

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA**  
**RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE DE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU**  
**FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES**  
**AGRONOMIQUES**



**DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES**

**MEMOIRE DE MASTER 2 en Ecologie et environnement**

**Spécialité : Biodiversité et Ecologie Végétale**

**Synthèse bibliographique des travaux**  
**sur les mycoendophytes des racines,**  
**feuilles et fruits du pistachier de**  
**l'Atlas en Algérie.**

**Présenté par : BELAZOUZ Dyhia**

**Le 29/12/2020**

**Devant le jury composé de :**

**Président : Mme LARBI-AIDROUS N. MAA** à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

**Promotrice : Mme SMAIL-SAADOUN N. Professeur** à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

**Co-promotrice : Melle ZEMBRI N. Doctorante** à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

**Examinatrice : Melle ZAREB A. MAA** à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

**Année universitaire 2019 /2020**



## *Les remerciements :*

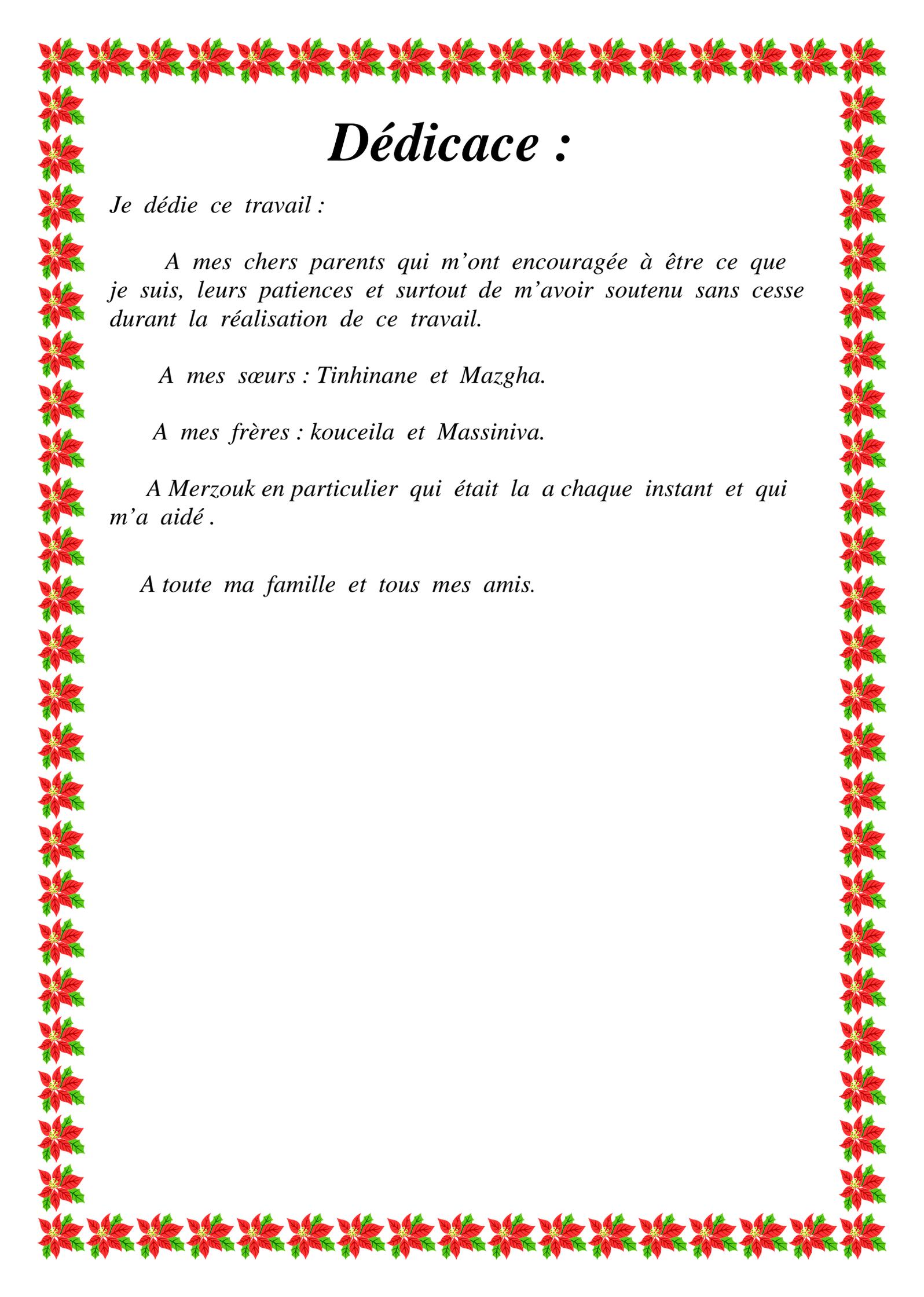
*Mes sincères remerciements à Madame SMAIL-SAADOUN N. de m'avoir encadré pour mon mémoire de master, qui a guidé, surveillé le déroulement et l'exécution du travail de ce mémoire en me prodiguant tout aide possible et pour les connaissances qu'elle a su me transmettre . Je la remercie aussi pour m'avoir consacré beaucoup de son temps précieux et ses conseils.*

