

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



MEMOIRE DE MASTER

Filière: Ecologie et Environnement

Spécialité: Biodiversité et Ecologie Végétale

THEME

**Synthèse bibliographique des travaux sur la
diversité des Champignons du sol sous pistachier
de l'Atlas de la wilaya de Laghouat**

Réalisé par : LAZRI Djaouida

Le : 28 /12/2020

Devant le jury :

Présidente: M^{me} LARBI-AIDROUS N.....MAA à l'UMMTO

Promotrice M^{me} SMAIL-SAADOUN N.....Professeur à l'UMMTO

Co-promotrice M^{elle} MECHIAH F.....Doctorante à l'UMMTO

Examinatrice M^{elle} ZAREB A.....MAA à l'UMMTO

Promotion : 2019/2020

Remerciements

Je remercie

Ma promotrice, professeur **SMAIL-SAADOUN N.**, directrice du laboratoire « Ressources Naturelles » de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou d'avoir proposé ce sujet et d'accepter de m'encadrer. J'ai eu l'honneur de travailler sous votre direction, je vous adresse tous mes remerciements.

Je remercie aussi ma co-promotrice, **Mlle MECHIAH F.**, d'avoir dirigé ce mémoire, pour sa disponibilité, ses fructueux conseils, ses encouragements et sa guidance qui m'a permis de réaliser ce travail et découvrir le monde des champignons de plus près. Ma sincère reconnaissance pour elle, ainsi que **Mme LARBI-AIDROUS N.**, d'avoir fait l'honneur de présider le jury de ma soutenance et d'examiner ce modeste travail et **Mlle ZAREB A.**, d'avoir accepté d'examiner aussi ce travail.

Je remercie également tous les membres du laboratoire « Ressources Naturelles » de l'UMMTO et précisément, **Mme BOURENINE K. et Mlle ZEMBRI N.**, pour leurs conseils judicieux, leurs encouragements.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À mes chers parents ; l'assise de ma vie.

*À Redouane en particulier qui était là à
chaque instant.*

À ma chère amie Louiza qui m'a aidé.

À tous ceux et celles qui se
reconnaîtront en ce mot « ami (e) »

Liste des figures

Figure 1. Classification mise à jour des phyla fongiques (Tedersoo et <i>al.</i> , 2018).....	6
Figure 2. Cycle de reproduction des Zygomycètes, exemple de <i>Rhizopus nigricans</i> (Bouchet et <i>al.</i> , 2000).....	8
Figure 3. Cycle de reproduction des Ascomycètes (Kiffer et <i>al.</i> , 1997).....	10
Figure 4. Observation sous microscope optique d' <i>Aspergillus</i> (Ouali et Yaddaden, 2018)...	10
Figure 5. Observation sous microscope optique d'un <i>Penicillium</i> (Ouali et Yaddaden, 2018).....	11
Figure 6. Cycle de reproduction des Basidiomycètes (Kiffer et <i>al.</i> , 1997).....	16
Figure 7. Répartition géographique de <i>Pistacia atlantica</i> (Al-Saghir, 2006).....	17
Figure 8. Répartition de <i>Pistacia atlantica</i> en Algérie d'après Monjauze (1980) modifié par Kebci (2008).....	18
Figure 9. Système racinaire du pistachier de l'Atlas (Ait Slimane, 2004).....	19
Figure 10. Feuilles du pistachier de l'Atlas (Mechiah, 2015).....	20
Figure 11. Photographie d'une fleur mâle de <i>Pistacia atlantica</i> (Yaaqobi, 2009).....	21
Figure 12. Fruits de <i>Pistacia atlantica</i> Desf. (Yaaqobi, 2009).....	22
Figure 13. Limites administratives de la wilaya de Laghouat et localisation des deux stations d'étude.....	27
Figure 14. Abondance des phyla fongiques des sols sous pistachier de dayate Hassi Delâa	33
Figure 15. Abondance des phylas fongiques des sols sous pistachier de dayate El Gouffa.	33
Figure 16. Abondance des genres fongiques isolés à partir des sols de dayate Hassi Delâa récoltés en avril 2016 (Ouali et Yaddaden, 2019).....	34
Figure 17. Abondance des genres fongiques isolés à partir des sols de dayate El Gouffa récoltés en avril 2016 (Ouali et Yaddaden, 2019).....	35

Liste des tableaux

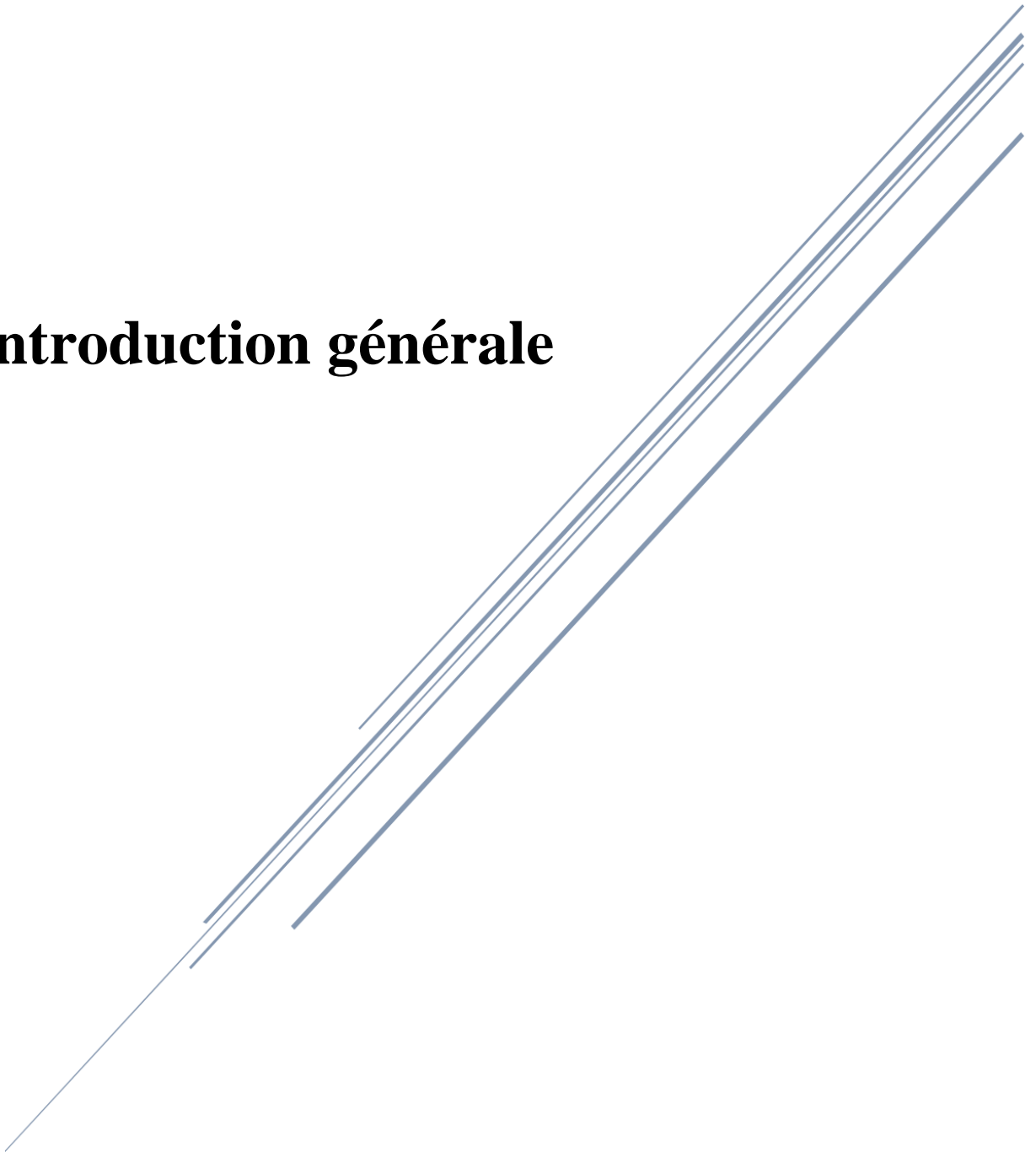
Tableau 1. Textures des différents sols sous pistachiers de l'Atlas précédemment étudiés selon un gradient d'aridité croissant (flèche) en Algérie (Limane, 2018).....	22
Tableau 2. Taux de matière organique (M.O) des sols sous pistachiers de l'Atlas précédemment étudiés selon un gradient d'aridité croissant (flèche) en Algérie (Limane, 2018).....	23
Tableau 3. Intervalles des pH des différents sols sous pistachiers de l'Atlas précédemment étudiés selon un gradient d'aridité croissant (flèche) en Algérie (Limane 2018).....	23
Tableau 04. Intervalles des teneurs en calcaire total des différents sols sous pistachiers de l'Atlas précédemment étudiés selon un gradient d'aridité croissant (flèche) en Algérie (Limane, 2018).....	24
Tableau 5. Principales coordonnées géographiques et climatiques des stations d'études.....	28
Tableau 6. Différents caractères pour l'identification macroscopiques des souches fongiques.	30
Tableau 7. Différents caractères pour l'identification microscopiques des souches fongiques.	30
Tableau 8. Nombre de morphotypes de champignons endomycorhizogènes isolés à partir des échantillons de sols du pistachier de l'Atlas des deux dayas de Laghouat.....	37
Tableau 9. Abondance de différents genres de Glomeromycota isolés à partir des échantillons de sols du pistachier de l'Atlas à Hassi Delâa et El Gouffa.....	38
Tableau 10. Densité de spores/100g de sol sous pistachier de l'Atlas à El Gouffa (Mechiah, 2015 et Ait Kaci et Ben Ouali, 2017).....	40
Tableau 11. Densité de spores/100g de sol sous le pistachier de l'Atlas à Hassi Delâa (Amari et Belkadi, 2018).....	41

Sommaire

Introduction.....	2
Chapitre I : Champignons du sol.....	4
1. Introduction.....	5
2. Caractères généraux des champignons.....	5
3. Classification des champignons.....	6
3.1 Chytridiomycota.....	7
3.2 Zygomycota.....	7
3.3 Glomeromycota.....	8
3.4 Dicotyles.....	9
3.4.1 Ascomycota.....	9
3.4.2 Basidiomycota.....	11
4. Modes de vie des champignons du sol.....	12
4.1. Saprophytes.....	12
4.2. Parasites.....	13
4.3. Symbiotes.....	13
5. Rôles et interaction plantes-champignons du sol.....	14
Chapitre II : présentation de l'espèce étudiée Pistachier de l'Atlas.....	15
1. Introduction.....	16
2. Systématique de <i>Pistacia atlantica</i> Desf.....	16
3. Ecologie et aire de répartition.....	17
4. Caractéristiques botaniques du pistachier de l'Atlas.....	18
5. Caractéristiques des sols sous pistachier de l'Atlas.....	22
6. Exigences climatiques du pistachier de l'Atlas.....	24
7. Intérêts nutritionnels, médicaux et industriels.....	24
8. Propriétés et utilisation du pistachier de l'Atlas.....	25
Chapitre III : matériel et méthodes.....	26
1. Méthode d'échantillonnage sur le terrain.....	27
1.1. description de la zone d'étude.....	27
2. Méthodes de mise en évidence des Champignons du sol.....	28
2.1 Préparation du milieu de culture.....	28

2.2. Isolement des champignons à partir du sol.....	29
2.2.1. Méthode des suspensions-dilutions.....	29
2.2.2. Prélèvement.....	29
2.2.3. Méthodes d'identification.....	29
2.2.4. Technique de prélèvement et identification des spores CMA.....	31
2.2.4.1. Extraction des spores par tamisage humide	31
2.2.4.2. Séparation des spores avec une solution de saccharose.....	31
2.2.4.3. Observations microscopiques.....	31
3. Analyse statistique	31
Chapitre IV : résultats et discussion.....	32
1. Abondance des phyla fongiques des sols sous pistachier de l'Atlas	33
2. Diversité et abondance des genres fongiques isolés à partir des sols sous pistachier de l'Atlas.....	34
3. Mise en évidence de la diversité fongique CMA de la rhizosphère du pistachier de l'Atlas.....	36
3.1. Nombre de morphotypes de champignons endomycorhizogènes.....	38
3.2. Abondance de la communauté sporale de CAM.....	38
3.3. Densité de la communauté sporale de CMA.....	39
Conclusion.....	45
Références bibliographiques.....	47

Introduction générale



Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) porte les noms vernaculaires de bétoum ou botma en arabe et iggh en berbère. C'est une espèce circumméditerranéenne méridionale et irano-touranienne. Elle est présente surtout en bioclimat semi-aride et aride (Quézel et Médail, 2003).

En Algérie, cet arbre est associé au *Zizyphus lotus* (jujubier). Cette espèce nord-africaine est connue sous plusieurs noms vernaculaires «sedra», «addhal», «roubaidh», «dhouachaouk», «sderalberri» et «cder, nabga» (Marie, 1964; Boukef, 1986). *Zizyphus* est considéré comme plante-nurse facilitant l'installation et la régénération du bétoum (Belhadj, 2001).

Pistacia atlantica est un arbre qui supporte les vents violents et les longues périodes de sécheresse due aux phénomènes naturels, qui sont amplifiées par la pression croissante des activités anthropiques. Cette plasticité attire l'attention sur la connaissance actuelle de ce peuplement et son interaction avec le milieu, dans un but de protection et de lutte contre la désertification (Mansour, 2011). Cet arbre développe principalement un système racinaire superficiel suffisant pour ses besoins hydrominéraux importants. Avec l'augmentation de l'aridité climatique et édaphique, la plante adopte une stratégie phréatophytique, en accroissant la longueur et l'épaisseur des racines profondes en contact avec les niveaux d'humidité profonds, protégés de l'évapotranspiration durant les saisons sèches. En effet, le pistachier de l'Atlas réussit à coloniser des niches écologiques inaccessibles à d'éventuels concurrents, en augmentant ainsi à la fois, sa propre valeur sélective et l'élasticité des biotopes qu'il colonise (Limane et al., 2014). L'installation et le développement de ces espèces au sein de l'écosystème dépendent des interactions, qui se produisent entre celles-ci et leur concurrence spatio-temporelle vis-à-vis des ressources limitées du sol (Tilman et Downing, 1994). Pour cela, la plupart des arbres contractent des associations symbiotiques avec un certain nombre de champignons du sol. Ces associations à bénéfices réciproques, permettent à l'arbre de résister au climat aride et semi-aride et au manque de nutriments provenant du sol, ainsi qu'aux attaques parasitaires (Gebelli et al., 1986 in Strullu, 1991).

Les champignons du sol sont des microorganismes filamenteux, hétérotrophes et ubiquistes. Ils représentent l'un des plus importants groupes d'organismes sur terre, qui jouent un rôle clé dans un grand nombre d'écosystèmes (Mueller et Schmit, 2007), notamment dans le recyclage des matières organiques, en puisant leur énergie à partir des sources carbonées

externes. Ces microorganismes sont très répandus dans la nature, généralement au niveau des végétaux en décomposition (Lecellier, 2013).

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés aux travaux concernant la diversité des champignons et leurs abondances dans les sols sous pistachier de l'Atlas, réalisés par Mechiah (2015), Ait Kaci et Ben Ouali (2017) et Ouali et Yaddaden (2019), qui se sont intéressés aux symbioses racinaires de *Pistacia atlantica* Desf. Dans deux dayas de la wilaya de Laghouat : dayate El Gouffa et dayate Saadi. Nous avons effectué une synthèse de ces travaux de recherche effectués au laboratoire Ressources Naturelles de l'UMMTO. Avec l'apparition de la pandémie du covid19, nous n'avons pas eu l'occasion de faire la partie expérimentale.

Notre mémoire est subdivisé en quatre chapitres.

- ✓ Le premier chapitre concerne les données bibliographiques sur *Pistacia atlantica* Desf.
- ✓ le deuxième chapitre concerne les données bibliographiques relatives aux champignons du sol, leurs caractéristiques, leur mode de vie, leur reproduction, ainsi que les différentes interactions plante champignons du sol.
- ✓ le troisième chapitre comporte une description de la zone d'étude, des méthodes d'échantillonnage sur le terrain, mais aussi celles utilisées pour la mise en évidence de ces champignons.
- ✓ le quatrième chapitre consiste en une synthèse des résultats des travaux précédemment cités et leur discussion.

Nous avons terminé le travail par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I

Champignons du sol



1. Introduction

Les champignons constituent un ensemble très diversifié que l'on estime les chiffres soient approximatifs, à un million d'espèces (Hawksworth et Rossman, 1997 ; Hawksworth, 2001 ; Neubert et *al.*, 2006). Ils présentent des caractères communs aux plantes et aux animaux, qui ne permettent pas de les classer dans l'un ou l'autre règne, ils forment donc un règne à part (Bouchet et *al.*, 1999).

Ce sont des Eucaryotes, hétérotrophes, unicellulaires ou filamenteux et sans organisation tissulaire. Ils sont aérobies stricts et rarement anaérobies (Mathew, 1995). Ils tirent leur énergie de la respiration et de la fermentation des matières organiques solubles, disponibles dans leur environnement et ils peuvent se reproduire, soit d'une façon sexuée ou bien asexuée (Botton et *al.*, 1990).

2. Caractères généraux des champignons

Les champignons sont des organismes sans chlorophylle, dont l'appareil végétatif est un thalle. Le thalle peut être unicellulaire, dissocié et bourgeonnant (levures), filamenteux ou pluricellulaire. Il est habituellement limité par une paroi rigide, à l'exception du groupe des Gymnomycota, composé d'organismes à structures végétatives nues et capables de se mouvoir à l'aide de pseudopodes (Betton et *al.*, 1990). Le thalle est généralement constitué d'un mycélium : ensemble de filaments cylindriques (ou hyphes) ramifiés, à croissance apicale linéaire, dont le diamètre est variable selon les espèces, allant de 1 à 2 μm et peut atteindre 50 μm (Larnier et *al.*, 1978).

Les mycéliums de la plupart des champignons sont hyalins, continus chez les Zygomycètes ou Oomycètes, septés chez les Ascomycètes et Basidiomycètes. Le dépôt de pigments sombres appelés mélanine sur la paroi des hyphes favorise la résistance du champignon à certains facteurs adverses, tels que les radiations lumineuses. Ces hyphes sont formés soit simplement de filaments agrégés, mais non différenciés, soit de rhizomorphes dans lesquels les hyphes périphériques sont incrustés de pigments sombres, jouant un rôle protecteur ; ceux du centre sont hyalins et vivants (Dommergues et Manganot, 1970).

L'appareil végétatif des champignons développe plusieurs types d'organes :

- les stolons qui sont des filaments aériens qui s'allongent et s'implantent à distance;

- les appressoriums qui sont des organes de fixation et de pénétration constitués de ventouses ;
- les suçoirs qui se forment à l'intérieur de l'hôte parasité et assurent le prélèvement et le transfert des substances nutritives (Larnier et *al.*, 1978).

3. Classification des champignons

La classification des espèces appartenant au règne de Fungi a connu de nombreuses modifications. Elle est considérablement simplifiée et le règne fongique est divisé en cinq phyla : Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota, Basidiomycota, Deuteromycota, définis par le caractère cloisonnement ou non du thalle, la présence ou l'absence de gamètes ou de spores mobiles et les caractères morphologiques des organes différenciés de la reproduction sexuée et l'absence de gamètes ou de spores mobiles et les caractères morphologiques des organes différenciés de la reproduction sexuée (Leclerc et *al.*, 1983). La classification est régulièrement revue et mise à jour. En 2018, Tedersoo et son équipe ont proposé un schéma de classification actualisé (Figure 1).

