Mycorrhiza*, 14: 329-337.
- [15]. Bonfante-Fasolo, P. (1984). Anatomy and morphology of VA mycorrhizae. En: Powell, C. L., Bagyaraj, D. J. (eds). VA mycorrhiza, CRC Press, Boca Raton, pp. 5-33.
- [16]. Bonfante, P., & Genre, A. (2010). Mechanisms underlying beneficial plant-fungus interactions in mycorrhizalsymbiosis. *Nature communications* 1: 48p.
- [17]. Bouchet, P., Guignard, J. L., Pouchus, Y. F., Villard, J. (2005). Les champignons. *Mycologie fondamentale et appliquée*. Ed. Masson. 2 ème édition. 191 p.
- [18]. Brundrett, M. C. (1991). Mycorrhizas in naturel ecosystems. *Adv Ecol Res* 21: 171-213.
- [19]. Brundrett, M. C. (1999). Mycorrhizal associations of Australian plants.
- [20]. Brundrett, M. C. (2009). Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant and soil*, 320(1-2), 37-77.
- [21]. Buée, M., Rossignol, M., Jauneau, A., Ranjeva, R., & Bécard, G. (2000). The presymbiotic growth of arbuscular mycorrhizal fungi is induced by a branching factor partially purified from plant root exudates. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 13: 693-698.
- [22]. Carbonneau, A., Deloire, A., & Jaillard, B. (2007). *La vigne : physiologie, terroir, culture*. Ed. Dunod, pp 441.
- [23]. Cardoso, I. M., & Kuyper, T. W. (2006). Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture, Ecosystems, Environment*, 116: 72-84.
- [24]. Cartmill, A. D. (2008). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance tolerance of vinca to high alkalinity in irrigation water. *Science Horticulture*, 115: 275-284.

- [25]. Clark, R. B., & Zeto, S. K. (1996). Mineral acquisition by mycorrhizal maize grown on acid and alkaline soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 28 (10-11): 1495-1503.
- [26]. Dalpé, Y. (2005). Les mycorhizes : un outil de protection des plantes mais non une panacée. *Phytoprotection*. 86, 53–59.
- [27]. Daoud, Y., & Halitim, A. (1994). Irrigation etsalinisation au Sahara algérien. *Sécheresse* ; 3 (5) : 151-60.
- [28]. De Bary, A. (1887). *Comparative Morphology and Biology of the Fungi, Mycetozoa and Bacteria* / English translation of 1884 edition. Oxford : Clarendon Press.
- [29]. Desfemmes, C. (2024). Les mycorhizes : une association surprenante entre plantes et champignons. <https://www.gerbeaud.com/jardin/decouverte/mycorhize-association-symbiose-plante-champignon,889.html>.
- [30]. Driai, S. (2016). « Impact des polluants d'origine industrielle sur le développement des champignons mycorhiziens à arbuscules, sur leur diversité et sur la viabilité microbienne des sols des agro-écosystèmes du Nord-est algérien ». UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA-.
- [31]. Drouet, T. H. (2010). *Pédologie*, BING-F-302. Ed. Lagev, 140p.
- [32]. Dubois, J., & Deshaies, L. (1997). *Guides de vignobles du Québec: sur la route des vins*. Les presses de l'university Laval. (QC). 297 P.
- [33]. Duhoux, E., & Nicole, M. (2004). *Biologie végétale*, Edition : paris, P166.
- [34]. Dumas-Gaudot, E. A., Gollotte, C., Cordier, S., Gianinazzi, V., & Gianinazzi-Pearson. (2000). Modulation of host defence systems: Arbuscular micorrhizas : physiology and function, p. 173-200.
- [35]. Dupre, C., Chevalier, G., Palenzona, M., Ferrara, AM., Nascetti, G., Mattiucci 5., & Biocca, E. (1993). Differenzazionc genetica di ascocarpi, miceli e micorrize di differenti specie di Tuber.In: *Compt. Rend. Congr. Internatl.* 145-159.
- [36]. Duponnois, R., Founoune, H., Masse, D., & Pontanier, R. (2005b). Inoculation of *Acacia holosericea* with ectomycorrhizal fungi in a semi-arid site in Senegal: growth

