

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES**



MEMOIRE DE MASTER

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Ecologie et Environnement

Spécialité: Biodiversité et Ecologie Végétale

THEME

Diversité des champignons du sol sous *Pistacia atlantica* Desf. dedayate El-Gouffa (Laghouat, Algérie).

Présenté par :OUALI Messaad

YADDADEN Nabila

Le : 19/ 11/ 2019

Devant le jury :

Mme NAIT-KACI-BOUDIAF M.

Mme SMAIL-SAADOUN N.

Melle MECHIAH F.

Melle ZAREB A.

Présidente

Promotrice

Co-promotrice

Examinatrice

Promotion : 2018 /2019

Remerciements

On remercie

Notre promotrice, le professeur SMAIL-SAADOUN N., directrice du laboratoire « Ressources Naturelles » de l'Université Mouloud Mammerie de Tizi-Ouzou, pour nous avoir proposé ce sujet et d'accepter de nous encadrer. Nous avons l'honneur de travailler sous votre direction, on vous adresse tous nos remerciements.

Notre co-promotrice, Mlle MECHIAH F., pour nous avoir dirigé et pour votre disponibilité, vos fructueux conseils, vos encouragements et votre guidance nous ont permis de réaliser ce travail et découvrir avec vous le monde des champignons de plus près. Nos sincères reconnaissances pour elle.

Mme BOUDIAF NAIT KACI M., pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance et d'examiner ce modeste travail.

Mlle ZAREB A., pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions également tous les membres du laboratoire « Ressources Naturelles » de l'UMMTO et précisément, Mme BOURNINE K., pour ses conseils judicieuses, ses encouragements et ses interventions lors des observations au microscope.

Mme SEKHI L., l'ingénieur du laboratoire, pour son aide et ses conseils.

Mlle ZANEBRI N., pour ses encouragements et sa volonté de partage.

Notre reconnaissance aux enseignants de notre Master Biodiversité et écologie végétale.

Dédicaces

*Nous dédions ce modeste travail à nos chers
parents qui nous ont soutenu et encouragés
ainsi qu'à tous ceux qui nous aiment.*

Liste des tableaux

Tableau n°1. Texture des différents sols sous pistachiers de l'Atlas précédemment étudiés selon un gradient d'aridité croissant (flèche) en Algérie.....	14
Tableau n°2. Intervalles des pH des différents sols sous pistachiers de l'Atlas précédemment étudiés selon un gradient d'aridité croissant en Algérie.....	16
Tableau n°3. 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.....	16
Tableau n°4. Intervalles des teneurs en matière organique des différents sols sous pistachiers de l'Atlas précédemment étudiés selon un gradient d'aridité croissant (flèche) en Algérie.....	17
Tableau n°5. Cumuls mensuels et annuels des précipitations (en mm) de la station de Laghouat (2002-2012).....	27
Tableau n°6. Températures mensuelles de la station de Laghouat (2002-2012).....	28
Tableau n°7. Données et variables calculées utilisés dans la classification éoclimatique de Le Houérou (1995) de la station d'étude.....	29
Tableau n°8. Caractéristiques générales des différents sujets échantillonnés.....	31
Tableau n°9. Abondance des genres fongiques isolés à partir des sols sous pistachier de l'Atlas à dayate El-Gouffa.....	40
Tableau n°10. Abondances et diversité des champignons sous pistachier pour les sujets Immatures (S1, S2, S9, S10).....	45
Tableau n°11. Abondances et diversité des champignons sous pistachiers sujets moyens (S3, S4, S11, S12).....	49
Tableau n°12. Abondances et diversité des champignons sous pistachiers de l'Atlas âgés (S5, S6, S7, S8).....	52
Tableau n°13. Richesse spécifique des genres fongiques des sols sous pistachier de l'Atlas.....	55
Tableau n° 14. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA) des genres fongiques à différence non significative.....	59
Tableau n° 15. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA) des genres fongiques à différence significative.....	61
Tableau n°16. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA) des genres fongiques à différence très hautement significatives.....	61

Liste des Figures

Figure n°1. Classification mise à jour du niveau de phylum des champignons.....	5
Figure n°2. Cycle de reproduction des Zygomycètes, Exemple de <i>Rhizopusnigricans</i>	6
Figure n° 3. Cycle de reproduction d'un Ascomycète	8
Figure n°4. <i>Penicillium brevicompactum</i>	8
Figure n°5. Observation microscopique des conidiophores d' <i>Aspergillus</i>	9
Figure n°6. Cycle de reproduction d'un Basidiomycète	10
Figure n°7. Carte de distribution de <i>Pistaciaatlantica</i> Desf, dans le monde	19
Figure n°8. Répartition du pistachier de l'Atlas en Algérie d'après Monjauze	20
Figure n°9. Pistachier de l'Atlas à Béni Ounif (Béchar, mars 2010).....	22
Figure n°10. Système racinaire généralisé du pistachier de l'Atlas (Béni Ounif, 2010).....	23
Figure n°11. Feuilles du pistachier de l'Atlas à Béni Ounif	24
Figure n° 12. Fruits du pistachier de l'Atlas (Laghouat, avril 2015)	25
Figure n°13. Localisation de la wilaya de Laghouat (Google Maps, échelle 1 /120 000 ^e).....	26
Figure n°14. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la station d'étude (2002-2012).....	28
Figure n°15. Zonation écoclimatique de la station d'étude selon la méthode de Le Houérou(1995)	30
Figure n°16. Technique des suspensions-dilutions	36
Figure n°17. Spectre général des fréquences des différents phylums fongiques recensés dans les sols sous pistachier de l'Atlas de dayate El-Gouffa	39
Figure n°18. Observation macroscopique d' <i>Aspergillus</i>	41
Figure n°19. Observation sous microscopique optique d' <i>Aspergillus</i>	42
Figure n°20. Observation macroscopique du genre <i>Penicillium</i>	43
Figure n°21. Observation sous microscope optique du genre <i>Penicillium</i>	44
Figure n°22. Histogramme des abondances des genres fongiques recensés au niveau des sols sous pistachier immatures (S1, S2, S9 et S10).....	45
Figure n° 23 : Aspect macroscopique de la colonie du genre <i>Fusarium</i>	46
Figure n°24. Observation sous microscope optique du genre <i>Fusarium</i>	47
Figure n°25. Aspect macroscopique de la colonie du genre <i>Cladosporium</i>	48
Figure n°26. Observation sous microscope photonique du genre <i>Cladosporium</i>	48

Figure n°27. Histogramme des abondances des genres fongiques recensés au niveau des sujets moyens (S3, S4, S11, S12).....	50
Figure n°28. Aspect macroscopique d'une colonie du genre <i>Ulocladium</i>	51
Figure n°29. Observation sous microscope du genre <i>Ulocladium</i>	53
Figure n°30. Histogramme des abondances des genres fongique au niveau des sujets moyens (S5, S6, S11, S12)	53
Figure n°31. Aspect macroscopique de <i>Rhizopus</i>	54
Figure n°32. Observation sous microscope optique du genre <i>Rhizopus</i>	54
Figure n°33. Aspect macroscopique d'une colonie d' <i>Absidia</i>	55
Figure n°34. Aspect sous microscope optique du genre <i>Absidia</i>	55

Sommaire

Introduction générale	1
------------------------------------	----------

Chapitre 1 : Champignons du sol

1. Généralités sur les champignons	3
2. Mode de vie	3
2.1. Saprophytisme	3
2.2. Parasitisme	4
2.3.Symbiotisme.....	4
3. Clade des champignons	4
4. Principaux groupes de champignons	5
4.1.Chytridiomycota.....	5
4.2. Zygomycota.....	6
4.3. Glomeromycota	6
4.4. Dicyarya.....	7
4.4.1. Ascomycota	7
4.4.2. Basidiomycota	9
5. Rôles et interactions plantes-champignons du sol.....	10

Chapitre 2 : Sol sous *Pistacia atlantica* Desf

1. Introduction	13
2. Sols des zones arides.....	13
3. Sols des dayas	14
4. Caractéristique physico-chimiques des sols sous pistachier de l'Atlas.....	14
5. Rôles écologiques des sols	17
5.1.Fonction « milieux biologiques ».....	17
5.2.Fonction environnementale	17

5.3.Fonction « puits et sources » dans les cycles biogéochimiques.....	18
5.4.Fonction de réservoir biologique.....	18
6. Micro-organismes du sol.....	18

Chapitre 3 : Présentation du pistachier de l'Atlas

1. Introduction	19
2. Aire de distribution du pistachier de l'Atlas	19
3.1.Au monde	19
3.2.En Algérie.....	20
3. Exigence écologiques du Pistachier de l'Atlas.....	21
4. Caractéristiques botaniques	22

Chapitre 4: Matériel et méthodes

1. Description de la zone d'étude	26
1.1. Situation géographique.....	26
1.2. Bioclimat de la zone d'étude.....	27
1.2.1 .Précipitations	27
1.2.2.Températures	27
1.2.3.Diagramme ombrothermique de Bagnoulset Gausson	28
1.2.4.Zonation écoclimatique de Le Houérou (1995).....	29
2. Echantillonnage sur le terrain.....	31
3. Préparation du milieu de culture	35
4. Isolement des souches fongiques	36
4.1. Méthode des suspensions-dilutions.....	36
4.2. Mise en culture.....	37
4.3. Prélèvement.....	37
5. Identification	37
5.1. Identification macroscopique	37
5.2. Identification microscopique.....	38
6. Analyse statistique.....	38

Chapitre 5 : Résultats et discussion	39
1. Diversité et abondance des genres fongiques sous pistachier de l'Atlas	39
2. Diversité et abondances des sujets immatures	44
3. Diversité et abondances des sujets moyens	49
4. Diversité et abondances des sujets âgés	52
5. Richesse spécifique des genres fongiques recensés	57
6. Test d'analyse de variance (ANOVA)	59
Conclusion	63
Références bibliographiques	65
Résumé	

Le sol est une ressource de base pour les êtres vivants. C'est un compartiment essentiel de tous les écosystèmes continentaux, car il est le support des racines des plantes qui sont la base d'alimentation des animaux (Locatelli, 2013). À une échelle microscopique, le sol constitue un environnement où interagissent directement ou indirectement de nombreux microorganismes entre eux, mais aussi avec les composantes abiotiques du sol (matière organique, matrice minérale) et avec les racines des plantes (Albino et Andrade, 2006). Les sols des zones arides et semi-arides étaient supposés pendant longtemps, comme des milieux stériles. Mais les travaux d'exploration ont montré qu'il existe des espèces microbiennes, qui s'adaptent aux conditions climatiques extrêmes (Sasson, 1967).

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). Il est nécessaire d'accroître la compréhension de la diversité taxonomique des champignons dans un milieu donné. La compréhension de la diversité génétique et taxonomique permettra de déterminer la diversité fonctionnelle fongique et les processus écosystémiques (Zak et *al.*, 1994).

Les sols renferment des microorganismes hétérotrophes, autotrophes, aérobies et anaérobies extrêmement diversifiés. Il renferme des bactéries, des champignons, des actinomycètes et des algues (Stengel et Gelin, 1998).

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à la diversité des champignons et leurs abondances dans le sol rhizosphérique du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) au niveau de dayate El-Gouffa dans la wilaya de Laghouat (Algérie). Cet arbre est l'un des plus résistant en plein zone steppique aride, soumis aux contraintes édapho-climatiques d'une part et anthropogènes d'autre part. Il supporte les vents forts et les longues périodes de sécheresse due aux phénomènes naturels, qui sont amplifiées par la pression croissante de l'homme et de ses troupeaux. 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).

En général, cette espèce se régénère et pousse toujours à l'intérieur des touffes de *Ziziphus lotus* (L.) Desf. qui constituerait une bonne protection aux jeunes pousses contre les vents et le pâturage. Son système racinaire vigoureux lui assure une bonne fixation au sol (Monjauze, 1968).

Nous avons effectué ce travail de recherche au niveau du laboratoire Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (U.M.M.T.O). Notre objectif a été une contribution à l'isolement, l'identification (macroscopique et microscopique) et la quantification de la microflore fongique tellurique sous *Pistacia atlantica* Desf. De dayate El-Gouffa de la willaya de Laghouat.

Pour cela, nous avons subdivisé ce mémoire en 5 chapitres :

- le chapitre 1 résume une bibliographie sur les champignons du sol;
- le chapitre 2 concerne les caractéristique physique et chimique du sol sous pistachier de l'Atlas ;
- le chapitre 3 donne une description de *Pistacia atlantica* Desf. ;
- le chapitre 4 présente le matériel et les méthodes utilisés dans cette étude;
- le chapitre 5 concerne les résultats et la discussion de ces derniers.

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

1. Généralités sur les champignons

Les champignons constituent l'un des groupes d'Eucaryotes les plus importants qui jouent un rôle clé dans les cycles des éléments nutritifs et du carbone dans les écosystèmes terrestres (Tedersoo et *al.*, 2018).

Le monde des champignons forme un règne vaste, diversifié et ubiquiste ; il est reconnu par des caractères propres, comme un monde vivant à part, un règne à part parmi les règnes vivants, ni végétal, ni animal, mais fongique. Un des caractères importants qu'il le distingue des végétaux est la composition de ses parois cellulaires, faites en majeure partie de chitine, une chitine proche de celle des arthropodes. Ils sont hétérotrophes comme les animaux (Kiffer et Morelet, 1997).

2. Mode de vie

Toutes les espèces des champignons sont absorbotrophes. L'alimentation se fait par absorption transmembranaire d'oligo-éléments, de sels ou de molécules organiques par transport actif ou par diffusion passive. Plusieurs modes de vie découlent de cette caractéristique sont ainsi observés (Canard et *al.*, 2016).

2.1. Saprophytisme

Le saprophytisme se caractérise par la capacité d'un être vivant de se nourrir à partir de la matière organique morte, dont il absorbe les éléments nutritifs prédigérés grâce à l'excrétion d'enzymes extracellulaires. Les champignons saprophytes, en décomposant la litière organique, produisent l'humus. La plupart des champignons dits « épiphytiques » retrouvés à la surface de la plupart des plantes supérieures (phylloplan) et de la litière organique, sont des saprophytes généralistes. Lors de la sénescence de ces plantes, les épiphytes saprophytes finissent par pénétrer la plante pour la décomposer (Canard et *al.*, 2016).

2.2. Parasitisme

Ce mode de vie des champignons se caractérise par la capacité d'un individu issu du règne des Fungi, à tirer des éléments nutritifs provenant d'un autre organisme. Cette interaction se fait au détriment de l'organisme parasité, qui est alors victime de symptômes du fait de la présence du parasite. Le parasitisme est délétère pour l'hôte et indispensable pour le

parasite. Les champignons parasites peuvent être nécotrophes ou biotrophes (Canard et *al.*, 2016).

2.3.Symbiose

Le terme symbiose a été défini par le botaniste allemand de Bary (1889) comme toute relation de vie en commun quelle que soit la nature de cette relation. C'est une association à bénéfices réciproques entre deux organismes taxonomiquement différents. Il existe des relations symbiotiques entre plantes et champignons (Durrieu, 1993).

3. Clade des champignons

Les champignons forment un règne diversifié. Ce sont des organismes ubiquistes, retrouvés dans tous les écosystèmes et dotés d'activités biologiques bénéfiques (Bills et Polishook, 1991 ; Strobel, 2002 *in* Musavi et Balakrishnan, 2014 et Hawksworth, 2004).

Ce règne est rangé en une dizaine de phylums dont les Chytridiomycota, les Zygomycota, les Glomeromycota, les Basidiomycota et les Ascomycota. Ces deux derniers (classés dans le sous règne des Dikarya) rassemblent la grande majorité des espèces décrites à ce jour (Mc Laughlin et *al.*, 2009 ; Blackwell, 2011). La classification est régulièrement revue et mise à jour. Les écologues végétaux, microbiens et fongiques testent généralement l'importance des variables environnementales sur la diversité fongique au niveau des ordres, des classes ou des phylums, mais pas de leurs sous-banques ou de différents rangs mélangés pour des raisons de simplicité et afin d'éviter la confusion (Tedersoo et *al.*, 2014). En 2018, Tedersoo a proposé un schéma de classification de niveau supérieur actualisé pour les champignons et un arbre de classification prenant en compte les phylogénies publiées, les temps de divergence et le critère de monophylie (Figure n°1).

4.2. Zygomycota

Les Zygomycota étaient traditionnellement organisés en un seul phylum et deux classes, Zygomycètes et Trichomycètes. Les deux classes partagent des caractéristiques communes comme le mycélium coénocytique. Ils se reproduisent de façon asexuée par les endospores immobiles formés dans des sporanges, sporangiola (petit sporanges) ou par la formation de chlamydozoïdes, arthrospores et les cellules de levure, et sexuellement par la formation des zygospores dans les zygosporangia après la fusion gamétangiale ou des zygospores 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 n°2). Le phylum est très diversifié sur le plan écologique, et très répandu, la plupart des espèces étant saprotrophes dans le sol et les excréments (Araújo et *al.*, 2016). Ce groupe contient plusieurs genres tels que le genre *Rhizopus*.

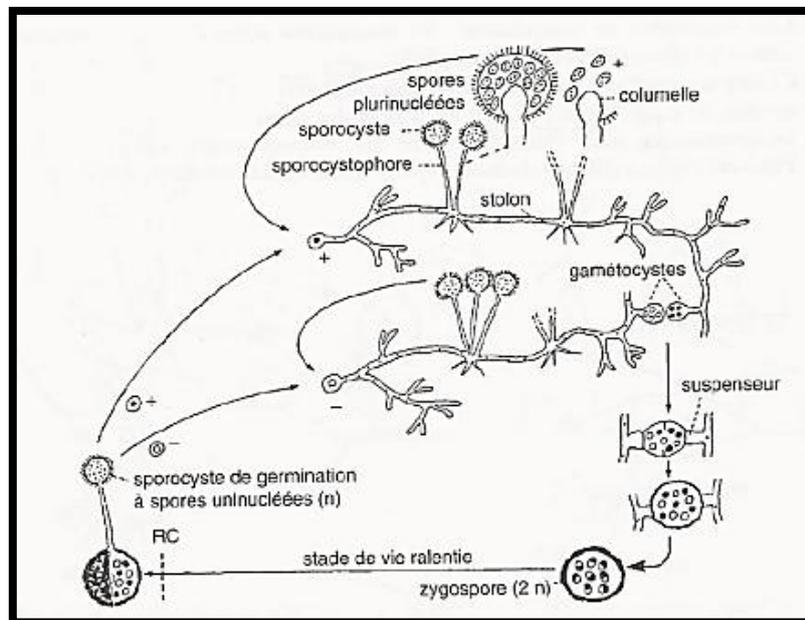


Figure n°2. Cycle de reproduction des Zygomycètes, Exemple de *Rhizopus nigricans* (Bouchet et *al.*, 2000)

4.3 Glomeromycota

Les Glomeromycota sont plus proches des Dikarya (Ascomycota et Basidiomycota). Ce sont principalement des champignons aseptés, ce qui signifie qu'ils forment rarement des cloisons (ou septa), pour diviser les hyphes en cellules. Ils se reproduisent asexuellement par la

formation des spores. Lorsque les conditions sont favorables, les spores germent et développent un mycélium court pour tenter de trouver une racine hôte convenable (Roehl, 2017). Tous les Gloméromycota forment des mycorhizes arbusculaires (AM) avec diverses plantes terrestres. Ce sont des symbiotes obligatoires, ce qui signifie qu'ils ne peuvent pas survivre sans leur partenaire photosynthétique (Roehl, 2017).

Ils sont subdivisés 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).

4.4. Dikarya

Les Dikarya sont constitués des Ascomycota et des Basidiomycota et représentent la majorité des espèces de champignons décrites (Le Calvez, 2009). Ils sont unis par la possession d'hyphes cloisonnées et une étape de la vie dicaryotique, mais différents dans les structures impliquées dans la méiose et la sporulation (Lutzoni et al., 2004).

4.4.1. Ascomycota

Les Ascomycota constitue le plus grand phylum de Fungi (Le Calvez, 2009) et l'un des phyla les plus divers et omniprésents des Eucaryotes et constituent la quasi-totalité des champignons capables de former des associations lichéniques. Ils sont filamenteux avec septa simples et un thalle multicellulaire (Hibbett et al., 2018). Chez la plupart des espèces de cet embranchement, la reproduction asexuée est généralement assurée par des conidies plurinucléées. Les conidies se forment à partir de cellules conidiogènes qui naissent au sommet d'hyphes modifiées appelées conidiophores (Raven et al., 2018). Ils forment des ascospores après une caryogamie et une méiose (Sénéquier-Crowet et al., 2016) (Figure n°3).

Le cycle de développement sexué comporte la production de cellules particulières, les asques (Lanier et al., 1978). L'appareil fructifère des Ascomycètes est un ascocarpe, divisés en 3 catégories : les cléistothèces (ascocarpes globuleux, clos), les périthèces (ascocarpes plus ou moins en forme de bouteille présentant un ostiole par lequel les spores sont expulsées) et les apothécies (ascocarpes ouverts, en forme de coupe, portant des asques en surface) (Botton et al., 1990).