*Ma sincère gratitude pour Mademoiselle ZEMBRI N. pour son soutien, son aide, sa disponibilité et surtout pour toutes les informations qu'elle m'a données.*

*Je tiens à remercier aussi Madame LARBI-AIDROUS N. d'avoir accepté de présider le jury de soutenance et d'examiner mon travail.*

*Je remercie également Mademoiselle ZAREB A. d'accepté de faire partie du jury afin d'examiner ce travail.*

*Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribués de près ou de loin au bon déroulement de mon modeste travail.*



# *Dédicace :*

*Je dédie ce travail :*

*A mes chers parents qui m'ont encouragée à être ce que je suis, leurs patiences et surtout de m'avoir soutenu sans cesse durant la réalisation de ce travail.*

*A mes sœurs : Tinhinane et Mazgha.*

*A mes frères : kouceila et Massiniva.*

*A Merzouk en particulier qui était là à chaque instant et qui m'a aidé .*

*A toute ma famille et tous mes amis.*

## Liste de figures

<b>Figure 1</b> : Modes de croissance des champignons endophytes dans les tissus des plantes hôtes (Kusari et Spiteller,2012).....	7
<b>Figure 2</b> : Cycle de vie du champignon endophyte <i>Neotyphodium</i> transmis verticalement (Repussard <i>et al.</i> , 2013).....	8
<b>Figure 3</b> : Le cycle de vie des endophytes foliaires chez les plantes tropicales transmis horizontalement (Herre <i>et al.</i> , 2007).....	9
<b>Figure 4</b> : Localisation de la wilaya de Ghardaïa et Laghouat (google.fr).....	15
<b>Figure 5</b> : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la station de Hassi R'mel Laghouat (2002-2012) (Boubrima, 2014).....	16
<b>Figure 6</b> : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Ghardaïa (2003-2012) (Dahou, 2014).....	17
<b>Figure 7</b> : Les fruits du pistachier de l'Atlasensemencés sur les milieux de cultures (Brahimi-Saidani, 2016).....	20
<b>Figure 8</b> : Cylindre central d'une radicelle du pistachier de l'Atlas coloré en bleu (X100) (Mechiah, 2015).....	23
<b>Figure 9</b> : observation microscopique d'une colonisation inter et intracellulaire de champignons endophytes au niveau de cellules épidermiques de la feuille du pistachier de l'Atlas (X400) (Bellabas, 2018).....	24
<b>Figure 10</b> : observation microscopique des stomates de la feuille du pistachier de l'Atlas colonisés par des champignons endophytes (X400) (Bellabas, 2018).....	25
<b>Figure 11</b> observation microscopique des trichomes glandulaires (Tg) colonisés par des champignons endophytes au niveau de la feuille du pistachier de l'Atlas (X 100) (Bellabas, 2018) (Bellabas, 2018).....	26
<b>Figure 12</b> : observation microscopique des trichomes tecteurs ( <b>tt</b> ) au niveau de bordure la feuille du pistachier de l'Atlas du sujet n°7 colonisés par les champignons endophytes ( <b>ch.endo</b> ) (X170) (Benfoddil, 2015).....	26
<b>Figure 13</b> : observation microscopique d'un parenchyme de la feuille du pistachier de l'Atlas observé sous microscope photonique colonisé par des champignons endophytes colorés en marron (X400) (Bellabas, 2018).....	27