- response and influences on the mycorrhizal soil infectivity after 2 years plantation. *Forest Ecology and Management*, 207: 351-362.
- [37]. Duponnois, R., Sanon, A., Hafidi, M., & Ndoye, I. (2013). Généralités sur la symbiose mycorrhizienne in Duponnois, R (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.
- [38]. Fageria, N.K., Baligar, V.C., & Bailey, B.A. (2005). Role of Cover Crops in Improving Soil and Row Crop Productivity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36, 2733-2757.
- [39]. Fortin, A. (2000). Diner botanique Thèse de doctorat. Université Laval, Canada.
- [40]. Fortin, J. A., Plenchette, C., & Piche, Y. (2008). *Les Mycorhizes : La Nouvelle, Révolution Verte*. Ed. Multimondes. Ed. Quae. 131p.
- [41]. Fortin, J. A., Plenchette, C., & Piche, Y. (2015). L'essor de la nouvelle révolution verte. Quae.com. <http://www.quae.com/fr/r4798-les-mycorhizes.html>.
- [42]. Fotio, D., Simon, S., Njomgang, R., Nguéfack, J., Nguéguim, M., Maniepi, N. J. S., Feujio Téguefouet, P., & Mfopou Mewouo, Y. C. (2015). Impacts de la gestion du sol sur la biomasse microbienne et le statut organique du sol de la zone ouest du Cameroun.
- [43]. Franck, B. (1885). *Über die auf Wurzelymbiose beruhende*.
- [44]. Galet, P. (1993). *Précis de viticulture*. Ed. Déhan, Montpellier. 582 P.
- [45]. Galet, P. (2000). *précis de viticulture*. Ed. JF. 7^{ème} édition. 597 P.
- [46]. García-Montero, L. G., Quintana, A., Valverde-Asenjo, I., & Díaz, P. (2009). Calcareous amendments in truffle culture: A soil nutrition hypothesis. *Soil Biology and Biochemistry* 41: 1227–1232.
- [47]. Gaucher, G. (1981) : *Les facteurs de la pédogenèse*. *Traité de pédologie agricole*, tome II, 730 p., 195 fig., Éditions G. Lelotte-Dison, Belgique.
- [48]. Garbaye, J. (2013). *La symbiose mycorrhizienne : une association entre les plantes et les champignons*. Editions Quae. 20-55.

- [49]. Genre, A., Chabaud, M., Timmers, T., Bonfante, P., & Barker, D. G. (2005). Arbuscular mycorrhizal fungi elicit a novel intracellular apparatus in *Medicago truncatula* root epidermal cells before infection. *The Plant Cell*. 17, 3489–3499.
- [50]. Gerdemann, J. W., & Nicolson, T. H. (1963). Spores of Mycorrhizal Endogone Species Extracted from Soil by Wet Sieving and Decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46, 235-244.
- [51]. Gentili, F., & Jumpponen, A. (2006). Potential and possible uses of bacterial and fungal biofertilizers. in: Rai MK (ed) *Handbook of Microbial Biofertilizers*. Food Products Press. pp 1-28.
- [52]. Ghodbani, T. (2008). extraction du Sable dunaire a Terga plage, Algerie Ouest impacts sur l'environnement, conflits d' usagers et outils de gestion. Actes du colloque international pluridisciplinaire - Lille, France.
- [53]. Hamrit, H., & Derri, H. (2020). Champignons mycorhiziens chez les plantes: structures et rôles (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).
- [54]. Hatimi, A. & Tahrouch, S. (2007). Caractérisation chimique, botanique et microbiologique du sol des dunes littorales du Souss-Massa. *Biomatec Echo*, 2 (5): 85- 97.
- [55]. Harley, J. L., & Harley, E. L. (1995). A check-list of mycorrhiza in the British flora. *New phytologist Supplement2*: 1-102.
- [56]. Hepper, CM. (1985). Influence of age of roots on the pattern of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in leek and clover. *New Phytologist* 101: 685–693.
- [57]. Hodge, A., Campbell, C. D., & Fitter, A. H. (2001). An arbuscularmycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. *Nature*413: 297– 299.
- [58]. Huglin, P. (1986). *Biologie et écologie de la vigne*. Ed. Payot Lausanne, Paris. 204 P.
- [59]. Ighilhariz, S., de Lajudie, P., Bekki, A., Ighilhariz, Z., Duponnois, R., Reboulet, J., & Navarro, E. (2016). Effect of anthropisation and revegetation efforts on soilbacterial