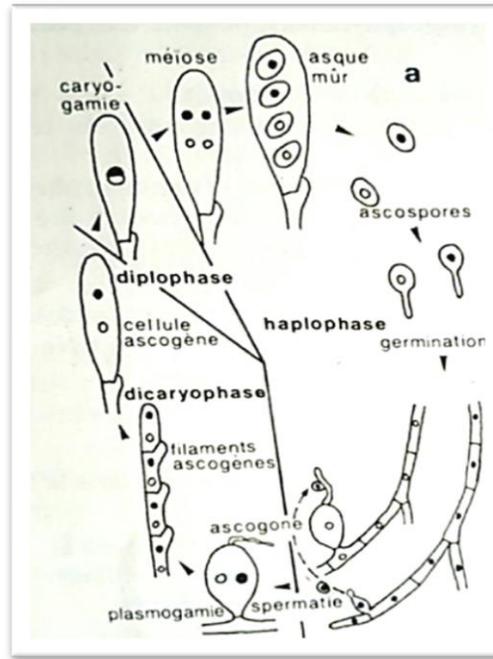


Figure n° 3. Cycle de reproduction d'un Ascomycète (Kiffer et al., 1997).

Ce groupe comprend plusieurs genres tels que *Penicillium*, ce genre présente des hyphes hyalins qui portent des conidiophores simples ou ramifiés, parfois regroupés en buissons ou corémie. Les phialides sont disposés en verticilles (Figure n°4).

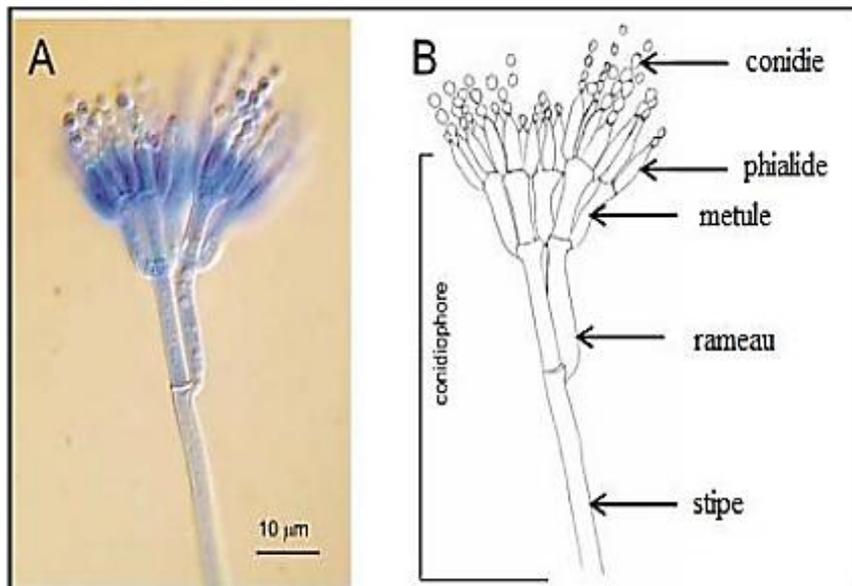


Figure n°4. *Penicillium brevicompactum* (Source: Peterson et al., 2004).

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

B- dessin de conidiophore et de conidies.

L'*Aspergillus*, est un autre exemple de champignons Ascomycètes. C'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). Il est ubiquiste, occupe tous les sols y compris ceux des régions arides. C'est un champignon xérophile, pouvant survivre dans les régions où les précipitations sont très faibles, voir rares. Il a été isolé des sols désertiques du Mexique, Chili, Argentine, Arabie Saoudite et Iraq (Benfoddil, 2015) (Figure n°5).

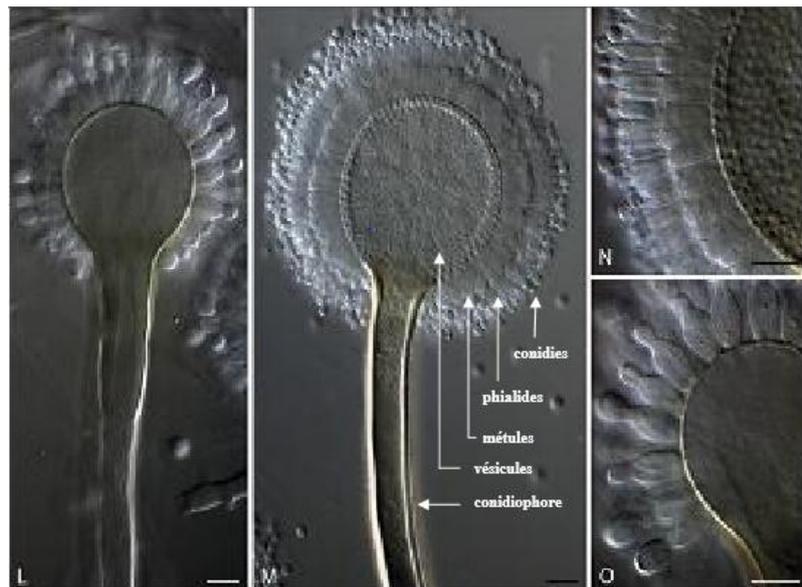


Figure n°5. Observation microscopique des conidiophores d'*Aspergillus*.

Samsone et *al.*, 2014.

L, O- *Aspergillus sloanii*(10 μ m).

M, N *Aspergillus ochraceus*(10 μ m).

4.4.2. Basidiomycota.

Les membres du phylum des Basidiomycota ont une morphologie fongique typique, Ils ont souvent de grandes fructifications (Wellehan et *al.*, 2019). Ils regroupent des champignons possédant des thalles unicellulaires ou pluricellulaires filamenteux septés. Ils forment en cas de reproduction sexuée des cellules différenciées appelées basides, qui

produisent des basidiospores après une caryogamie et une méiose. Ces spores sont formées par bourgeonnement et sont portées à l'extérieur de la baside par de petites pointes appelées stérigmates (Sénéquier-Crozet et Canard, 2016). Parmi les autres caractéristiques des Basidiomycètes, on peut citer les excroissances hyphales appelées connexions à pince et la présence d'une phase dikaryone dans le cycle de vie, une condition dans laquelle chaque cellule du thalle contient deux noyaux (Taylor et *al.*, 2009) (Figure n°5).

Les Basidiomycota 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).

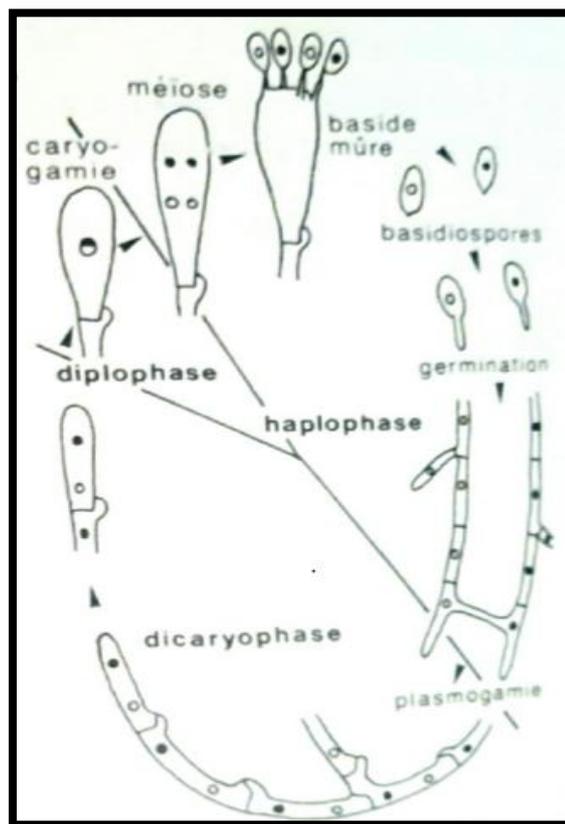


Figure n°6. Cycle de reproduction d'un Basidiomycète (Kiffer et *al.*, 1997).

5. Rôles et interactions plantes-champignons du sol

Les champignons du sol 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. Compte tenu de leur contribution importante aux processus

terrestres clés, les informations relatives à leur écologie et à leur biogéographie sont d'une importance primordiale pour prioriser les efforts de conservation et de gestion au niveau de l'écosystème (Egidi et *al.*, 2019).

Néanmoins, les livres de vulgarisation générale et les manuels enseignent que les champignons sont les plus importants des agents de décomposition du bois (Henry, 2013). Les champignons décomposeurs permettraient aujourd'hui de répondre à plusieurs attentes actuelles, notamment en termes de développement durable. 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. La capacité de ces champignons de produire un grand nombre d'enzymes est une piste pour leurs utilisations en biotechnologie comme la production de bioéthanol, la réduction de l'utilisation de produits chimiques et la chimie verte (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 tel que la cellulose (Carlilet 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. Comme la plupart des êtres vivants, les champignons sont des véritables usines enzymatiques (Stahli, 2016). Grâce à un réseau de mycélium presque infini, l'ensemble de ces filaments fongiques renforce également la cohésion du sol (Stahli, 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, comme tous les autres êtres vivants. Les champignons servent aussi de nourriture aux micro-acariens et aux collemboles (Henry, 2013).

Les champignons possèdent également un système intracellulaire de détoxification impliqué dans l'élimination des composés potentiellement toxiques générés lors de la dégradation du bois, mais aussi tous autres composés xénobiotiques. Les enzymes impliquées dans la détoxification quant à elles présentent un grand intérêt en bioremédiation par exemple (Deroy, 2015). En effet certains champignons comme *Cunninghamella bainieri*, possèdent la

capacité de métaboliser des molécules toxiques comme l'anisole ou le naphthalène. Ces deux systèmes impliqués dans la dégradation du bois notamment chez les Agaricomycotina, font de ces champignons des modèles d'étude intéressants pour comprendre l'adaptation de ces champignons à leur environnement (Deroy, 2015).

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). Ils peuvent aussi offrir une protection aux plantes contre d'autres bioagresseurs.

Ces microorganismes participent également à structurer le sol, les réseaux d'hyphes fongiques stabilisant les agrégats (Beare et *al.*, 1997). Cependant, les champignons restent largement négligés d'un point de vue de la caractérisation de leur diversité spécifique, mais aussi de leur rôle fonctionnel, notamment dans les sols agricoles (Deacon, 2006).

1. Introduction

Le sol est le support physique et nutritif des êtres vivants à la surface des continents et de ce fait, le support de vie de l'homme (Drénou, 2006). Il est le résultat des interactions entre le monde minéral et les êtres vivants sous l'influence des conditions environnementales du milieu. Ces interactions permanentes lui confèrent une variabilité importante, spatiale et temporelle, multi-échelle, difficile à appréhender. Cette complexité caractérise les milieux naturels et rend leur étude délicate (Hubert, 2008).

2. Sols des zones arides

En Algérie, les zones arides représentent près de 95% du territoire national, dont 80% dans la zone hyperaride (Halitim, 1988). Ces régions correspondent à de grandes dépressions et à de basses plaines aux pieds des chaînes de montagnes. Elles sont constituées par des dépôts de piedmont et cônes de déjection, par les terrasses anciennes, récentes et actuelles ou de bas niveau, et par des rivières qui en descendent (Aubert, 1960). Les zones arides sont caractérisées à la fois par leur climat toujours peu pluvieux et parfois très sec et très irrégulier, et par une végétation herbacée ou frutescente, rarement arborée, très irrégulièrement répartie et constituant un couvert excessivement lâche (Rognon, 1994b).

Dans les régions arides et semi-arides (environ 36% de la surface du globe), la sécheresse a un rôle important, mais parfois mal connu dans l'évolution des sols. Lorsqu'on passe des régions humides aux régions sèches, la pénurie en eau provoque-t-elle seulement un ralentissement de processus pédologiques ou aussi l'apparition d'autres types de sols mieux adaptés aux environnements secs (Rognon, 1994a).

Parmi les caractéristiques des sols des zones arides, la composition de la surface s'est révélée comme un puissant indicateur de l'état écologique de ces milieux, en particulier par leur impact sur l'aridité édaphique. La surface des sols des régions arides est caractérisée par la présence de fentes de dessiccation, de débris végétaux et de sables mobiles (Girard et Viellefont, 1980 et Maignien, 1980).

3. Sols des dayas

Les dépressions de type daya (non ou peu salées) offrent une gamme très diversifiée de sol, généralement profonds et évolués, ayant en commun (Pouget, 1980) :

- une texture relativement homogène pour chaque profil, moyenne à très fine ;
- une structure instable en surface, avec un horizon finement lamellaire de quelque millimètres à quelques centimètres et une croûte de battance ;
- une perméabilité d'ensemble faible, ne permettant qu'une percolation lente et réduite à travers le profil, favorisant ainsi une stagnation plus ou moins prolongée de l'eau et son évaporation en surface ;
- une faible teneur en calcaire (< 10 – 20%) ; les horizons de surface étant parfois complètement décarbonatés.

4. Caractéristique physico-chimiques 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 des populations spontanées du pistachier de l'Atlas différentes wilayas en Algérie, ont montré les caractéristiques de ces sols.

- la texture limoneuse est récurrente dans tous les sols échantillonnés par les différents chercheurs; ces textures varient entre limono-argileuse à sablo-limoneuse (Tableau n°1).

Tableau n°1. Textures 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	Textures
	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 à limono-argilo-sableuse
	Boubrima (2014)	Aiat Timzerth (Laghouat)	Sablo-limoneuse à limono-sableuse
	Deguiche.(2008)	Aiat Timzerth (Laghouat)	Limoneuse
	Boubrima (2014)	Saadi, Hassi Delâa (Laghouat)	Limoneuse à limoneuse fine, limono-sableuse et limono-argileuse
	Bentaleb (2011)	Boucedraia (Djelfa)	Limono-sableuse, limoneuse à limoneuse fine
	Limane (2009)	El-Mergueb (M'sila)	Limoneuse et sablo-limoneuse
	Tisgouine (2010)	Theniet El Had (Tissemsilt)	Limoneuse et limono-sableuse

- Leurs pH sont majoritairement basiques, mais exceptionnellement on peut trouver certains sols un peu acides comme c'est le cas de certains sols de Theniet El Had (Tissemsilt) (Tableau n°2) ;

Tableau n°2. 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)	Béni Ounif (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, Hassi Delaâ (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)	Boucedraia (Djelfa)	7,39-8,40
	Limane (2009)	Daya el Mergueb (M'sila)	7,50-8,70
	Tisgouine (2010)	Theniet El Had (Tissemsilt)	6,17-7,52
	Tahrour (2005)	Oued Besbès (Médéa)	7,26-7,90

- Leur teneurs en calcaire total, les sols sont jugés dans leurs majorités 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 n°3).

Tableau n°3. 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	Limane (2009)	Bentaleb (2011)	Boubrima (2014)	Boubrima (2014)	Deguiche (2008)	Amroun (2013)	Bounceur (2009)	Hamitouche (2016)
Zones d'études	Daya el Mergueb (M'sila)	Boucedraia (Djelfa)	Saadi, Hassi delaâ (Laghouat)	Aiat, Timzerth (Laghouat)	Aiat, Timzerth (Laghouat)	Aiat, Tilrhemt (Laghouat)	Tilrhemt (Laghouat)	Daya el Gouffa (Laghouat)
CaCO ₃ Total %	5,52 - 81,25	2,53 - 13,56	10,41 - 22,80	9,58 - 13,75	5,62 - 51,87	19,37 - 23,27	7,81 - 25,31	1,25 - 18,75

- Leur teneurs en matière organique sont en majorité estimés faibles, mais néanmoins peuvent être exceptionnellement élevés et même très élevés dans certaines zones

d'étude comme le cas de certains sols de Timzerth (Laghout) (Tableau n°4).

Tableau n°4. Intervalles des teneurs en matière organique 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	Limane (2009)	Bentaleb (2011)	Boubrima (2014)	Deguiche (2008)	Amroun (2013)	Boubrima (2014)	Bounceur (2009)	Hamitouche (2016)
Zones d'études	Daya el Mergueb (M'sila)	Boucédraia (Djelfa)	Aiat, Timzerth (Laghout)	Aiat, Timzerth (Laghout)	Aiat, Timzerth (Laghout)	Saadi, Hassi Delaâ (Laghout)	Tilrhemt (Laghout)	Daya El Gouffa (Laghout)
M.O %	2,59-4,65	0,60-3,61	0,21-1,26	0,1-2,43	3,59-10,26	1,33-3,41	0,49-1,21	0,12-1,5

5. Rôles écologiques des sols

Les sols est en interaction avec le monde vivant. Ils exercent plusieurs fonctions écologiques (Calvet, 2013).

5.1. Fonction « milieux biologiques »

Le sol est un milieu où croissent et se développent de très nombreux organismes vivants animaux et végétaux : c'est en cela qu'il est un milieu biologique, ses caractéristiques influent beaucoup sur cette croissance et ce développement, qui peuvent ainsi être plus ou moins favorisé. Cette fonction repose sur le fait que le sol constitue pour les organismes vivants qui s'y trouvent un environnement physique, physico-chimique, chimique et biologique (Calvet, 2013).

5.2. Fonction environnementale

Cette fonction concerne le rôle du sol dans le déterminisme de la qualité des eaux, de l'air et de la chaîne alimentaire. Le sol est un milieu de transit, de stockage et de transformation de très nombreuses substances organiques et inorganiques, résultant des processus naturels ou d'activités humaines. Il faut souligner que ce rôle est double, ce qui est souvent ignoré (Calvet, 2013). En effet, le sol peut être une source de substances polluantes, mais il peut aussi être un puits, en les retenant et en les dégradant.

5.3.Fonction « puits et sources» dans les cycles biogéochimiques

Les phénomènes de toute nature se déroulant dans le sol font de ce dernier une véritable plaque tournante dans les cycles biogéochimique des éléments chimiques. Le rôle du sol est notamment d'une très grande importance dans les cycles de carbone, de l'azote, du soufre et du phosphore, et ce, tant du point de vue agronomique que du point de vue environnemental (Calvet, 2013).

5.4.Fonction de réservoir biologique

Le nombre et la diversité des organismes vivants présents dans les sols font qu'ils constituent une réserve biologique considérable et très importante pour la biodiversité de l'écosystème terrestre (Calvet, 2013).

6. Micro-organismes du sol

Les microorganismes représentent une biomasse de 1% à 4% de la masse de carbone organique du sol et de 75% à 90% de la biomasse vivante, cette proportion étant souvent plus grande pour les sols sous prairie que pour les sols cultivés (Sparling, 1998). L'abondance des microorganismes diminue avec la profondeur, surtout pour les bactéries, l'une des raisons pourrait être la diminution de la quantité de carbone.

Les champignons représentent une part souvent importante de la biomasse microbienne des sols, jusqu'à 80% selon Foster (1988).

1. Introduction

Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) encore appelé bétoum en arabe, iggh en berbère a été décrit pour la première fois par Desfontaines en 1798.

Pistacia atlantica appartient à la section *Butmella* (Zohary, 1952). Elle est subdivisée en 4 sous espèces : *latifolia*, *kurdica*, *kabulicaet* enfin *atlantica*. Cette dernière est la seule présente en Algérie. C'est une Anacardiaceae dioïque; elle est considérée comme l'une des rares espèces arborescentes encore présente spontanément dans les régions semi-arides et arides, voire même sahariennes (Monjauze, 1980).

2. Aire de distribution du pistachier de l'Atlas

2.1. Au monde

Pistacia atlantica Desf. est largement distribué au sud de la Méditerranée et dans le Moyen-Orient. Il est répandu depuis les Canaries (Gomera, Tenerife) jusqu'au Pamir, en passant par :

- l'Afrique du nord, le Sahara septentrional et Tripolitaine, avec relique au Hoggar ;
- Chypre, Chio, Rhodes, la Grèce, la Turquie, la Bulgarie, la Crimée, le Caucase, la Transcaucasie et l'Arménie; la Palestine, la Syrie, la Transjordanie, l'Iraq et l'Iran ;
- l'Arabie Saoudite, le Baloutchistan et l'Afghanistan selon Zohary (1952-1987), Le type de l'espèce est d'habitat occidental. On le rencontre depuis les Atlantide jusqu'à la Syrie en passant par les trois pays d'Afrique du Nord (Monjauze, 1968) (Figure n°7).