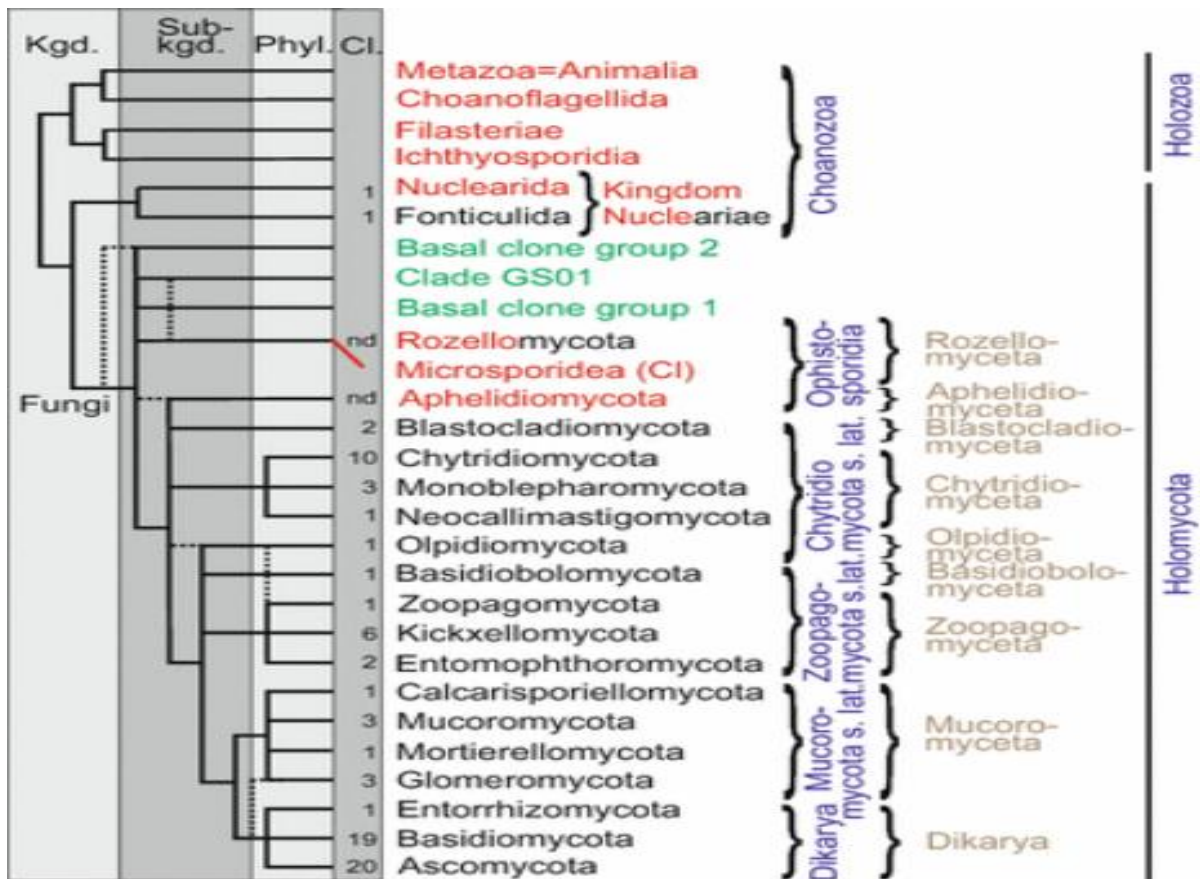


Figure 1. Classification mise à jour des phyla fongiques (Tedersoo et *al.*, 2018).

- Les nombres derrière les branches indiquent le nombre de classe incluses.
- Les noms en rouge indiquent les taxons traditionnellement considérés dans la nomenclature zoologique.
- Les noms en vert indiquent les noms non officiels de grands clades non décrit.
- Les noms en bleu indiquent les anciennes classifications et super et sous-banques taxonomiques.
- Les noms en marron indiquent les noms des taxons correspondant au rang de sous domaine.

3.1. Chytridiomycota

Ce phylum comprend approximativement 1000 espèces décrites (James et *al.*, 2006 a). Il regroupe des champignons primitifs, caractérisés par un thalle unicellulaire ou filamenteux siphonné et des spores mobiles flagellées. Il comprend des formes qui produisent des cellules flagellées à un certain moment de leur cycle de vie (Lutzoni et *al.*, 2004 ; Raven et *al.*, 2007). Les cellules mobiles possèdent le plus souvent un seul flagelle postérieur lisse. Les parois cellulaires sont formées de chitine, mais il peut exister aussi d'autres polymères et leurs réserves sont composées de glycogène. Ils vivent dans les habitats aquatiques et terrestres (Lutzoni et *al.*, 2004).

3.2. Zygomycota

Ce phylum regroupe approximativement 1065 espèces décrites (Ainsworth, 2008), caractérisées par des thalles filamenteux siphonnés et des spores dépourvues de flagelles (Hibbett et *al.*, 2007). Les Zygomycota constituent un assemblage de champignons zygosporiques, écologiquement hétérogènes. Ce groupe formé d'organismes microscopiques hétérogènes est polyphylétique (Tanabe et *al.*, 2000 ; James et *al.*, 2006 ; Bar-Hen et *al.*, 2008). Différents modes de vie sont retrouvés, les plus communs étant le saprophytisme et le parasitisme (d'insectes principalement) (Hawksworth, 1991 ; Hawksworth et Rossman, 1997 ; Hawksworth, 2001). Ils se reproduisent de façon asexuée par les endospores immobiles formés dans des sporanges, ou par la formation de chlamydospores, arthrospores et les cellules de levure et sexuellement par la formation des zygosporangia, après la fusion gamétangiale ou des zygosporangia sans conjugaison préalable (Taylor et *al.*, 2015). Leur principale caractéristique générale est la production d'une spore au repos à paroi épaisse (zygospore), au sein d'un zygosporange communément orné, formé après la fusion de deux hyphes spécialisés appelés gamétanges (Figure 2). Ce phylum est divisé en deux classes : Zygomycètes et Trichomycètes et en neuf ordres : Asellariales, Dimargaritales,

Endogonales, Entomophthorales, Harpellales, Kickxellales, Mortierllales, Mucorales et Zoopagales. Il est considéré comme une lignée primitive (James et O'Donnell, 2004). Ce sont des champignons ubiquistes, omniprésents dans diverses interactions dans le milieu naturel (White et *al.*, 2006). Ce groupe contient plusieurs genres, tels que le genre *Rhizopus*.

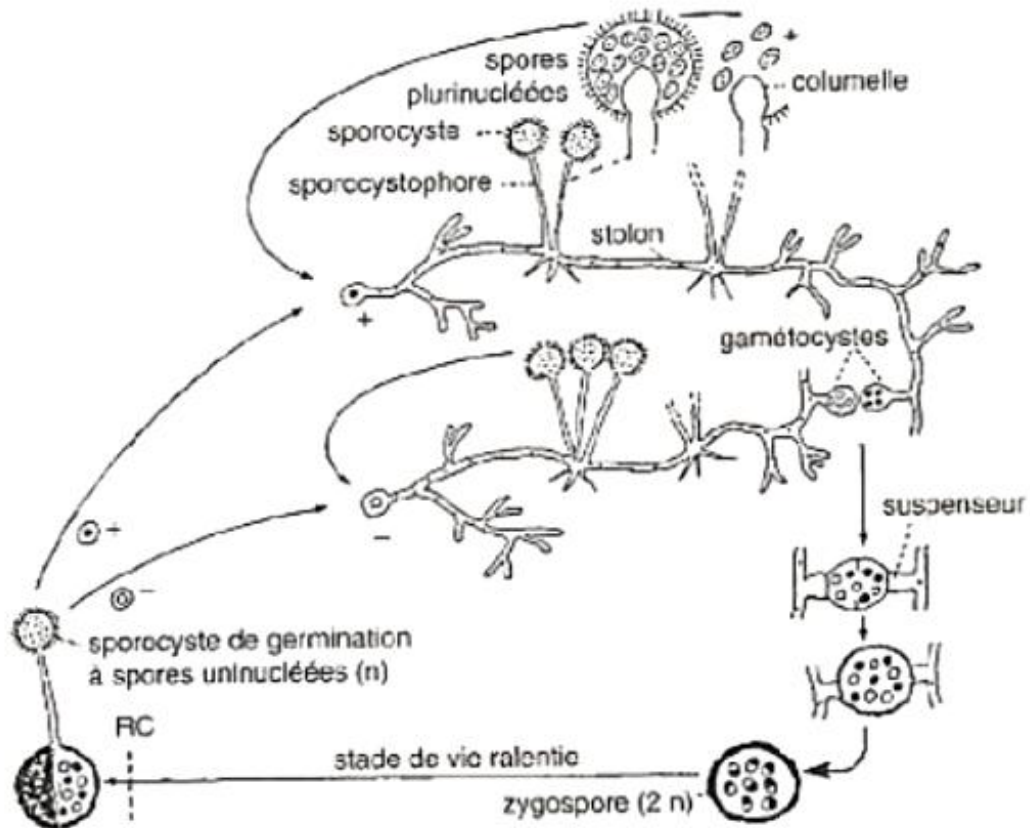


Figure 2. Cycle de reproduction des Zygomycètes, exemple de *Rhizopus nigricans* (Bouchet et *al.*, 2000).

3.3. Glomeromycota

Les microorganismes de ce phylum étaient placés autrefois au sein des Zygomycota, dans l'ordre des Glomérales, qui regroupait les champignons mycorhiziens à arbuscules (Morton et Benny, 1990). Une analyse phylogénétique du gène codant l'ARNr 18S a démontré la monophylie de l'ensemble de ces champignons, ce qui a permis d'ériger un nouveau phylum : les Glomeromycota (Schüßer et *al.*, 2001).

Les Glomeromycota constituent le groupe de champignons symbiotiques et biotrophes stricts de plantes. Ce sont principalement des champignons aseptés, ce qui signifie qu'ils forment rarement des cloisons, pour diviser les hyphes en cellules. Ils se reproduisent asexuellement par la formation des spores et la phase sexuée est jusqu'à présent inconnue.

Lorsque les conditions sont favorables, les spores germent et développent un mycélium court pour tenter de trouver une racine hôte convenable. Les Glomeromycota sont des symbiotes obligatoires, ce qui signifie qu'ils ne peuvent pas survivre sans leur partenaire photosynthétique (Roehl, 2017). Ce groupe de champignons est subdivisée en 3 classes : Archaeosporomycètes, Glomeromycètes et Paraglomeromycètes et 5 ordres : Archaeosporales, Diversisporales, Gigasporales, Glomerales et Paraglomerales. 15 familles et 38 genres ont été décrits. Les espèces les plus connues appartiennent à la famille des Glomeraceae, dont le genre *Glomus* est le plus utilisé dans les travaux d'expérimentation (Mechiah, 2015).

3.4. Dicyotes

Les phylades Ascomycota et Basidiomycota forment le groupe des Dicyotes et représentent la majorité des espèces de champignons décrites, en l'occurrence 67000 espèces (Taylor et *al.*, 2004) sur les 100000 recensées.

3.3.1. Ascomycota

Les organismes du phylum des Ascomycota comptent 64000 espèces décrites à ce jour et constituent la quasi-totalité des champignons capables de former des associations lichéniques. Des modes de vie saprophytes et parasites sont également largement répandus (Ainsworth, 2008). Ces champignons possèdent des thalles unicellulaires ou pluricellulaires, filamenteux septés. Ils forment en cas de reproduction sexuée des cellules différenciées appelées asques, qui, après caryogamie, puis méiose, produisent des spores (ascospores) (Botton et *al.*, 1990) (Figure 3).

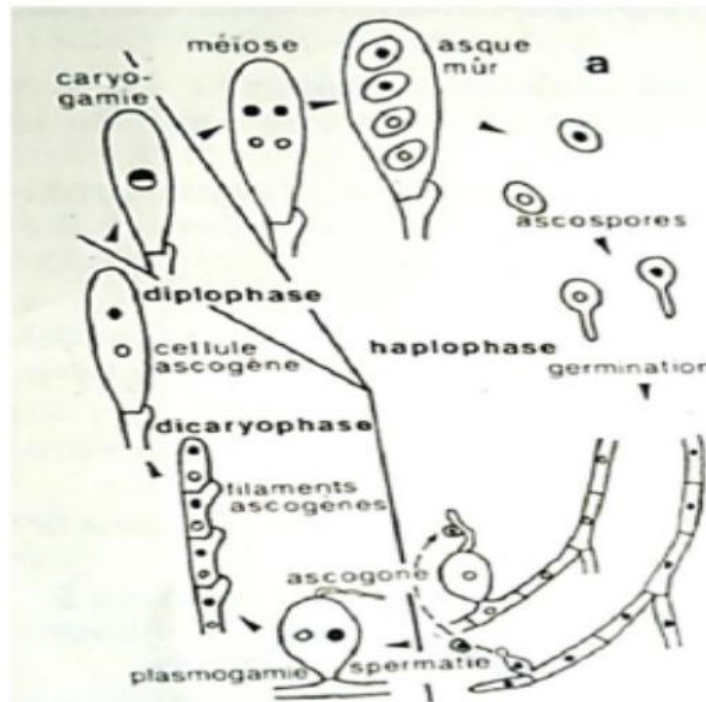


Figure 3. Cycle de reproduction des Ascomycètes (Kiffer *et al.*, 1997).

Ce groupe comprend plusieurs genres tels que *Aspergillus*. Ce genre est un champignon filamenteux, dont le thalle est hyalin. Il présente un mycélium cloisonné, portant de nombreux conidiospores dressés, terminés en vésicule. Ils se développent sur la matière organique en décomposition dans le sol, le compost, les denrées alimentaires (Botton *et al.*, 1990) (Figure 4).

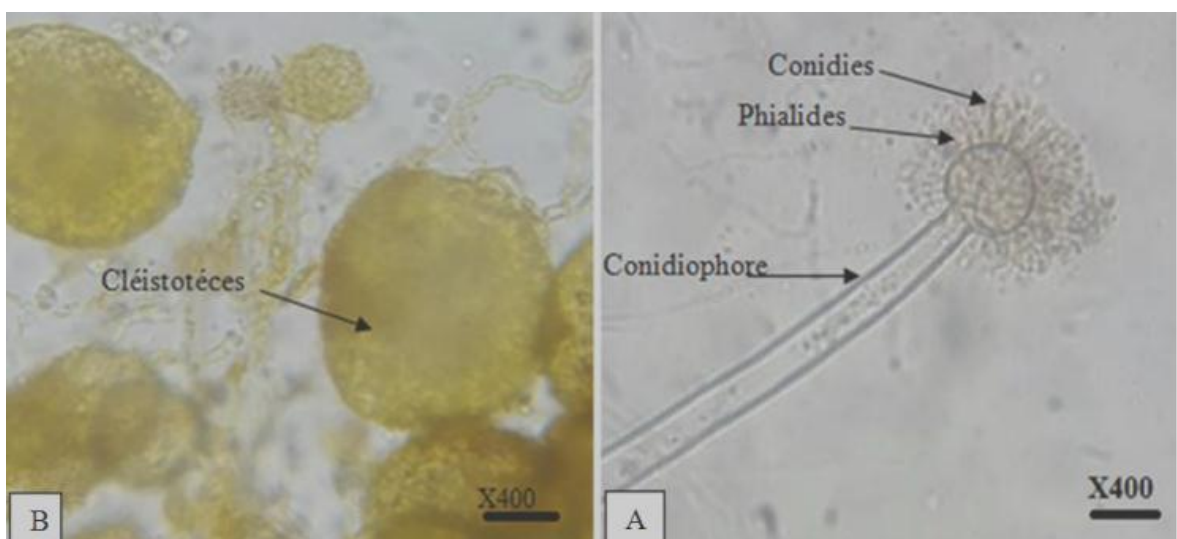


Figure 4. Observation sous microscopique optique d'*Aspergillus* (Ouali et Yaddaden, 2018).

A) Observation microscopique du genre *Aspergillus* (reproduction asexuée, phase anamorphe). B) Aspect microscopique d'*Aspergillus* (reproduction sexuée, phase téléomorphe).

Penicillium, est un autre exemple de champignons Ascomycètes. Il présente des hyphes hyalins, qui portent des conidiophores simples ou ramifiés, parfois regroupés en buissons ou corémie. Les phialides sont disposés en verticilles (Peterson et *al.*, 2004) (Figure 5).

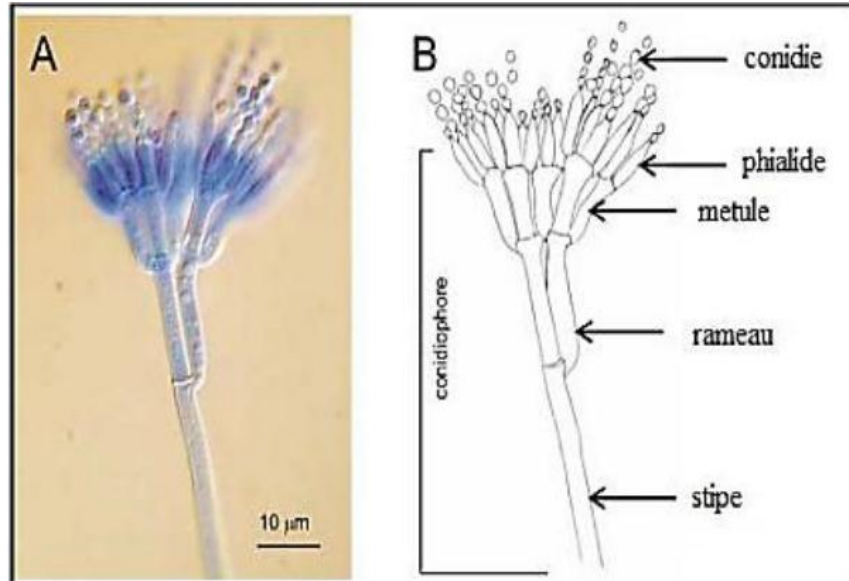


Figure 5. *Penicillium brevicompactum* (Peterson et *al.*, 2004).

A- micrographie d'un conidiophore mûr coloré avec du bleu de coton.

B- dessin de conidiophore et de conidies.

3.3.2. Basidiomycota

Les organismes du phylum des Basidiomycota regroupent 31500 espèces décrites (Ainsworth, 2008). Leur mode de vie est principalement saprophyte : ce sont d'ailleurs les organismes fongiques ayant les capacités de dégradation de matériels ligno-cellulolytique les plus élaborées (Hibbett et Donoghue, 2001). On retrouve également des organismes symbiotiques de plantes ou parasites d'animaux. Ils sont caractérisés par la production de spores sexuées, appelées basidiospores, formées par bourgeonnement à l'apex de cellules allongées : les basides. Les Basidiomycètes ont un thalle cloisonné, avec présence de «boucles» au niveau des cloisons (Chabasse et *al.*, 2002). Les Basidiomycota comprennent la majorité des champignons macroscopiques à sporophore. Rencontrés notamment en forêt, ils jouent un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes à plusieurs niveaux et sont les principaux décomposeurs de différents éléments du bois, y compris la lignine (Taylor et *al.*, 2015)(Figure 6).

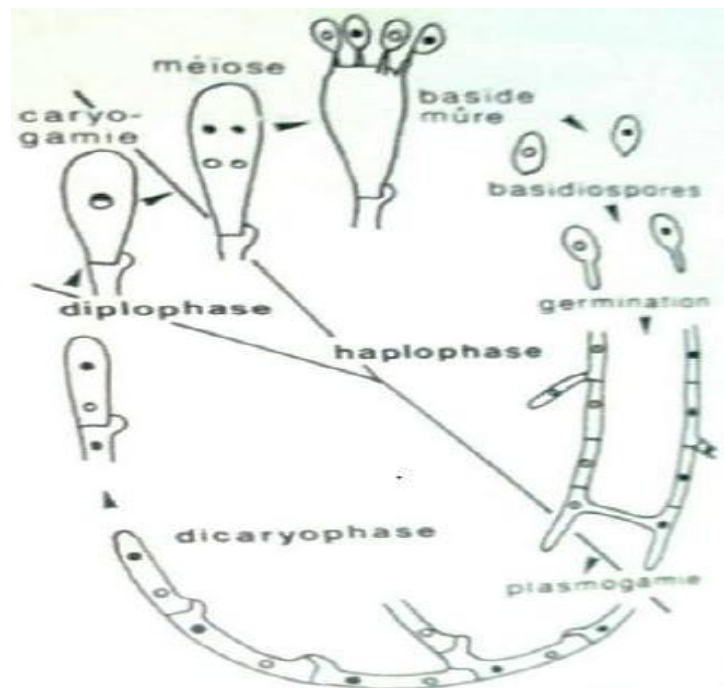


Figure 6. Cycle de reproduction des Basidiomycètes (Kiffer et *al.*, 1997).

4. Modes de vie des champignons du sol

Selon leur mode de nutrition, les champignons sont répartis en trois catégories : les saprophytes, les parasites et les symbiotes.

4.1. Saprophytes

Les champignons saprophytes se nourrissent en dégradant les matières organiques mortes, d'origine végétale (feuilles et débris végétaux) ou animale (cadavres). Ils représentent la majorité des Macromycètes (Senn-Irlet et *al.*, 2012). Selon le substrat qu'ils décomposent, il existe plusieurs types de champignons saprophytes : humicoles, lignicoles, les saprophytes de la litière, herbicoles, fongicoles et enfin coprophiles (Moreau et *al.*, 2002).