- community structure in Terga sandpit, Algeria. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 9 : 283-296.
- [60]. Johnson, N. C., Copeland, P. J., Crookston, R. K., & Pflieger, F. L. (1992). Mycorrhizae- possible explanation for yield decline with continuous corn and soybean. *Agronomy journal*, 84: 387-390.
- [61]. Johansson, J. F., Paul, L. R., & Finlay, R. D. (2004). Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS Microbiology Ecology* 48(1) :1–13
- [62]. Kjeldahl, G. (1882). *Analyses chimiques du sol (chimie analytique)*, 310 :122-125.
- [63]. Koske, R. E., & Halvorson, W. L. (1981). Ecological studies of vesicular-arbuscular mycorrhizae in a barrier sand dune. *Canadian Journal of Botany*, 59(8), 1413-1422.
- [64]. Kosuta, S., Chabaud, M., Loughon, G., Gough, C., Dénarié, J., Barker, D.G., & Bécard, G. (2003). A diffusible factor from arbuscular mycorrhizal fungi induces symbiosis-specific MtENOD11 expression in roots of *Medicago truncatula*. *Plant Physiology*. 131, 952.
- [65]. Lalitha, M., Anil Kumar, K. S., & Dharumarajan, S. (2017). Role of VesicularArbuscular Mycorrhizae in Mobilization of Soil Phosphorus. In: Meena, V. S., Mishra, P. K., Bisht, J. K., Pattanayak, A. (eds) *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*. Springer Singapore, Singapore, pp 317–331.
- [66]. Lambers, H., Raven, J. A., Shaver, G. R. & Smith, S. E. (2008). Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. *Trends in Ecology & Evolution*, 23: 95-103.
- [67]. Lanfranco, L., Delpero, M., & Bofante, P. (1999). Intrasporal variability of ribosomal sequences in the endomycorrhizal fungus *Gigaspora margarita*. *Mol Ecol* 8: 37-45.
- [68]. Lavaud, O. (2019). Les mycorhizes ont une importance capitale dans nos cultures. Li, H-Y., Yang, G-D., & Shu H-R. (2006). Colonization by the Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Glomus versiforme* Induces a Defense Response Against the Root-knot Nematode *Meloidogyne incognita* in the Grapevine (*Vitis amurensis* Rupr.), Which Includes Transcriptional Activation of the Class III Chitinase Gene VCH3. *Plant and Cell Physiology* 47:154–163.

- [69]. Lovelock, C. E., Andersen, K., Morton, J. M. (2003). Host tree and environmental control on arbuscular mycorrhizal spore communities in tropical forests. *Oecologia*. 135: 268-279.
- [70]. Mathieu, C., & Pieltain, F. (2003). *Analyse chimique des sols*. Tec/Doc, Cachan, France.
- [71]. Mario, C. (1996). La culture de la vigne. *Ecological agriculture projects*. 21: Pp 637-644.
- [72]. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*, 2nd edn. London: Academic Press.
- [73]. Miller, R.M., Jastrow, J.D., & Reinhardt, D.R. (1995). External hyphal production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in pasture and tallgrass prairie communities. *Oecologia*. 103, 17–23.
- [74]. Mohammedi, K., Khalesro, S., Sohrabi, Y., & Heidari, G. (2011). A Review: Beneficial Effects of the Mycorrhizal Fungi for Plant Growth.
- [75]. Mouffak, A., Tsaki, H., Bekki, A., & Krabia, L. (2014). Bio-Revegetation Impact on the Physicochemical Characteristics of a Sandy Quarry Soil in Terga Beach Region in Algeria. *Journal of Agricultural Science*. 6.
- [76]. Mikola, P. (1948). On the physiology and ecology of *Cenococcum graniforme*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 36: 1-104.
- [77]. Morton, J. B. (1990). Evolutionary relationships among arbuscular mycorrhizal fungi in the Endogonaceae. *Mycologia* 82: 192-207.
- [78]. Mosse, B., Stribley, D. P., & Letacon, F. (1981). Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. In *Advances in microbialecolology* 137-210. Springer US. *Soil Biology and Biochemistry*.40, 1197–1206.
- [79]. Muchovej, R. M. (2004). Importance of mycorrhizae for agricultural crops. SS-AGR-170, Agronomy Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- [80]. Nehila, A., Ighilhariz, Z., Boukhatem, Z. F., & Bekki, A. (2015). Diversity of Arbuscular Mycorrhizal fungi in two perturbed ecosystems (dune and saline soil) in west Algeria. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 8-3, 380-387.