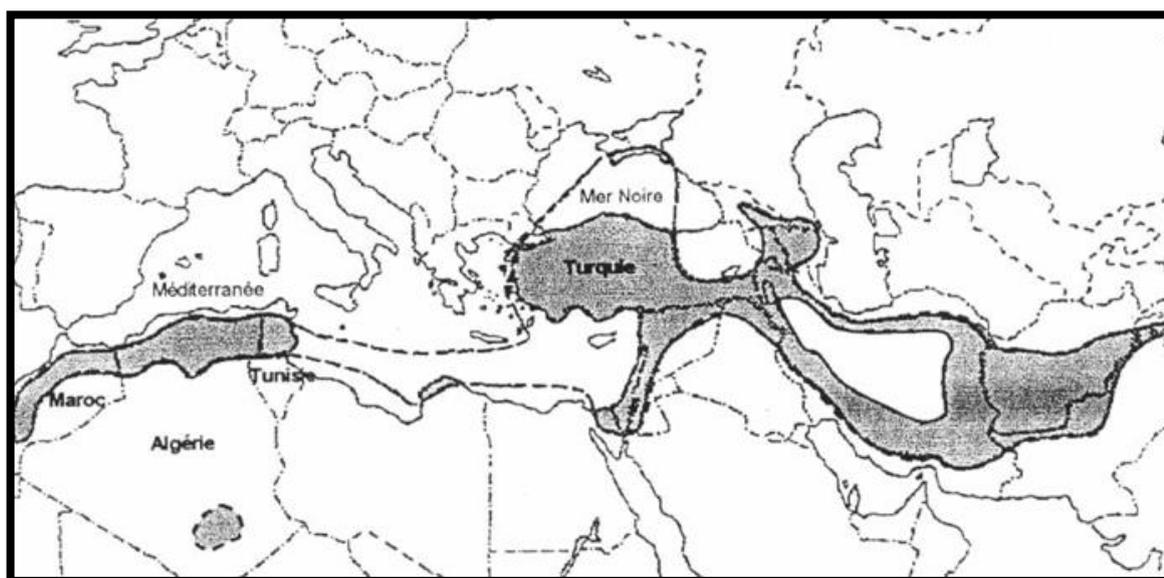


Figure n°7. Carte de distribution de *Pistacia atlantica* Desf, dans le monde (Belhadj, 2007).

2.2.En Algérie

Pistacia atlantica Desf. est une espèce endémique qui figure parmi les plantes non cultivées protégées en Algérie (Kaabeche *et al.*, 2005). D'après Boudy (1952), cette espèce se trouve disséminé dans les forêts chaudes du tell méridional, mais surtout dans la région steppodésertique 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 (Monjauze, 1980). Il se trouve surtout dans la zone de transition entre la steppe et le Tell (Figure n°8).

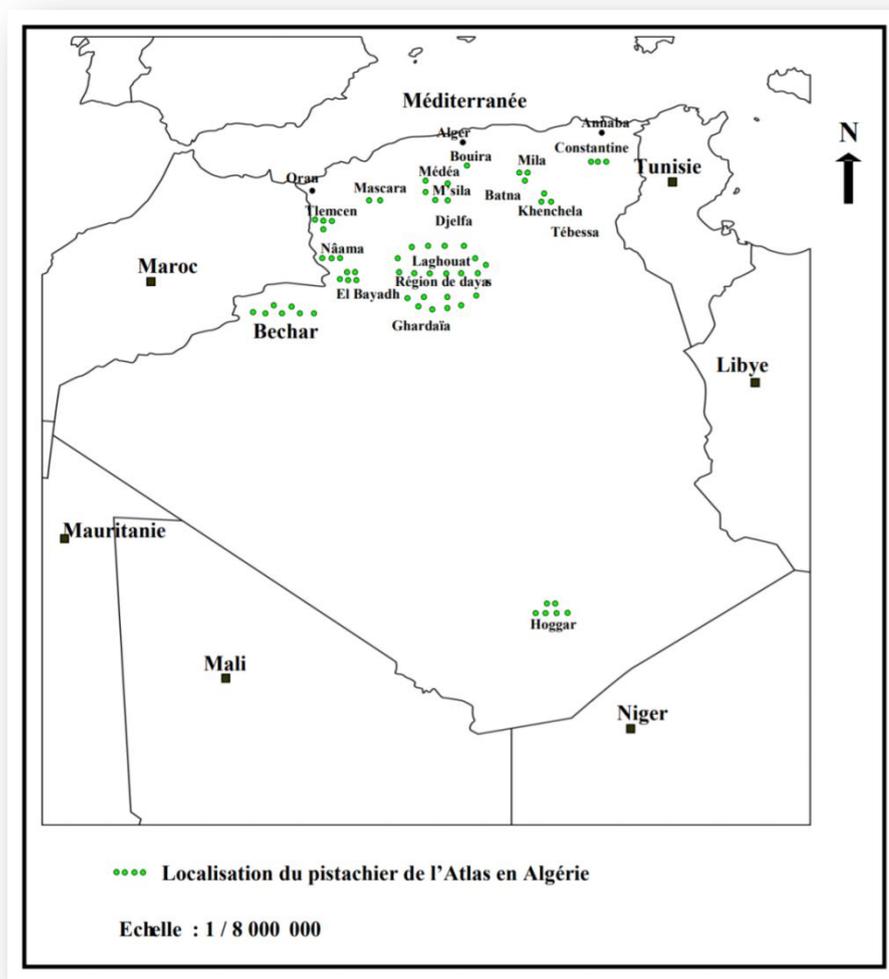


Figure n°8. Répartition du pistachier de l'Atlas en Algérie d'après Monjauze (1980) modifié par (Kebci, 2008).

3. Exigence écologiques du Pistachier de l'Atlas

Le pistachier de l'Atlas est un arbre de grande plasticité vis-à-vis de la sécheresse, pour sa bonne fructification, la tranche pluviométrique doit être entre 200 et 500 mm/an (Monjauze, 1968). Cependant, Alyafi (1979) note que l'espèce se développe dans une tranche pluviométrique allant de 250 à 600 mm. Il bénéficie de 1300 mm/an au niveau de sa limite septentrionale à l'Ouest d'Alger (Blida) et reçoit 600 mm/an sur le bord méridionale de l'Atlas tellien entre Benchico et Berrouagia, enfin jusqu'à 250 mm/an dans la plaine de Boughar-Bouhezoul. Dans la région de Béchar, les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 57.7 mm par an et pour la zone extrême, à savoir Tamanrasset, sa tranche pluviométrique décroît jusqu'aux 47.6 mm/ an (Ait Slimane, 2004).

Le pistachier résiste aussi bien aux températures basses (-12°C à Djelfa), qu'aux températures élevées (49°C à Ghardaïa) (Salhi, 1997). Pour Ait Radi (1979), les fleurs sont sensibles, mais échappent généralement à l'action néfaste des températures en raison de leurs éclosions tardives.

D'après Monjauze (1968), le pistachier est une essence héliophile à l'état adulte et à l'état jeune. Pour les semis, ils se trouvent dans les touffes de *Ziziphus lotus* (L) Desf. Ils bénéficient sans difficulté de la lumière pour leur croissance (Ait Radi, 1979).

Le pistachier de l'Atlas peut se développer jusqu'à 2000m d'altitude dans les montagnes sèches (Atlas Saharien) (Belhadj, 1999). Par ailleurs, Alcaraz (1970) note que le pistachier de l'Atlas se rencontre à une altitude de 45m dans la région de Mohammedia (ouest Algérien) et jusqu'à une altitude de 590m Mascara.

4. Caractéristiques botaniques

Le pistachier de l'Atlas est un arbre puissant, pouvant atteindre 20 m à 25 m de hauteur. Sa silhouette est impressionnante (Monjauze, 1980) (Figure n°9).



Figure n°9.Pistachier de l'Atlas à Béni Ounif (Béchar, mars 2010)
(Limane, 2018).

Selon Chabaet *al.* (1991), le pistachier présente un système racinaire vigoureux (Figure n°10). Au stade juvénile, il développe rapidement un pivot pour que la plante puisse se fixer au sol et s'alimenter. Mais 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. Les racines du pistachier présentaient un allongement de 1,5 m en une seule saison, elles peuvent atteindre 5 à 6 m de profondeur (Limane, 2018).

Cette essence présente une architecture racinaire bien hiérarchisée, comportant un pivot vertical épais à croissance rapide et indéfinie, et de fines racines latérales plagiotropes à croissance lente (Limane, 2018). Ses radicelles ont montré une fréquence de mycorhization élevée et à forte intensité, ainsi que la présence de mycoendophytes (Mechiah, 2015).



Figure n°10. Système racinaire généralisé du pistachier de l'Atlas (Béni Ounif, 2010)
(Limane, 2018).

Le tronc du pistachier de l'Atlas est court pouvant dépasser 2 m de diamètre. Ils peuvent atteindre 25 m de hauteur et 6 m de circonférence (Limane, 2018).

L'écorce de cette Anacardiaceae présente des fissures longitudinales (Khaldi et Khoudja, 1995) et produit une résine-mastic, qui exsude naturellement de façon abondante par temps chaud (Belhadj, 1999).

D'après Monjauze (1980), le bois du Bétoum est lourd, peu résilient, de bonne conservation. Ozenda (1977) souligne qu'il est remarquablement dur.

Les feuilles de cette espèce sont alternes à rachis finement ailé, irrégulièrement imparipennées, de 5 à 11 folioles impaires, les paires au nombre de 3 à 4 entières, oblongues lancéolées, leur couleur varie de vert foncé sur la surface supérieure à vert clair sur la surface inférieure (Khaldi et Khouja, 1995). Elles sont caduques l'hiver. Cette caducité permet de créer une litière sous-pistachier, qui constitue une source potentielle de matière organique fertilisante (Limane, 2018) (Figure n°11).

Hadj Benamane et Ould Amrouche (2009) ont signalé la présence des mycoendophytes dans les feuilles de cette espèce. Cela est confirmé par les travaux effectués au sein du Laboratoire des Ressources Naturelles, Université Mouloud Mammeri de Tizi-

Ouzou (Zareb, 2014, Benfoddil 2015 et Smail-Sadoun, 2018).



Figure n°11. Feuilles du pistachier de l'Atlas à Béni Ounif (Limane, 2018).

Gausson et *al.* (1982) disaient que « *Pistacia* est par sa dioïcie et ses fleurs nues (apétales), un genre particulier des Anacardiacees ». En effet, les fleurs mâles et les fleurs femelles sont sur des pieds différents (plante dioïque). Les fleurs sont en grappes lâches (Ozenda, 2004). D'après Zohary (1952), toutes les espèces appartenant à ce genre sont dioïques et leurs fleurs sont unisexuées, nues et anémophiles.

Le fruit de *Pistacia atlantica* est une petite drupe, de la taille d'un pois, à peine charnue. Il est appelé Elkhodiri ou Godeim par les populations locales en Algérie, appellation due à la prédominance de la couleur vert foncé à maturité (Belhadj, 1999). Les fruits prennent au départ une couleur jaune, qui change progressivement au rouge, puis au bleu. Ils atteignent leur maturité au mois de septembre, en ayant une couleur vert foncée. Une recherche a été réalisée par Brahimi (2016) au Laboratoire Ressources Naturelles, qui a permis de mettre en évidence la présence des mycoendophytes dans le fruit du pistachier (Figure n°12).



Figure n° 12. Fruits du pistachier de l'Atlas (Laghout, avril 2015) (Mechiah, 2016).

1. Description de la zone d'étude

1.1. Situation géographique

Notre station d'étude dayate El Gouffa est située à 80 Km au sud de la ville de Laghouat, elle se trouve à 328 km au sud d'Alger (Figure n°13). La daya est du type jeune. Elle est située sur une altitude comprise entre 900 et 1000 m.

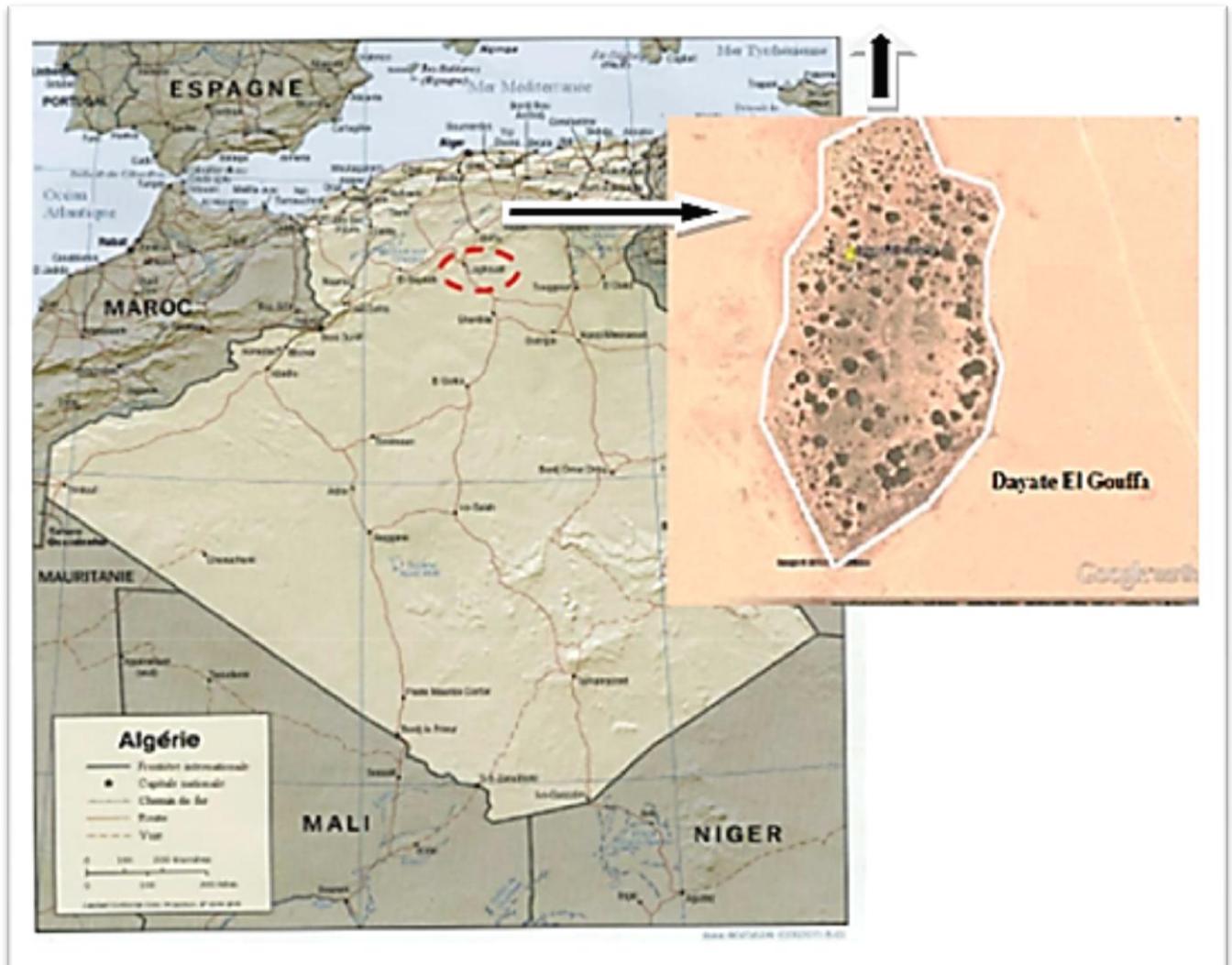


Figure n°13. Localisation de la wilaya de Laghouat (Google Maps, échelle 1 /120 000).

Les dayas de Laghouat sont à fond très plat, jamais complètement imperméables, de forme régulière et peuplées de *Pistacia atlantica* Desf., *Ziziphus lotus*, ainsi que d'autres espèces végétales adaptées à la texture et au régime de submersion temporaire. Cette végétation offre aux dayas un effet oasis, faisant d'elles un refuge d'une biodiversité importante (Pouget, 1980).

1.2. Bioclimat de la zone d'étude

Le climat est un facteur très important qui se place en amont de toute étude relative au fonctionnement des écosystèmes écologiques (Benabadji, 1991 *in* Ghezlaoui et al., 2011).

1.2.1. Précipitations

Dans les zones arides et hyperarides, les précipitations sont pratiquement des pluies, qui sont très faibles (Dubief, 1953 *in* Boubrima, 2014). Ce manque de pluies est dû à l'irrégularité très marquée du régime pluviométrique et à la variabilité interannuelle considérable, ce qui accentue la sécheresse de ces régions (Ozenda, 1983) (Tableau n° 5).

Tableau n°5. Cumuls mensuels et annuels des précipitations (en mm) de la station de Laghouat (2002-2012) (Boubrima, 2014).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jlt	A	S	O	N	D	Cumul Annuel
Moyenne	16.59	7.75	12.52	22.88	10.09	8.93	5.56	13.53	27.48	27.63	10.94	17.53	181.42
P (mm)													

(Source : O.N.M Alger)

Le tableau n° 5 montre le cumul en mm des précipitations enregistrées par la station de Laghouat sur dix ans (2002-2012). Sur cette période, la pluviométrie annuelle est de 181.42mm /an. L'analyse de ces valeurs nous permet de noter que le mois le plus pluvieux est le mois d'octobre (27.63mm), alors que le moins pluvieux est le mois de juillet (5,56 mm).

1.2.2. Températures

La température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984). Elle est aussi importante que la pluviosité, car la vie du végétal se déroule entre deux extrêmes thermiques (Tableau n°6) :

- **m**: exprime l'intensité et la durée du froid hivernal ;
- **M**: exprime la durée et l'importance de la sécheresse estivale.

Tableau n°6. Températures mensuelles de la station de Laghouat (2002-2012) (Boubrima, 2012).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jlt	A	S	O	N	D
T Max (C°)	14.67	16.09	20.71	24.55	29.45	35.66	39.7	40.89	32.12	26.46	19.13	15
T Min (C°)	2.03	3.04	6.46	9.96	14.8	19.69	23.86	38.55	18.04	12.09	6.30	3.04
T moy (C°)	8.35	9.56	13.56	17.26	22.12	27.68	31.78	39.72	25.08	19.68	12.71	9.02

(Source : O.N.M- Alger).

D'après ce tableau, il paraît que le mois d'août correspond au mois le plus chaud avec un maximum de 40.89°C .Le mois le plus froid est le mois de janvier avec un minimum de 2,03°C . Il y a lieu de dire que les plus fortes chaleurs coïncident avec les précipitations les plus faibles des mois de mai, juin, juillet et août .

1.2.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953)

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) permet de définir la saison sèche, en mettant en regard les précipitations et les températures. Un mois biologiquement sec est celui où le total des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double des températures moyennes du même mois en degrés Celsius : $P \leq 2T$.

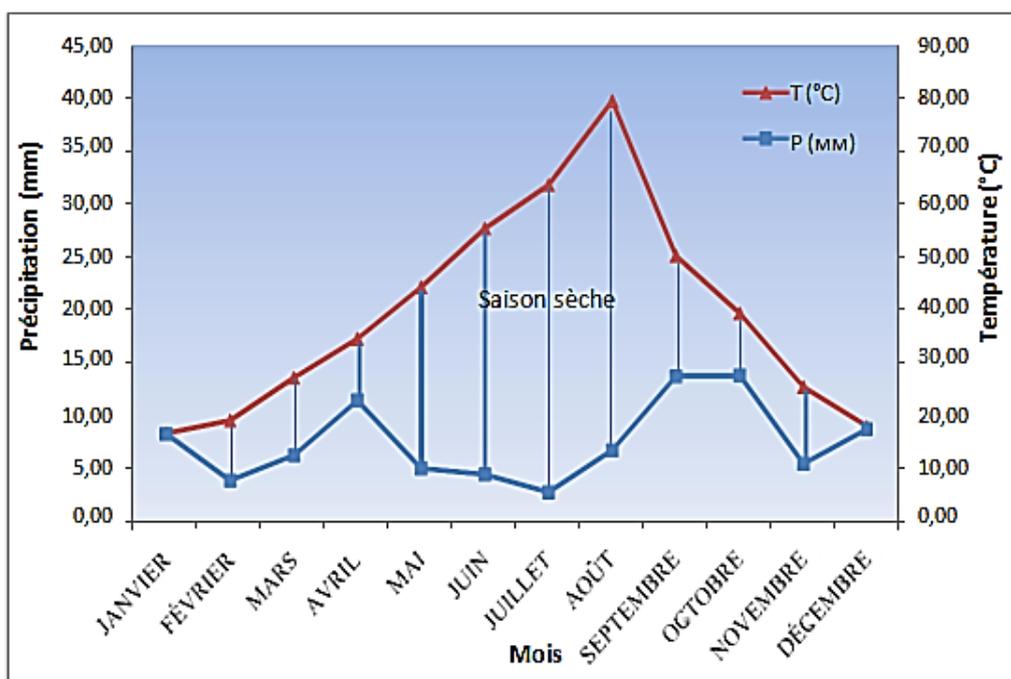


Figure n°14. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la station d'étude (2002-2012) (Boubrima, 2014).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson montre que la période sèche dure toute l'année.

1.2.4. Zonation éoclimatique de Le Houérou (1995)

La zone éoclimatique concerne spécialement les régions de l'Afrique du Nord. Elle consiste à tracer un diagramme qui porte sur les ordonnées le quotient pluvio-évapotranspiratoire (P/ETPp) et sur les abscisses les moyennes des températures minimales du mois le plus froid. Le croisement de ces deux variables donne l'étagement bioclimatique de la région (Figure n°15). Les données nécessaires pour la zonation éoclimatique selon la méthode de Le Houérou (1995) de notre station d'étude sont données dans le tableau n°7.