Les sources de carbone soumises à l'action des microorganismes du sol, principalement les champignons sont groupées en trois catégories : les glucides, les composés aromatiques et les constituants hydrophobes. Toutes ces sources de carbone sont dégradées par des groupes d'organismes différents, selon les enzymes qu'ils sont capables de synthétiser. A titre d'exemple, les sucres simples (glucose, saccharose, etc...) et les oligosides (diholosides et hétérosides) sont dégradés par les glucophiles, tels que *Penicillium sp.* et les Mucorales. La biodégradation des masses de carbone en cellulose exige un complexe de champignons au pouvoir de pénétration élevé. Les espèces puissamment cellulolytiques sont les Basidiomycètes et certains Deutéromycètes et Ascomycètes (*Penicillium*, *Fusarium*,

Myrothecium, *Verticillium*, etc...). La lignine, qui après la cellulose est le plus important composant des tissus végétaux, est la plus récalcitrante. Sa décomposition est due à des champignons qui, en présence d'une mycoflore glucidique peu active, consomment les polysides, tout en décapant les revêtements de lignine qui protègent la cellulose. (Davet, 1996).

4.2. Parasites

Les champignons parasites se nourrissent à partir de la matière vivante animale ou végétale. Environ 20% des espèces de champignons connus sont capables de parasitisme. Selon le substrat parasité, on distingue les parasites biotrophes survivant sur des organismes vivants et les parasites nécrotrophes survivant en saprophytes sur l'hôte parasité après sa mort (Sicard et Lamoureux, 2006).

Certains champignons sont des parasites facultatifs. Ils sont capables de vivre au dépend d'hôtes (monophages ou polyphages), pendant une partie de leur existence et ensuite capable de vivre en saprophyte, dans la nature (Perrin, 1988). Ils sont faciles ou assez faciles à cultiver au laboratoire sur milieux organiques non vivants. C'est le cas des Péronosporales avec les genres *Pythium* et *Phytophthora*, qui vivent en saprophytes dans le sol et qui peuvent attaquer les plantes supérieures. D'autres sont au contraire des parasites obligatoires, ne vivant dans la nature qu'en parasites et très difficiles à cultiver au laboratoire sur milieux non vivants (Davet et Rouxel, 1997).

4.3. Symbiotes

Les associations symbiotiques entre champignons (mycorhize) et végétaux supérieurs constituent la forme de symbiose la plus répandue à l'échelle planétaire (Jennings et Lysek, 1996). On estime que 90% des végétaux contractent spontanément cette association (Smith et Read, 1997).

Les champignons vont développer un réseau de filaments mycéliens à partir de la racine et vont être impliqués dans la nutrition minérale des plantes. C'est d'ailleurs une association symbiotique, qui aurait permis aux plantes de coloniser le milieu terrestre (Simon et al., 1993). Il existe plusieurs types de relations mycorhiziennes. Les plus fréquentes sont les champignons mycorhiziens à arbuscules et les ectomycorhizes (Jennings et Lysek, 1996).

Une autre forme de symbiose fortement répandue sur terre est représentée par les lichens, qui sont constitués d'une association entre champignon (principalement du phylum Ascomycota) et une Cyanobactérie. L'algue, capable de photosynthèse, va fournir les

molécules organiques carbonées au champignon qui en retour fournira les éléments minéraux à l'algue (Gargas et *al.*, 1995).

5. Rôles et interaction plantes-champignons du sol

Les champignons du sol peuvent stimuler la croissance des plantes et les protéger des attaques parasitaires en agissant soit directement sur leur hôte soit indirectement, par antagonisme vis-à-vis du développement de microorganismes parasites (Mendes, et *al.*, 2013 ; Turner et *al.*, 2013).

Ces champignons font partie des groupes taxonomiques les plus abondants et les plus diversifiés sur terre. Ce sont des pathogènes et des symbiotes mutualistes des plantes et des animaux et jouent des rôles essentiels dans des écosystèmes, tels que la pédogenèse et les cycles des éléments nutritifs (Egidi et *al.*, 2019).

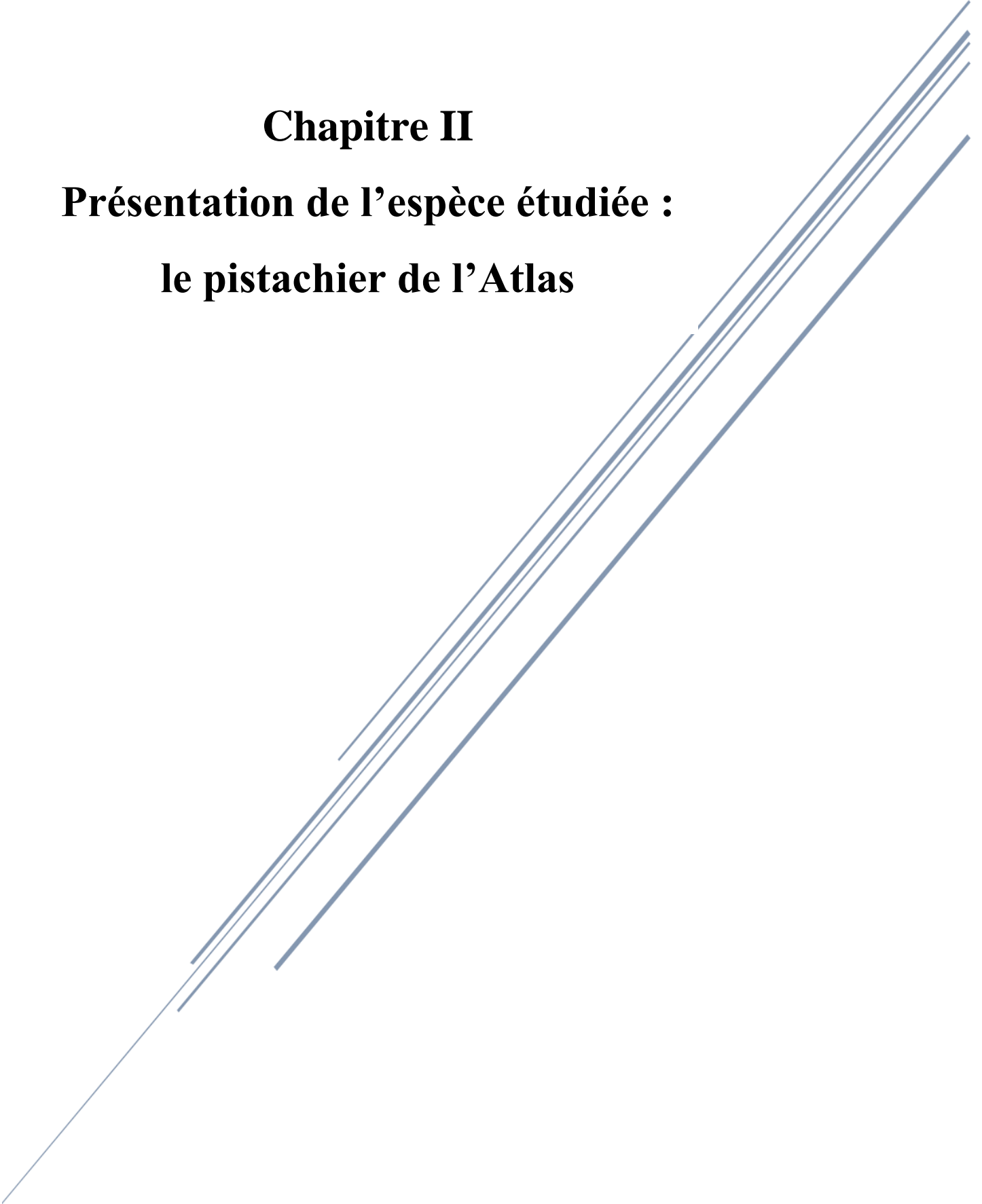
Les champignons sont des agents de décomposition du bois (Henry, 2013). Grâce à leurs enzymes, ils pourraient avoir des applications en bioremédiation et plus particulièrement un rôle dans la dépollution des sols ou dans la réduction de la toxicité de déchets industriels (Deroy, 2015). La biodégradation de la cellulose est un des paramètres majeurs, contrôlant le cycle du carbone sur terre. Elle est assurée exclusivement par des microorganismes du sol, et plus particulièrement par les champignons qui secrètent des enzymes hydrolytiques, afin d'accéder à leur principale source de nutriments, qui se trouve sous la forme de polymères glucidiques, tels que la cellulose (Carlil et *al.*, 1997).

Les Fungi sont les transformateurs les plus actifs de la lignine ; ils sont aussi les producteurs les plus actifs de l'humus stable trouvé en forêts. Grâce à un réseau de mycélium presque infini, l'ensemble de ces filaments fongiques renforce également la cohésion du sol (Staehli, 2016). Ces champignons trouvent dans la lignine et ses sous-produits, à la fois sources d'énergie et certains des nutriments dont ils ont besoin pour leur croissance et leurs multiplications. Ils mobilisent et fixent l'azote gazeux, dont ils ont besoin et servent aussi de nourriture aux micro-acariens et aux collemboles (Henry, 2013).

Les champignons du sol peuvent aider les plantes à tolérer et supporter les facteurs de stress biotiques et abiotiques (stress hydrique, salin, hautes températures, etc...), en augmentant la réponse de la défense de l'hôte contre les agents phytopathogènes (Herre et *al.*, 2007).

Chapitre II

**Présentation de l'espèce étudiée :
le pistachier de l'Atlas**



1. Introduction

Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.), communément appelé El Betoum et Botma en langue arabe, est une espèce ligneuse et spontanée pouvant atteindre 10 m de hauteur (Quézel et Santa, 1963). L'arbre ressemble au frêne (Monjauze, 1980). Ce bel arbre est caractérisé par une très longue vie (Zohary, 1987). Il est l'une des rares espèces arborescentes présentes dans les régions semi-arides, arides et voir même sahariennes (Smail-Saadoun, 2005). Le genre *Pistacia* comprend de nombreuses espèces très répandues dans la région méditerranéenne et moyen-Orientale (Tutin et al., 1968).

2. Systématique de *Pistacia atlantica* Desf.

Selon la classification phylogénétique (APG II, 2003) (Thome et Reveal, 2007), *Pistacia atlantica* Desf. ; est classé comme suit :

Division : Angiosperms

Classe : Eudicots

Super-ordre: Rosids

Sous-ordre: Eurosids

Ordre: Sapindales

Famille : Anacardiaceae

Genre : *Pistacia*

Espèce : *Pistacia atlantica* Desf.

3. Ecologie et aire de répartition

D'après Zohary (1952, 1987) et Quézel et Médail (2003), l'espèce *P. atlantica* est commune des deux régions méditerranéenne et irano-touranienne. Cependant, Monjauze (1980) et Ozenda (1983) la qualifie d'endémique de l'Afrique du Nord (Belhadj et al., 2008). Elle est tolérante à plusieurs types de sol et se contente d'une faible pluviométrie de l'ordre de 150 mm et parfois moins (Benhassaini et Belkhodja, 2004).

P. atlantica Desf. se régénère et se développe dans les endroits les plus arides, où peu d'espèces d'arbres peuvent s'établir et persister (Belhadj et al., 2008). En Algérie, on le trouve en association avec le jujubier (*Zizyphus lotus*), qui protège les jeunes pousses contre les animaux et les vents violents (Belhadj et al., 2008). Il occupe une aire très vaste englobant le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye, la Syrie, la Jordanie, la Palestine, l'Iran et l'Afghanistan (Khaldi et

Chapitre I Présentation de l'espèce étudiée Pistachier de l'Atlas

Khoudja, 1996). Il pousse généralement à l'état sauvage dans plusieurs régions chaudes et arides. On le rencontre également aux îles Canaries, à Chypre et au Proche-Orient (Quézel et Médail, 2003) (Figure 7).

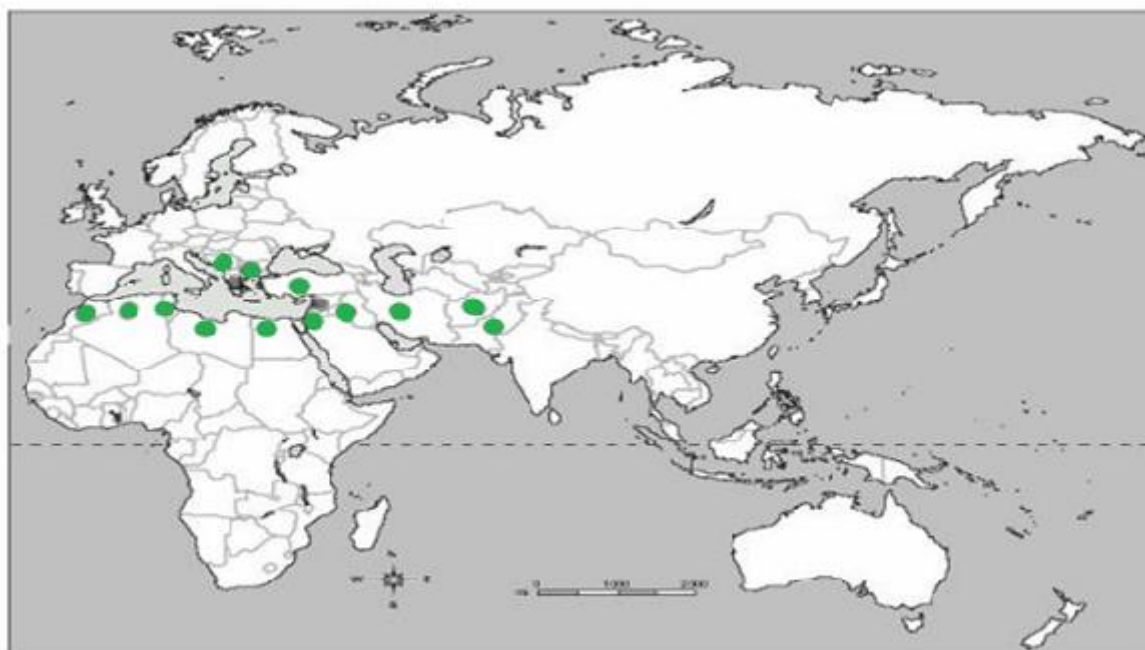


Figure 7. Répartition géographique de *Pistacia atlantica* (Al-Saghir, 2006).

Le pistachier de l'Atlas est une espèce endémique, qui figure parmi les plantes non cultivées protégées en Algérie (Kaabeche et *al.*, 2005). D'après Boudy (1952), en Algérie on le trouve disséminé dans les forêts chaudes du tell méridional, mais surtout dans la région steppo-désertique des Hauts Plateaux et du Sahara septentrional, où il ne subsiste que dans les dayas. On le rencontre parfois en montagne dans l'Atlas Saharien et sur les Hauts Plateaux oranais.

Le Bétoum est un arbre par excellence des dayas du piedmont méridional de l'Atlas Saharien. Sa limite extrême se trouve en plein cœur du Hoggar, où il existe à l'état de relique et il se trouve surtout dans la zone de transition entre la steppe et le tell (Monjauze, 1980) (Figure 8).

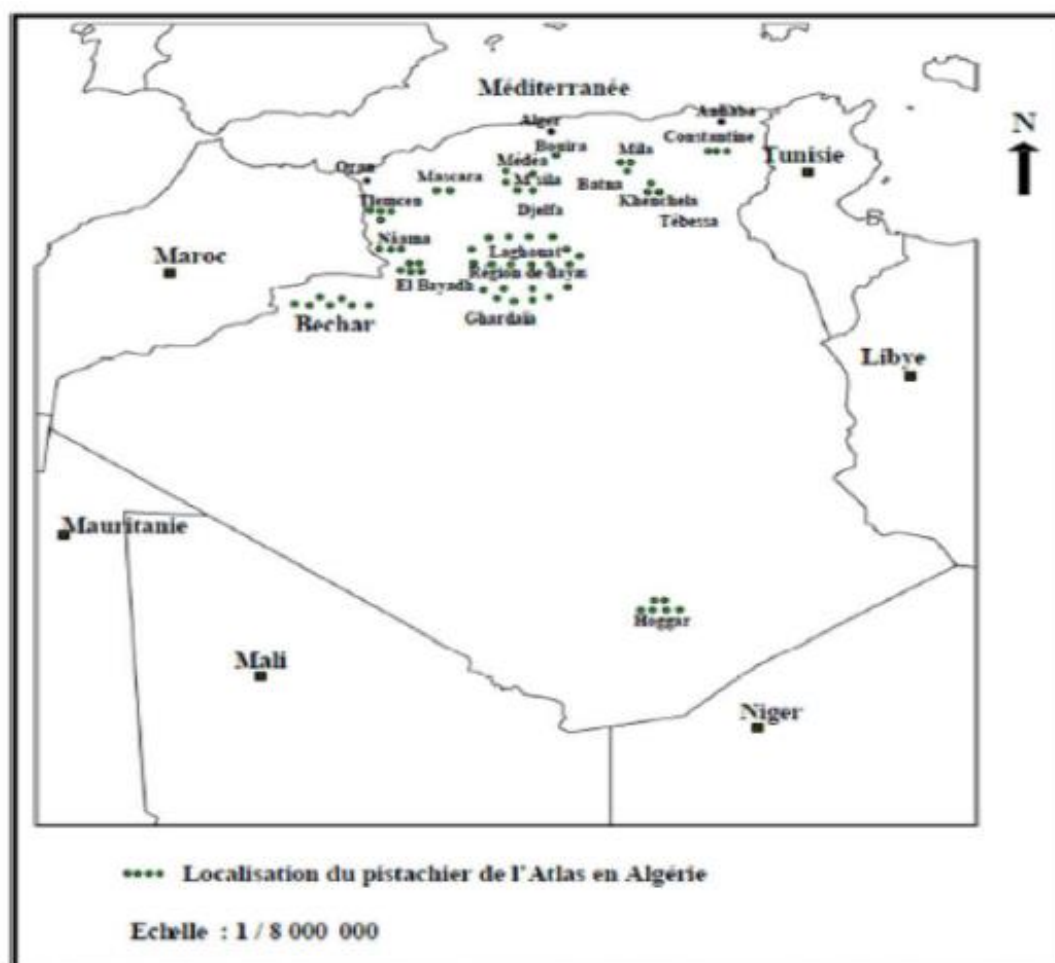


Figure 8. Répartition du *Pistacia atlantica* en Algérie d'après Monjauze (1980) modifié par Kebci (2008).

Le pistachier de l'Atlas se trouve souvent sous forme éparse et en densité très faible. Dans le nord de l'Algérie, il est souvent dominant et associé aux espèces thermophiles épineuses méditerranéennes (Mansour, 2011). D'après Quézel (2009), dans le nord de l'Algérie, il est trouvé et associé avec la végétation de l'étage thermo-méditerranéen, à savoir :

- les brousses à olivier, caroubier et lentisque ;
- les formations de substitutions à *Pinus halepensis*;
- les formations à Thuya de berbérie ;
- les autres formations à Cupressacées (le genévrier de Phénicie, le cyprès de l'Atlas) ;
- les formations à pin d'Alep (*Stipa tenacissima*...);
- les formations à Acacia sahariens et *Ziziphus lotus* ;
- les chênaies lièges, les autres types de chênaies (*Quercus rotundifolia*, *Quercus canariensis*).

4. Caractéristiques botaniques du pistachier de l'Atlas

Chapitre I Présentation de l'espèce étudiée Pistachier de l'Atlas

Cette essence peut atteindre une hauteur de 10 à 20 m et de 5 m de circonférence, à tronc bien individualisé (Benhassaini et Belkhoja, 2004). Le port est arrondi et les ramifications sont étalées (Nègre, 1962).

Le système racinaire de *P. atlantica* Desf. n'est pas moins impressionnant. En effet, selon les travaux réalisés par Chaba (1991), Ait Slimane (2004), Limane (2014) et Boubrima (2014), le pistachier de l'Atlas présente un système racinaire vigoureux à extension horizontale et verticale. Au stade juvénile, il présente un pivot séminal et orthogéotrope, à ramifications latérales se ramifiant profondément dans le sol, pour que la plante puisse se fixer au sol et s'alimenter en ressources hydrominérales. Il offre par la suite un système racinaire mixte à extension verticale profonde et horizontale superficielle. Par ailleurs, au stade adulte, le pivot peut se développer et se lignifier, comme il peut disparaître et laisser place aux racines secondaires pour se développer et donner par la suite un système racinaire à extension latérale ou superficielle (Figure 9). Les racines du pistachier présentent un allongement de 1,5 m en une seule saison ; elles peuvent atteindre 5 à 6 m de profondeur (Limane, 2018). Ses radicelles ont montré une fréquence de mycorhization élevée et à forte intensité, ainsi que la présence de mycoendophytes (Mechiah, 2015). Amarache et Chelli (2008) soulignent la double symbiose des radicelles de cette espèce (dayateTilrhemt, Laghouat). Le même résultat est signalé par Mechiah (2015) et Hales (2016) pour les individus de dayate El Gouffa (Laghouat).