<b>Figure 14</b> : observation microscopique de la nervure principale ( <b>np</b> ) et des nervures secondaires ( <b>ns</b> ) de la feuille du pistachier de l'Atlas colonisées par des champignons endophytes colorées en bleu (X100) (Bellabas, 2018).....	27
<b>Figure 15</b> : aperçu sur les principales espèces d' <i>Aspergillus</i> (Medjeber, 2019).....	33
<b>Figure 16</b> : aperçu sur les espèces de <i>Gliocladium</i> (Medjeber, 2019).....	34
<b>Figure 17</b> : aperçu sur les espèces d' <i>Alternaria</i> (Medjeber, 2019).....	34
<b>Figure 18</b> : Aperçu sur les espèces <i>Penicillium</i> sp1 et <i>Penicillium</i> sp2 (Merzoud et Chirane, 2019) .....	35
<b>Figure 19</b> : Aperçu sur les genres <i>Epicoccum</i> (Medjeber, 2019).....	36

## Liste de tableau

<b>Tableau 1</b> : Classification des endophytes fongiques (Rodriguez et <i>al.</i> , 2009).....	10
<b>Tableau 2</b> : Abondance des genres de champignons endophytes isolés des feuilles du pistachier de l'Atlas mises en culture de la dayate Aiat (Zareb, 2014) et de la dayate El-Gouff (Benfoddil, 2015).....	29
<b>Tableau 3</b> : diversité et abondance des mycoendophytes isolés à partir des fruits du pistachier de l'Atlas de Metlili (Ghardaïa) (Brahimi-Saidani, 2016).....	31

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre 1 : mycoendophytes</b> .....	4
1. Généralités sur les champignons.....	5
1.1. Introduction.....	5
1.2. Systématique des champignons .....	5
1.2.1. Chytridiomycota .....	5
1.2.2. Glomeromycota .....	5
1.2.3. Zygomycota.....	6
1.2.4. Dikarya.....	6
• Ascomycota .....	6
• Basidiomycota .....	6
2. Mycoendophytes.....	6
2.1. Introduction .....	6
2.2. Mode de transmission .....	7
2.2.1. Transmission verticale.....	7
2.2.2. Transmission horizontale.....	8
2.3. Diversité et classification des champignons endophytes .....	9
2.4. Interaction endophyte-hôte .....	10
2.5. Rôles des champignons endophytes .....	10
2.5.1. Protection contre les microorganismes pathogènes .....	10
2.5.2. Protection contre les herbivores .....	11
2.5.3. Protection contre les insectes .....	11
2.5.4. Rôles des endophytes dans la tolérance aux stress abiotiques .....	11
2.5.5. Champignons endophytes source de produits naturels bioactifs .....	12
<b>Chapitre 2 : matériel et méthodes de mise en évidence des mycoendophytes</b> .....	13
1. Description de la zone d'étude .....	14
2. Echantillonnage sur le terrain .....	16
2.1. Echantillonnage des racines .....	16
2.2. Echantillonnage des feuilles .....	16
2.3. Echantillonnage des fruits .....	16
3. Mise en évidence des champignons endophytes .....	17
3.1. Coloration .....	17

## Sommaire

3.2. Mise en culture .....	17
3.2.1. Stérilisation superficielle (racines, feuilles et fruits) .....	17
3.2.2. Préparation du milieu de culture .....	18
3.2.3. Mise en culture .....	19
3.2.4. Identification .....	19
3.2.4.1. Identification macroscopique .....	19
3.2.4.2. Identification microscopique .....	20
<b>Chapitre 3 : mycoendophytes du pistachier de l'Atlas .....</b>	<b>21</b>
1. Mise en évidence par coloration des racelles et des feuilles .....	22
2. Mise en évidence par mise en culture .....	27
<b>Conclusion .....</b>	<b>38</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>40</b>

# **Introduction générale**

Les régions arides et semi arides recèlent des ressources biologiques qui méritent une grande attention. Parmi ces ressources biologiques, le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.), connu sous le nom de « Bétoum », qui constitue l'une des rares espèces arborescentes présentes dans les régions arides et semi arides.