Tableau n°7. Données et variables calculées utilisés dans la classification éoclimatique de Le Houérou (1995) de la station d'étude (Boubrima, 2014).

Station étudiée	Altitude (m)	P (mm)	M	m	M+m / 2	ETPp [(M+m)/2]× 68,64 (mm)	P/ETP p	(P/ETPp) ×100	Classification
Laghouat	777	181,4 2	40,8 9	2,0 3	21,4 6	1473	0,12	12	Aride inférieur à hiver Frais

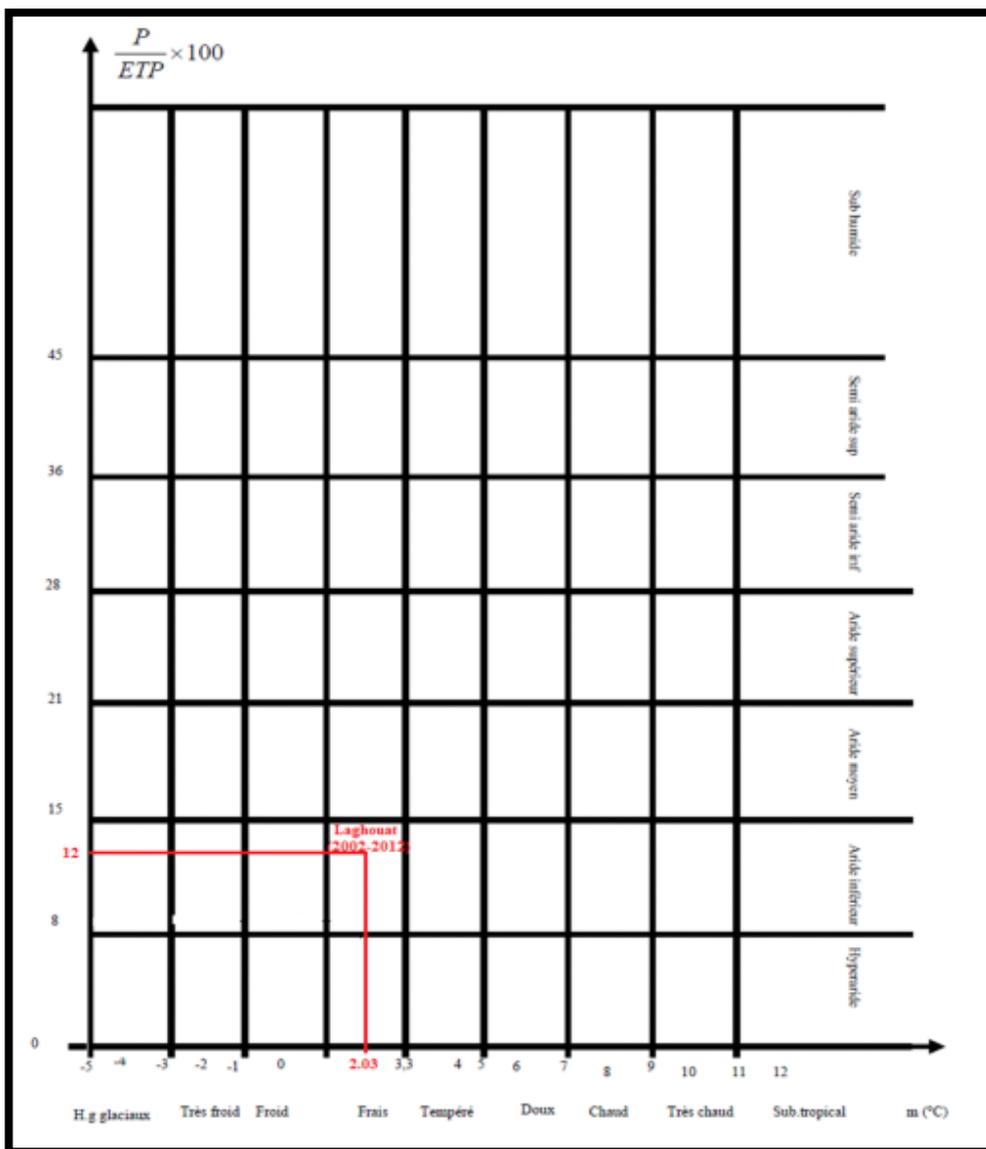


Figure n°15. Zonation écoclimatique de la station d'étude selon la méthode de Le Houérou(1995).

(Source : Le Houérou, 1995 in Boubrima, 2014).

L'analyse du climat à travers ses différentes composantes sur une période allant de 2002 à 2012 (Tableau n°7 et Figure n°14) a révélé que sur le climagramme de Le Houérou, notre daya se place dans l'étage bioclimatique aride inférieur à hiver frais, qui se caractérise par la présence et la dominance d'espèces steppiques strictes, l'infiltration de certaines espèces sahariennes et la quasi-inexistence d'espèces d'affinité forestière, en dehors des zones favorisées par le ruissellement (Le Houérou, 1995).

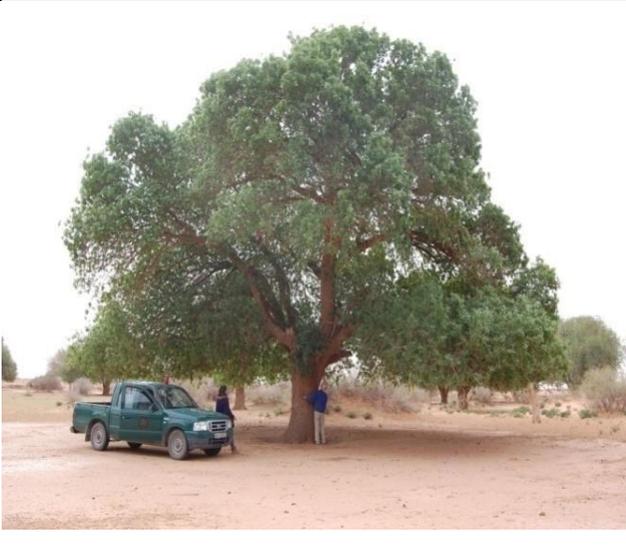
2. Echantillonnage sur le terrain

Les sols rhizosphériques sous pistachier de l'Atlas, matériels de notre étude ont été récoltés au mois d'avril 2017 à dayete El Gouffa. L'échantillonnage s'est porté sur douze sujets de classe d'âge différentes (Immature, moyens, âgés). Les caractéristiques générales de ces douze sujets sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau n°8.Caractéristiques générales des différents sujets échantillonnés.

Sujets	Altitude (m)	Coordonnées GPS	Photos
Immature(1)	956.46m	Latitude 33°92'712N Longitude 2°13'400E	
Immature (2)	960.42m	Latitude 33°92'712N Longitude 2°13'406E	

<p>Femelle moyens(3)</p>	<p>970.78m</p>	<p>Latitude 33°92'642N</p> <p>Longitude 2°13'332E</p>	
<p>Mâle moyens(4)</p>	<p>990.29m</p>	<p>Latitude 33°92'566N</p> <p>Longitude 2°13'311E</p>	
<p>Femelle âgée(5)</p>	<p>955.85m</p>	<p>Latitude 33°92'519N</p> <p>Longitude 2°13'353E</p>	

Mâle âgé(6)	971.39m	Latitude 33°92'553N Longitude 2°13'425E	
Mâle âgé(7)	968.95m	Latitude 33°92'534N Longitude 2°13'344E	
Femelle âgée(8)	966.52m	Latitude 33°92'606N Longitude 2°13'358E	

<p>Immature (9)</p>	<p>965.30m</p>	<p>Latitude 33°92'702N</p> <p>Longitude 2°13'405E</p>	
<p>Immature (10)</p>	<p>959.51m</p>	<p>Latitude 33°92'709N</p> <p>Longitude 2°13'362E</p>	
<p>Mâle moyens (11)</p>	<p>957.37m</p>	<p>Latitude 33°92'694N</p> <p>Longitude 2°13'354E</p>	

Femelle moyens (12)	965.91m	Latitude 33°92'529N Longitude 2°13'308E	
------------------------	---------	--	--

Les échantillons des sols sous pistachier de l'Atlas ont été prélevés sur une trajectoire verticale, sur une profondeur de 20cm. Les sols ont été conservés dans des sacs en plastique portant les informations suivantes; nom de la daya, numéro du sujet, niveau échantillonné (0-20cm). Ils sont ensuite transportés au laboratoire et conservés à une température ambiante. Les sols ont été séchés à l'air libre pendant quarante-huit heures, puis tamisés (2 mm pour du tamis des mailles). Nous avons obtenu une terre fine pour chaque échantillon de sol.

3. Préparation de milieu de culture

Nous avons utilisé un milieu semi-synthétique P.D.A (Potato-dextrose-agar), dont la composition est la suivante :

- 200 g de pomme de terre ;
- 20 g de glucose ;
- 20 g d'agar-agar ;
- eau distillée.

L'infusion de pomme de terre se prépare en faisant bouillir dans l'eau 200 g de pommes de terre tranchées dans 200ml d'eau, pendant 30 minutes à 1h, puis en laissant décanter le bouillon obtenu ou en le filtrant.

On dilue ensuite en ajoutant de l'eau distillée pour un volume final d'un litre. Puis, on ajoute 20 g de glucose et autant d'agar-agar en poudre avant une stérilisation par autoclave à 100 kPa pendant 15 minutes (dans l'étuve 120°C pendant 30 min).

Après on laisse un peu refroidir, et on ajoutant 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.

4. L'isolement des souches fongiques

4.1. Méthode des suspensions-dilutions

Le principe consiste à mettre une quantité de terre en suspension dans de l'eau distillé stérilisé, 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 une quantité connue de terre 1 g à 9 ml d'eau distillé stérilisé, puis à agiter pendant un temps donné (en général 30 secondes), ce qui constitue la dilution 10^{-1} . Des prélèvements successifs de 1 ml dans cette suspension, puis dans les suivantes, ajoutés chaque fois à 9 ml d'eau distillée stérilisée, vont constituer les dilutions 10^{-2} , 10^{-3} jusqu'à 10^{-6} .

Rappelons que pour réaliser ces différents prélèvements. Il est primordial d'utiliser des embouts stériles qu'il faut changer à chaque dilution.

Après homogénéisation, les six dilutions de chaque répétition (R1, R2 et R3) sont répartis en 06 boîtes de Pétri, que l'on maintient dans les conditions (température, éclairage, durée d'incubation) (figure n°16).

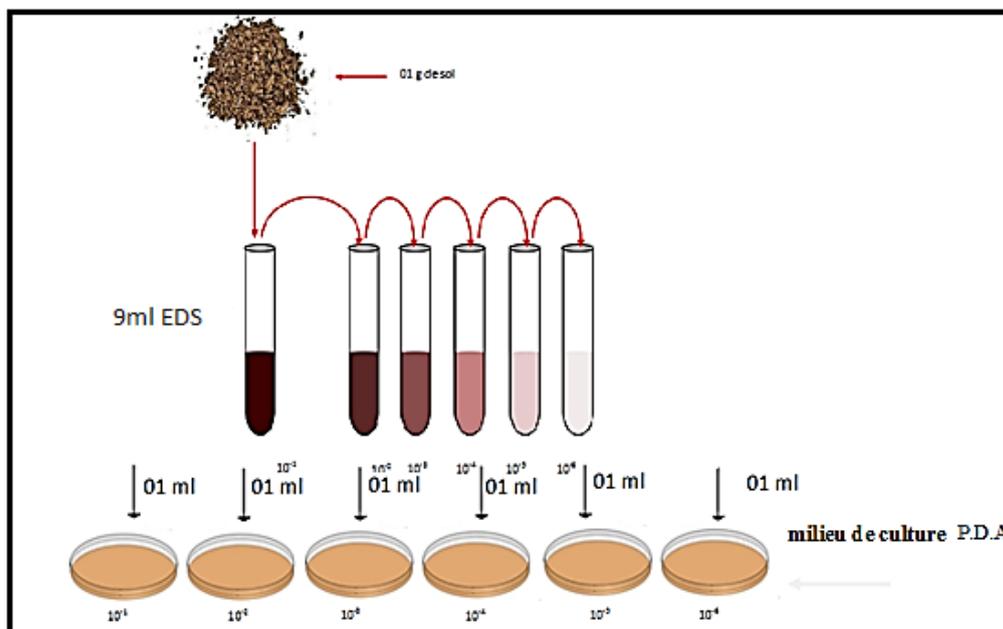


Figure n°16. Technique des suspension-dilutions.S

4.2. Mise en culture:

Une variante de cette technique concerne le mode d'incorporation. Elle consiste à étaler un très faible volume de chaque dilution à la surface du milieu gélosé solidifié dans les boîtes de Pétri. Le succès de cette technique repose sur la bonne dispersion de la suspension sur l'ensemble de la surface.

Une fois ensemencées, les boîtes doivent être maintenues dans des conditions aussi favorables que possible au développement des champignons et aussi défavorables que possibles à ses principaux concurrents. Ce stade le principal facteur de sélectivité est la température d'incubation (Pierre et Francis, 1997).

Après un certain temps, les dilutions présentant un nombre de colonies suffisantes est repérées.

4.3. Prélèvement

Les prélèvements doivent être faits le plus loin possible de l'origine de la colonie, avec une aiguille lancéolée fine, flambé et refroidie. Le repiquage des isolats sur milieu sélectif est une précaution généralement utile, même en absence de contamination visible (Pierre et Francis, 1997).

5. Identification

5.1. Identification macroscopique

a) Texture

- laineuse : mycélium aérien abondant ;
- duveteuse : mycélium aérien court ;
- poudreuse : mycélium aérien produisant de nombreuses conidies créant une surface d'apparence poudreuse semblable à du sucre ou de la farine ;
- glabre : mycélium aérien peu abondant avec surfacelisse.

b) Topographie

- plane, surélevée, cérébriforme avec striesradiales.

c) Couleur

- surface, revers, pigment diffusible;
- brun, gris, noir = champignon dématié;
- blancou autre couleur (rouge, vert, jaune, mauve, etc.) = champignon hyalin;

d) Vitesse de croissance (diamètre de la colonie à 7 jours)

- rapide: ≥ 3 cm.
- modérée: entre 1 et 3 cm.
- lente: ≤ 1 cm.

5.2. Identification microscopique

Nous nous sommes référées pour l'identification aux différents articles collectés et aux clés de détermination des Deutéromycètes de Kiffer et Morellet (1997). Pour l'examen des structures microscopiques, il y a lieu de s'intéresser aux :

- hyphes : septés, non septés, larges ($> 4 \mu\text{m}$), étroits ($< 4 \mu\text{m}$) ;
- conidiophores: absents, simples, ramifiés ;
- cellules conidiogènes: annelide, phialide...;
- conidies: uni- ou pluricellulaires, solitaires, en amas ou en chaînes, forme (ronde, ovale, en massue...);
- organes de fructification: périthèces, cléistothèces (sexué), pycnides (asexué) (Dufresne et Germain, 2013).

6. Analyse statistique

- Calcul des abondances : nous avons calculé l'abondance (%) comme suit
nombre d'isolat fongique (du genre) prélevés $\times 100$ / nombre total des genres ;
- analyse de la variance (ANOVA) : des analyses de variance (anova) sont faites grâce au logiciel Stat Box 6.40, pour mettre en évidence la présence de différences significatives entre les différents champignons des sols échantillonnés.

Après avoir effectué les prélèvements des isolats des champignons du sol sous pistachier de l'Atlas au niveau de notre station d'étude « dayate El-Gouffa », nous avons procédé à l'identification macroscopique et microscopique des différents genres fongiques prélevés et l'estimation de leurs abondances.

1. Diversité et abondance des genres fongique sous pistachier de l'Atlas

Dans cette étude, nous avons identifié 35 genres fongiques (Tableau n°9) appartenant à trois phylums différents (Figure n°17). 84% sont des Ascomycètes. Ce phylum est représenté par 30 genres différents. Il est suivi par le phylum des Zygomycètes (8%), qui comprend 4 genres. Les Basidiomycètes sont aussi présents (3%), dont nous avons recensé un seul genre fongique. Enfin 5% qui font partie des genres non identifiés.

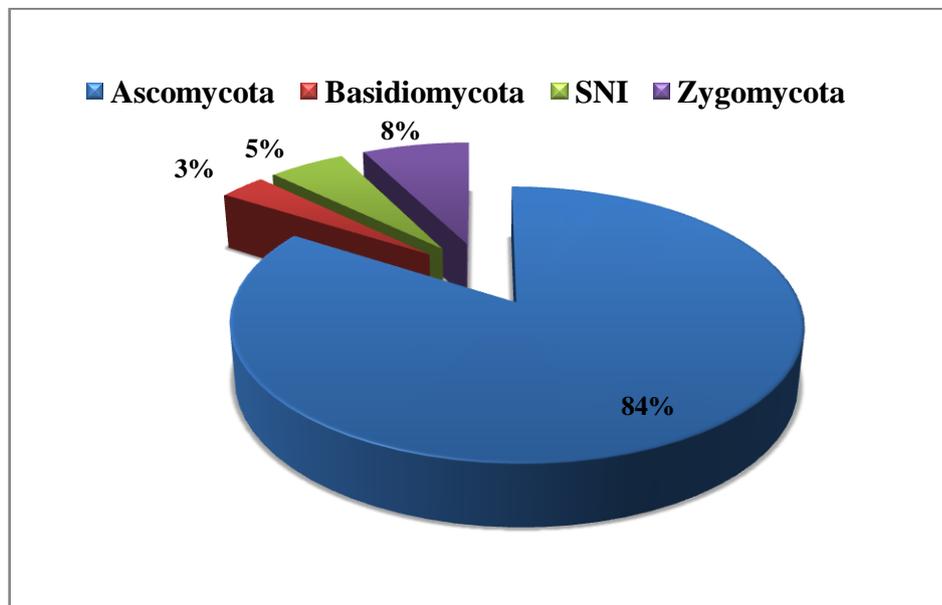


Figure n°17. Spectre général des fréquences des différents phylums fongiques recensés dans les sols sous pistachier de l'Atlas de dayate El-Gouffa.

Tableau n°9. Abondance des genres fongiques isolés à partir des sols sous pistachier de l'Atlas à dayate El-Gouffa.

Genres	Phylum	Ordre	Famille	Abondances(%)
<i>Absidia</i>	Zygomycota	Mucorale	Mucoraceae	1,06
<i>Acremonium</i>	Ascomycota	Hypocreales	Hypocreaceae	1,06
<i>Actinomucor</i>	Zygomycota	Mucorale	Mucoraceae	1,06
<i>Arthrinium</i>	Ascomycota	Sordariales	Lasiophaeriaceae	1,06
<i>Aspergillus</i>	Ascomycota	Eurotiales	Trichocomaceae	15,95
<i>Aureobasidium</i>	Ascomycota	Dothideales	Dotioraceae	7,44
<i>Bipolaris</i>	Ascomycota	Pleosporales	Pleosporaceae	1,06
<i>Candida</i>	Ascomycota	Saccharomycetales	Saccharomycetaceae	1,06
<i>Cephalotrichum</i>	Ascomycota	Microascales	Microascaceae	1,06
<i>Chaetomium</i>	Ascomycota	Sordiales	Cheatomiaceau	3,19
<i>Chrysosporium</i>	Ascomycota	Onygenales	Onygenaceae	3,19
<i>Cladosporium</i>	Ascomycota	Capnodiales	Davidiellaceae	4,24
<i>Coelomyces</i>	Ascomycota	Sphaerapsidales	Sphaeropsidae	1,06
<i>Cunninghamella</i>	Zygomycota	Mucorales	Cunninghamellaceae	2,12
<i>Fusarium</i>	Ascomycota	Hyporeales	Nectriaceae	5,31
<i>Geotrichum</i>	Ascomycota	Onygenales	Gymnoascaraceae	1,06
<i>Gliocladium</i>	Ascomycota	Hyporeales	Hyporeaceae	1,06
<i>Gymnoascus</i>	Ascomycota	Onygenales	Gymnoascaraceae	1,06
<i>Humicola</i>	Ascomycota	-	-	1,06
<i>Meria</i>	Ascomycota	Hypocreales	-	1,06
<i>Monilia</i>	Ascomycota	Hylotiales	Sclerotiniaceae	3,19
<i>Mucor</i>	Ascomycota	Botryosphaerales	Batryosphaeriaceae	2,12
<i>Paecilomyces</i>	Ascomycota	Eurotiales	Trichocomaceae	1,06
<i>Penicillium</i>	Ascomycota	Pleosporales	Pleosporaceae	10,63
<i>Rhizoctonia</i>	Basidiomycota	Cantharellales	Ceratobasidiaceae	3,19
<i>Rhizopus</i>	Zygomycota	Mucorales	Mucoraceae	3,19
<i>Scopulariopsis</i>	Ascomycota	Microscales	Mucoraceae	1,06
<i>Scytalidium</i>	Ascomycota	Helotiales	Non Defini	1,06
<i>Sporothrix</i>	Ascomycota	Ophiostomataceae	Ophiotomataceae	1,06
<i>Torula</i>	Ascomycota	Saccharomycetales	Saccharomycetaceae	1,06
<i>Trichoderma</i>	Ascomycota	Hypocreales	Hypocreaceae	1,06
<i>Trichophyton</i>	Ascomycota	Onygenales	Arthodermataceae	6,38
<i>Trichurus</i>	Ascomycota	Microascales	Microascuceae	1,06
<i>Ulocladium</i>	Ascomycota	Pleosporales	Pleosporaceae	2,12
<i>Verticillium</i>	Ascomycota	Non défini	Plectosphaerellaceae	1,06
SNI	-	-	-	5,30

Selon les résultats ci-dessus, nous déduisons que la diversité des champignons au niveau des sols sous pistachier de notre zone d'étude est intéressante. Ils sont classés du plus abondant au plus parcimonieux comme suit: *Aspergillus* avec 15.95% suivi par *Penicillium* avec 10.63%, *Aureobasidium* avec 7.44%, *Trichophyton* avec 6.38%, *Fusarium* avec 5.31%, *Cladosporium* avec 4.24%, *Chaetomium*, *Chrysosporium*, *Monilia*, *Rhizoctonia* et *Rhizopus* avec 3.19% pour chacun d'entre eux, *Cunninghamella*, *Mucor*, *Ulocladium* avec 2.12% pour chacun d'eux, *Absidia*, *Acremonium*, *Actinomucor*, *Arthrinium*, *Bipolaris*, *Candida*, *Cephalotrichum*, *Coelomyces*, *Geotrichum*, *Gliocladium*, *Humicola*, *Meria*, *Paecilomyces*, *Scopulariopsis*, *Sporothrix*, *Scytalidium*, *Trichoderma*, *Trichurus*, *Torula*, *Verticillium* et *Gymnoascus* avec 1.06%. Pour les espèces non identifiées, nous avons notés une abondance de 5.30%.