- [81]. Nagahashi, G., & Douds, D. (2000). Partial separation of root exudates: components and their effects upon the growth of germinated spores of AM fungi. *Mycological research*, 104: p. 1453-1464.
- [82]. Oehl, F., Silva, G. A., Goto, B. T., & Sieverding, E. (2011a). Glomeromycota: three new genera and glomoid species reorganized. *Mycotaxon* 116: 75-120.
- [83]. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanab, F. S., & Dean, L. A. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. Circ. 939. U.S. Dep. Agric., Washington, DC.
- [84]. Peterson, R. L. (2008). Ultrastructural localization of heavy metals in the extrardical mycelium an spores of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *Canadian journal of Microbiology*, 54 103-110.
- [85]. Phillips, J. M., & Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans Br Mycol Soc* 55:158-161.
- [86]. Plenchette, C., Fortin, J., & Furlan, V. (1983). Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. *Plant and Soil* 70, 199–209.
- [87]. Plenchette, C. (1989). Potentiel infectieux mycorrhizogène du sol des parcelles du dispositif Dehérain. *C.R. Acad. Agric. Fr* 75: 23-29.
- [88]. Püttsepp, Ü., Rosling, A., & Taylor, A. (2004). Ectomycorrhizal fungal communities associated with *Salix viminalis* L. and *S. dasyclados* Wimm. clones in a short-rotation forestry plantation. *Forest Ecology and Management*, 196, 413-424.
- [89]. Ramade, F. (2005). *Éléments d'écologie. Ecologie appliquée (6e édition)*, Dunod, Paris.
- [90]. Ranwell, D. S. (1972). *Ecology of salt marshes and sand dunes*. Chapman and Hall, London.
- [91]. Read, D. J. (1989). Mycorrhizas and nutrient cycling in sand dune ecosystems. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh Section B–Biological Sciences*. 96, 89–110. <http://dx.doi.org/10.1017/S0269727000010873>.
- [92]. Read, D. J. (1991). Mycorrhiza in ecosystems. *Experientia*, 47: 376-391.

- [93]. 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.
- [94]. Requena, N., Jeffries, P. & Barea, J.M. (1996). Assessment of natural mycorrhizal potential in a desertified semiarid ecosystem. *Applied Environmental Microbiology*, 62: 842-847.
- [95]. Requena, N., Jimenez, I., Toro, M. & Barea, J.M. (1997). Interactions between plantgrowthpromoting rhizobacteria (PGPR), arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium* spp. in the rhizosphere of *Anthyllis cytisoides*, a model legume for revegetation in Mediterranean semiarid ecosystems. *New Phytologist*, 136: 667-677.
- [96]. Requena, N., Perez-Solis, E., Azcon-Aguilar, C., Jeffries, P., & Barea, J. (2001). Management of indigenous plant-microbe symbioses aids restoration of desertified ecosystems. — *Applied and Environmental Microbiology*, 67, pp. 495-498.
- [97]. Reynier, A. (2007). Manuel de viticultur. 10em ed. Lavoisier, 531 p.
- [98]. Ribereau-Gayon, J., & Peynaud, E. (1980). Sciences et techniques de la vigne. Tome 1. Ed. Dunod, Paris. 725 p.
- [99]. Rivaton, D. (2016). Etudes des champignons mycorhiziens arbusculaires des sols en systèmes de grandes cultures biologiques sans élevage : application à la nutrition phosphatée. *Sciences du Vivant*. 1-3.
- [100]. Sanon, B. K., Duponnois, R., & Bâ, A.M. (2013). Diversité spécifique des champignons ectomycorhiziens du genre *Scleroderma* du Burkina Faso et application de la mycorhization contrôlée de *Afzelia africana*. In : Duponnois, R. (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. Marseille : IRD, p. 58 94. ISBN 978-2-7099-1827-5.
- [101]. Scotland, R.W., & Wortley, A. H. (2003). How many species of seed plants are there? *Taxon*, 52: 101-104.