Figure 9. Système racinaire du pistachier de l'Atlas (Ait Slimane, 2004).

La cime est généralement hémisphérique et volumineuse, dont la frondaison couvre plus de 150 m² de terrain (Brichet, 1931). L'écorce est lisse à un âge jeune, puis devient squameuse, produisant une résine mastic, que les riverains utilisent à usage médicinal (Monjauze, 1980).

Les feuilles de *Pistaciaatlantica* sont composées, astipulées, à rachis finement ailé et à folioles lancéolées et obtuses au sommet (Fennane et *al.*, 2007). Elles sont caduques et chutent en

Chapitre I Présentation de l'espèce étudiée Pistachier de l'Atlas

automne, elles sont de couleur vert pâle et sont imparipennées, glabres et sessiles (Yaaqobi et *al.*, 2009) (Figure 10).

Les travaux effectués au sein du Laboratoire des Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou par Zareb (2014), Benfoddil (2015) et Smail-Saadoun et *al.* (2018), confirment la présence des mycoendophytes dans les tissus foliaires de cette espèce.

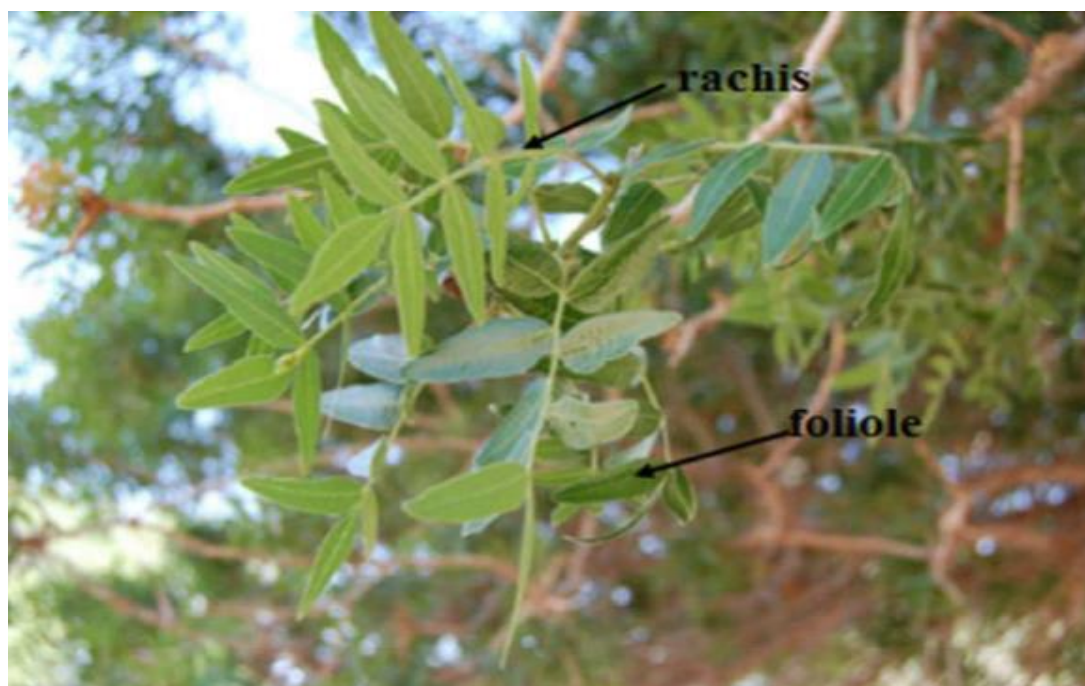


Figure 10. Feuilles du pistachier de l'Atlas (Mechiah, 2015)

Les organes floraux de *P. atlantica* présentent des fleurs mâles et femelles, qui sont portées par des pieds différents (Belkhoudja, 2014). Les fleurs sont petites, en panicules axillaires et sont apétales. Le pistachier de l'Atlas a une inflorescence en grappe rameuse (Figure 11). La floraison apparaît juste avant la feuillaison et débute la mi-mars (Yaaqobi et *al.*, 2009). L'inflorescence mâle a tendance à fleurir avant les femelles et la pollinisation est anémophile (Rezaeyan et *al.*, 2009).

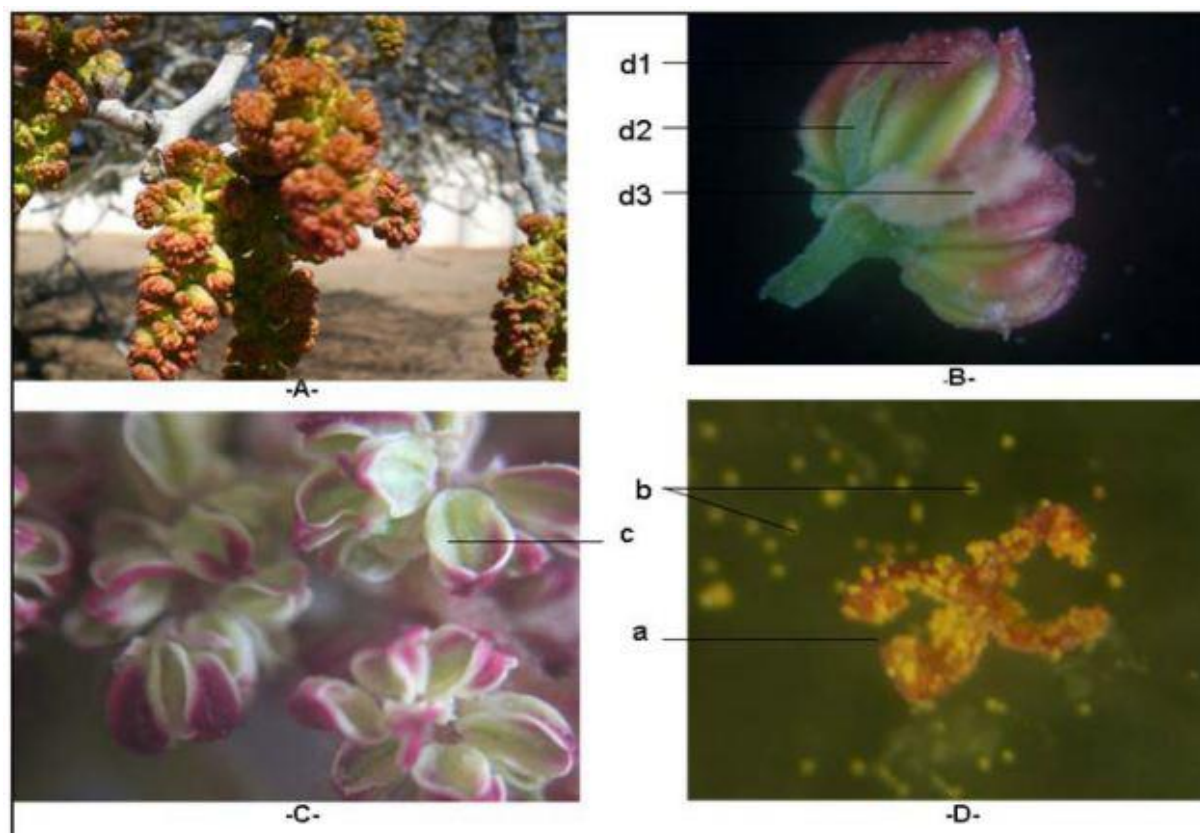


Figure 11. Photographie d'une fleur mâle de *Pistacia atlantica* (Yaaqobi, 2009).

(A) Grappes rameuses des fleurs mâles, (B) Fleur isolée (x40), (C) Éclatement des anthères au niveau des fentes de déhiscences (x40), (D) Coupe transversale d'une anthère (x40) (a), Fente de déhiscence (b), Grains de pollen, (c) Anthère éclatée, (d1) Anthère, (d2) Sépale, (d3) Bractée.

P. atlantica présente un fruit dont le nom vernaculaire est « El Khodiri », nommé par les populations locales à cause de la prédominance de la couleur vert foncé (Figure 12). Il est consommé par les habitants de la région de Laghouat (Belhadj et *al.*, 2008). La fructification débute vers la fin du mois de mars et les fruits atteignent leur maturité au mois de septembre (Yaaqobi et *al.*, 2009). Une étude réalisée au Laboratoire Ressources Naturelles par Brahimi-Saidani (2016), a permis de mettre en évidence la présence des mycoendophytes dans le fruit de cette espèce.

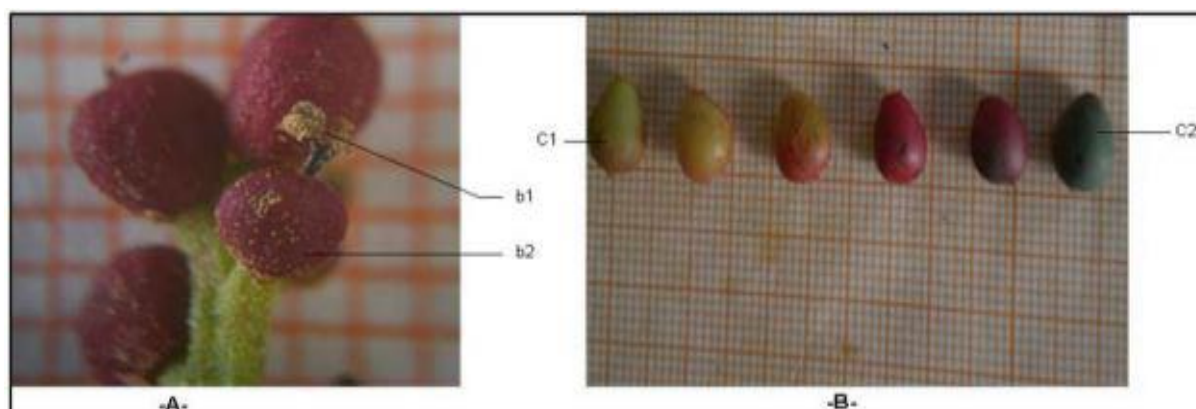


Figure 12. Fruits de *Pistacia atlantica* Desf. (Yaaqobi et al., 2009). (A) Début de la fructification (x20), (B) Maturation, (b1) Stigmate, (b2, C1) Fruit jeune et (C2) Fruit mûr.

5. Caractéristiques des sols sous pistachier de l'Atlas

Les nombreux et différents travaux du laboratoire « Ressources Naturelles » de l'Université Mouloud Mammeri sur les sols que colonisent quelques populations spontanées du pistachier de l'Atlas dans différentes wilayas de l'Algérie, ont montré les caractéristiques de ces sols.

La texture limoneuse est récurrente dans tous les sols échantillonnés par les différents auteurs. Ces textures varient de limono-argileuse à sablo-limoneuse (Tableau1). Selon Pouget (1980), la texture des sols sous pistachier de l'Atlas est limoneuse dans les zones arides. Effet, les dayas sont des zones d'épandage et de débordement des oueds, où s'accumulent et se décantent des eaux de crues. Leur régime hydrologique offre donc, avec des submersions temporaires, un milieu spécifique d'autant que s'y ajoute une texture souvent fine à très fine.

Tableau1. Textures des différents sols sous pistachiers de l'Atlas précédemment étudiés selon un gradient d'aridité croissant (flèche) en Algérie (Limane, 2018).

	Auteurs	Zones d'études	Textures
Gradient d'aridité croissant ↑	Hamitouche (2016)	Daya El Gouffa (Laghouat)	Limoneuse, limoneuse fine
	Bounceur (2009)	Tilrhemt (Laghouat)	Limoneuse fine, limono-sableuse
	Amroune (2013)	Aiat, Timzerth (Laghouat)	Sablo-limoneuse, limono-sableuse limono-argilo-sableuse
	Boubrima (2014)	Aiat, Timzerth (Laghouat)	Sablo-limoneuse à limono-sableuse
	Deghiche (2008)	Aiat, Timzerth (Laghouat)	Limoneuse
	Boubrima (2014)	Saadi, HassiDelaa (Laghouat)	Limoneuse à limoneuse fine, limono-sableuse et limono-argileuse
	Bentaleb (2011)	Boucédraia (Djelfa)	Limono-sableuse, limoneuse limoneuse fine
	Limane (2009)	El-Mergueb (M'sila)	Limoneuse et sablo-limoneuse
	Tisgouine (2010)	Theniet El Had (Tissemsilt)	Limoneuse et limono-sableuse

Chapitre I Présentation de l'espèce étudiée Pistachier de l'Atlas

Les résultats des taux de matière organique des sols étudiés sont illustrés dans le tableau 2. Ces teneurs sont en majorité estimées faibles, mais néanmoins peuvent être exceptionnellement élevés et même très élevés dans certaines zones d'étude, comme le cas de certains sols de Timzerth (Laghouat). D'après Pouget (1980), la matière organique présente provient généralement de la décomposition des systèmes racinaires morts lors des périodes de sécheresse et représentant 50% de la phytomasse totale ; elle pénètre profondément dans l'ensemble du profil. Dans ces milieux arides, la décomposition de la matière organique se fait lentement, vu les conditions de sécheresse qui y règnent ; ceci entraînerait son accumulation, donc son omniprésence dans les sols des dayas (Boubrima, 2014).

Tableau 2. Taux de matière organique (M.O) des sols sous pistachiers de l'Atlas précédemment étudiés selon un gradient d'aridité croissant (flèche) en Algérie (Limane, 2018).

Gradient d'aridité croissant ↑	Auteurs	Zones d'études	M.O (%)
	Hamitouche (2016)	Daya El Gouffa (Laghouat)	0,12-1,5
	Bounceur (2009)	Tilrhemt(Laghouat)	0,49-1,21
	Boubrima (2014)	Saadi,HassiDelaa(Laghouat)	1,33-3,41
	Amroun (2013)	Aiat,Timzerth(Laghouat)	3,59-10,26
	Deguiche (2008)	Aiat,Timzerth(Laghouat)	0,1-2,43
	Boubrima (2014)	Aiat,Timzerth(Laghouat)	0,21-1,26
	Bentaleb (2011)	Boucédraia (Djelfa)	0,60-3,61
	Limane (2009)	Daya El Mergueb (M'sila)	2,59-4,65

Les résultats rapportés dans le tableau 3 nous permettent de déduire que le pH basique caractérise les sols sous pistachier de l'Atlas de toutes les populations précédemment étudiées. En plus de ces résultats, Brown et *al.* (1994) affirment que le pistachier de l'Atlas occupe une variété de sols caractérisés par un pH élevé.

Tableau 3. Intervalles des pH des différents sols sous pistachiers de l'Atlas précédemment étudiés selon un gradient d'aridité croissant (flèche) en Algérie (Limane 2018).


Gradient d'aridité croissant ↑	Auteurs	Zones d'études	pH
	Bournine (2007)	BéniOunif (Béchar)	8,09-8,46
	Hamitouche (2016)	Daya El Gouffa (Laghouat)	8,10-8,33
	Bounceur (2009)	Tilrhemt (Laghouat)	8,26-8,44
	Boubrima (2014)	Saadi,HassiDelaa (Laghouat)	7,53-8,02
	Amroun (2013)	Aiat,Timzerth (Laghouat)	7,27-8,66
	Deguiche (2008)	Aiat,Timzerth (Laghouat)	8,07-8,51
	Boubrima (2014)	Aiat,Timzerth (Laghouat)	7,57-7,88
	Bentaleb (2011)	Boucédraia (Djelfa)	7,39-8,40
	Limane (2010)	Daya El Mergueb (M'sila)	7,50-8,70
Tisgouine (2010)	Theniet El Had (Tissemsilt)	6,17-7,52	

Pouget (1980) caractérise les sols des dayas par leur faible teneur en calcaire (<10-20%). Cet auteur note que le sol dans ces cuvettes peut être parfois complètement lessivé (décarbonaté).

Chapitre I Présentation de l'espèce étudiée Pistachier de l'Atlas

On trouve le pistachier de l'Atlas sur les roches calcaires, qui ne semblent pas affecter son développement. Il se cantonne dans les dépressions, où la nature du sol est de type gypso-calcaire (Boudy, 1955). Les sols sont modérément calcaires, mais peuvent dans certaines régions être très fortement calcaires comme c'est le cas de certains sols de la dayate El Mergueb (M'sila) (Tableau 4).

Tableau 04. Intervalles des teneurs en calcaire total des différents sols sous pistachiers de l'Atlas précédemment étudiés selon un gradient d'aridité croissant (flèche) en Algérie (Limane, 2018).

Gradient d'aridité croissant	Auteurs	Zones d'études	CaCO ₃ Total (%)
	Hamitouche (2016)	Daya El Gouffa (Laghouat)	1,25-18,75
	Bounceur (2009)	Tilrhemt (Laghouat)	7,81-25,31
	Amroun (2013)	Aiat, Timzerth (Laghouat)	19,37-23,27
	Deguiche (2008)	Aiat, Timzerth (Laghouat)	5,62-51,87
	Boubrima (2014)	Aiat, Timzerth (Laghouat)	9,58-13,75
	Boubrima (2014)	Saadi, HassiDelaa (Laghouat)	10,41-22,8
	Bentaleb (2011)	Boucédraia (Djelfa)	2,53-13,56
	Limane (2009)	Daya El Mergueb (M'sila)	5,52-81,25

6. Exigences climatiques du pistachier de l'Atlas

Selon Quézel et Santa (1963), le Bétoum est assez commun en Algérie sauf dans les zones très arrosées. L'une des principales caractéristiques du pistachier est sa grande résistance à la sécheresse (Spina, 1957). En réalité, c'est l'isohyète de 200 à 250 mm qui lui convient le mieux (Boudy, 1950).

Le pistachier de l'Atlas est une espèce héliophile (Larouci, 1987). En Afrique du Nord, il trouve son optimum dans les bioclimats arides et semi-arides, à hivers frais à chauds, mais il vit également dans les bioclimats humides et subhumides, à hivers frais à doux (Harfouche et al., 2005). Il est certainement l'essence forestière des Hauts Plateaux (Cosson, 1879).

7. Intérêts nutritionnels, médicaux et industriels

Sur le plan nutritif, les fruits du pistachier de l'Atlas ont une valeur très importante, autant que les noisettes et les amandes et on les mange comme dessert. Les pistaches comme les autres fruits oléagineux contiennent une quantité importante en phospholipides et une quantité moyenne de protéines, en plus de leur teneur en sucres et éléments minéraux. Les pistaches sont aussi de bonnes sources de magnésium, phosphore, potassium, vitamines du groupe B, vitamine E et fibres (Sid-Ahmed, 2015).

Sur le plan médicinal, différentes parties de *P. atlantica* ont été utilisées en médecine traditionnelle à des fins diverses : tonique, aphrodisiaque, antiseptique, antihypertenseur (Bozorgi et al., 2013).

Sur le plan industriel, la résine du pistachier de l'Atlas est utilisée comme un rafraîchissant dans les boissons alcoolisées et non alcoolisées, dans certains mélanges de cosmétiques et de parfumerie et dans la production de dentifrice (Baytop, 1999).