Cet arbre fait partie des essences à protéger et à mieux valoriser (Quézel *et al.*, 1999 ; Benhassaini, 2004). En effet, cette espèce n'est sans doute pas la plus importante en Afrique du Nord, mais c'est certainement l'essence noble par excellence, des pays constituant son aire naturelle : le Maroc et l'Algérie (Bouzenoune, 1984 ; Belhadj, 1999 ; Abousalima et Khalli, 1992). Le simple fait d'avoir associé le mot « Atlas » au nom de l'espèce traduit toute son importance (Fournier, 1977). C'est un arbre "multi usages". Chaque partie ou production de l'arbre (bois, feuilles, fruits, huile...) est utilisable (Kaddour-Hocine, 2008). Elle est considérée comme l'une des rares espèces arborescentes encore présente spontanément dans les régions semi-arides et arides, voire sahariennes (Smail-Saadoun, 2005).

Le pistachier de l'Atlas est un arbre puissant pouvant atteindre 20 m de hauteur et 1 m de diamètre, avec une cime volumineuse et arrondie par son port et son écorce (Boudy, 1952). Sa racine peut atteindre 5 à 6 m de profondeur, elle arrive à végéter sous une tranche pluviométrique très faible (Ait radi, 1997). D'après Limane (2009) et Riedacker *et al.* (1993), le jeune pistachier émet un pivot séminal orthogéotrope d'où émanent beaucoup de ramifications secondaires. Avec l'âge, ce pivot peut se développer et se lignifier, comme il peut disparaître et laisser les racines secondaires se développer. Ces feuilles sont composées et stipulées (Quézel et Santa, 1963). Elles sont caduques en hiver. Elles sont de couleur vert pâle et sont imparipennées, glabres et sessiles (Yaaqobi *et al.*, 2009). Elles sont peu coriaces, à 7-11 folioles, alternes et mesurent rarement plus de 12 cm de longueur totale (Monjauze, 1980).

Le bétoum est dioïque (Somon, 1987). La pollinisation est effectuée par le vent (anémophile) (Benabdallah, 2012). Les fleurs sont petites en panicules axillaires et sont apétales et rougeâtres en grappes terminales pour les mâles et axillaires pour les femelles. Les fruits du pistachier de l'Atlas sont appelés par les populations locales «El Khodiri», à cause de la prédominance de la couleur vert foncé à sa maturité. Ce sont des drupes de la taille d'un pois, légèrement ovales quelquefois plutôt allongées, plus rarement, sensiblement trapues ou un peu aplaties, à épiderme qui se ride en séchant sur un endocarpe induré, mais très mince abritant deux cotylédons exalbuminés, riches en huile et comestibles (Monjauze, 1980). La fructification débute vers la fin du mois de mars. Les fruits prennent au départ une couleur

jaune, qui change progressivement au rouge puis au bleu. Ils atteignent leur maturité au mois de septembre tout en ayant une couleur vert foncé (Yaaqobi et *al.*, 2009). Les graines du pistachier de l'Atlas peuvent être utilisées pour la production de semis et l'extraction d'huile (Mehrnejad, 2003, Ghalem et Benali, 2009). L'huile extraite présente des perspectives intéressantes (Nigon et *al.*, 2000).

Le pistachier de l'Atlas est connu comme excellent porte greffe pour le pistachier fruitier (*Pistacia vera*) (Brichet, 1931). Il constitue une essence de reboisement dans les stations les plus sévères pour la lutte contre la désertification (Boudy, 1952). Il joue le rôle de conservation des sols et il est utilisé aussi pour la fixation des dunes comme brise-vents (Benyahia, 2017).

Les champignons endophytes sont des microorganismes qui colonisent les tissus vivants des plantes sans causer de symptômes. Ils peuvent envahir tous les organes de la plante (Benmazari, 2010). Les endophytes pénètrent dans les tissus des végétaux au niveau du système racinaire, cotylédons, tiges, feuilles et fleurs (Li et *al.*, 2012).

Les mycoendophytes peuvent contribuer à la croissance de la plante et à sa défense, mais aussi être une source importante de nouveaux composés bioactifs naturels avec des applications potentielles dans l'agriculture, la médecine et l'industrie alimentaire. Dans les deux dernières décennies, de nombreux composés à activités biologiques à savoir : antimicrobiennes, anticancéreuses, cytotoxiques et insecticides ont été isolés de ces champignons endophytes (Schulz et *al.*, 2002 ; Zhao et *al.*, 2010).