- [102]. Seiverding, E. (1991). Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Eschborn, Germany, 371.
- [103]. Smith, S. E., & Read, D. J. (1997). Mycorrhizal symbiosis. Academic Press. San Diego, USA.
- [104]. Smith, J., Molina, R., Huso, M., & Larsen, M. (2000). Occurrence of *Piloderma fallax* in young, rotation-age, and old-growth stands of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in the Cascade Range of Oregon, U.S.A. *Canadian Journal of Botany*, 78, pp. 995-1001.
- [105]. Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). Mycorrhizal symbiosis. 3rd Edition Academic Press. San Diego, USA.
- [106]. Smith, S.E & Read, D.J. (2010). The roots of most plants are colonized by symbiotic fungi to form mycorrhiza, which play a critical role in the capture of nutrients from the soil and therefore in plant nutrition. Mycorrhizal Symbiosis is recognized as the definitive work in this area. Since the last edition was published there have been major advances in the field, particularly in the area of molecular biology, and the new edition has been fully revised and updated to incorporate these exciting new developments. Academic Press. 800 p.
- [107]. Stahl, E. (1900). Der Sinn der Mycorrhizenbildung. *Jahrb. Wiss. Bot.* 34: 539-668.
- [108]. Soualmia, B. (2014). Etude comparative de l'effet de trois types d'engrais (weatstart, weatgrow, et weatgeen) sur le rendement de la culture de blé dur *Triticum durum* Desf (Var simeto) dans la région de Guelma. Thèse Master. Université 08 Mai 45 Guelma. Département d'Ecologie et Génie de l'environnement.
- [109]. Taktek, S. (2015). Dissolution biologique des phosphates: Interaction bactéries _mycorrhizes. thèse de Doctorat, Univ. Québec, Canada, 150p.
- [110]. Tedersoo, L., May, T. W. & Smith, M.E. (2010). Ectomycorrhizal lifestyle in fungi: global diversity, distribution and evolution of phylogenetic lineages. *Mycorrhiza* 20: 217-263.

- [111]. Thorup-Kristensen, K., Magid, J., & Jensen, L. S. (2003). Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Adv. Agron.* 79:227-302.
- [112]. Tisdall, J. M. (1991). Fungal hyphae and structural stability of soil. *Soil Research*, 29: 729–743.
- [113]. Tisdall, J. M. (1994). Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. *Plant and Soil*, 159 : 115–121.
- [114]. Tonito, C., David, M. B., & Drinkwater, L. E. (2006). Replacing bare fallows with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: A meta-analysis of crop yield and N dynamics. *Agric. Ecosyst. Environ.* 112: 58-72.
- [115]. Touil, W. (2016). Effets comparés des champignons mycorhiziens arbusculaires et des Rhizobia isolés d'un sol algérien avec ceux du commerce, sur le rendement de l'arachide *Arachis hypogaea* (L.). Thèse de doctorat, biologie végétale, Université de Annaba, 201p.
- [116]. Trappe, J. M., Molina, R. (1986). Taxonomy and genetics of mycorrhizal fungi : their Gianinazzi-Pearson and S Gianinazzi). (INRA: Paris). Pp: 133-146.
- [117]. Trappe, J. M. (1987). Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint In : *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants* (Ed. : Safi, G.R.) CRC Press, Boca Raton, E., 6- 23.
- [118]. Trouvelot, A., Kouch, J., & Gianinazzi-Pearson, V. (1986). Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire : Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In : Gianinazzi S, ed. *Les mycorhizes : Physiologie et Génétique*, 1er Séminaire Européen sur les mycorhizes. Dijon : INRA, 217–221.
- [119]. Van der heijden, M. G. A., Martin, F. M., Selosse, M. A., & Sanders, I. R. (2015). Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future *New Phytologist* 205: 1406-1423.
- [120]. Van Der Heijden, M. G. A., Boller, T., Wiemken, A., & Sanders, I. R. (1998a). Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. *Ecology*, 79, 2082-2091.