8. Propriétés et utilisation du pistachier de l'Atlas

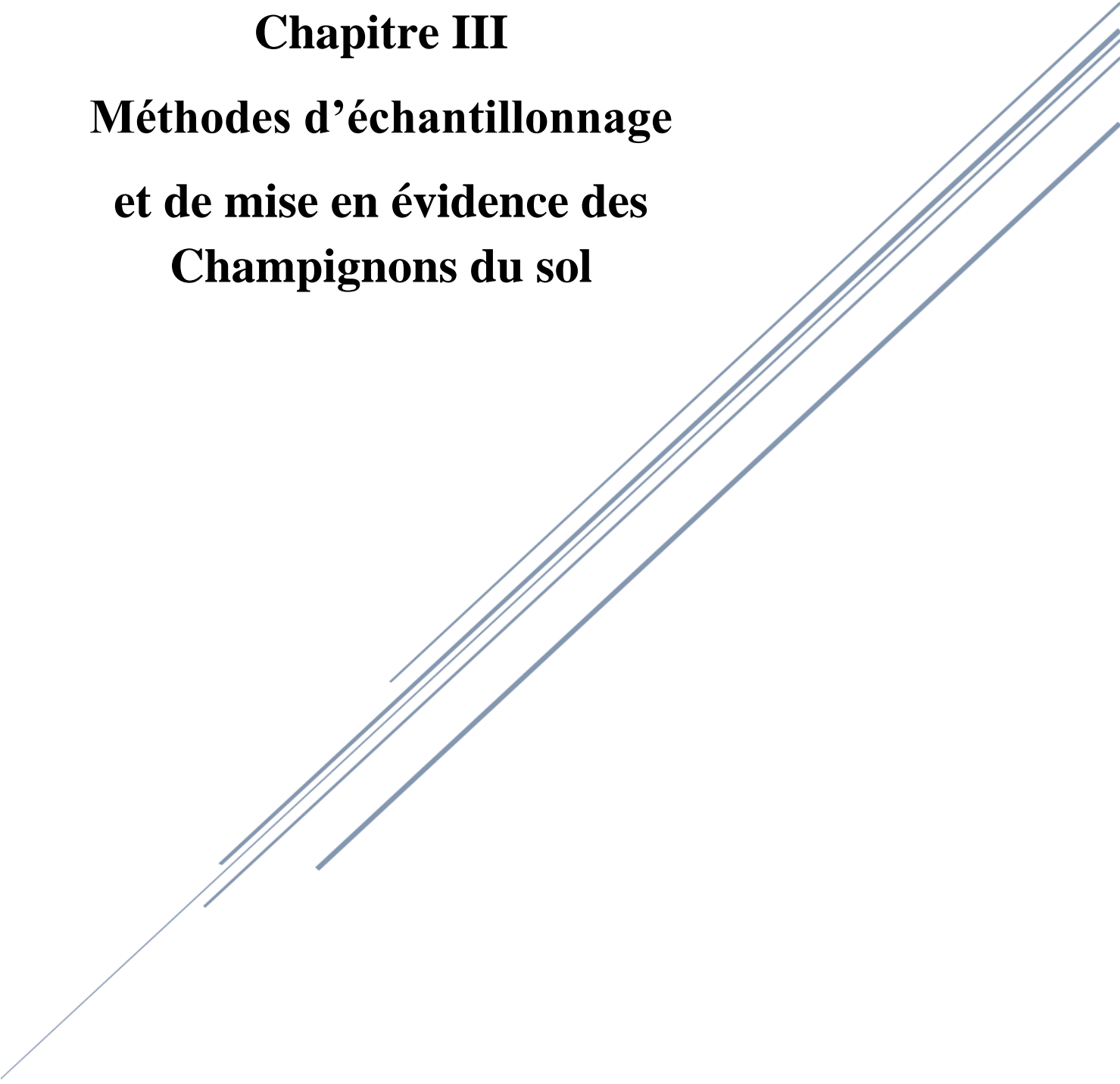
Le pistachier de l'Atlas est une essence de reboisement pionnière dans les régions arides et semi-arides. En raison de sa résistance à la sécheresse et de ses faibles exigences pluviométriques, le bétoum peut être utilisé comme essence de reboisement dans les stations les plus sévères (Boudy, 1995).

La résine qui suinte de l'arbre est largement utilisée en industrie agroalimentaire pour préparer les masticatoires et en médecine dentaire (Chief, 1982).

Le bois de *Pistacia atlantica* est largement utilisé comme combustible. Il peut également être utilisé en ébénisterie et marqueterie et fournir une source de revenus intéressante aux populations locales (Ozenda, 1977).

Enfin cette essence joue un rôle capital dans la conservation des sols dans les zones semi-arides et arides où l'érosion est importante et cela, grâce à son système racinaire développé (Larouci, 1987).

Chapitre III
Méthodes d'échantillonnage
et de mise en évidence des
Champignons du sol



1. Méthode d'échantillonnage sur le terrain

1.1. Description de la zone d'étude

La région de Laghouat est éloignée de la capitale Alger de 400 Km. Sur la latitude Nord de 33° 48' et la longitude Est de 02° 35', elle se trouve à 750 m d'altitude sur le flanc sud de l'Atlas Saharien (Amghar et Kadi-Hanifi, 2002). D'après la carte de l'Algérie, Laghouat est limitée au nord par les wilayas de Tiaret et Djelfa, à l'est par les wilayas de Touggourt et El Oued, à l'ouest par la wilaya d'El Bayadh et au sud par la wilaya de Ghardaïa (Figure 13). Sa superficie est de 25 052 km².

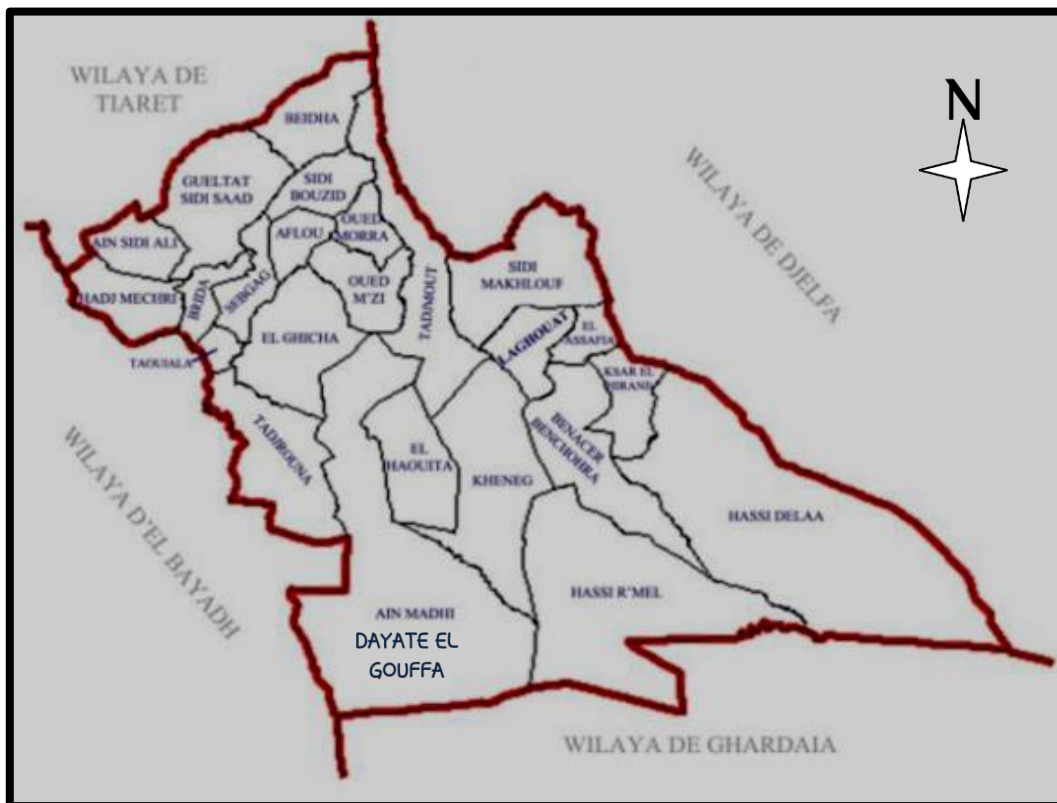


Figure 13. Limites administratives de la wilaya de Laghouat et localisation des deux stations d'étude (google. fr).

Les sols sous pistachier de l'Atlas ont été collectés au niveau de deux dayas de la wilaya de Laghouat : dayate El Gouffa, dans le commune de Aïn Madhi et dayate Saadi, dans la commune de Hassi Delâa. L'échantillonnage des différents travaux du Laboratoire Ressources Naturelles cités précédemment s'est porté sur 12 sujets au total pour les deux dayas, de classe d'âges différentes (Immature, moyens, âgés), qui ont été choisis d'une manière aléatoire. Les principales caractéristiques géographiques et climatiques des deux sites d'échantillonnage sont présentées dans le tableau 5. Les échantillons de sols ont été prélevés à

une profondeur de 20 cm, puis déposés dans des sachets stériles. Ils sont ensuite transportés au laboratoire et conservés à une température ambiante.

Tableau 5. Principales caractéristiques géographiques et climatiques des stations d'étude (Boubrima, 2014 ; Mechiah, 2015).

	Dayate El Gouffa	Dayate Saadi, Hassi Delâa
Situation	80 Km au sud-ouest de la ville de Laghouat	70 km au sud-est de la ville de Laghouat
Coordonnées GPS	33° 29' N 2° 13' E	33° 29' N 3° 28' E
Altitude (m)	900-1000	800-900
Etage bioclimatique	Aride inférieur à hiver Frais	Aride inférieur à hiver Frais
Durée de la saison sèche	12 mois	12 mois
Période d'échantillonnage	Avril 2014, Avril 2016 Avril 2017	Avril 2016 Avril 2017
Nombre d'arbre échantillonnés	6 arbres	6 arbres

Les sols ont été séchés à l'air libre pendant 48 heures, puis tamisés avec un tamis à mailles de 2 mm pour obtenir une terre fine.

2. Méthodes de mise en évidence des champignons du sol

2.1. Préparation du milieu de culture

Un milieu semi-synthétique P.D.A (Potato-dextrose-agar) a été utilisé, la préparation se fait comme suit :

- faire bouillir 200 g de pomme de terre tranché dans 200 ml d'eau, pendant 30 min, puis laisser décanter le bouillon obtenu en le filtrant ;
- ajouter de l'eau distillée pour obtenir un volume final d'un litre ;
- ajouter 20 g de glucose et autant d'agar-agar en poudre, avant une stérilisation par autoclave à 100 kPa pendant 15 min (dans l'étuve 120 °C pendant 20 min) ;
- laisser la solution refroidir et ajouter un antibiotique, avant de verser la préparation dans les boîtes de Pétri ; après refroidissement et lorsque l'agar a durci, les boîtes de Pétri sont prêtes pour l'inoculation.

2.2. Isolement des champignons à partir du sol

2.2.1. Méthode des suspensions-dilutions

Le principe consiste à mettre une quantité de terre fine en suspension dans de l'eau distillée stérilisée, puis à incorporer les différentes dilutions de cette suspension dans le milieu de culture. Cette technique comprend plusieurs étapes, allant de la préparation des dilutions jusqu'à l'interprétation des résultats (Rapilly, 1968).

La préparation des dilutions consiste tout d'abord à ajouter 1g de sol à 9 ml d'eau distillée stérilisée, puis à agiter pendant 30 secondes pour homogénéiser, ce qui constitue la dilution 10^{-1} . Des prélèvements successifs de 1 ml dans cette suspension, puis dans les suivantes sont faits, auxquels sont ajoutées à chaque fois à 9 ml d'eau distillée stérilisée pour constituer les dilutions 10^{-2} , 10^{-3} jusqu'à 10^{-6} . Ces différents prélèvements ont été réalisés à l'aide des embouts stériles qu'il faut changer à chaque dilution. Après homogénéisation, les six dilutions de chaque répétition (R1, R2 et R3) sont réparties et étalées à la surface des milieux gélosés à raison de 1ml par boîte. Ces boîtes sont observées quotidiennement pendant 07 jours.

2.2.2. Prélèvement

Les prélèvements doivent être faits le plus loin possible de l'origine de la colonie, avec une aiguille lancéolée fine, flambée et refroidie puis rajouter de la gélatine (Pierre et Francis, 1997).

2.2.3. Méthodes d'identification

L'identification des souches fongiques fait essentiellement appel aux caractères cultureux (identification macroscopique) et à la morphologie (identification microscopique).

L'identification macroscopique permet de déterminer la couleur de la colonie pendant le développement indices révélateurs sur l'identité de nos souches fongiques et le tableau 6 représente ces différents caractères macroscopiques.

Tableau 6. Différents caractères pour l'identification macroscopiques des souches fongiques (Ouali et Yaddaden, 2019).

Caractères	Texture	Topographie	Couleur
Identification macroscopique	<ul style="list-style-type: none"> - laineuse : mycélium aérien abondant ; - duveteuse : mycélium aérien court ; - poudreuse : mycélium aérien produisant de nombreuses conidies créant une surface d'apparence poudreuse - glabre : mycélium aérien peu abondant avec surface lisse. 	<ul style="list-style-type: none"> - plane ; - surélevé ; - cérébriforme - striesradiales. 	<ul style="list-style-type: none"> - surface, revers, pigment diffusibl - brun, gris, noir = champignon dématié; - blanc ou autre couleur (rouge, vert, jaune, mauve, etc.) = champignon hyalin;

L'identification des champignons a été réalisée en utilisant les clés de détermination des Deutéromycètes de Kiffer et Morellet (1997), ainsi qu'à la littérature scientifique. L'examen des structures microscopiques a été faite en faisons référence au tableau 7 qui représente les clés d'identification microscopique des souches fongiques.

Tableau 7. Différents caractères pour l'identification microscopiques des souches fongiques (Ouali et Yaddaden, 2019).

Caractères	Identification Microscopique
Hyphes	Septés ; nonseptés ; larges (>4µm) étroits (<4µm)
Conidiophores	Absents ; simples ; ramifiés
Cellules conidiogènes	Annelide ; Phialide
Conidies	Uni- ou pluricellulaires ; solitaires ; en amas ou en chaînes
Organes de fructification	Périthèces ; cléistothèces (sexué) ; pycnides (asexué)

2.2.4. Technique de prélèvement et identification des spores CMA

2.2.4.1. Extraction des spores par tamisage humide

D'après la méthode de tamisage humide (Gerdemann et Nicolson, 1963), un échantillon de 100g de sol a été mis en suspension dans de l'eau du robinet, agité vigoureusement, afin de séparer les propagules fongiques et les particules du sol. La suspension a été versée sur une série de tamis superposés à mailles décroissantes (280 µm, 125 µm et 56 µm).

2.2.4.2. Séparation des spores avec une solution de saccharose

Les suspensions sporales ont subi une première centrifugation pendant 10 mn à 2000 tours par minute (TPM). On filtre le surnageant de chaque tube. Les spores ont été extraites manuellement à l'aide d'une lame à bistouri pointue, sous une loupe binoculaire. Elles sont déposées sur une lame, avec une goutte de gélatine glycinée. La même suspension a subi une deuxième centrifugation avec une solution de saccharose pendant 10 min, à une vitesse de 2000 TPM pour récupérer le reste de spores.

2.2.4.3. Observations microscopiques

L'identification a été réalisée à l'aide d'un microscope optique. La description morphologiques des spores (la forme des hyphes suspenseurs (types simple, renflé et bulbeux) ; la présence ou l'absence du septum ; la couleur des spores, la forme des spores,...) a été réalisées à l'aide d'une clé d'identification INVAM de la collection internationale de culture de champignons mycorhiziens à vésicules et arbuscules (CMA) et celles de plusieurs auteurs publiées dans leurs articles.

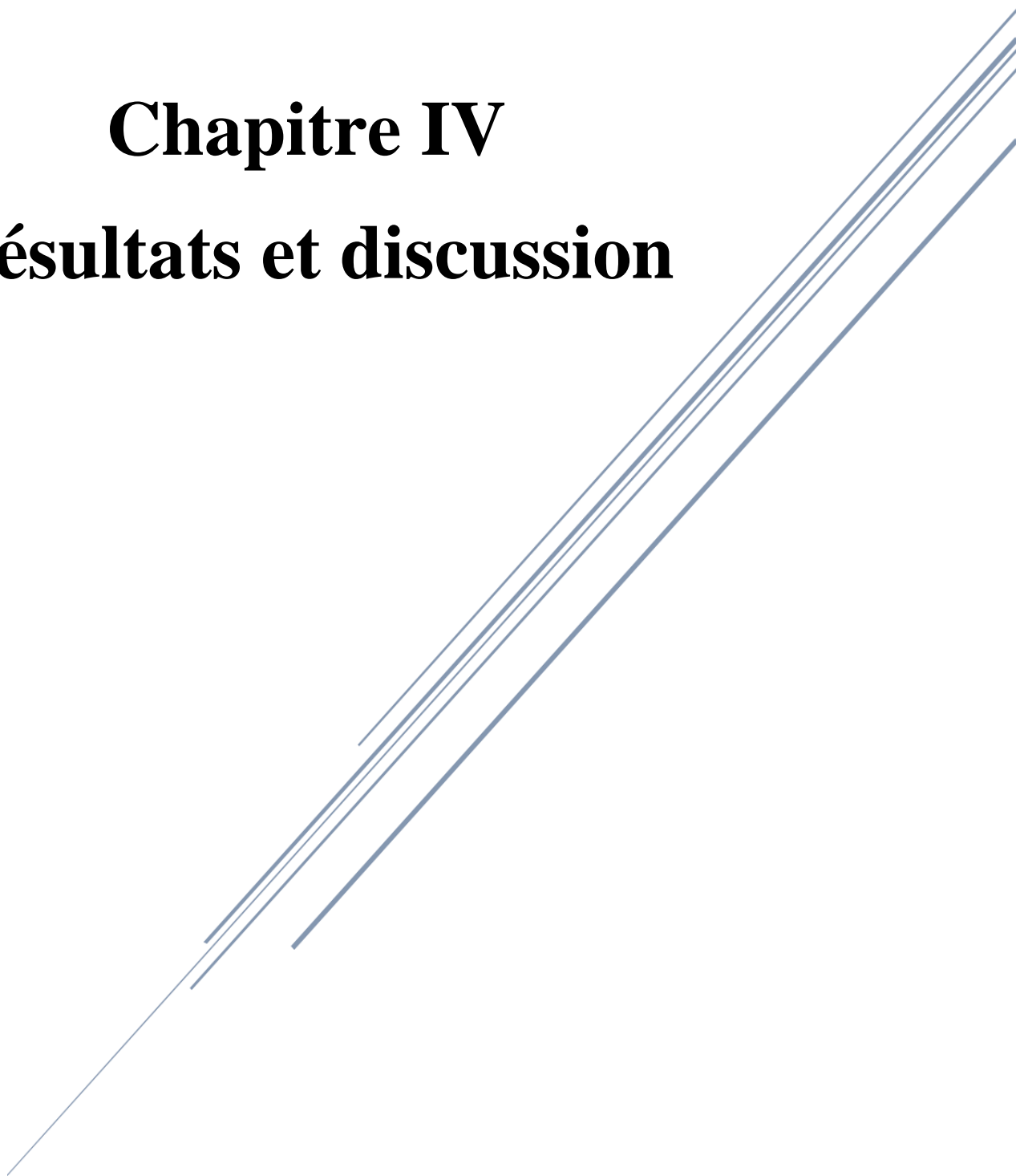
3. Analyse statistique

Les différents travaux dont nous faisons la synthèse se sont intéressés au :

- calcul des abondances en (%) des différents genres recensés, cela correspond au nombre d'isolats fongiques (genre) prélevés / Nombre total des genres \times 100 (Ouali et Yaddaden, 2019).
- calcul des densités des communautés sporales de CMA, qui représente le nombre d'individus rapporté sur l'unité de volume (100 g de sol) (Amari et Belkadi, 2018).

Chapitre IV

Résultats et discussion



1. Abondance des phyla fongiques des sols sous pistachier de l'Atlas

D'après Ouali et Yaddaden (2019), plusieurs isolats de champignons ont été prélevés à partir des 216 échantillons de sol mis en culture. L'identification de ces champignons s'est basée sur des caractéristiques macroscopiques et microscopiques. Les isolats identifiés appartiennent à 35 genres, un faible nombre de souches n'a pas été identifiés. Ces champignons sont répartis en trois phyla, dont le phylum des Ascomycota est le plus dominant. Il est suivi par les Zygomycota et les Basidiomycota, ainsi que des non identifiés (SNI), avec de faibles abondances (Figure 14 et Figure 15).

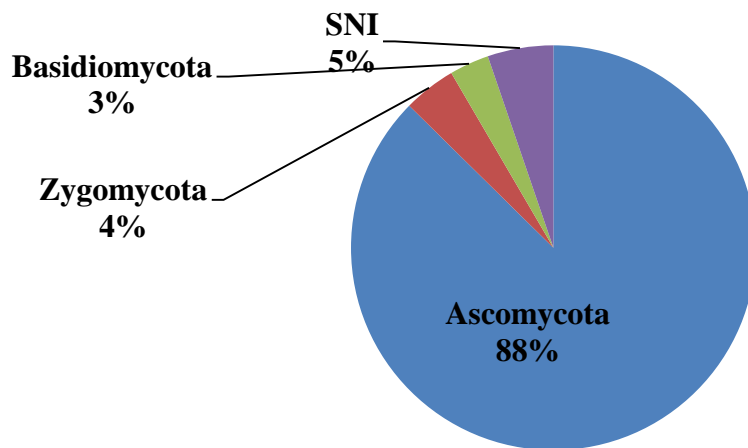


Figure 14. Abondance des phylas fongiques des sols sous pistachier de dayate Hassi Delâa (Ouali et Yaddaden, 2019).