Notre objectif de ce travail bibliographique est un essai de synthèse des travaux (Zareb, 2014 ; Mechiah, 2015 ; Benfoddil, 2015 et Brahimi-Saidani, 2016) portant sur la mise en évidence des mycoendophytes dans les racines, feuilles et fruits de *Pistacia atlantica* Desf. en Algérie.

Après une introduction, ce travail est subdivisé en quatre chapitres :

- le chapitre 1 concerne les mycoendophytes ;
- le chapitre 2 est réservé à la méthodologie pour la mise en évidence des mycoendophytes;
- le chapitre 3 concerne les mycoendophytes du pistachier de l'Atlas.

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

# **Chapitre 1**

# **Mycoendophytes**

## 1. Généralités sur les champignons

### 1.1. Introduction

Anciennement, les champignons étaient considérés comme des végétaux, mais aujourd'hui ils constituent un règne autonome à part appelé Mycota, qui comprend 60 000 à 100 000 espèces (Reboux et *al.*, 2010). Les champignons ou Mycètes sont des organismes Eucaryotes uni ou multicellulaires, incluant des espèces macroscopiques (macromycètes) et d'autres microscopiques (micromycètes), d'aspect filamenteux ou lévuriforme (Chabasse et *al.*, 2002). Il s'agit d'organismes hétérotrophes qui vivent au dépend, soit de la matière organique morte (saprophytes), soit des métabolites des autres organismes (parasites ou symbiotes) (Roquebert, 1997). Les Mycètes sont des organismes ubiquitaires qui se trouvent dans tous les milieux (Nafees, 2009). Ils produisent un grand nombre de spores provenant de plusieurs modalités de reproduction sexuée ou asexuée, qui représentent le principal critère de leurs classifications (Tabuc, 2007).

### 1.2. Systématique des champignons

La nouvelle classification a considérablement simplifié le règne des Champignons. Il ne contient désormais que des organismes dépourvus de phase amiboïde. Ainsi, le règne des Champignons est subdivisé en quatre phylums : **Chytridiomycota**, **Glomeromycota**, **Zygomycota** et **Dikarya (Ascomycota et Basidiomycota)** (Lutzoni et *al.*, 2004).

#### 1.2.1. Chytridiomycota

Ce phylum comprend approximativement 1000 espèces décrites (James et *al.*, 2006). Il regroupe des champignons primitifs, caractérisés par un thalle unicellulaire ou filamenteux siphonné et des spores mobiles flagellées (Hibett, 2007).

#### 1.2.2. Glomeromycota

Initialement inclus dans les Zygomycota, ils constituent désormais un phylum à part. Les espèces le composant présentent un mode de vie symbiotique : elles établissent une association par mycorhize arbusculaire avec l'hôte. Ils sont décrits comme exclusivement capables de reproduction asexuée. Cependant, de récentes études mettent en lumière de nombreux gènes impliqués dans le mécanisme de la méiose et conservés dans leur génome (Halary et *al.*, 2011). Composés d'environ 200 espèces décrites (Redecker et Raab, 2006), ils représentent une petite part de la diversité des champignons, mais jouent un rôle écologique très important. L'ordre

des Glomérales par exemple établit une relation symbiotique par endomycorhize avec plus de 90% des espèces de plantes terrestres (Helgason et *al.*, 1998).

### 1.2.3. Zygomycota

Ce phylum regroupe approximativement 1065 espèces décrites (Ainsworth et *al.*, 2008) caractérisées par des thalles filamenteux siphonnés et des spores dépourvues de flagelles (Hibett, 2007).

### 1.2.4. Dikarya

Les Dikarya sont constitués des Ascomycota et des Basidiomycota. Ils présentent une phase dicaryotique particulièrement longue dans leur cycle de vie. (Lutzoni et *al.*, 2004).

- **Ascomycota**

Les Ascomycota sont composés d'environ 64 000 espèces décrites (Ainsworth et *al.*, 2008). Ils possèdent des thalles unicellulaires ou pluricellulaires filamenteux septés. Ils forment en cas de reproduction sexuée des cellules différenciées appelées asques, qui, après caryogamie, puis méiose, produisent des ascospores (Botton et *al.*, 1990).