A partir de ces résultats, nous constatons qu'*Aspergillus* est le genre le plus abondant, il appartient au phylum des Ascomycota. Il a une large répartition géographique, mais il est plus souvent associé aux régions à climat chaud. Il se développe sur la matière organique en décomposition, dans le sol, le compost, les denrées alimentaires, les céréales. Certaines espèces peuvent être directement pathogènes pour l'homme et les animaux en étant capables d'envahir les tissus vivants et provoquer des aspergilloses (Bougharef, 2008).

Ces champignons présentent des colonies plates ou surélevées, duveteuse, veloutées, poudreuses ou granuleuses (Chabasse et al., 2002). C'est avec la maturation des structures conidiogènes que ces colonies vont prendre leur teinte caractéristique gris-vert. Le revers est incolore à jaune, il peut aussi brunir ou rougir avec l'âge (Lyatim, 2008) (Figure n°18).

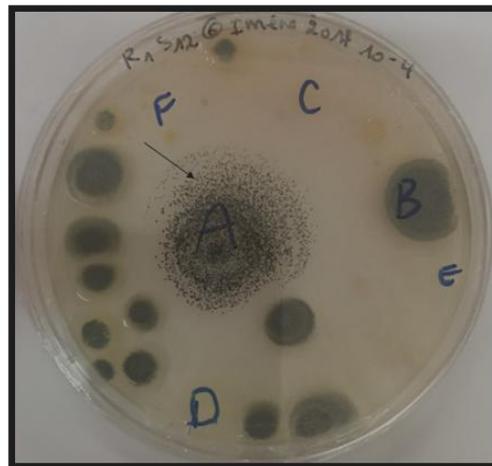


Figure n°18. Observation macroscopique d'*Aspergillus*.

Aspergillus est un champignon filamenteux, dont le thalle est hyalin. Il présente un mycélium cloisonné. Il se reconnaît par ses conidiophores distincts, terminés par une vésicule gonflée, portant des phialides en forme de bouteilles produisant des spores ou conidies, qui caractérisent le mode de reproduction asexuée du champignon. Les spores peuvent être de plusieurs couleurs, selon les espèces et sont produites en longues chaînes au bout des phialides (Marcel, 1997) (Figure n°19 A).

Les formes sexuées des *Aspergillus* sont caractérisées par des cléistothèces arrondis, entourés ou non de cellules « en noisette », qui sont des éléments sclérotiaux, formés par l'épaississement de la partie terminale des filaments entourant les cléistothèces. Les ascques sphériques situés dans les cléistothèces contiennent huit ascospores souvent porteuses de deux crêtes circulaires (Bougharef, 2007) (Figure n°19 B).

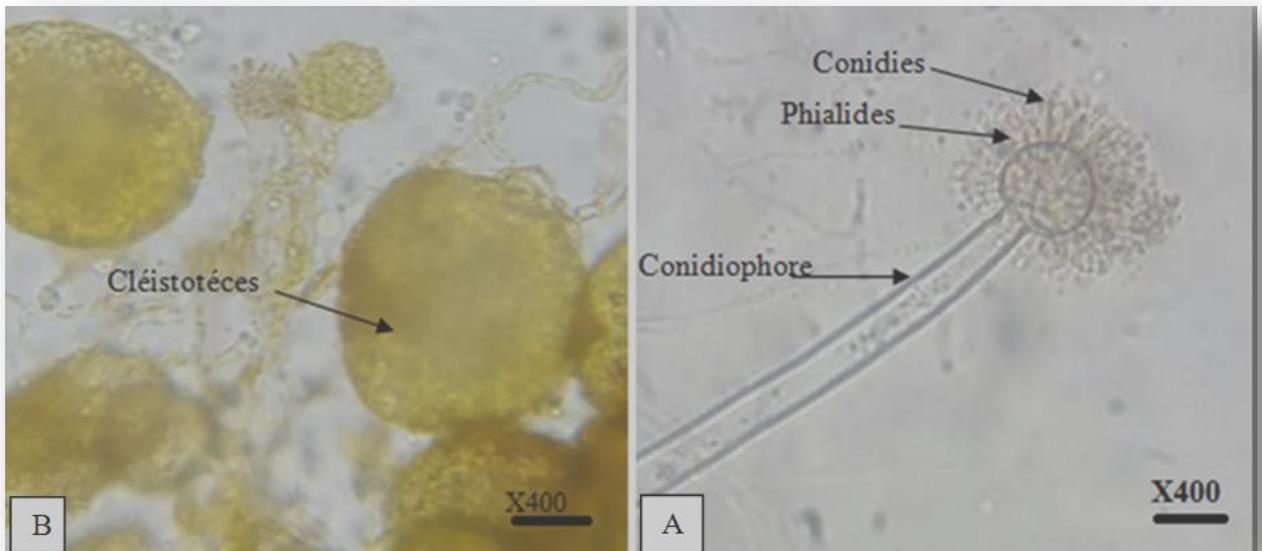


Figure n°19. Observation sous microscopique optique d'*Aspergillus*.

A) Observation microscopique du genre *Aspergillus* (reproduction asexuée, phase anamorphe).

B) Aspect microscopique d'*Aspergillus* (reproduction sexuée, phase téléomorphe).

Le genre *Penicillium* est aussi présent, avec une abondance relativement importante. Ce genre réunit des champignons filamenteux, appartenant au phylum des Ascomycètes. 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 organiques en décomposition, le compost et les céréales (Tabuc, 2007).

Les *Penicillium* se développent rapidement et facilement sur les milieux de culture (Chabasse et al., 2002). Ils se développent à des températures modérées de l'ordre de 20-27°C. La colonie est habituellement plate, duveteuse, poudreuse, sa teinte, le plus souvent verte, pour certaines espèces, jaune, orange, rose, ou rouge et le revers est incolore ou foncé. Cette couleur permet une première orientation dans l'identification des espèces (Tabuc, 2007) (Figure n°20).

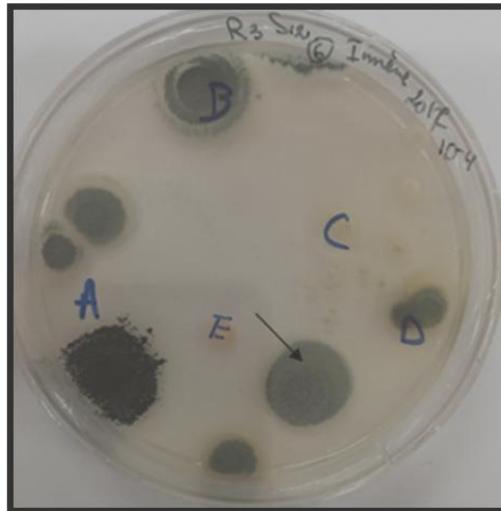


Figure n°20. Observation macroscopique du genre *Penicillium*.

L'aspect microscopique des espèces de ce genre se reconnaît par la partie fertile qui porte les spores, qui se développe en forme d'un pinceau dense. Les hyphes sont septés, hyalins et portent des conidiophores simples ou ramifiées, parfois regroupés en buisson ou corémie. Les phialides sont disposées en verticilles à l'extrémité des conidiophores (Marcel, 1997) (Figure n°21).

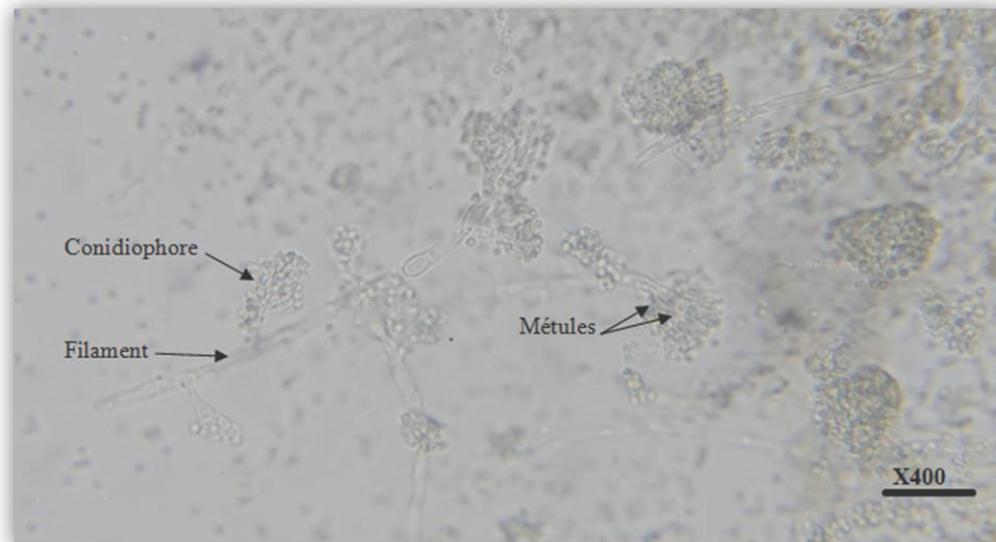


Figure n°21. Observation sous microscope optique du genre *Penicillium*.

2. Diversité et abondances des genres fongiques sous les sujets immatures

Les sols sous les sujets immatures S1, S2, S9 et S10, comprennent 21 genres différents, dont la majorité sont des Ascomycètes. Nous remarquons une codominance entre les deux genres *Aspergillus* et *Penicillium*. Ils sont dans tous les cas, suivis par les genres *Fusarium*, *Trichophyton*, *Cladosporium* et *Rhizoctonia* qui sont moyennement abondants. Les autres genres sont présents, mais avec une faible abondance (Tableau n°10 et Figure n° 22).

Nous avons recensé les genres *Bipolaris* et *Geotrichum* uniquement pour les sols des sujets S1 et S9, avec une faible abondance (respectivement 1.59% et 3.51%).

Tableau n°10. Abondances et diversité des champignons sous pistachier pour les sujets immatures (S1, S2, S9, S10).

Genres	S1	S2	S9	S10
<i>Acremonium</i>	0	0	0	1,33
<i>Aspergillus</i>	37,49	39,9	34,32	28,68
<i>Aureobasidium</i>	2,78	1,96	4,44	2,67
<i>Bipolaris</i>	1,59	0	0	0
<i>Candida</i>	1,39	0	0	0
<i>Chaetomium</i>	0	3,81	1,67	0
<i>Chrysosporium</i>	0	0	0	2,75
<i>Cladosporium</i>	13,08	4,18	1,75	4,11
<i>Fusarium</i>	8,92	1,85	12,39	2,66
<i>Geotrichum</i>	0	0	3,51	0
<i>Gymnoascus</i>	0	0	0	1,33
<i>Monilia</i>	0	0	0	2,66
<i>Mucor</i>	0	0	0	2,9
<i>Penicillium</i>	24,6	40,01	24,05	16,34
<i>Rhizoctonia</i>	8,54	8,25	1,39	4,35
<i>Scopulariopsis</i>	0	0	1,39	0
<i>SNI</i>	0	0	3,06	2,9
<i>Sporothrix</i>	0	0	0	8,11
<i>Torula</i>	0	0	1,67	0
<i>Trichoderma</i>	0	0	0	4,11
<i>Trichophyton</i>	0	0	8,69	15,01
<i>Ulocladium</i>	1,59	0	1,67	0

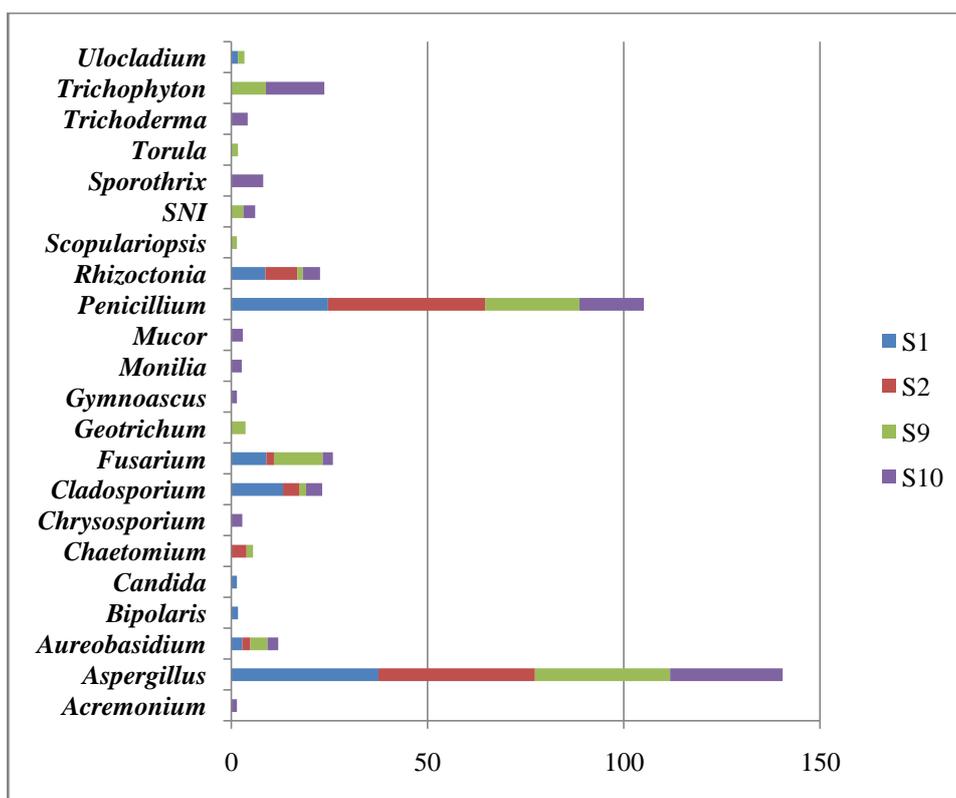


Figure n°22. Histogramme des abondances des genres fongiques recensés au niveau des sols sous pistachier immatures (S1, S2, S9 et S10).

Le genre *Fusarium* est présent dans tous les sujets immatures de la daya avec une certaine abondance. Ce genre appartient aux Ascomycètes. C'est un champignon cosmopolite, qui peut infecter les sols et les substances organiques. On le trouve dans les zones tropicales, les régions tempérées, les zones désertiques, montagneuses et même arctiques (Bani, 2011). Les espèces de ce genre regroupent beaucoup d'espèces phytopathogènes susceptibles d'attaquer plus de 100 espèces végétales pouvant ainsi détruire des récoltes entières de céréales (Debourgogne, 2013). Il provoque des maladies appelées fusarioses, qui peuvent infecter aussi bien les parties aériennes que les parties souterraines des plantes. De plus, beaucoup d'espèces saprophytes sont capables de se développer en tant que pathogènes secondaires sur des tissus végétaux sénescents (Anaissie et *al.*, 1989). Certains de ces pathogènes peuvent également causer des infections chez les animaux ou les humains (Debourgogne, 2013).

Les colonies de ce champignon peuvent être duveteuses ou cotonneuses, sont de couleur variable selon l'espèce. Les colonies présentent souvent des nuances roses, jaunes, rouges ou violettes (Figure n° 23).

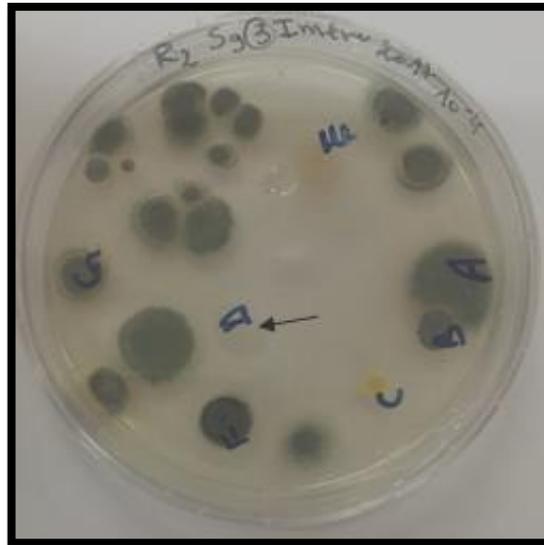


Figure n° 23 : Aspect macroscopique de la colonie du genre *Fusarium*.

L'identification microscopique est basée sur l'aspect des conidies produites par des phialides ou cellules conidiogènes sans collerette. Le genre peut produire plusieurs types de spores incolores divisées par plusieurs cloisons: les macroconidies, les microconidies, les mésoconidies ou blastoconidies et les chlamydozspores. Certaines espèces produisent les quatre variétés, d'autres non. L'aspect de ces conidies, la présence ou l'absence de certaines d'entre elles sont les caractères essentiels d'identification des *Fusarium* (Lyatim, 2008) (Figure n° 24).

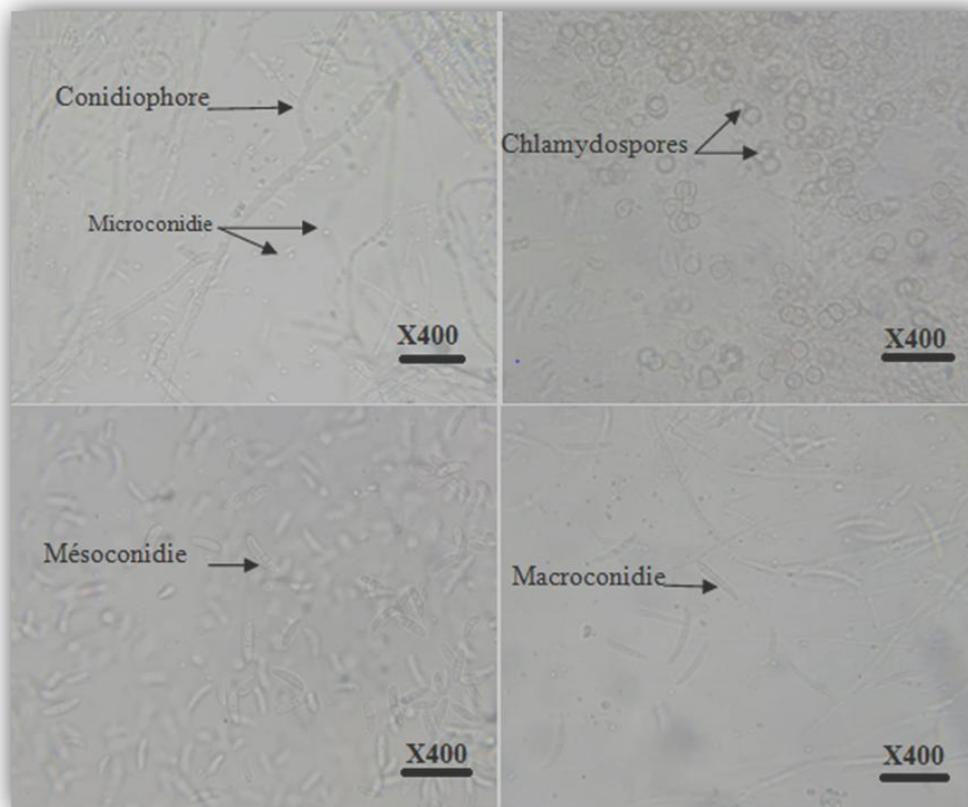


Figure n°24. Observation sous microscope optique du genre *Fusarium*.