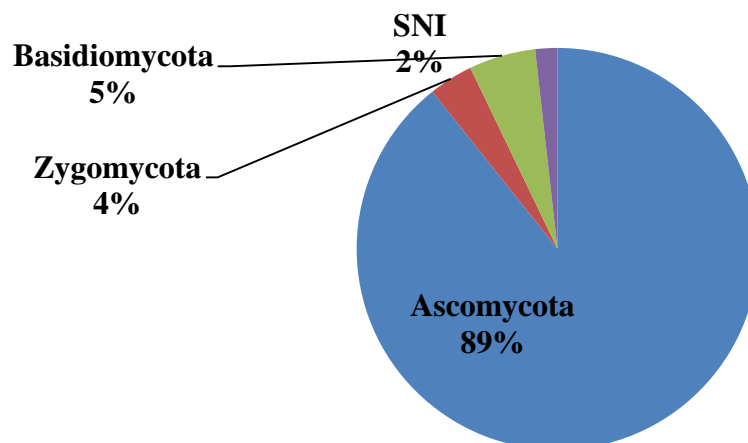


Figure 15. Abondance des phylas fongiques des sols sous pistachier de dayate El Gouffa(Ouali et Yaddaden, 2019).

Les Champignons sont fréquemment présents dans la rhizosphère de toutes les plantes. La plupart de ces champignons appartiennent au phylum des Ascomycota. Hawksworth (1991) a noté que les organismes de ce phylum sont les espèces les plus décrites à ce jour. Cela confirme les résultats obtenus dans cette étude de Ouali et Yaddaden réalisée en 2019.

2. Diversité et abondance des genres fongiques isolés à partir des sols sous pistachier de l'Atlas

Les résultats des travaux de Ouali et Yaddaden, 2019 concernant l'isolement des genres fongiques sont illustrés dans les figures 16 et 17. Ces résultats montrent que les sols de Hassi Delâa sont riches en *Aspergillus*, *Penicillium* et *Aureobasidium*, avec une abondance de 15,95%, 10,63 % et 7,44 % respectivement. Par ailleurs, dayate El-Gouffa présente les genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Aureobasidium* avec une abondance de 17,85%, 14,28 % et 8,92 % respectivement. Les autres genres sont moyennement à faiblement recensés.

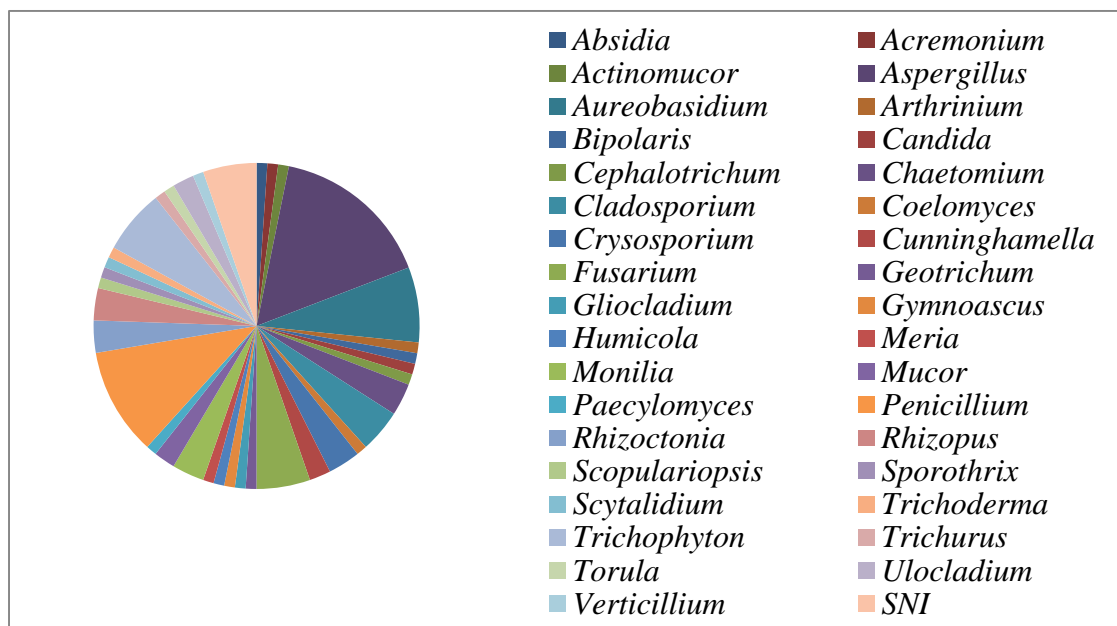


Figure 16. Abondance des genres fongiques isolés à partir des sols de dayate Hassi Delâa récoltés en avril 2016 (Ouali et Yaddaden, 2019).

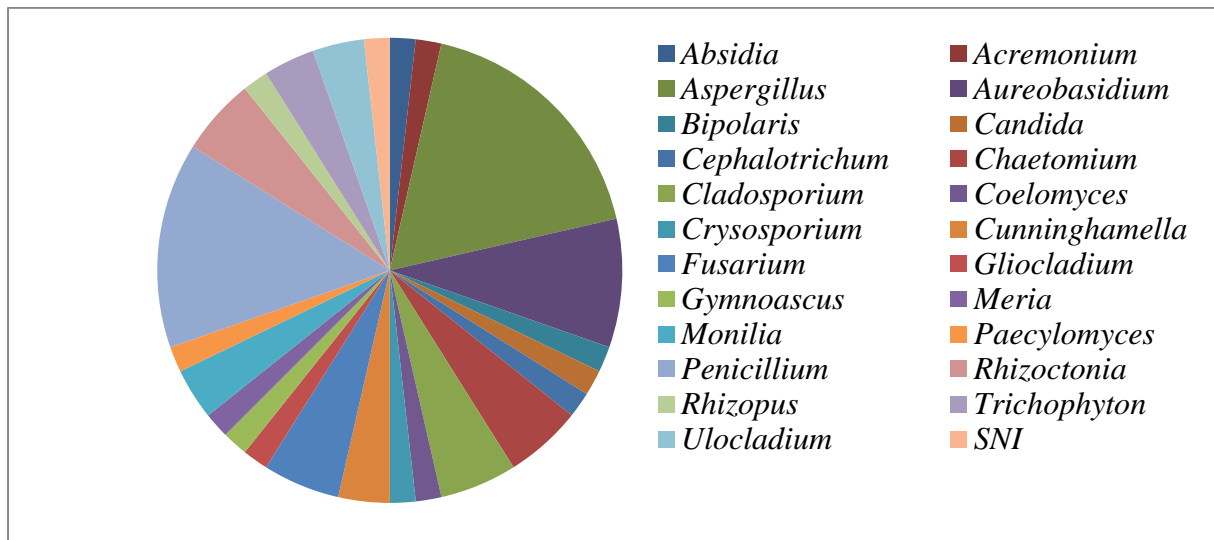


Figure 17. Abondance des genres fongiques isolés à partir des sols de dayate El Gouffa récoltés en avril 2016 (Ouali et Yaddaden, 2019).

Les genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Aureobasidium* sont les plus communs dans les sols de cette plante. Ces champignons sont les plus anciens microorganismes connus. Ils sont omniprésents dans la nature et ils ont une large répartition géographique et souvent associés aux régions à climat chaud (De Hoog et al., 2000 ; Castegnaro et Pfohl-Leszkowicz, 2002).

Les *Aspergillus* se développent sur la matière organique en décomposition, dans le sol, le compost et les denrées alimentaires. De nombreuses espèces de ce genre peuvent être directement pathogènes pour l'homme et les animaux (Bougharef, 2008).

Les *Penicillium* sont des champignons pour la plupart très communs dans l'environnement, polyphages, pouvant être responsables de nombreuses dégradations. Ils ont pour habitat naturel le sol, les denrées alimentaires, les matières végétales en décomposition, le compost et les céréales (Tabuc, 2007). Ils se développent à des températures modérées de l'ordre de 20-27 °C.

Pour les espèces du genre *Aureobasidium*, elles sont omniprésentes et se trouvent dans différents habitats (De Hoog et al., 2000). Ce genre possède différents modes de vie : saprophyte, pathogène associé aux plantes et pathogène humain opportuniste ou bien endophyte (Martini et al., 2009).

L'abondance élevée de ces champignons pourrait être liée à leur xérophilie, ils peuvent survivre dans des environnements où les précipitations sont très faibles, voire rares (Abdullah et al., 1986 ; Samaniego-Gaxiola et Chew-Madinaveitia, 2007).

Un autre champignon commun dans les sols, le genre *Fusarium* qui est l'un des genres les plus remarquables des champignons, il est présent aussi dans les sols de tous les sujets.

C'est un champignon cosmopolite, la plupart de ses espèces peuvent être trouvés dans la plupart des régions bioclimatiques du monde (Walsh *et al.*, 2010 ; Bani, 2011). Les *Fusarium* peuvent infecter les sols et les substances organiques. Ce genre regroupe beaucoup d'espèces phytopathogènes, susceptibles d'attaquer plus de 100 espèces végétales (Debourgogne, 2013). Il provoque des maladies appelées fusarioses, qui peuvent infecter aussi bien les parties aériennes que les parties souterraines des plantes (Anaissie *et al.*, 1989). Certains de ces pathogènes peuvent également causer des infections chez les animaux ou les humains (Debourgogne, 2013).

Le genre *Cladosporium* est un autre Ascomycète qui est présent. C'est un genre mondialement répandu et qui est largement retrouvé dans le sol et sur de nombreux végétaux (feuilles et de tiges sénescents et mortes de plantes herbacées et ligneuses) (Brown *et al.*, 1998 ; El-Morsy, 2000). Il regroupe plusieurs espèces, dont la plupart sont parasites de végétaux, saprophytes très communs ou phytopathogènes (Botton *et al.*, 1990). Il est souvent isolé de l'air ambiant et il ne pousse généralement qu'entre 20 et 25 °C, mais certaines espèces comme *Cladosporium carrionii* et *Cladosporium bantianum* sont thermophiles (Lyatim, 2008).

Les Zygomycètes sont représentés par quatre genres ubiquistes d'origine telluriques tels que *Rhizopus* et *Absidia*. Le genre *Rhizopus* est un champignon thermophile (Chabasse *et al.*, 2002), il est généralement saprophyte et on le trouve sur les matières organiques en décomposition, sur les feuilles ou dans le sol et les excréments d'animaux. Certaines souches de *Rhizopus* sont également connues pour être des agents pathogènes opportunistes (Bach, 2014). Le genre *Absidia* est un autre champignon ubiquiste d'origine tellurique, à distribution large. Il englobe les espèces mésophiles et thermotolérantes (Ribes *et al.*, 2000). Il peut pousser plus rapidement dans des températures optimales de croissance allant de 25 °C jusqu'à 37 °C (Chabasse *et al.*, 2002).

3. Mise en évidence de la diversité fongique CMA de la rhizosphère du pistachier de l'Atlas

3.1. Nombre de morphotypes de champignons endomycorhizogènes

L'observation microscopique des spores a révélé la présence de plusieurs morphotypes de CMA. La détermination INVAM (Blaszkowski, 2012) a permis d'identifier plusieurs genres, avec un nombre important de spores indéterminés dans les sols des deux dayas. Les résultats sont illustrés dans le tableau 8.

Tableau 8. Nombre de morphotypes de champignons endomycorhizogènes isolés à partir des échantillons de sols du pistachier de l'Atlas des deux dayas de Laghouat.

Genre	Mechiah (2015) (El Gouffa)	Ait Kaci et Ben Ouali (2017) (El Gouffa)	Amari et Belkadi (2018) (HassiDelâa)
<i>Glomus</i>	24	15	46
<i>Acaulospora</i>	11	9	11
<i>Ambispora</i>	5	3	4
<i>Gigaspora</i>	11	1	0
SNI	5	2	6

D'après ces résultats, il a été constaté que les champignons qui appartiennent aux genres *Glomus* présentent le plus grand nombre de morphotypes. Ce résultat est en accord avec ceux de Bà et *al.* (1996), Wang et *al.* (2008), qui affirment que ce genre présente le plus grand nombre de morphotypes dans les sols des zones semi-arides et arides, ceci peut être expliqué par son adaptation aux sols dégradés et leur pouvoir à développer un réseau d'hyphes et de sporulation rapide. Schwarzott et *al.* (2011), dans une étude phyllogénétique récente, ont conclu que *Glomus* est le genre le plus largement répandu (cosmopolite), à travers tous les écosystèmes terrestres et que cette plasticité s'explique par sa grande hétérogénéité génétique car il peut, à lui seul, constituer une famille. Amari et Belkadi (2018) ont noté une diversité importante de ce genre (46 morphotypes) au niveau des sols de HassiDelâa pour tous les sujets étudiés par rapport aux travaux de Mechiah (2015), qui a recensé 24 morphotypes à dayate El Gouffa. Cependant Ait Kaci et Ben Ouali (2017) ont recensés uniquement 15 morphotypes à dayate El Gouffa.

les sols de la station de HassiDelâa sont labourés, cela pourrait affecté la diversité des champignons endomycorhizogènes. En effet, ces résultats ne sont pas conformes à ceux rapportés par Thomas (2015), dont il a démontré que le labour détruit le sol et brise les réseaux d'hyphes fongiques. De plus, il vise à diminuer les populations d'adventices et entraine une baisse de la diversité floristique et donc des souches fongiques associés.

Quelques morphotypes des autres genres ont été isolés de la rhizosphère de *Pistacia atlantica*. Cependant, ce faible nombre peut nous renseigner sur l'état de dégradation des stations. Cela est confirmé par les travaux de Stutz et Morton (1996) et Azcon-Aguillar et *al.* (2003) qui ont rapporté la faible richesse spécifique des CMA dans des environnements arides

et semi-arides. En effet, dans les milieux méditerranéens, Atkinson et *al.* (2002), Calvente (2003) et Ferrol et *al.* (2003) ont montré que la diversité naturelle des CMA reste faible, voire même très faible dans les sols affectés par les processus de désertification. Néanmoins, certaines espèces restent spécifiques à certains bioclimats. La majorité des spores retrouvées dans ces sols appartiennent aux genres *Glomus* et *Acaulospora*. La dominance des Glomeraceae a été rapportée dans d'autres études réalisées sur différents habitats tels que les sites géothermiques (Appoloni et *al.*, 2008), les forêts tropicales (Wubet et *al.*, 2004) et les sols agricoles (Daniell et *al.*, 2001). Cela suppose que, dans notre zone d'étude, ces deux genres ont le même potentiel d'infection vis-à-vis des racines de ces pistachiers. Néanmoins, certaines espèces restent spécifiques à certains milieux, l'exemple le plus frappant reste celui de *Gigaspora*, qui a été enregistré uniquement au niveau de la station de El Gouffa et sont absente au niveau de la station de Hassi Delâa pourrait être expliquée du fait que les sols de sont de nature sableuses et limoneuses.

3.2. Abondance de la communauté sporale de CAM

Il a été noté que le genre *Acaulospora* est le plus abondant parmi tous les genres recensés dans les sols rhizosphériques de *Pistacia atlantica* Desf, suivi par le genre *Glomus*. Par contre, les genres *Ambispora* et les genres indéterminés recensés sont faiblement présents (Tableau 9).

Tableau 9. Abondance de différents genres de Glomeromycota isolés à partir des échantillons de sols du pistachier de l'Atlas à Hassi Delâa et El Gouffa.

Genre	Famille	Mechiah (2015) (El Gouffa)	Ait Kaci et Ben Ouali (2017) (El Gouffa)	Amari et Belkadi (2018) (Hassi Delâa)
		Abondance (%)	Abondance (%)	Abondance (%)
<i>Acaulospora</i>	Acaulosporaceae	45	71,28	58,81
<i>Glomus</i>	Glomeraceae	18,18	25,89	34,03
<i>Ambispora</i>	Ambisporaceae	7,43	1,3	4,60
<i>Gigaspora</i>	Gigasporaceae	3	0,44	0
Indéterminés	/	22,54	1,92	2,30

Selon les résultats du tableau 9, nous constatons que l'abondance du genre *Acaulospora* obtenus par Ait Kaci et Ben Ouali (2017) est plus importante (71,28%), comparativement à celle obtenue par Amari et Belkadi (2018) et Mechiah (2015), 58,81% et 45% respectivement. Par ailleurs, le genre *Glomus* marque une abondance remarquable (34,03%) dans l'étude de Amari et Belkadi (2018), par rapport à celle d'Ait Kaci et Ben Ouali (2017) et Mechiah (2015), 25,89% et 18,18 respectivement.

Mechiah (2015) a noté des abondances plus élevées des genres *Ambispora*(7,43%), *Gigaspora*(3%) et les indéterminés (22,54%) comparativement aux résultats de Amari et Belkadi (2018) 4,60% ; 0% et 2,30% respectivement et ceux de Ait Kaci et Ben Ouali (2017) 1,3% ; 0,44% et 1,92% respectivement. En effet, cette variabilité d'abondance est pourrait être dû au fait que les périodes d'échantillonnages n'ont pas été effectués dans la même année. Plusieurs facteurs peuvent influencer la répartition et l'abondance des souches CMA, notamment les précipitations et la température, ce qui affecte la capacité du champignon à coloniser et à exister dans un lieu donné (Chaudhary et al., 2008). L'abondance du genre *Acaulospora* est due à son adaptation aux sols des zones arides et au pH des sols élevés (Jefwa et al., 2006 ; Starker et al., 2010).

3.3. Densité de la communauté sporale de CMA

Les tableaux 10 et 11 ci-dessous présentent la densité des spores/100g de sol de chaque sujet échantillonné dans les sols des deux dayas prospectées.

Tableau 10. Densité de spores/100g de sol sous pistachier de l'Atlas à El Gouffa (Mechiah, 2015 et Ait Kaci et Ben Ouali 2017).

Mechiah (2015)et Ait Kaci et Ben Ouali (2017)(El Gouffa)	Densité de spore/100g du sol
Sujet 1	94
Sujet 2	166
Sujet 3	135
Sujet 4	161
Sujet 5	60
Sujet 6	60
Sujet 7	316
Sujet 8	47
Sujet 9	237
Sujet 10	93
Sujet 11	586
Sujet 12	168

D'après ce tableau, le nombre de spores dans les sols échantillonnés par Mechiah en avril 2014 varie entre 60 et 166 spores/100g de sol. La valeur la plus élevée a été enregistrée pour le sujet 2 et le sujet 4, suivi par le sujet 3. Ils semblent être les sujets les plus riches en propagules de champignons endomycorhizogènes. Pour le sujet 1, la densité est moyenne. Par ailleurs, on note que les sols des sujets 5 et 6 sont pauvres en spores. Et le nombre de spores dans les sols des sujets échantillonnés par Ait Kaci et Ben Ouali en avril 2016 enregistre la plus grande valeur pour le sujet 11 suivi par le sujet 7 qui sont les plus riches en propagules de champignons endomycorhizogènes. Pour les sujets 9 et 12 la densité est moyenne et les sujets 8 et 10 sont pauvres en spores.

Tableau 11. Densité de spores/100g de sol sous le pistachier de l'Atlas à HassiDelâa (Amari et Belkadi, 2018).