- **Basidiomycota**

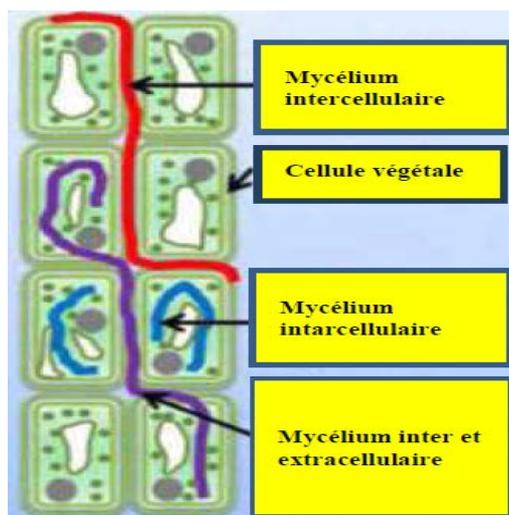
Les Basidiomycota sont composés d'environ 31500 espèces décrites (Ainsworth et *al.*, 2008). Ils regroupent des champignons possédant des thalles unicellulaires ou pluricellulaires filamenteux septés. Ils sont caractérisés par la production de spores sexuées, appelées basidiospores, formées par bourgeonnement à l'apex de cellules allongées, les basides (Chabasse et *al.*, 2002).

## 2. Mycoendophytes

### 2.1. Introduction

Le terme « endophyte » englobe tous les organismes, qui pendant une période variable de leur vie colonisent les tissus internes vivants de leurs hôtes (Stone et *al.*, 2000). Les mycologues ont utilisé le terme « champignons endophytes » pour les champignons qui habitent des plantes, sans provoquer de symptômes visibles de maladie. Le terme se réfère uniquement aux champignons au moment de la détection, sans tenir compte du statut futur de l'interaction (Schulz et Boyle, 2005).

L'origine étymologique du mot « endophyte » provient du grec « endo » qui signifie « dedans » et « phyton » signifie « plante », à l'intérieur de la plante. Le terme endophyte a été utilisé pour la première fois par Debary en 1866, pour décrire les champignons qui colonisent l'intérieur des tissus des végétaux (Wilson, 1995). Les champignons endophytes présentent une grande diversité. Ils sont hétérotrophes et se nourrissent de l'hôte sans, que celui-ci ne présente des signes de maladie. Ils peuvent croître dans le milieu intracellulaire ou extracellulaire (Arnold, 2007) (**Figure 1**).



**Figure 1** : modes de croissance des champignons endophytes dans les tissus des plantes hôtes (Kusari et Spiteller, 2012).

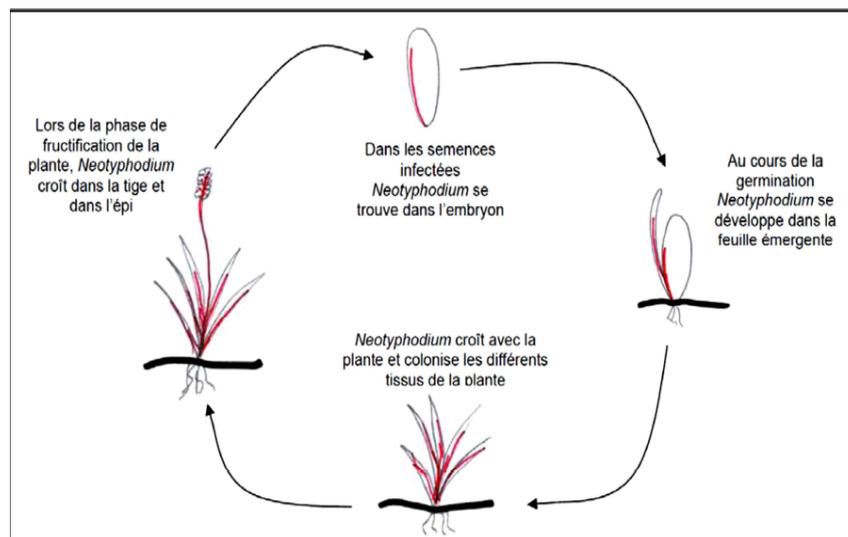
Les champignons endophytes sont ubiquistes : ils ont été détectés dans pratiquement toutes les espèces de plantes (Saikkonen et *al.*, 1998), à toutes les latitudes (Arlond, 2007). Une même espèce de champignon endophyte est capable de coloniser plusieurs hôtes différents (Sénéquier-Crozet et Canard, 2016).