Le genre *Cladosporium* est un Ascomycète, avec une croissance lente à modérément rapide sur tous les milieux. Il est largement retrouvé dans le sol et sur de nombreux végétaux. Il est souvent isolé de l'air ambiant et de ce fait c'est un contaminant fréquent de laboratoire. Il ne pousse généralement qu'entre 20 à 25C°, mais certaines espèces comme *Cladosporium carrionii* et *Cladosporium bantianium* sont thermophiles (Lyatim, 2008).

Les colonies ont une texture veloutée ou floconneuse, parfois poudreuse. La couleur va du vert olive au brun noir très foncé et le revers est brun noir (Chabasse et *al.*, 2002) (Figure n°25).

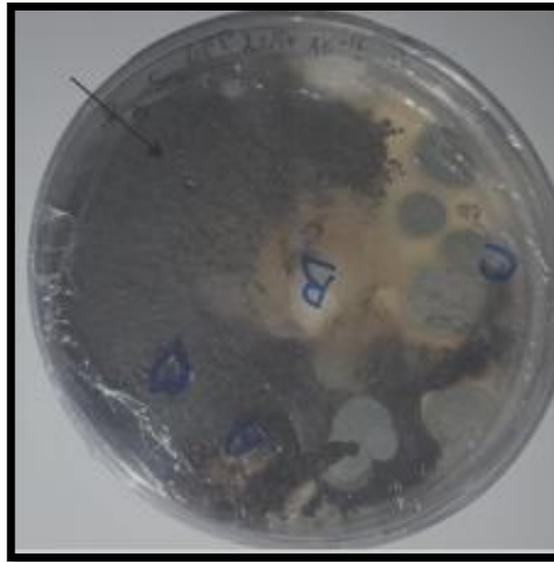


Figure n°25. Aspect macroscopique de la colonie du genre *Cladosporium*.

Les hyphes septés sont pigmentés. Ils produisent des conidiophores (encore plus foncés) de longueur variable. Les premières conidies formées à l'extrémité des conidiophores sont de grande taille, uni ou pluricellulaires ; les suivantes sont plus petites et unicellulaires. L'ensemble forme des longues chaînes acropètes, ramifiées, réalisant des ramifications fragiles, qui se dissocient lors du montage. La paroi des conidies, de forme généralement elliptique à cylindrique est lisse ou finement verruqueuse et présente souvent aux extrémités des cicatrices de bourgeonnement et de libération (Lyatim, 2008) (Figure n°26).

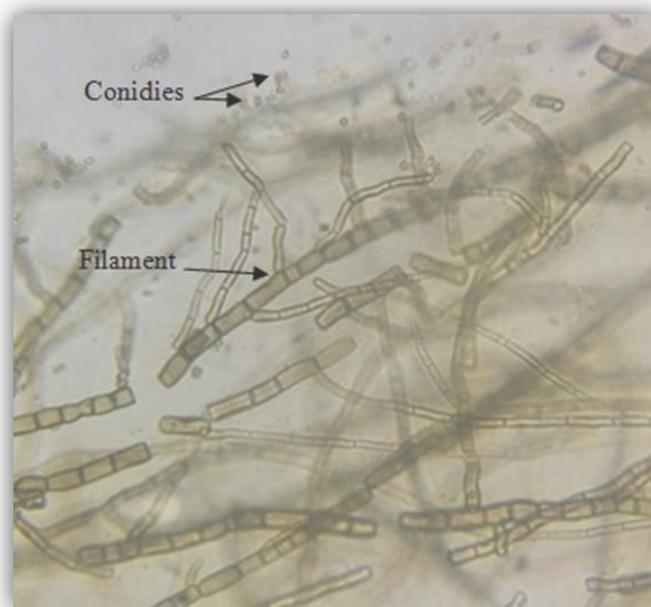


Figure n°26. Observation sous microscope photonique du genre *Cladosporium*.

3. Diversité et abondances des genres fongiques sous les sujets moyens

A partir du tableau ci-dessus nous déduisons que les sujets moyens S3, S4, S11 et S12, présentent 27 genres différents dont la majorité sont des Ascomycètes. Nous remarquons une codominance entre les deux genres *Aspergillus* et *Penicillium* et on les trouve dans tous les sujets, suivis par les genres *Rhizoctonia* qu'il représente le phylum des Basidiomycota et *Aureobasidium*, *Cunninghamella*, *Cladosporium* et *Chrysosporium* avec des abondances moyennes. Les autres genres sont présents avec des abondances faibles (Tableau n°11) (Figure n°27). Les deux genres *Scytalidium* et *Trichurus* sont rencontrés uniquement dans le sujet moyen S12.

Tableau n°11. Abondances et diversité des champignons sous pistachiers sujets moyens (S3, S4, S11, S12).

Genres	S3	S4	S11	S12
<i>Absidia</i>	3,17	0	0	0
<i>Acremonium</i>	0	2,08	1,58	1,75
<i>Arthrinium</i>	0	0	3,25	0
<i>Aspergillus</i>	26,75	28,32	25,45	34,03
<i>Aureobasidium</i>	13,75	0	3,66	0
<i>Cephalotrichum</i>	0	0	0	5,09
<i>Chaetomium</i>	0	1,75	0	0
<i>Cladosporium</i>	10,17	3,5	0	0
<i>Coelomyces</i>	0	0	0	1,67
<i>Chrysosporium</i>	1,58	0	1,66	9,09
<i>Cunninghamella</i>	0	14,98	0	0
<i>Fusarium</i>	0	5,59	0	5,67
<i>Gliocladium</i>	2,08	3,93	0	0
<i>Gymnoascus</i>	1,58	0	0	0
<i>Mucor</i>	0	0	7,08	0
<i>Paecilomyces</i>	3,33	0	0	1,96
<i>Penicillium</i>	25,83	31,49	17,65	26,82
<i>Rhizoctonia</i>	2,08	5,78	12,75	3,42
<i>Rhizopus</i>	0	1,85	4,84	1,96
<i>Scopulariopsis</i>	0	0	1,66	0
<i>Scytalidium</i>	0	0	0	1,67
<i>Sporothrix</i>	0	0	0	1,75
<i>Torula</i>	0	0	3,75	0
<i>Trichoderma</i>	0	0	8,01	0
<i>Trichophyton</i>	2,08	0	3,32	1,67
<i>Trichurus</i>	0	0	0	3,42
<i>Ulocladium</i>	5,41	0	3,66	0
SNI	2,08	0	1,58	0

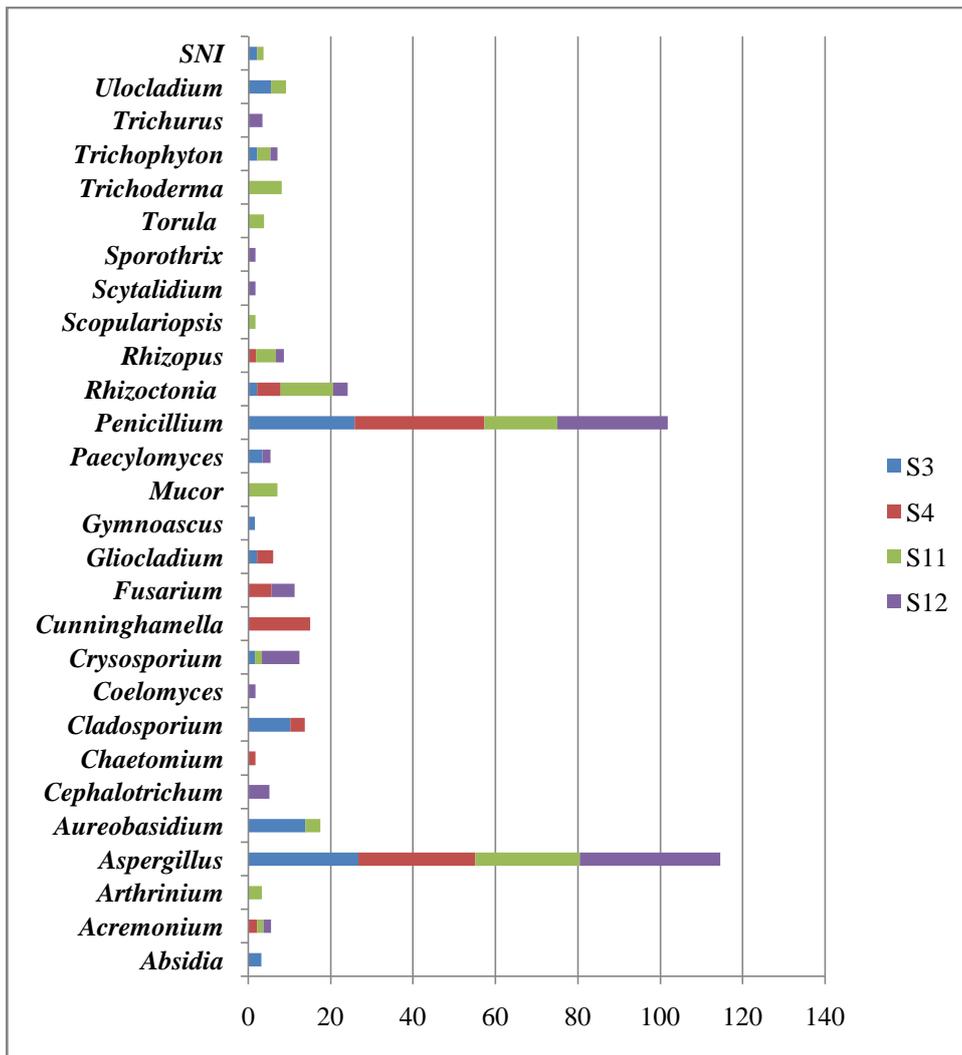


Figure n°27. Histogramme des abondances des genres fongiques recensés au niveau des sujets moyens (S3, S4, S11, S12).

Le genre *Ulocladium* est un champignon saprophyte, cosmopolite. Ce genre fongique présente principalement des espèces saprotrophes et peut être facilement isolé de la végétation morte ou du bois pourri (Pedersen, 2009).

Les colonies présentent une texture laineuse, duveteuse à poudreuse. La couleur est brun olive à noire et le recto est noir (Chabasse et *al.*, 2002) (Figure n° 28).

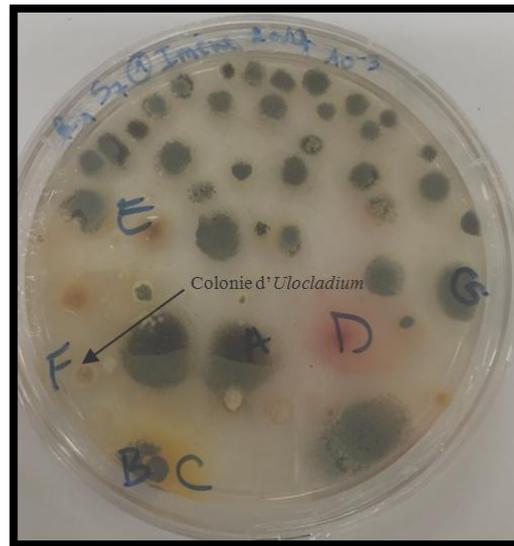


Figure n°28. Aspect macroscopique d'une colonie du genre *Ulocladium*.

À partir de l'aspect microscopique, nous constatons que les hyphes sont septés, bruns, naissent de courts conidiophores septés, non ramifiés, fortement géniculés. Le genre est caractérisé par des conidiophores foncés, portant des conidies, en plusieurs points de leur longueur. Les conidies sont brun foncé, plus ou moins ovoïdes à cylindriques et divisées en plusieurs cellules par des cloisons transversales et longitudinales (Chabasse et *al.*, 2002) (Figure n°29).



Figure n°29. Observation sous microscope du genre *Ulocladium*.

4. Diversité et abondances des genres fongiques sous les sujets âgés

Les sols sous les sujets âgés S5, S6, S7 et S8 contiennent 24 genres fongiques, qui appartiennent à différents phylums. Nous constatons une codominance entre les deux Ascomycètes ; *Aspergillus* et *Penicillium*, suivi par *Rhizoctonia*, ainsi que *Cunninghamella* et *Mucor* avec des abondances moyennes et enfin les autres genres arrivent en troisième position, avec une faible abondance (Tableau n°12 et Figure n°30).

Il y'a une richesse et diversité des Zygomycètes dans les sols sous ces sujets âgés tels que *Absidia*, *Actinomucor*, *Cunninghamella* et *Rhizopus*. Les genres suivants : *Actinomucor*, *Meria* et *Verticillium* sont rencontrés uniquement dans les sols des sujets âgés.

Tableau n°12. Abondances et diversité des champignons sous pistachiers de l'Atlas âgés (S5, S6, S7, S8).

Genres	S5	S6	S7	S8
<i>Absidia</i>	5,51	0	0	0
<i>Actinomucor</i>	0	0	8,11	0
<i>Aspergillus</i>	45,78	15,27	11,78	22,01
<i>Aureobasidium</i>	0	1,33	0	5,75
<i>Candida</i>	0	1,66	0	0
<i>Cephalotrichum</i>	0	1,66	0	0
<i>Chaetomium</i>	0	2,66	0	0
<i>Chrysosporium</i>	0	0	0	1,59
<i>Cladosporium</i>	2,09	1,33	4,44	3,67
<i>Coelomyces</i>	0	6	0	0
<i>Cunninghamella</i>	10,92	6,91	2,22	2,08
<i>Fusarium</i>	0	0	0	13,09
<i>Gliocladium</i>	0	1,33	0	0
<i>Humicola</i>	0	0	1,45	7,84
<i>Meria</i>	0	1,66	0	0
<i>Monilia</i>	0	3,62	0	0
<i>Mucor</i>	0	0	8,11	12
<i>Penicillium</i>	27,2	44,5	36,79	22,02
<i>Rhizoctonia</i>	8,51	10,62	6,57	2,08
<i>Rhizopus</i>	0	0	2,22	0
<i>Sporothrix</i>	0	0	11,78	4,17
<i>Trichophyton</i>	0	1,33	2,22	0
<i>Ulocladium</i>	0	0	1,45	2,08
<i>Verticillium</i>	0	0	0	1,59
SNI	0	0	2,9	0

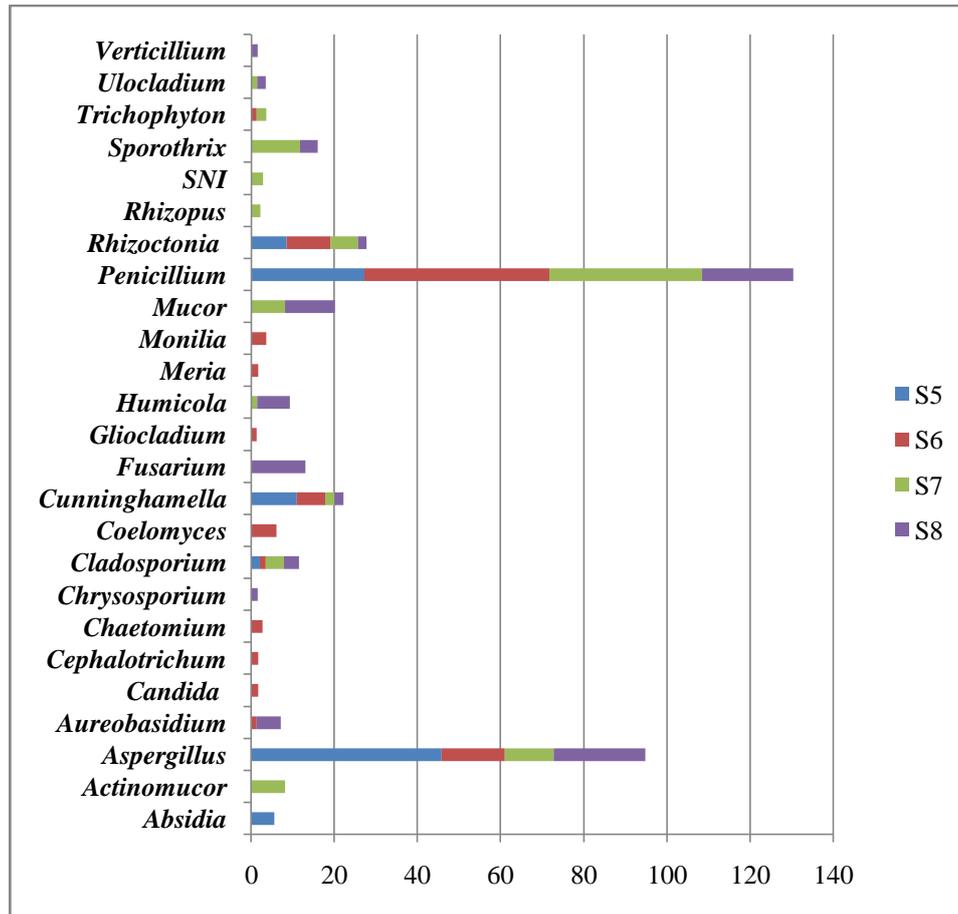


Figure n°30. Histogramme des abondances des genres fongique au niveau des sujets moyens (S5, S6, S11, S12).

Le genre *Rhizopus* est un champignon thermophile, son optimum thermique est entre 25 °C à 37°C selon les espèces, mais la croissance est possible jusqu'à 50°C pour *Rhizopus rhizopodiformis* (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 et la végétation en décomposition. Certaines souches de *Rhizopus* sont également connues pour être des agents pathogènes opportunistes (Bach, 2014).

La colonie est à croissance très rapide et extensive, a une texture cotonneuse, de couleur blanche au départ, devient grise et foncée en vieillissant (Figure n°31).



Figure n°31. Aspect macroscopique de *Rhizopus*.

Ce genre est caractérisé par sa croissance rapide et très grossière (Chabasse et *al.*, 2014). Il présente des filaments larges, non ou peu septés et des sporanges sombres contenant des spores de couleur pâle à foncée et une grande columelle. À la base des sporangiophores, on trouve des rhizoïdes. La diffusion se fait souvent par des sortes de stolons rampants aériens (Marcel, 1997) (Figure n°32).



Figure n°32. Observation sous microscope optique du genre *Rhizopus*.

Le genre *Absidia* est un champignon ubiquiste du sol, il englobe les espèces mésophiles et thermotolérantes (Ribes et *al.*, 2000). Il est caractérisé par des colonies à croissance rapide et de texture floconneuse, avec une couleur grise en surface, incolore au verso. Il peut pousser plus rapidement à 25°C jusqu'à 37°C (croissance possible jusqu'à 48 à 52°C) (Chabasse et *al.*, 2002) (Figure n°33).

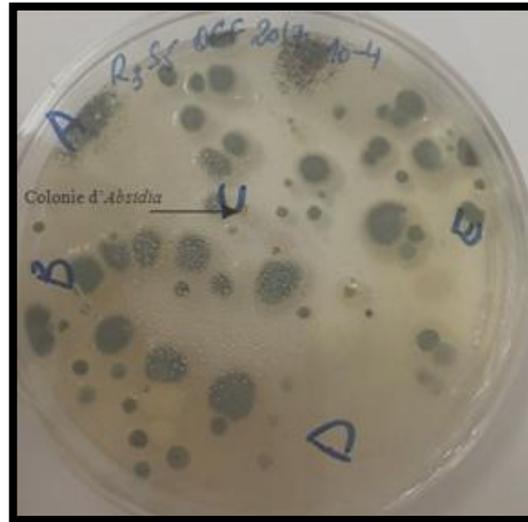


Figure n°33. Aspect macroscopique d'une colonie d'*Absidia*.

Ce genre présente des filaments larges (5 à 15 μm), peu ou pas septés. Les sporocystophores sont isolés ou groupés, fixés au milieu des stolons et ramifiés en grappe ou encorymbes. Ils se terminent par une large apophyse conique (évasement en forme d'entonnoir). Les spores sont cylindriques lisses et jaunâtres. Les rhizoïdes peu nombreux, situés sur les stolons à distance des sporocystophores (Chabasse et *al.*, 2002) (Figure n°34).



Figure n°34. Aspect sous microscope optique du genre *Absidia*.

En récapitulatif des tableaux des 12 sujets (immature, moyens et âgés) nous remarquons que malgré le fait que notre zone d'étude se place dans l'étage bioclimatique aride inférieur à hiver frais, où les précipitations sont pratiquement des pluies très faible (181.41mm /ans), les champignons telluriques présentent une diversité intéressante au niveau des sols de tous les sujets échantillonnés.

Les abondances des genres fongiques appartenant au phylum des Ascomycota sont importantes, suivis par les Zygomycètes et enfin les Basidiomycètes.

Les tableaux ci-dessus montrent que le nombre de champignons des sols sous pistachier de l'Atlas est respectivement élevé pour les deux sujets n°10 et n°11 avec 15 genres fongiques, le sujet n°6 et le sujet n°12 avec 14 genres pour chacun d'entre eux, les sujets n°3, n°7, n°8 et n°9 avec 13 genres, le sujet n°4 avec 10 genres, le sujet n°1 avec 9 genres, le sujet n°2 avec 7 genres et enfin le sujet n°5 avec 6 genres.