Amari et Belkadi (2018) (HassiDelâa)	Densité de spore/100g du sol
Sujet 1	1212
Sujet 2	288
Sujet 3	37
Sujet 4	687
Sujet 5	83
Sujet 6	169

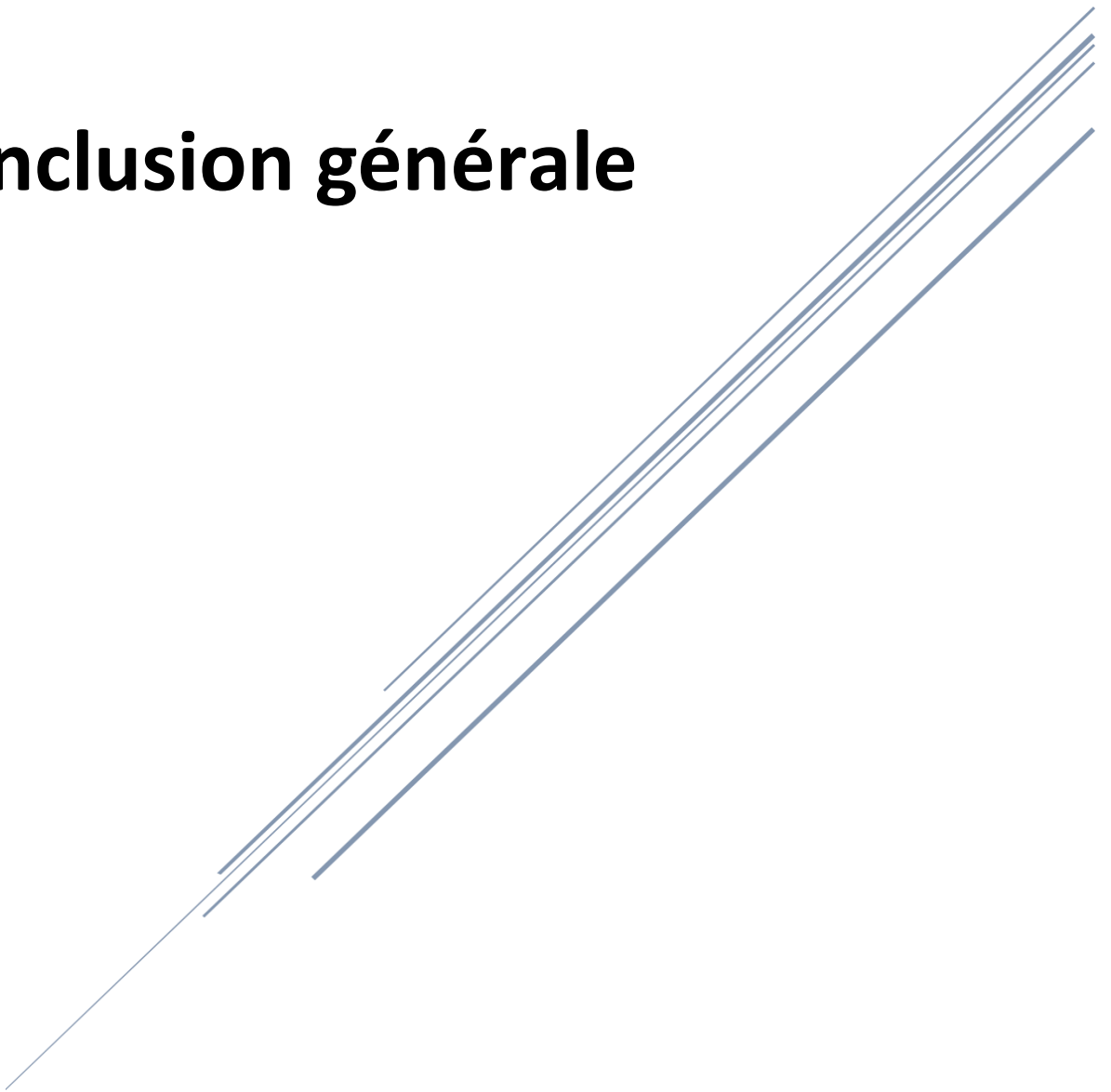
D'après ce tableau, le nombre de spores dans les sols échantillonnés par Amari et Belkadi en avril 2017 varie entre 83 et 1212 spores/100 g de sol. La valeur la plus élevée se trouve au niveau du sujet 1 avec 1212 spores, suivi par les sujets 4 avec 687 spores, 3 avec près de 473 spores et le sujet 2 présente 288 de spores. Ces derniers semblent être les plus riches en spores, contrairement aux sujets 6 avec 169 et le sujet 5 présente la plus faible densité avec 83 spores.

Nous remarquons que les densités sont plus importante dans les sols échantillonnées dans l'étude réalisé par Amari et Belkadi (2018), qui atteint 1212 spores /100g par rapport à celles obtenus par Ait Kaci et Ben ouali (2017), qui atteint 316 spores /100g. Ces densités sont trop élevées par rapport aux résultats de Mechiah (2015), qui a travaillé sur la population de dayate El-Gouffa et qui varie entre 60 et 166 spores.

Contrairement à ce qui est rapporté par d'autres auteurs, malgré le fait que les sols de HassiDelâa soient labourés, cela n'a pas trop affecté la densité des spores. Ceci pourrait être dû aussi à l'année et à la saison d'échantillonnage. La densité des spores de CMA augmente dans les climats secs (Uhlmann *et al.*, 2006). Selon l'étude faite par Pringle et Bever (2002), les spores fongiques sporulent différemment selon la saison. Hatimi et Tahrour (2007) affirment que la production des spores est importante durant la floraison de la plante et qu'elle décroît en fin de saison, quand les plantes sont en fin de cycle avec changement physiologique des racines, ce qui explique le taux important de la densité sporale et de colonisation mycorhizienne trouvée dans cette étude durant la saison printanière.

D'après Smith (1980), les densités maximales des spores sont notées au printemps et elles diminuent en été. La saisonnalité des champignons endomycorhizogènes résulte de l'influence des conditions climatiques : température et taux d'humidité du sol et du stade végétatif des plantes (Ibrahim et *al.*, 1995). L'évolution des niveaux d'éléments nutritifs dans le sol augmente durant le printemps ainsi qu'une production importante de spores pendant la floraison des plantes (Hatimi et Tahrouch, 2007). Le printemps est la saison préférée par les champignons, on trouve des taux plus élevés des structures fongiques par rapport aux autres saisons. Cette densité pourrait être liée aussi à la nature du sol qui est limono-sableux et limono-argileuse (Boubrima, 2014) au niveau de Hassi Délâa par rapport à celle de dayate El-Gouffa, qui se caractérise par un sol limoneux à limoneux fin (Hamitouche, 2016). Au niveau de la station HassiDelâa, les sols ont été labourés par rapport à celle d'El Gouffa, cela joue un très grand rôle dans la dispersion des champignons et spores dans les sols, ce qui favorise leur prolifération donc leur densité (Thomas, 2015).

Conclusion générale



Ce travail consiste en une synthèse bibliographique de plusieurs travaux : Mechiah (2015), Ait Kaci et Ben Ouali (2017), Amari et Belkadi (2018) et Ouali et Yaddaden (2019), réalisés sur la quantification et l'identification de la communauté sporale des champignons endomycorhizogènes, ainsi que la diversité fongique rhizosphérique du pistachier de l'Atlas de Laghouat (Algérie). Ces travaux sont effectués au niveau du laboratoire « Ressources Naturelles » de l'université Mouloud Mammeri de TiziOuzou.

Dans le cadre de cette synthèse bibliographique, l'isolement et l'identification des champignons qu'abritent les sols de *Pistacia atlantica* Desf. ont été étudiés, ainsi que leurs diversités et leurs abondances au niveau de deux dayas (dayate El-Gouffa et Hassi Delâa), qui se trouvent dans la wilaya de Laghouat (Algérie).

Pour cela, deux techniques ont été utilisées. La technique de suspension-dilution, a été utilisée pour les champignons du sol (Ascomycota, Basidiomycota et Zygomycota) (Rapilly, 1968). La technique de tamisage humide adoptée selon le protocole de Gerdemann et Nicolson (1963) a été utilisée pour la mise en évidence des Glomeromycota.

Les chercheurs ont pu identifier 35 genres fongiques, dont les plus abondants sont : *Aspergillus* (15,95%), *Penicillium* (10,63%), *Aureobasidium* (7,44%), *Trichophyton* (6,38%), *Chaetomium*, *Chrysosporium*, *Monilia Rhizoctonia* et *Rhizopus* (3,19% pour chacun d'entre eux), *Cunninghamella*, *Mucor* et *Ulocladium* (2,12% pour chacun d'eux). Les espèces non identifiées sont présentées avec un taux de 5,30%. Cependant, les résultats de mise en évidence des Glomeromycota ont montré la présence de plusieurs morphotypes répartis en quatre familles : *Acaulosporaceae*, *Glomeraceae*, *Ambisporaceae*, *Gigaspora* et certaines morphotypes indéterminés. La densité des spores isolées dans les sols rhizosphériques sous pistachier de l'Atlas est importante chez les sujets jeunes et elle est moyenne chez les sujets âgés. Une diversité importante du genre *Glomus* a été notée, suivi par *Acaulospora*.

A cet égard, nous constatons que le pistachier de l'Atlas s'associe avec une myriade de champignons, qui lui confèrent une meilleure résistance aux différents stress environnementaux. Cependant, ces champignons peuvent être considérés comme étant une composante essentielle dans le processus de préservation des communautés du pistachier de l'Atlas en Algérie.

Enfin, pour une meilleure connaissance et identification des champignons au niveau des sols sous pistachier de l'Atlas, ces travaux peuvent être poursuivis par :

- des études plus approfondies concernant toutes les communautés fongiques recensées afin de déterminer les espèces des différents genres notés.
- établir la diversité saisonnière et annuelle pour faire un suivi temporel de cette diversité par rapport aux changements édaphiques et climatiques ;
- étudier l'impact des paramètres climatiques et les caractéristiques physico-chimiques du sol sur la densité sporale et la diversité fongique.
- identification des champignons non identifiés.

Références bibliographiques



Références bibliographiques

-A-

Abdullah S.K., Al-Khesraji T.O. et Al-Edany T.Y. (1986). Soil mycoflora of the southern desert of Iraq. *Sydowia*. 39 : 8-11.

Ait Kaci T., Ben Ouali L., (2017). Mise en évidence de la diversité fongique (Glomeromycota) de la rhizosphère du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) de dayate El Gouffa, Laghouat (Algérie). Memoire de master 2 en Sciences Biologiques, Spécialité Diversité et adaptation de la flore méditerranéenne.

Ainsworth GC., Hawksworth DL., Bisby GR. 2008. Ainsworth & Bisby's dictionary of the Actinomycetes. 3rd ed. Philadelphia : Saunders 161: 1-188.

Ait Slimane. 2004. Architecture racinaire et adaptation du pistachier de l'Atlas. (*Pistacia atlantica* Desf. Ssp. Atlantica) à la sècheresse : cas de la population de Beni Ounif. (Bechar). Mémoire ingénieur en Agronomie., Département des Sciences Agronomiques. UMMTO, 95p.

Al-Saghir M.G., Porter D.M. et Nilsen E.T. (2006). Leaf anatomy of *Pistacia* species (Anacardiaceae). *Journal of Biological Sciences* 6:242-244.

Amarache C., Chelli O. 2008. Contribution à la recherche de symbiose mycorhizienne de (*Pistaciaatlantica*. Desf. ssp. *atlantica*) de la station de Tilghemt (wilaya de Laghouat) Mémoire d'Ingénieure en Biologie, Département des Sciences Biologiques, UMMTO. 78 p.

- Amari K., Belkadi T., (2018).** Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.), cas de la population de dayate Saadi Hassi-Delâa (wilaya de Laghouat, Algérie). Diplôme de Master 2 En Ecologie et Environnement Spécialité Biodiversité et Écologie Végétale.
- Amghar. F., et Kadi-Hanifi. H., 2002 :** Effet de la mise en défense de la biodiversité et le sol dans les formations à *Stipa tenacissima* de l'Algérie. 11ème réunion du sous réseau méditerranéens FAO-CIHAM « Réhabilitation des pâturages et des parcoures en milieu méditerranéens » du 29 octobre au 1 novembre 2002, Djerba (Tunisie).
- Amroun R., 2013 :** Caractérisation de propriétés physique et chimiques des sols sous pistachier de l'Atlas : cas de la daya Timizerth (wilaya de Laghouat). Mémoire Ing. Agronomie. Département des Sciences Agronomiques. UMMTO, 83p.
- Anaïssie E.J., Kantarjian H., Jones P., Barlogie B., Luna M., Lopez-Berenstein G., et Bodey G.P. (1989).** *Fusarium*, a newly recognized fungal pathogen in immune suppressed patients. *Cancer* 57, 2141-2145.
- Appoloni, S., Lekberg, Y., Tercek, M.T., Zabinski, C.A., and Redecker, D. 2008.** Molecular community analysis of arbuscular mycorrhizal fungi in roots of geothermal soils in Yellowstone National Park (USA). *Microbial Ecology*, 56 :649-659.
- Atkinson, D., Baddeley, J.A., Goicoechea, N., Green, J., Sanchez-Diaz, M. and Watson, C.A. 2002.** Arbuscular mycorrhizal fungi in low input agriculture. En: Gianinazzi S (Ed) *Mycorrhizal Technology in Agriculture*, Birkhauser-Verlag, Pp 211-222.
- Azcon-aguilar, C., Palenzuela, J., Roldan, A., Bautista, S., Vallejo, R. & Barea, J.M. (2003).** Analysis of the mycorrhizal potential in the rhizosphere of representative plant species from desertification-threatened Mediterranean shrublands. *Appl. Soil Ecol.*, 14: 165-175.

- Bani M., 2011.** Prospection, isolement et caractérisation phénotypique d'isolat de *Fusarium oxysporum* Schlechtendahl f. sp. *albedinis* (Killian et Mairie). Biotechnologies végétales. Ecole nationale supérieure d'Agronomie El Harach- Alger.
- Bar-Hen A., Mariadassou M., Poursat M.A., Vandenkoornhuyse P. 2008.** Influence of function for robust phylogenetic reconstructions. *Molecular Biology and Evolution*. 25:869-873.
- Baytop, T. (1999).** Therapy with medicinal plants in Turkey- Past and Present, Second ed. Nobel Publishers, Istanbul.
- Belhadj S. 2001.** Les Pistacheries Algériennes: Etat actuel et dégradation. In : AKB.E (Ed). XI GREMPA. Seminar on pistachios and Almonds. Zaragoza. Cahiers options méditerranéennes : CIHEAM, 56:107-109.
- Belhadj S., Derridj A., Auda Y., Gres C., Guaquelin T. 2008.** Analyse de la variabilité morphologique chez huit populations spontanées de *Pistacia atlantica* en Algérie. *Botany*, 86 : 520-532.
- Belkhodja, Y.K. (2014).** Contribution à la description anatomique du phytomère chez le genre *Pistacia* de la wilaya de Tlemcen. Mémoire de master : écologie, gestion, et conservation de la biodiversité. Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen, 44p.
- Bentaleb I., 2011 :** Caractérisation physique et chimique des sols sous pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans la région Boucédraia (wilaya de Djelfa). Mémoire Ingénieur Agronome, Département des Sciences Agronomiques, UMMTO, 62p.
- Benhssaini H., Belkhoja M. 2004.** Le pistachier de l'Atlas en Algérie entre la survie et la disparition. *La feuille et l'aiguille*, 54 : 1-2.
- Benfoddil O., 2015.** Inventaire des champignons endophytes des feuilles de *Pistacia atlantica* Desf. de la région El Guouffa (Laghouat, Algérie). Mémoire de Magister. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences

Agronomiques.Département des Sciences Biologiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie. 48-58 et 73-102p.

Betton B., Breton A., Fevre M., Gauthier S., Guy P.H., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y., et Veau P., 1990. Moisissures utiles et nuisibles : importance industrielle. 2ème édition. Masson. Collection Biotechnologies. p :34-428.

Boukef MK. 1986. Les Plantes dans la médecine traditionnelle Tunisienne, Agence de Coopération Culturelle et Technique, pp 82–83.

Bounceur D., 2009 : Contribution à l'étude de caractéristiques physiques et chimiques des sols sous pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica*) : cas de la dayate de Tilrhemt (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 85 p.

Blaszkowski J. 2012. Glomeromycota. W. Szafor Institut of Botany Polish Academy of Science, Krakow, p.304. ISBN: 978-83-89648-82-2.

Boubrima A. 2014. Type d'enracinement du pistachier de l'Atlas en relation avec les propriétés physico-chimiques du sol sous-jacent : cas de dayate Saadi (Hassi Delâa) et de dayate Aiat (Timzerth) de la Wilaya de Laghouat. Mémoire de Magister Ecologie végétale. Université Amar Telidji. Laghouat. 244 p.

Bouchet PH., Giraud JL., Vihard J. 1999. Les champignons : mycologie fondamentale et appliquée. Masson (ed). p : 5-10.

Boudy P.1950. Economie forestière nord africaine. Monographie et traitement des essences Forestières. Paris, Larose, 525 p.

Boudy P. 1952. Guide du forestier en Afrique du nord. Vol 1, Edit. La Maison rustique, Paris, 509p.

Boudy P., 1955. Economie forestière Nord-Africaine, description forestière de l'Algérie et de la Tunisie T. IV. Paris, Larose, 483p.

Botton B., Breton A., Fevre M., Guy P.H., Iarpent J.P., Sanglier J.J., Vayssier V. et Veau P. (1990). Moisissures utiles et nuisibles. Importance Industrielle. Ed : *Masson*. p : 20-191.

Bozorgi M., Memariani Z., Mobli M., Hossein M., Surmaghi S., Shams-ardekani MR., Rahimi R. 2013. *P. khinjuk* ,and *P . lentiscus*, A review of their traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *The Scientific World Journal* 1-33 p.

Brichet M., 1931. Le pistachier fruitier. *Informatoragricola*, 53 : 1416-1420.

Brown P.H., Zhang Q et Fergusson L., 1994 :Influence of rootstock on nutrient acquisition by Pistachio. *Journal of plant nutrition*, 17:1137-1148.

Brown K.B., Hyde K.D. et Guest D.I. (1998). Preliminary studies on endophytic fungal communities of *Musa acuminata* species complex in Hong Kong and Australia. *Fungal Divers.* 1 : 27-58.

-C-

Calvente, R. 2003. Inoculación de hongos micorrizicos en variedades comerciales del olivo (*Olea europea* L.): efectos sobre el crecimiento, nutrición e inducción de enzimas hidrolíticas relacionadas con el establecimiento de la simbiosis y/o protección frente a enfermedades. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

Carlile M.J., Watkinson S.C. 1997. *The Fungi.* (Academic Press) Castagnaro M. et Pfohl-Leskowicz A. (2002). Les mycotoxines : contaminants omniprésents dans l'alimentation animale et humaine. In : Moll M. et Moll N. *La sécurité alimentaire du consommateur.* Tec & doc, Lavoisier, Londres, Paris, New York. p : 127-179.

Chaba B., Charaa O. Khichane ., 1991. germination, morphogenèse racinaire et rythmes de croissance du pistachier de l'Atlas. Physiologie des arbres et des arbustes en zones arides et semi arides, Groupe d'Etude de l'Arbre : 465-472.

Chabasse D., Bouchara J.P., Centile L., Brun S., Cimon B et Penn P., 2002. Les moisissures d'intérêt médical. Cahier de formation biologie médicale n025, laboratoire de Parasitologie-Mycoologie du CHU d' Angers, Cedex, 159p.

Chaudhary, V.B., Lau, M.K. and Johnson, N.C. 2008. Macroecology of Microbes Biogeography of the Glomeromycota. Varma A. (ed.). Mycorrhiza, Pp 529-561.

Chief R., 1982. Les plantes médicinales. Solor, 2276-2277.

-D-

Daniell, T.J., Husband, R., Fitter, A.H., and Young, J.P.W. 2001. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonising arable crops. FEMS Microbiology Ecology, 36: 203-209.

Davet P. 1996. La vie microbienne du sol et production végétale, 1ère Edition INRA : pp:14-60, 342-344.

Debourgogne A., 2013. Typage moléculaire du complexe d'espèces *Fusarium solaniet* détermination de son mécanisme de résistance au voriconazole. Thèse de Doctorat, option : Science de la Vie et de la Santé. Université de Lorraine-France.

De Hoog G.S., Guarro J., Gené J. et Figueras M.J. (2000). Atlas of clinical fungi. 2edición. Utrecht & Reus, Centraalbureau voor Schimmelcultures. Universitat Rovira i Virgili.

Deguiche M., 2008 : Caractérisation des sols sous pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) : cas de dayate de Tilrhemt (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 88p.

Deroy., 2015. Evolution et adaptation des champignons saprophytes : les systèmes impliqués dans la dégradation du bois chez *Trametes versicolor*. Doctorat En Biologie Végétale et Forestière. Université de Lorraine France p 10'14 et 172-175p.

Dommergues Y., Mangenot F. 1970. Ecologie microbienne du sol. Masson, paris. 795p.

-E-

Egidi E., Delgado-Baquerizo M., Jonathan M., Plett., Juntao., Wang., David J. Eldridge., Richard D., Bardgett , Fernando T., Maestre et Brajesh K. Singh 2019. A few Ascomycota taxa dominate soil fungal communities worldwide. Nature communication. Vol:10 :2369.