- [121]. Van Der Heijden, M. G. A., Klironomos, J. N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf- engel, R., Bolier, T., Wiemken, A. & Sanders, I. R. (1998b). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396: 69-72.
- [122]. Vierheilig, H., & Piché, Y. (2002) Signalling in arbuscular mycorrhiza : Facts and hypothesis. pp 23-39. In: Buslig, B., Manthey, J. (eds) *Flavonoids in Cell Function*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- [123]. Villa, P. (2005). *La culture de la vigne*. Ed. De Vecchi, 156 P.
- [124]. Wang, B. & Qiu, Y-L. (2006). Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, 16: 299-363.
- [125]. Wipf, D. (2014). Les mycorhizes, une alliance plante-champignon découverte en 1885 et encore mal connue ?, Article rédigé par le secrétariat de rédaction d'après l'enregistrement audiovisuel de cette communication.
- [126]. Wright, S. F. & Upadhyaya, A. (1998). A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant & Soil*, 198: 97-107.
- [127]. Yang, C-H. & Crowley, D.E. (2000). Rhizosphere microbial community structure in relation to root location and plant iron nutritional status. *Applied and Environmental Microbiology*, 66: 345-351.
- [128]. Zoulim, S. (2017). Etude de la réponse de deux variétés de blé dur (*Triticum turgidum*) soumises à un stress salin en présence d'un inoculum mycorhizien. Thèse Master. UMMTO TIZI-OUZOU. Département des Sciences Agronomiques.

Annexes

Annexe n° 01 : Norme d'interprétation pour la matière organique

M.O %	Niveau
0,7	Sol très pauvre
0,7 _ 1,5	Sol pauvre
1,5 _ 3,0	Sol moyennement pauvre
3,0 _ 6	Sol bien pourvu
6	Sol très bien pourvu

Annexe n° 02 : classification du sol selon le pH

pH	Qualité du sol
pH<5	Fortement acide
5<pH<5,9	Franchement acide
6<pH<6,5	Légèrement acide
6,6<pH<7,3	Neutre
7,4<pH<7,7	Légèrement alcalin
pH>7,7	alcalin

Annexe n°03 : Classification des sols selon le pourcentage de calcaire (CaCo3)

Taux de CaCo ₃ %	Nature du sol
0 à 5	Peu calcaire
5 à 15	Moyennement calcaire
15 à 30	Calcaire
> 30	Très calcaire

Annexe n° 04 : Niveau de conductivité électrique des sols

CE (mmho/cm)	niveau
<0,1	Très faible
0,2	Faible à moyen
0,5	Moyen à élevé
0,5 _ 1	Très élevé
>1	Très forte salinité

Annexe n° 05 : Normes d'interprétation pour le phosphore assimilable Olsen

	Qualification du sol
0 - 5	Très basse
5 - 10	Basse
10-22	Moyen
> 22	Elevé

Annexe n°06 : Norme d'interprétation pour les éléments nutritif

Nature du sol	Sol très pauvre	Sol pauvre	Sol moyen	Sol riche	Sol très riche
Azote (%)	<0,05	0,05 à 0,1	0,1 à 0,15	0,15 à 0,25	>0,25
Potassium (meq/100g)	-	<0,25	0,25<K<0,5	0,5<K<1	>1