Certains taxons fongiques sont rencontrés dans tous les sols des sujets échantillonnés de *Pistacia atlantica* Desf. C'est le cas des Ascomycètes, *Aspergillus* et *Penicillium* et le genre du Zygomycète *Rizoctonia*. Cela peut être expliqué par la nature cosmopolite et thermophile de certaines de leurs espèces, qui peuvent se développer à des températures élevées (Frank, 1986 et Samson et al., 2014).

Certains sont rencontrés uniquement une seule fois dans tous ces sols. C'est le cas de *Bipolaris* dans le sujet n°1, *Meria* dans le sujet n°6, *Actinomucor* dans le sujet n°7, *Verticillium* dans le sujet n°8, *Geotrichum* dans le sujet n°9, *Arthrinium* dans le sujet n° 11, *Coelomyces*, *Scytalidium* et *Trichurus* uniquement dans le sujet n° 12.

Pour les 12 sols, il y'a une codominance entre les deux genres *Aspergillus* et *Penicillium*, qui sont des champignons cosmopolites résistants aux variations climatiques. Le premier genre est dominant dans les sujets n° 1, 3, 5, 9, 10, 11 et 12. C'est un champignon omniprésent dans l'environnement et ubiquitaire (Lyatim, 2008). C'est un phytopathogène qui se développe en saprophyte. Ces espèces sont thermotolérantes, supportant des températures allant de 12 à 70°C. Elles sont peu exigeantes (Bougharef, 2008). Elles s'adaptent à des milieux fortement chargés en sels (osmophilie), des milieux secs (xérophilie) ou faiblement oxygénés (microaérophilie) (Lyatim, 2008).

Par ailleurs, les *Penicillium* dominant dans les sols sous les sujets n°2, 4, 6, 7 et 8. Ce genre est saprophyte très répandu dans l'environnement, à l'origine de la dégradation des denrées alimentaires (Link, 1809). Ce sont des champignons très connus, polyphages responsables de nombreuses dégradations et utilisés pour la production des métabolites, tels que l'acide gluconique et les pénicillines (Botton, 1990).

5. Richesse spécifique des genres fongiques recensés

La richesse spécifique est élevée pour les différents genres recensés : *Aspergillus* avec 15 espèces, *Penicillium* avec 10 espèces, *Aureobasidium* avec 7 espèces, *Trichophyton* avec 6 espèces, *Fusarium* avec 5 espèces, *Cladosporium* avec 4 espèces, *Rhizoctonia*, *Chrysosporium*, *Monilia*, *Rhizopus* et *Chaetomium* avec 3 espèces pour chacun d'entre eux, *Ulocladium*, *Mucor* et *Cunninghamella* avec 3 espèces pour chacun d'eux, *Absidia*, *Acremonium*, *Actinomucor*, *Arthrinium*, *Bipolaris*, *Candida*, *Cephalotrichum*, *Coelomyces*, *Geotrichum*, *Gliocladium*, *Humicola*, *Meria*, *Paecilomyces*, *Scopulariopsis*, *Sporothrix*, *Scytalidium*, *Trichoderma*, *Trichurus*, *Torula*, *Verticillium* et *Gymnoascus* sont représentés par une seule espèce. Pour les SNI, nous avons recensés 5 genres avec une seule espèce pour chacun d'entre eux (Tableau n°13).

Tableau n°13. Richesse spécifique des genres fongiques des sols sous pistachier de l'Atlas.

Genres	Espèces	Genres	Espèces	Genres	Espèces
<i>Aspergillus</i>	sp 1	<i>Trichophyton</i>	sp1	<i>Mucor</i>	sp1
	sp 2		sp2		sp2
	sp 3		sp3	<i>Cunninghamella</i>	sp1
	sp 4		sp4		sp2
	sp 5		sp5	<i>Absidia</i>	sp1
	sp 6		sp6	<i>Acremonium</i>	sp1
	sp 7	<i>Cladosporium</i>	sp1	<i>Actinomucor</i>	sp1
	sp 8		sp2	<i>Arthriniium</i>	sp1
	sp 9		sp3	<i>Bipolaris</i>	sp1
	sp 10		sp4	<i>Candida</i>	sp1
	sp 11	<i>Fusarium</i>	sp1	<i>Cephalotrichum</i>	sp1
	sp 12		sp2	<i>Coelomyces</i>	sp1
	sp 13		sp3	<i>Geotrichum</i>	sp1
	sp 14		sp4	<i>Gliocladium</i>	sp1
	sp 15		sp5	<i>Humicola</i>	sp1
<i>Penicillium</i>	sp1	<i>Rhizoctonia</i>	sp1	<i>Meria</i>	sp1
	sp2		sp2	<i>Paecilomyces</i>	sp1
	sp3		sp3	<i>Scopulariopsis</i>	sp1
	sp4	<i>Chrysosporium</i>	sp1	<i>Sporothrix</i>	sp1
	sp5		sp2	<i>Scytalidium</i>	sp1
	sp6		sp3	<i>Trichoderma</i>	sp1
	sp7	<i>Monilia</i>	sp1	<i>Trichurus</i>	sp1
	sp8		sp2	<i>Torula</i>	sp1
	sp9		sp3	<i>Verticillium</i>	sp1
	sp10		sp1	<i>Gymnoascus</i>	sp1
<i>Aureobasidium</i>	sp1	<i>Rhizopus</i>	sp2	SNI1	sp1
	sp2		sp3	SNI2	sp1
	sp3	<i>Chaetomium</i>	sp1	SNI3	sp1
	sp4		sp2	SNI4	sp1
	sp5		sp3	SNI5	sp1
	sp6	<i>Ulocladium</i>	sp1		
	sp7		sp2		

Le genre *Aspergillus* est le plus riche en espèces (15 espèces) dans les sols sous pistachier de l'Atlas au niveau de dayate El Gouffa. La plupart des espèces qui appartiennent à ce genre sont connues par leur tolérance aux températures élevées, ce qui a été prouvé dans différentes études réalisées sur des espèces d'*Aspergillus* (Coleman et al., 2002 ; Pratheeba et al., 2014). La thermotolérance des souches pathogènes facilite leur implantation dans l'organisme et *Aspergillus fumigatus*, espèce la plus thermophile, se développe jusqu'à 52°C (Bougharef, 2008).

Le genre *Aureobasidium* se présente par 7 genres. C'est un champignon cosmopolite, appartenant aux Dematiés, communément isolés des débris de plantes, du sol, du bois, et au niveau de l'air (Lyatim, 2008).

6. Test d'analyse de variance (ANOVA)

Pour évaluer la distribution des différents genres fongiques au niveau de dayate El-Gouffa, ces 35 genres identifiés ont fait l'objet d'un test d'analyse de variance (ANOVA).

D'après les résultats de cette analyse, nous déduisons que la différence de distribution est non significative pour 21 genres sur 35 (Tableau n°14) à savoir : *Acremonium*, *Actinomucor*, *Arthrimum*, *Bipolaris*, *Candida*, *Chaetomium*, *Geotrichum*, *Gliocladium*, *Gymnoascus*, *Meria*, *Monilia*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Rhizoctonia*, *Scopulariopsis*, *Scytalidium*, *Torula*, *Trichoderma*, *Trichurus*, *Ulocladium* et *Verticillium*.

Tableau n° 14. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA) des genres fongiques à différence non significative.

Genres	P value > 0.05
<i>Acremonium</i>	0,59
<i>Actinomucor</i>	0,56
<i>Arthrimum</i>	0,49
<i>Bipolaris</i>	0,45
<i>Candida</i>	0,52
<i>Chaetomium</i>	0,59
<i>Geotrichum</i>	0,50
<i>Gliocladium</i>	0,56
<i>Gymnoascus</i>	0,53
<i>Meria</i>	0,49
<i>Monilia</i>	0,55
<i>Paecilomyces</i>	0,54
<i>Penicillium</i>	0,18
<i>Rhizoctonia</i>	0,09
<i>Scopulariopsis</i>	0,42
<i>Scytalidium</i>	0,49
<i>Torula</i>	0,54
<i>Trichoderma</i>	0,08
<i>Trichurus</i>	0,51
<i>Ulocladium</i>	0,70
<i>Verticillium</i>	0,49

Le tableau ci-dessus montre que 21 genres fongiques ont une différence de distribution non significative. Cela pourrait être expliqué par l'effet favorable du milieu de culture (PDA) sur la sporulation et la croissance mycélienne des espèces fongiques. Selon Attrassi et *al.*, (2005), les milieux de culture naturels et organiques utilisés dans son expérimentation (PDA, MEA, ...) ont permis une bonne croissance mycélienne et une bonne sporulation pour toutes les espèces. Cependant le milieu : Fève était favorable à la croissance mycélienne, mais pas à la sporulation des espèces testées. Les milieux organiques (MEA et PDA) sont les plus favorables à toutes les espèces étudiées. De fait, ces milieux ont été utilisés par plusieurs chercheurs comme milieux nutritifs de base. Par contre le milieu purement minéral : Petri n'a favorisé ni la croissance mycélienne ni la sporulation de toutes les espèces fongiques testées.

Ceci pourrait être expliqué aussi par la répartition homogène de ces champignons au niveau de tous les sols des sujets échantillonnés et qu'il n'y aurait aucun facteur particulier qui influence leur distribution dans notre station d'étude. D'après l'étude de Attrassi et *al.*, (2005), le pH n'a pas une grande influence sur la germination conidienne de toutes les espèces fongiques et le pourcentage de germination varie peu pour des pH situés entre 4 et 9. Cependant, les pH 5 et 6 étaient favorables à la sporulation de tous les champignons étudiés. Le taux de sporulation tend à diminuer pour des pH inférieurs à 5 ou supérieurs à 6. Le pH influence la croissance des microorganismes soit indirectement en agissant sur la biodisponibilité des éléments nutritifs (à pH acide, le fer reste sous forme d'ions ferreux assimilables), soit directement par action sur la membrane cellulaire. Des pH majoritairement basiques (8.10-8.33) ont été recensés au niveau des sols sous pistachier de l'Atlas de notre daya (Hamitouche, 2016).

La température est un autre paramètre qui joue un rôle prépondérant dans la croissance mycélienne, elle intervient également dans la sporulation et la germination des spores (Bourgoies, 1989). *Penicillium chrysogynum* est mésophile avec un optimum de croissance à 25°C (Botton *et al.*, 1999 et Julien, 2002). Il y a lieu de dire que notre daya est caractérisé par une température printanière moyenne de 24.90°C, une température optimale favorable pour le développement de la plupart des champignons.

Nous avons constaté par contre une différence de distribution significative ($P \text{ value} \leq 0.05$) pour les 7 genres annoncés dans le tableau n°15, à savoir : *Absidia*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus* et *Trichophyton*. Pour le reste des genres annoncés dans le tableau n°16, ils présentent une différence très hautement significative, à savoir:

Aureobasidium, *Cephalotrichum*, *Coelomyces*, *Cryosporium*, *Cunninghamella*, *Humicola* et *Sporothrix*.

Les champignons du genre *Fusarium* sont fréquemment retrouvés au niveau des sols, des végétaux, de l'aire et de l'eau, sont des saprophytes dans la nature, ils peuvent synthétiser des mycotoxines qui leur confèrent un pouvoir pathogène important vis-à-vis des végétaux (Debourgogne, 2013).

Tableau n° 15. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA) des genres fongiques à différence significative.

Genres	P value ≤ 0.05
<i>Absidia</i>	0,01
<i>Aspergillus</i>	0,04
<i>Cladosporium</i>	0,04
<i>Fusarium</i>	0,01
<i>Mucor</i>	0.00
<i>Rhizopus</i>	0,05
<i>Trichophyton</i>	0,01

Tableau n°16. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA) des genres fongiques à différence très hautement significatives.

Genres	P value ≤ 0.001
<i>Aureobasidium</i>	0.000
<i>Cephalotrichum</i>	0.000
<i>Coelomyces</i>	0.000
<i>Cryosporium</i>	0.000
<i>Cunninghamella</i>	0.000
<i>Humicola</i>	0.000
<i>Sporothrix</i>	0.000

Cette différence significative pour ces champignons pourrait être expliquée par l'effet des facteurs biotiques et abiotiques récurrents au niveau de notre station d'étude. Selon Bhatnagar et Bhatnagar (2005), l'activité microbienne dans les sols désertiques dépend fortement des caractéristiques telles que la température, l'humidité et la disponibilité en carbone.

La majorité de ces champignons sont cosmopolites et thermophiles. En générale ils peuvent se développer entre 0°C et 35°C. Certaines espèces sont capables de se développer à des températures extrêmes : *Cladosporium herbarum* peut se développer à des températures inférieures à 0°C et *Aspergillus flavus* et *Aspergillus fumigatus* jusqu'à 60°C. Pour *Fusarium roseum*, la température optimale de toxinogénèse est généralement inférieure à celle de croissance, respectivement 15 et 25°C. L'humidité est un autre facteur nécessaire à la prolifération fongique (Caillaud et al., 2006).

La comparaison multiple des moyennes par le test de Newman-Keuls nous a permis de distinguer les variations de distribution des genres fongiques isolés. 20 genres forment un seul groupe homogène (*Acremonium*, *Actinomucor*, *Arthrinium*, *Aspergillus*, *Bipolaris*, *Candida*, *Cephalotrichum*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Meria*, *Monilia*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Rhizoctonia*, *Scytalidium*, *Trichoderma*, *Trychophyton*, *Ulocladium* et *Verticillium*) sur toutes les dilutions de tous les sols des sujets échantillonnés. Ceci pourrait être expliqué par l'ubiquité de ces champignons. Leur répartition s'étend à travers différents habitats sans exigences spécifiques. 12 genres forment 3 groupes (*Absidia*, *Aureobasidium*, *Coelomyces*, *Geotrichum*, *Gliocladium*, *Gymnoascus*, *Humicola*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Scopulariopsis*, *Torula* et *Trichurus*) un genre forme 4 groupes (*Sporothrix*) et deux genres forment 5 groupes (*Chrysosporium* et *Cunninghamella*). Dans ces derniers groupes la répartition est hétérogène sur toutes les dilutions. Ceci pourrait être expliqué par la présence et à la dominance des isolats fongiques communs des sols.

Dans le sol, les plantes interagissent avec divers organismes dans le but d'avoir accès aux nutriments nécessaires et de faire face aux différents stress. Parmi ces organismes, les champignons représentent le groupe le plus dominant dans le sol, à côté des bactéries, où ils peuvent constituer une part importante de la biomasse sous-terrainne.

L'objectif de cette étude est de contribuer à élaborer un inventaire des champignons du sol sous *Pistacia atlantica* Desf., mais aussi de mettre en relief leurs éventuelles abondances et dominances. Notre étude a porté sur l'isolement et l'identification de la diversité fongique du sol sous pistachier de l'Atlas de dayate El-Gouffa, willaya de Laghouat, échantillonnés en avril 2017.

Nos résultats mettent en évidence la présence de plusieurs morphotypes répartis en trois phylums : Ascomycota, Zygomycota et Basidiomycota et certaines morphotypes indéterminés. Sur les 35 genres fongiques obtenus pour les différentes répétitions et dilutions, *Aspergillus* est le plus abondant parmi tous les genres recensés avec 15.95%, suivi par le genre *Penicillium* avec 10.63%.

Comparativement à l'étude de Ould Ahmed (2019) qui a fait état de 13 genres où nous constatons une diversité fongique conséquente des sols sous pistachier de l'Atlas de dayate El-Gouffa par rapport aux sols des agrosystèmes du *Punica granatum* L., situés dans le même étage bioclimatique, ce qui pourrait être expliqué par les conditions de stabilité de notre daya, de fait que les sols sont à l'abri de tout labour et activité anthropique.

Ces résultats ont fait l'objet d'une analyse statistique par un test d'analyse de variance (ANOVA) suite auquel 21 genres sur 35 montrent une différence de distribution non significative à savoir *Acremonium*, *Actinomucor*, *Arthrinium*, *Bipolaris*, *Candida*, *chaetomium*, *Geotrichum*, *Gliocladium*, *Gymnoascus*, *Meria*, *Monilia*, *Paecylomyces*, *Penicillium*, *Rhizoctonia*, *Scopulariopsis*, *Scytalidium*, *Torula*, *Trichoderma*, *Trichurus*, *Ulocladium* et *Verticillium*. et 14 genres fongiques ont montré une différence de distribution significative, à savoir : *Absidia*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichophyton*, *Aureobasidium*, *Cephalotrichum*, *Coelomycetes*, *Chrysosporium*, *Cunninghamella*, *Humicola*, *Sporotrix*.

Enfin, pour une meilleure connaissance et identification des champignons au niveau des sols sous pistachier de l'Atlas, ce travail peut être poursuivi par :

- des études plus approfondies par les techniques moléculaires, afin de déterminer les différentes espèces, car les moyens dont nous disposons nous ont juste permis de déterminer les genres ;
- établir la diversité saisonnière et annuelle pour faire un suivi temporel de cette diversité par rapport aux changements édaphiques et climatiques ;
- étendre l'étude sur d'autres populations du pistachier de l'Atlas présentes dans d'autres bioclimats ;
- soumettre les prises de sol de plus de dilutions, afin de contribuer à l'identification d'une plus grande biomasse fongique ;
- extraire les molécules bioactives et tester leur activité antimicrobienne.

Références bibliographiques

1. **Ait Radi A., 1979.** Multiplication par voie végétative et par semis de *Pistacia atlantica* Desf. et de *Ailantus altissima*. Thèse Ingénieur, INA El Harrach, 40 p.
2. **Ait Slimane L., 2004.** Architecture racinaire et adaptation du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica*) à la sécheresse: cas de la population de Béni ounif (Wilaya de béchar). Mémoire d'ingénieur Agronome. Département des sciences Agronomiques. Faculté des sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. Université Mouloud Memmeri de Tizi Ouzou, Algerie. 107p.
3. **Alcazar-Fuoli L., Mellado E., Alastruey-Izquierdo A., Cuenca-Estrella M., Rodriguez-Alva P., McKenzie E.H.C., Pointing S.B., Pena-Muralla R., et Hyde K. D., 2002.** Do sea grasses harbour endophytes? *Fungal Diversity Research Series*. 7:167-178.
4. **Alyafi J., 1979 :** Approche systématique et écologique du *Pistacia* L., dans la région méditerranéenne. Thèse 3ème cycle. Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme Marseille, 42p.
5. **Anaissie E.J., Kantarjian H., Jones P., Barlogie B., Luna M., Lopez-Berenstein G., et Bodey G.P. (1986).** *Fusarium*, a newly recognized fungal pathogen in immune suppressed patients. *Cancer* 57, 2141-2145.
6. **Anonyme 1.** http://bioweb.uwlax.edu/bio203/2011/olbantz_chri/reproduction.htm (9/04/2011)
7. **Ansar M., 1996.** En plein cœur du Sahara, les arbres secrets des Touaregs. Syfia. 84
8. **Araújo J.P.M., Hughes D.P., 2016.** Zygomycètes. Vol 94, in *Advances* Brian Lovett, Raymond J. St. Leger, edition 1.
9. **Attrassi B., Marabet A., Douira K., Ounine., et El Haloui 2005.** Etude de la valorisation agronomique des composts des déchets ménagers. faculté des sciences Université ibn tofai.
10. **Aubert., 1960.** Les sols de la zone aride. Etude de leur formation, de leurs caractères, de leur utilisation et de leur conservation. Les problèmes de la zone aride, Acte du Colloque de Paris, UNESCO, 127-150.
11. **Bani M., 2011.** Prospection, isolement et caractérisation phénotypique d'isolat de *Fusarium oxysporum* Schlechtendahl f. sp. *albedinis* (Killian et Mairie). Biotechnologies végétales. école national supérieur d'Agronomie El Harrach- Alger.