El-Morsy E.M. (2000). Fungi isolated from the endorhizosphere of halophytic plants from the Red Sea Coast of Egypt. *Fungal Diversity*. 5 : 43-54.

- F -

Fennane M., Ben Tattou M., Ouyahya A., El Oualidi., J. 2007. Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires. Vol : 2 Eds : Institut Scientifique. Rabat, 636 p.

Ferrol, N., Calvente, R., Cano, C., Barea, J.M. and Azcón-Aguilar, C. 2003. Analysing arbuscular mycorrhizal fungal diversity in shrub-associated resource islands from a desertification threatened semiarid Mediterranean ecosystem. *Applied Soil Ecology*, 25: 123-133.

-G-

Gargas A., De Priest PT., Grube M., Tehler A. 1995. Multiple origins of lichen symbioses in fungi suggested by SSU rDNA phylogeny. *Science*. 268: 1492-1495.

Gerdman J.W., et Nicolson T.H., 1963: Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc., 44 : 235-244p.

-H-

Hales L. 2016. Contribution à l'étude des symbioses mycorrhiziennes chez le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) : cas de la population de dayate d'El Ghouffa (wilaya de Laghouat). Mémoire de Master. Département des Sciences Biologiques, UMMTO. 49 p.

Hamitouche F. 2016. Influence des propriétés physico-chimiques du sol sur l'architecture racinaire de *Pistacia atlantica* Desf. de Dayate El Gouffa, commune Ain Madhi, W. Laghouat. Mémoire de Magister. Département des Sciences Biologiques. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. UMMTO. 111 p.

Harfouche A., Chabouti-Meziou N. et Chebouti Y., 2005. Comportement comparé de quelques provenances algériennes de pistachier de l'Atlas introduites en réserve naturelle de Mergueb (Algérie). Forêt méditerranéenne t. XXVI, n° 2 : 135-142.

Hatimi, A. & Tarouch, S. (2007). Caractérisation chimique, botanique et microbiologique du sol des dunes littorales du Souss-Massa. *Biomatec Echo*, 2 (5): 85-97.

Hawksworth DL. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycological Research*. 95: 641-655.

Hawksworth DL. 2001. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research*. 105: 1422-1432.

Hawksworth DL., Rossman AY. 1997. Where are all the undescribed fungi. *Phytopathology*. 888-89.

Henry D, 2013. Du couple lignine champignons dans la vie du sol à l'utilisation duBRF en agriculture. Les journées des paysannes.

Hibbett DS., Donoghue MJ. 2001. Analysis of character correlations among wood decay mechanisms, mating systems, and substrate ranges in homobasidiomycetes. *SystematicBiology*. 50: 215-242.

Hibbett DS., Binder M., Bischoff JF., Blackwell M., Cannon PF., Eriksson OE., et al. 2007. A higher-level phylogenetic classification of the fungi. *Mycol Res*. 111(5): 509-547.

Herre E.A., Mejia L C., Kylo D.A., Rojas E., Maynard Z., Butler A. et Van Bael S.A. (2007). Ecological implications of anti-pathogen effects of tropical fungal endophytes and mycorrhizae! *The Ecol. Society of America Ecol*. 88 (3), 550–558.

-I-

INVAM (International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi) http://invam.caf.wvu.edu/Myc_Info/Taxonomy/species.htm.

-J-

James TY., Letcher PM., Longcore JE., Mozley-Standridge SE., Porter D., Powell MJ., et al. 2006. A molecular phylogeny of the flagellated fungi (Chytridiomycota) and description of a new phylum (Blastocladiomycota). *Mycologia*. 98(6) : 860–871.

James TY., Kauff F., Schoch C.L., Matheny PB., Hofstetter V., Cox CJ., et al., 2006. Reconstructing the early evolution of Fungi using a six-gene phylogeny. *Nature*. 443: 818-822.

Jennings DH.,Lysek G. 1996. Fungal biology: understanding the fungal lifestyle. (Bios Scientificpublisherseds).

-K-

Kaabeche M., 2005. Guide des habitats arides et sahariens (typologie de la végétation d'Algérie. Projet /ALG/G35.

Kebcis S., 2008. Approche de l'adaptation de l'architecture racinaire du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. Ssp. *Atlantica*) à la sécheresse : cas de la population de Tirlhement (wilaya de Laghouat), Mémoire d'Ingénieur Agronome. Département des Sciences Agronomiques. Faculté des Sciences Biologiques Agronomiques, U.M.M.T.O. 116 P.

Khaldi A. and Khoudja M.K., 1996. Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) in North Africa: Taxonomy, geographical distribution, utilization and conservation. In Padulosi, Caruso and Barone, Project on underutilized Mediterranean species: Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources. Report of a workshop IPGRI, Palermo, Italy. 57-62.

Kiffer E., Morellet M. 1997. Les Deuteromycetes : classification et clés d'identification générique. Edition (INRA). Paris, France. 1-7p.

-L-

Larouci A., 1987. Etude biochimique et physiologique des essences du pistachier de l'Atlas. Mémoire d'ingénieur, USTHB Alger.

Larnier L., Joly P., Bondoux P., Bellmere A. 1978. Mycologie et pathologie forestière, Tome 1 : Mycologie forestière, Paris : Edition Masson, pp 6-29.

Lecellier A. 2013. Caractérisation et identification des champignons filamenteux par spectroscopie vibrationnelle. Thèse de Doctorat, Biologie-Biophysique, Université Reims Champagne-Ardenne.

Lecler, J.CH., Richard-Molard, J., Lamotte, M., Rougerie, G. & Portères, R., 1983.- Recensement des végétaux vasculaires des Monts Loma (Sierra Léone) et des pays de piedmont. Première partie : Annonacées-Ombellifères. Boissiera 32, 301 p.

Limane A., 2009 : Architecture racinaire du pistachier de l'Atlas en relation avec les propriétés physico-chimiques du sol sous-jacent : cas de la population de la réserve nationale d'El-Mergeub (Wilaya de M'Sila), Algérie. Mémoire de Magister en biologie et écologie des populations et des communautés, option : Ecologie des populations et des peuplements. UMMTO. 157p.

Limane A., SmailSaadoun N., BelkebirBoukais A., KissoumHamdini K. 2014. Root architecture adaptation of *Pistacia atlantica* subsp. *atlantica* according to an increasing climatic and edaphic gradient: case of a north south transect in Algeria, Turkish Journal of Botany, 38: 536-549.

Limane A, 2018. Réponses architecturales racinaires et stratégies d'absorption hydrominérale chez *Pistacia atlantica* en fonction d'un gradient d'aridité croissante : cas d'un transect Nord-Sud en Algérie. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 1-16 et 52-65p.

Lutzoni F., Khaff F., Cox, C.J., Mclaughlin D., Celio G., Bryn DentingerMahajabeenPadamsee H.D., et al., 2004. Assembling the fungal tree of life: progress, classification, and evolution of subcellular traits American Journal of botany. 91(10):1446-1480.

Lyatim S. 2008. Moisissures d'intérêt médical. Etude récente prospective au Laboratoire de parasitologie et mycology. Thèse de Pharmacie. 3-45p.

-M-

Marie R. 1964. Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine cyrénaique et sahara). Paris XIème, p 156.

Mansour C., 2011. Contribution à l'étude de la répartition du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans la wilaya de Naama cas de GALLOUL. Diplôme d'ingénieur

d'état en foresterie. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des sciences de la terre et de l'Univers. Université Abou bekrBelkaid Tlemcen. P 115.

Martini M., Musetti R., Grisan S., Polizzotto R., Borselli S., Pavan F. et Osler R. (2009).

DNA-dependent detection of the grapevine fungal endophytes *Aureobasidium pullulans* and *Epicoccumnigrum*. *Plant Dis.* 93 : 993-998.

Mechiah F., 2015. Approche des symbioses racinaires de de *Pistacia atlantica* Desf. De

Dayate El Gouffa (Laghouat, Algérie). Thèse de Magister en Ecologie végétale Appliquée et Gestion de l'Environnement. Faculté des Sciences Biologique et des Sciences Agronomiques. UMMTO. Pp 125.

Monjauze A. 1968. Répartition et écologie de *Pistaciaatlantica* DESF. en Algérie. Bull. Soc.

Hist. Nat. Afr. Du N. N° 56, pp 1–127.

Monjauze A. 1980. Connaissance du « betoum » *Pistaciaatlantica*Desf. Biologie et forêt.

Rev. For. Fran. N° 4, pp 357–363.

Moreau PA., Daillant O., Corriol G., Gueidan C., Courtecuisse R. 2002. Inventaire des

champignons supérieurs et des lichens sur 12 placettes du réseau et dans un site atelier de l'INRA/GIP ECOFOR – Résultats d'un projet pilote (1996-1998). Office National des Forêts, Fontainebleau, France, 142 p.

Morton JB., Benny GL. 1990. Revised classification of arbuscularmycorrhizal fungi

(Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon.* 37 : 471-491.

Mueller G.M., Schmit J.P. 2007. Fungal biodiversity: what do we knowBiodiversity and

Conservation.16: 1-5.Petrini O., 1991. Fungal endophyte of tree leaves. Eds. Microbial Ecology ofLeaves.SpringerVerlag.199-197.

Nègre R. 1962. Petite flore des régions arides du Maroc occidental, tome II Ed. C, N, R, S. 55 p.

Neubert K., Mendgen K., Brinkmann H., Wirsal S.G.R. 2006. Only a Few Fungal Species Dominate Highly Diverse Mycofloras Associated with the Common Reed. *Applied and Environmental Microbiology*. 72: 1118-1128.

- O -

OualiM .,Yaddaden N., (2019). Diversité des champignons du sol sous *Pistacia atlantica* Desf. dedayate El-Gouffa (Laghouat, Algérie). MEMOIRE DE MASTER en Sciences de la Nature et de la Vie, Spécialité Biodiversité et Ecologie Végétale.

Ozenda P., 1977. Flora du Sahara. Ed. C.N.R.S. 622 p.

Ozenda P. 1983. Flore du Sahara. Deuxième édition C.N.R.S. 566 p.

- P -

Pouget M., 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises ORSTOM. Paris, 569 p.

- Q -

Quezel P., Santa S. 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. Ed. Centre national de la recherche scientifique, Paris, France.

Quézel P. Médail F., 2003. Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. *Collection Environnement*. Elsevier, Paris, France. 573p.

Quézel, P. (2009).Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéenne. Alger : AFAQ,

- R -

Raven, P.H., Evert, E., et Eichorn, 2007. Biologie végétale. Editions de Boeck. 2 émeédition.

-S-

- Samaniego-Gaxiola J.A. et Chew-Madinaveitia Y. (2007).** Diversidad de géneros de hongos en suelo en tres campos con diferentes condiciones agrícolas en la Laguna, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 78 : 383-390.
- Schüßer A., Schwarzott D., Walker C. 2001.** A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research*. 105: 1413-1421.
- Schubler A., Schwarzott D., Walker C., 2011.** A new fungal phylum, the Glomeromycota : phylogeny and evolution *Mycol. Res.*, 105 :1413-1421.
- Senn-Irlet B., Egli S., Boujon C., Kuchler H., Küffer N., Neukom HP., Roth JJ. 2012.** Protéger et favoriser les champignons. Notice pour le praticien (49), Birmensdorf, Suisse, 12p.
- Sicard M., Lamoureux Y. 2006.** Connaître, cueillir et cuisiner les champignons sauvages du Québec. Ed. Fides, Québec, 365 p.
- Simon L., Bousquet J., Levesque RC., Lalonde M. 1993.** Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature*. 363: 67-69.
- Smail-Saadoun, N. (2005).** Stomata types of *Pistacia* genus: *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* and *Pistacia lentiscus* L, *Options Méditerranéennes*, 63, pp369-371.
- Smail-Sadoun N., Zareb A., Lehadji L., Boubrima A. 2018.** Contribution à la recherche de mycoendophytes foliaires chez *Pistacia atlantica* Desf. de Dayete Saadi (Hassi Delaa, Laghouat, Algérie. *Revue Agrobiologia*. Vol 8 (2):1021-1026.
- Smith SE. Read DJ. 1997.** Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, Cambridge.

Stutz, J.E. and Morton, J.B. 1996. Successive pot cultures reveal high species richness of arbuscularendomycorrhizal fungi in arid ecosystems. *Canadian Journal of Botany*, (74): 1883-1889.

Sid-Ahmed, B., (2015). Contribution à l'amélioration des techniques de stratification et de greffage de quelques espèces du genre *Pistacia*, Thèse de doctorat. Université Stambouli Mustapha de Mascara.

-T-

Tabuc C., 2007. Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse de doctorat, Spécialité : Pathologie, Mycologie, Génétique et Nutrition. Institut national polytechnique de Toulouse et de l'Université de Bucarest. P 190.

Tanabe Y., O'Donnell K., Saikawa M., Sugiyama J. 2000. Molecular phylogeny of parasitic Zygomycota (Dimargaritales, Zoopagales) based on nuclear small subunit ribosomal DNA sequences. *MolecularPhylogenetics and Evolution*. 16: 253-262.

Taylor JW., Spatafora J., O'Donnell K., Lutzoni F., James T., Hibbett DS., Geiser D.,

2014. The fungi. In *Assembling the Tree of Life* (Joel Cracraft, Michel J. Donoghue eds).

Oxford University Press

Tedersoo L, Bahram M, Polme S. 2014. Global diversity and geography. of soil fungi. *Science* 346:107.

Tisgouine Z., 2010: Approche de caractéristiques physiques et chimiques des sols sous pistachier de l'Atlas de la forêt de Thniet El Hed (wilaya de Tissemsilt). MémoireIng. Agronome, Département des Sciences Agronomiques, UMMTO, 68p.

Turner S.R., Merritt D.J., Baskin C.C., Dixon K.W. and Baskin J.M., (2005).Physical dormancy in seeds of six genera of Australian Rharnaceae. *Seed Science Research*, 15: 51-58.

Tutin T.G., Heywood V.H. and Burgess N.A., (1968). Flora Europaea. *Cambridge University Press*, Cambridge, UK, vol 2, p. 237.

- U -

Uhlmann E., GorkeC.,Petersen A., Oberwinkler F., 2006. Arbuscularmycorrhizae from arid parts of namibia. *J. Arid Envir.*, 64 : 221-237.

- W -

Walsh J.L., Laurence M.H., Liew E.C.Y. et al. (2010). *Fusarium*: two endophytic novel species from tropical grasses of northern Australia. *Fungal Diversity*. 44 : 149-159.

Wang B. et Qiu Y.L.2008. Phylogenetic and evolution of mycorrhizas in land plants.*Mycorrhiza*, 16(5) : 299-363 nt.24, 151-157.

White M.M., James T.Y., O'donnel K., Cafaro M.J., Tanabe Y., and Sugiyama J., 2006. Phylogeny of the Zygomycota based on nuclear ribosomal sequence data. *Mycologia*. 6 (98): 872-884.

Wubet, T., Weiß, M., Kottke, I., Teketay, D., and Oberwinkler, F. 2004. Molecular diversity of arbuscularmycorrhizal fungi in *Prunusafriicana*, an endangered medicinal tree species in dry Afromontane forests of Ethiopia. *New Phytologist*. 161: 517-528.

- Y -

Yaaqobi A., El Hafid L., Haloui B. 2009. Etude biologique de *Pistaciaatlantica*Desf. De la région orientale du Maroc. *BiomatecEcho*.3(6) :38-39.

-Z-

Zareb A. 2014. Contribution à l'étude des mycoendophytes foliaires du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) de dayate Aiat (Timzerth, Laghouat, Algérie). Mémoire de Magister Sciences (Agronomiques), UMMTO, 146p.

Zohary M. 1952. A monographical study of the genus *Pistacia*. Palestine Journal of Botany, 5 :187-228.

Zohary M. 1987. Flora Palaestina .Platanaceae to Umbelliferae. 2: 296-300.

Résumé

En Algérie, le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) est l'arbre par excellence des milieux steppiques. Il possède une importance écologique, économique et médicinale. Il montre une très grande adaptation grâce à la présence des champignons au niveau de ses parties aérienne et souterraine. L'objectif de ce présent travail consiste en une synthèse bibliographique des travaux de recherche effectués au niveau du laboratoire Ressources Naturelles de l'UMMTO sur la diversité des champignons et leurs abondances dans les sols rhizosphériques du pistachier de l'Atlas des deux dayas : El-Gouffa et HassiDelâa, de la wilaya de Laghouat (Algérie). L'étude des aspects macroscopiques et microscopiques des champignons montrent la présence d'une biomasse fongique diversifiée. 35 genres fongiques ont été identifiés appartenant à différents phyla, dont on cite les plus abondants et les plus ubiquitaires: *Aspergillus* et *Penicillium*. Une forte densité de spores de Glomeromycota a été isolée au niveau de tous les sujets échantillonnés. La caractérisation morphologique de ces spores révèle une diversité intéressante, appartenant à quatre genres: *Acaulospora*, *Glomus*, *Ambispora*, *Gigaspora* et un nombre faible de spores indéterminés. Une nette dominance du genre *Acaulospora*, suivi par *Glomus* a été enregistrée. A cet égard, nous pouvons dire que le pistachier de l'Atlas abrite une importante gamme de champignons qui permet à cette espèce une bonne résistance aux différents stress environnementaux.

Mots clés : champignons du sol, diversité, pistachier de l'Atlas, Laghouat (Algérie).

Abstract

In Algeria, the Atlas pistachio tree (*Pistacia atlantica* Desf.) is the tree par excellence in steppe environments. It has an ecological, economic and medicinal importance. It shows a very great adaptation thanks to the presence of fungi at the level of its aerial and underground parts. The objective of this work consists in a bibliographical synthesis of the research work carried out at the UMMTO Natural Resources laboratory on the diversity of fungi and their abundance in the rhizospheric soils of the pistachio tree of the Atlas of the two dayas: El-Gouffa and Hassi Delâa, of the wilaya of Laghouat (Algeria). The study of the macroscopic and microscopic aspects of the fungi show the presence of a diversified fungal biomass. 35 fungal genera have been identified belonging to different phyla, of which the most abundant and ubiquitous are *Aspergillus* and *Penicillium*. A high density of *Glomeromycota* spores was isolated from all sampled subjects. The morphological characterization of these spores reveals an interesting diversity belonging to four genera: *Acaulospora*, *Glomus*, *Ambispora*, *Gigaspora* and a low number of undetermined spores. A clear dominance of the genus *Acaulospora* followed by *Glomus* was recorded. In this respect, we can say that the Atlas pistachio tree harbors an important range of fungi that allows this species to resist to different environmental stresses.

Keywords : soil fungi, diversity, Atlas pistachio tree, Laghouat (Algeria).

ملخص

هي الشجرة بامتياز لبيئات السهوب. لها أهمية (*Pistacia atlantica Desf.*) في الجزائر ، تعتبر شجرة الفستق الأطلس بيئية واقتصادية وطبية. يظهر تكييفًا كبيرًا جدًا بفضل وجود الفطريات على مستوى أجزائها الهوائية العلوية وتحت الأرض. الهدف من هذا العمل الحالي يتكون من تأليف بيليوغرافي للبحث العلمي الذي تم إجراؤه على مستوى مختبر الموارد الطبيعية التابع لجامعة مولود معمري حول تنوع الفطريات ووفرتها في التربة الجذرية لشجرة الفستق لأطلسي الموجود في دايات القوفة وحاسي دلاعة من ولاية الأغواط (الجزائر). تظهر الدراسة الجوانب المكرووسكوبية والميكروسكوبية للفطريات وجود كتلة حيوية فطرية متنوعة. تم التعرف على 35 جنسًا فطريًا ينتمون إلى شعب مختلفة ، وأكثرها وفرة من جميع العينات. *Glomeromycota* وانتشاراً هي مواقع: الرشاشيات والبنسيليوم. تم عزل كثافة عالية من الجراثيم و *Acaulospora*: يكشف التوصيف المورفولوجي لهذه الجراثيم عن تنوع مثير للاهتمام ينتمي إلى أربعة أجناس وعدد قليل من الأبواغ غير المحددة. تم تسجيل هيمنة واضحة لجنس *Gigaspora* و *Ambispora* و *Glomus* في هذا الصدد ، يمكننا القول أن شجرة الفستق في أطلس تأوي مجموعة مهمة من *Glomus* متبوعاً بـ *Acaulospora*. الفطريات التي تسمح لهذا النوع بمقاومة جيدة للضغوط البيئية المختلفة.

الكلمات المفتاحية: فطريات التربة ، التنوع ، أطلس الفستق ، الأغواط (الجزائر).