12. **Beare M.H., Hu S., Coleman D.C., Hendrix P.F. 1997.** Influences of mycelial fungi on soil aggregation and organic matter storage in conventional and no-tillage soil. *Applied Soil Ecology*. 5 : 211-219
13. **Belhadj S., 1999.** Les pistacheraies algériennes : état actuel et dégradation. *Nucis, Newsletter*, N°35, pp 29-30
14. **Belhadj S., 2001.** Les pistacheraies algériennes: état actuel et dégradation. *Cahiers. Option Méditerranéennes*, 56 :107-109.
15. **Belhadj S., 2002:** Geographical distribution of *Pistacia Atlantica* Desf. In Algeria. *Acta Hort. (ISHS)*,59:499-503.
16. **Belhadj S., 2007.** Etude Eco-Botanique de *Pistacia atlantica* Desf. (Anacardiaceae). en Algérie, préalable à la conservation des ressources génétiques de l'espèce et à savoir sa valorisation. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques. Option : Ecologie Végétale. Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques. UMMTO. 183p.
17. **Bellakhdar J., 1997 :** La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoir populaire. IBIS press. 764p.
18. **Benfoddil O., 2015.** Inventaire des champignons endophytes des feuilles de *Pistacia atlantica* Desf. de dayate 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.
19. **Bhatnagar A., Bhatnagar M., 2005.** Microbial diversity in desert ecosystems. *Current Science*, VOL. 89, NO. 1.
20. **Blackwell M, 2011.** The fungi: 1, 2, 3...5.1 Million species. *American Journal of Botany* 98(3):426-438.
21. **Botton B., Breton A., Fevre M., Gauthier S., Guy P.H., Larpent J.P., Raymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y., et Veau P., 1990.** Moisissures utiles et nuisibles : importance industrielle. 2ème édition. Masson. Collection Biotechnologies. p :34-428.
22. **Boubrima A., 2014.** Diversité architecturale du système racinaire du pistachier de l'Atlas en fonction du sol sous-jacent dans deux dayas de la région de Laghouat (Algérie) : dayate Saadi, Hassi Delâa et dayate Aïat, Timzerth, Mémoire de Magister, Université Amar Telidji Laghouat, 244 p.

Références bibliographiques

23. **Bouchet Ph., Guingnard J.L., Villard J., 1999.** Les champignons mycologiefondamentale et Appliquée. Editions Masson.
24. **Boudy P., 1952.** Guid forestier en Afrique du Nord.Vol 1, Edit.La maison rustique. Paris, 509p
25. **Brahimi-Saidani R., 2011.** Contribution à l'étude de la diversité en mycoendophytes des fruits de *Pistaciaatlantica*Desf. : cas de la région de Metlili (Ghardaïa). Spécialité : Diversité et adaptation de la flore méditerranéenne.UMMTO.
26. **Calvet R., 2013.** Le sol. Ed 2 : France agricole 71-76p.
27. **Canard B. 2016.** Les champignons endophytes : Impact sur écosystèmes et Production de Molécules d'intérêt Thérapeutique. Option : Pharmacie. Faculté de pharmacie de Grenoble. Université GRENOBLE ALPES. 19-21P
28. **Chaba B., Chraa O., et Khichane, 1991.** Germination, morphogenèse racinaire et rythmes de croissance du pistachier de l'Atlas. *In* Physiologie des arbres et arbuste en zones arides et semi-arides, Groupe d'Etude de l'Arbre : 465-472.
29. **Corbat F., 2017.** Champignons dans les écosystèmes.www.Champis.net.
30. **Cordier T., 2012.** Structure des assemblages fongiques de la phyllosphère des arbres forestiers et effet potentiel du changement climatique. Thèse de Doctorat. Ecole doctorale : Sciences et Environnements. Spécialité : Ecologie évolutive, fonctionnelle et des communautés. Université Bordeaux 1. Pp: 3-16.
31. **Dagulou I., 2016.** Approche des symbioses racinaires de l'oleastre sous un sol dégradé dans la région de (Tizi-Ouzou). Algerie. Mémoire Master 2 en sciences Agronomiques. Option : Réhabilitation et restauration des sols : Faculté des sciences Biologique et des Sciences Agronomiques. Département des Sciences Agronomiques. UMMTO. 6p
32. **Deacon J., 2006.** Environmental conditions for growth and tolerance of extremes. *FungalBiology.* 142-157.
33. **Deacon L.G., Pryce-miller E.J., Frankland J.C., Bainbridge B.W., et Moore P.D., Robinson C.H., 2006.** Diversity and function of decomposer fungi from a grassland soil. *SoilBiology&Biochemistry.* 38 : 7-20.
34. **Debourgogne A., 2013.** Typage moléculaire du complexe d'espèces *Fusariumsolani* et détermination de son mécanisme de résistance au voriconazole. Thèse de Doctorat, option : Science de la Vie et de la Santé. Université de Lorraine-France.

35. **Deroy., 2015.** Evolution et adaptation des champignons saprophytes : les systèmes impliqués dans la dégradation du bois chez *Trametesversicolor*. Doctorat En Biologie Végétale et Forestière. Université de Lorraine France p 10'14 et 172-175p.
36. **Drénou C., 2006.** Les racines. Face cachée des arbres. Edition CNPPF, Paris, 335 p.
37. **Durrieu G., 1993.** Ecologie des champignons. Edition : MASSON, p53
38. **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.
39. **El-Oqlah A. A., 1996.** Biosystematic research on the genus *Pistacia* in Jordan. In S.Padulosi, T. Caruso & E. Barone (Eds), Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources, Workshop, Palermo 1995 (pp. 12–19). Rome. Int. Pl. Genet. Res. Inst.
40. **Foster RC., 1988.** Microenvironnement of soil microorganisms. Biology and fertility of soil. 6,189-203.
41. **Frank D., 1986.** Obtention de la forme sexuée de *Rhizoctonia solani* Kühn : *Thanatephorus cucumeris*. INRA. vol 6(3)305-307.
42. **Gaussen H., Leroy J.F. et Ozenda P., 1982.** Précis de botanique 2. Végétaux supérieurs. Masson, Paris, 2^{ème} éd., 580p.
43. **Girard et Viellefon, 1980.** Glossaire pour la description des sols de la Tunisie et de leur environnement, ORSTOM.
44. **Halitim, 1988.** Les sols des régions arides d'Algérie. Ed. O.P.U., Alger, 384 p
45. **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. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 111 p.
46. **Henry D, 2013.** Du couple lignine champignons dans la vie du sol à l'utilisation du BRF en agriculture. Les journées des paysannes.
47. **Hibbett D.S., Blakwell M., James T.Y., Spatafora J.W., Taylor J.W., Vilgalys R., 2018.** Phylogenetic taxon definitions for fungi, Dicarya, Ascomycota and Basidiomycota.

48. **Hubert, 2008.** Modélisation des diffractogrammes de minéraux argileux en assemblages complexes dans deux sols de climat tempéré. Implications minéralogique et pédologique. Thèse de docteur de l'Université de Poitiers, France.
49. **Jafri S.M.H., et El Gadi A., 1978:** Flora of Libia. *Anacardiaceae*.52:1-12.
50. **James T.Y., Kauff F., Schoch C.L., Matheny P.B., Hofstetter V., Cox C.J., Celio G., GueidanàC., Fraker E., Miadlikowska J., Lumbsch H.T., Rauhut A., Reeb V., Arnold A.E., Amtoft A., Stajich J.E., Hosaka K., Sung G.H., Johnson D., O'Rourke B., Crockett M., Binder M., Curtis J.M., Slot J.C., Wang Z., Wilson A.W., Schüßler A., Longcore J.E., O'Donnell K., Mozley-Standridge S., Porter D., Letcher P.M., Powell M.J., Taylor J.W., White M.M., Griffith G., Davies D.R., Humber R.A., Morton J.B., Sugiyama J., Rossman A.Y., Rogers J.D., Pfister D.H., Hewitt D., Hansen K., Hambleton S., Shoemaker R.A., Kohlmeyer J., Volkmann-Kohlmeyer B., Spotts R.A., Serdani M., Crous P.W., Hughes K.W., Matsuura K., Langer E., Langer G., Untereiner W.A., Lücking R., Büdel B., Geiser D.M., Aptroot A., Diederich P., Schmitt I., Schultz M., Yahr R., Hibbett D.S., Lutzoni F., McLaughlin D.J., Spatafora J.W., Vilgalys R. 2006.**Reconstructing the early evolution of Fungi using a six-gene phylogeny. *Nature*. 443: 818-822.
51. **Kaabeche M., 2005.** Guide des habitats arides et saharien (typologie de la végétation d'Algérie. Projet /ALG/G35.
52. **Khaldi A. and Khouja M.K., 1996.** Atlas pistachio (*Pistaciaatlantica*Desf.) inNorth 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.
53. **Kiffer E., et Morellet M.1997.** Les Deuteromycetes : classification et clés d'identification générique. Edition (INRA). Paris, France.1-7p
54. **Kirk M. P., Cannon P.F., Minter D. W., Stalpers J.A. 2008.** Dictionary of the Fungi. Edited by P M Kirk, International Mycological Institute, Egham, UK, P F Cannon, CABI, UK, J A Stalpers, CBS. The Netherlands,Komplementmed.16: 79-90. (Kirk et al, 2008 in Lee et al,2012)
55. **Le Calvez T., 2009.** Diversité et fonctions écologiques des champignons en écosystèmehydrothermal marin profond. Université de Rennes 1/ CNRS. Ecole Doctorale Vie-Agro-Santé. UFR Science de la Vie et de l'Environnement.

- 56. Lecellier A., 2013.** Caractérisation et identification des champignons filamenteux par spectroscopie vibrationnelle. Thèse de Doctorat, Biologie-Biophysique, Université Reims Champagne-Ardenne.
- 57. LehoTedersoo., Santiago Sanchez-Ramirez., UrmakKoljalg., Mohammad Bahram., Markus Doring., Dmitry Schigel., Tom May., Martin Ryberg., KessyAbarenkov., 2018.**High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. *Diversité fongique* (2018) 90: 135
- 58. 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-Mergueb" (Wilaya de M'sila), Algérie. Mémoire de Magister en Biologie et Ecologie des populations et des communautés. Option : Ecologie des populations et des peuplements. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. Département de Biologie Animale et Végétale. UMMTO.15-65p.
- 59. Liman 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.
- 60. Locatelli A., 2013.** Prévalence de pathogènes humains dans les sols français, effet des facteurs pédoclimatiques, biologiques et du mode d'utilisation des sols (Doctoral dissertation, Université de Bourgogne. p3.
- 61. Lyatim S., 2008.** Moisissures d'intérêt médical. Etude récente prospective au Laboratoire de parasitologie et mycologie. Thèse de Pharmacie. 3-45p.
- 62. Maignien, 1980.** Manuel pour la description des sols sur le terrain. ORSTOM, Paris, 112 p.
- 63. 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 bekr Belkaid Tlemcen. P 115.
- 64. Marcel L., 1997.** Détermination des moisissures (Deutéromycètes) Traduction et adaptation par Marcel LECOMTE de clés publiées par David Malloch, (Department

- of Botany, University of Toronto, 1997). Moulds, Isolation, cultivation, identification. **P**
- 65. Mechiah F., 2015.** Approche des symbioses racinaires de de *Pistacia atlantica* Desf. de Dayate El Gouffa (Laghouat, Algérie). Option : Ecologie végétale Appliquée et Gestion de l'Environnement. Faculté des Sciences Biologique ; et Sciences Agronomiques. Département de Biologie animale et végétales UMMTO.
- 66. Monjauze A., 1967.** Note sur la régénération du Bétoum par semis naturels dans laplace d'essais de Kef Lefaa. Bull. Soc. Hist. Afr. du Nord 57: 59-65.
- 67. Monjauze A., 1968.** Répartition et écologie de *Pistacia atlantica* Desf. En Algérie Bull .soc . Nat. Afrique du nord.
- 68. Monjauze A., 1980.** Connaissance du bétoum (*Pistacia atlantica* Desf. subsp , *atlantica*) Biologie et forêt .XXXII. (44) :357-383.
- 69. Mueller G.M., Schmit J.P.** 2007. Fungal biodiversity: what do we know ? What can we predict? Biodiversity and Conservation. 16: 1-5.
- 70. Nègre R., 1962.** Petite flore des régions arides du Maroc occidental, tome II Ed. C, N, R, S. 55 p.
- 71. Ould Ahmed A, 2019.** Isolement et identification de champignons microscopiques présents dans le sol d'un agrosystème de *Punicagranatum* L. variété Messaad sous climat aride. Biotechnologie et Valorisation des plantes. Département de biochimie et Microbiologie. UMMTO.
- 72. Ozenda P., 1977.** Flore du Sahara. Ed .C.N.R.S, 622 p.
- 73. Pedersen M., Hollensted M., Lange L., Andersen B. 2009.** Criblage d'enzymes dégradant la cellulose et l'hémicellulose du genre fongique *Ulocladium*. International Biodeterioration et biodegradation. Vol 63.
- 74. Petrini O., 1991.** Fungal endophyte of tree leaves. Eds. Microbial Ecology of Leaves. Springer Verlag. 199-197.
- 75. Pouget., 1980.** Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. ORSTOM. Paris, 569 p.
- 76. Quezel P., et Medail F., 2003.** Ecologie et biogéographie biologie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier. Pris. 573.
- 77. Raven et al, 2018.** Report of a workshop IPGRI, 29-30 june 1995 palermo, Italy. Roehl T, 2017. Characteristics of Division Glomeromycota . FUNGUS FACT, 015
- 78. Rognon, 1994a.** La sécheresse édaphique. Géodynamique des milieux continentaux. Sécheresse, 3, (5) : 141-142

- 79. Rognon, 1994b.** Les conséquences de la sécheresse sur la pédogenèse.
- 80. Salhi F., 1997.** Journées d'étude sur les zones arides et Sahariennes. Publication INRF.
- 81. Samson R.A., Visagie C.M., Houbraken J., Hong S-B., Hubka V., Klaassen C.H.W., Perrone G., Seifert K.A., Susca A., Tanney J.B., Varga J., Kocsubé S., Szigeti G., Yaguchi T., Frisvad J.C. 2014.** Phylogeny, identification and nomenclature of the genus *Aspergillus*. *Studies in Mycology*. Vol (78) :141-173.
- 82.**
- 83. Sasson A. 1967.** Recherches écophysiologicals sur la flore bactérienne des sols des régions arides du Maroc. Série botanique et biologie végétale. Travaux de l'Institut Scientifique chérifien et de la Faculté des Sciences, Rabat, N° 30 :27-55.
- 84. Sénéquier-Crowet ., Canard B , 2016.** Les champignons endophytes : impact sur les écosystèmes et production de molécules d'intérêt thérapeutique. Science pharmaceutique. Université Grenoble Alpes.
- 85. Smail-Sadoun N., Zareb A., Lehadi 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
- 86. Staehli, 2016.** Tout savoir sur les bactéries et les champignons du sol. Salamandre
- 87. Stengel P., and Gelin S. (1998).** Sol: interface fragile. Editions Quae.
- 88. 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.
- 89. Taylor J.P., Wilson B., Mills M.S., Burns R.G. 2002.** Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology & Biochemistry*. 34 : 387-401
- 90. Taylor J.W., Spatafora J., O'Donnell K., Lutzoni F., James T., Hibbett D.S., Geiser D., Bruns T.D., Blackwell M. 2004.** The Fungi. In *Assembling the Tree of Life* (Joel Cracraft, Michael J. Donoghue eds). Oxford University Press.
- 91. Tedersoo L, Bahram M, Polme S. 2014.** Global diversity and geography of soil fungi. *Science* 346:107
- 92. Zareb A. 2014.** Contribution à l'étude des mycoendophytes foliaires du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) de Dayete Aiat (Timzerth, Laghouat, Algérie). Mémoire de Magister. Spécialité: Sciences Agronomiques. Option: Sciences de la Vie et Préservation des Ressources Phytogénétiques. Faculté des Sciences

Références bibliographiques

Biologiques et des Sciences Agronomiques. UMMTO. 146p.

93. Zohary M., 1952. A monographical study of the genus *Pistacia*. Palest. J. Bot., Jerusalem Series. 5:187-228.

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

Résumé :

Dans le présent travail nous nous sommes intéressés à l'isolement et l'identification des champignons qui habitent les sols de *Pistacia atlantica* Desf., leur diversité et leur abondance au niveau d'une région steppique (dayate El-Gouffa) qui se trouve dans la wilaya de Laghouat (Algérie). Les prélèvements de sol ont été effectués sous 12 sujets de classes d'âges différentes et l'isolement s'est fait par la technique de suspension-dilution. L'étude des aspects macroscopiques et microscopiques des prélèvements a montré la présence d'une biomasse diversifiée, on a pu identifier 35 genres fongiques, dont on cite les plus abondants, *Aspergillus* avec (15.95%) suivi par *Penicillium* avec (10.63%), moyennement abondants comme *Aureobasidium* avec (7.44%) et *Trichophyton* avec (6.38%) et faiblement abondants comme *Chaetomium*, *Chrysosporium*, *Monilia Rhizoctonia* et *Rhizopus* avec (3.19%) pour chacun d'entre eux, *Cunninghamella*, *Mucor* *Ulocladium* avec 2.12% pour chacun d'eux et pour les espèces non identifiées sont présentés avec (5.30%). La richesse spécifique est importante pour le genre *Aspergillus* (15 espèces) suivi par *Penicillium* (10 espèces). L'analyse statistique a révélé une distribution très hautement significative, significative et non significative pour les différents genres isolés.

Mots clés : Champignons du sol, Diversité, *Pistacia atlantica* Desf., dayate El-Gouffa (Laghouat, Algérie).

In this work we are interested in the isolation and identification of the fungi that inhabit the soils of *Pistacia atlantica* Desf., their diversity and their abundance in a steppe region (dayate El Gouffa) which is located in the wilaya of Laghouat (Algerie). Soil sampling was carried out under 12 different age groups and isolation was carried out using the suspension- dilution technique. The study of the macroscopic and microscopic aspect of the samples showed the presence of a diversified biomass, we were able to identify 35 fungal genera, of which we cite the most abundant, *Aspergillus* which (15.95%) followed by *Penicillium* which (10.63%), moderately abundant as *Aureobasidium* which (7.44%) , *Trichophyton* which (6.38%) and poorly as *Chaetomium*, *Chrysosporium*, *Monilia Rhizoctonia* and *Rhizopus* which (3.19%) for each of them, *Cunninghamella*, *Mucor*, *Ulocladium* which (2.12%) for each of them and for unidentified species are presented with (5.30%). Specific richness is important for the genus *Aspergillus* (15 species) followed by *Penicillium* (10 species). The statistical analysis revealed a very highly significant, significant and insignificant distribution for the different isolated genera

Keywords : fungal of the soil, Diversity, *Pistacia atlantica* Desf., dayate El-Gouffa (Laghouat, Algeria)

ملخص:

في هذه الدراسة اهتمنا بالعزل والتعرف على الأنواع الفطرية، الموجودة في تربة الفستق الأطلسي (شجرة البطم)، وتنوعها وسيطرتها في منطقة قاحلة في الأطلس الصحراوي ضاية القفة بولاية الأغواط (الجزائر). عينات التربة أخذت من 12 شجرة من مختلف الأعمار والعزل ثم بطريقة، تقنية التعليق، التخفيف. الدراسة والملاحظة بالعين المجردة للمستوطنات الفطرية، والمجهريّة للعينات المعزولة سمح لنا بالتعرف على 35 نوع فطري، نذكر الأنواع الغالبة % 15.95 *Aspergillus* يتبع ب % 10.63 *Penicillium* و متوسطة الغالبة ك % 7.44 *Aureobasidium* و 6.38 % *Trichophyton* وضعيفة الغالبة ك *Chaetomium*، *Chrysosporium*، *Monilia*، *Rhizoctonia* و *Rhizopus* ب 3.19 % لكل نوع، بالإضافة إلى *Cunninghamella*، *Mucon* ب % 2.12 لكل منهما و % 5.30 لأنواع الغير متعرف عليها. التحليل الإحصائي للنتائج المتحصل عليها بواسطة اختبار التباين (ANOVA) أظهرت توزيع مهم للغاية لعدد من الأنواع الفطرية وتوزيع مهم للأعداد معينة وعدم ظهور فارق للتوزيع للأنواع المتبقية.

الكلمات المفتاحية: فطر التربة، الفستق الأطلسي (شجرة البطم)، التنوع، ضاية القفة ولاية الأغواط (الجزائر).

Agzul :

Deg umahil-agui nay iswi uxxedim d aezal d ukez n igersalen ittemyayen deg umakal useklu n Igy. Nebya assisen s tugett d uymar di tama n uzaway id yusan di Laywat n Zzayer. Amakus n wakal yettwaxdem af 12 isentalen n waṭas tallitin, ma d aḥizzi ittwaxdam s uvrīd n (suspensin-dilution).aseyri n tukkisin agi s tiṭ nay s umikruskup teskan-d tillin n tudert igersalen deg-sent ; dya nufa 35 leṣṣnaf, amur ameqran d *Aspergillus* s 15.95% d *Penicillium* s 10.63%, amur alemmas *Aureobasidium* s 7.44%, *Trichophyton* s 6.38%, amur amezyan d *Chaetomium*, *Chrysosporium*, *Monilia*, *Rhizoctonia* Akk d *Rhizopus* s 3.19% i yal yiwen deg sen, *Cunninghamella*, *Mucor*, *Ulocladium* s 2.12% i yal yiwen deg-sen ma d leṣṣnaf ur nessawedj ad naff d acu-ten llan kkan s 5.30%. Tabayust telmest d tin elayen i *Aspergillus* s (15 tilmas) d *Penicillium* s (10 tilmas). Tazrawt s leḥsab (ANOVA) tesken-d vettu s wazal ameqran mliḥ, azal meqren, d vettu ur nesei azal i leṣṣnaf y-emxalafen id naezel.