## 2.2. Mode de transmission

Deux modes de transmission sont observés chez les champignons endophytes : vertical et horizontal.

### 2.2.1. Transmission verticale

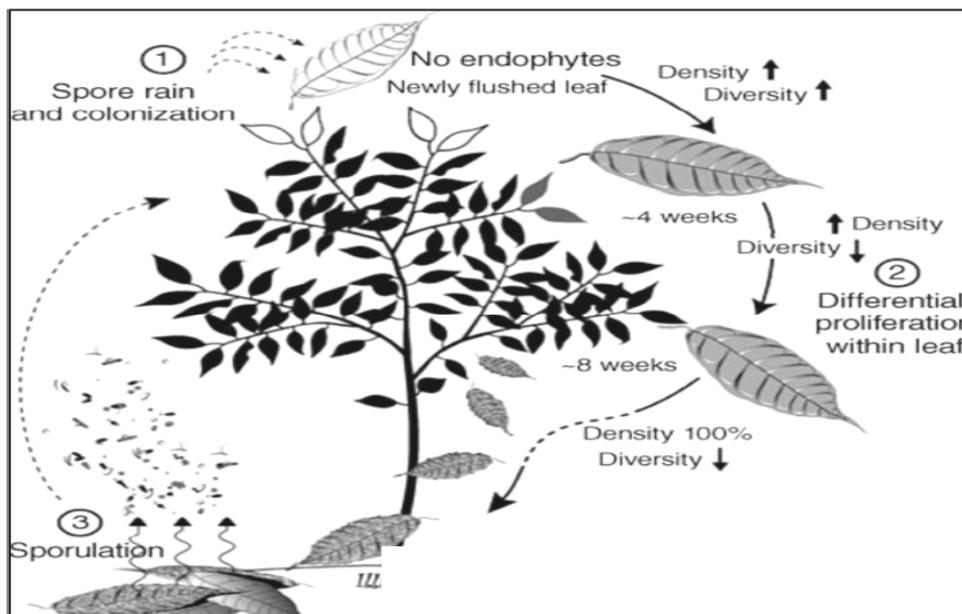
Selosse et Schardl (2007) constatent que ce mode de transmission se fait par la croissance végétative des hyphes, qui est complètement interne. Les hyphes du champignon sont transmis de la plante infectée vers la descendance, via les graines (Saikkonen et *al.*, 2004a) (**Figure 2**).



**Figure 2 :** cycle de vie du champignon endophyte *Neotyphodium* transmis verticalement (Repussard *et al.*, 2013).

### 2.2.2. Transmission horizontale

Ce mode de transmission se fait par transfert de spores sexuées (ascospores) ou asexuées (conidies) des parties aériennes d'une plante à l'autre avec l'aide de différents vecteur comme l'air, le vent, les insectes, etc ... (Caroll, 1988 ; Sanjana *et al.*, 2012). Ces mycoendophytes non systémiques sont des « mutualistes induits » (Caroll, 1988). Souvent originaires de spores isolées, ils vont coloniser des tissus particuliers et un espace limité par contagion (Arnold et Lutzoni, 2007 ; Saikkonen *et al.*, 2015 ; Dirihan, 2016). Les spores, en germant vont pénétrer à travers la cuticule, les stomates ou les blessures des tissus et coloniser l'espace intra ou intercellulaire des tissus de la plante hôte. Ce genre d'endophytes sont généralement associés au plantes ligneuses. La majorité des jeunes feuilles des plantes vasculaires, qui sont généralement exemptes de mycoendophytes dans les premiers moments de leur vie, vont être contaminer par ces derniers, tel qu'il est mentionné au niveau de la figure 2, qui schématise le mode de transmission horizontale chez des plantes tropicales (Herre *et al.*, 2007 ; Saikkonen, 2007). (**Figure 3**).



**Figure 3** : cycle de vie des endophytes foliaires chez les plantes tropicales transmis horizontalement (Herre *et al.*, 2007).

### 2.3. Diversité et classification des champignons endophytes

Les champignons endophytes représentent un groupe très diversifié, dont la majorité appartient à l'embranchement des Ascomycota et certains appartiennent à d'autres taxons tels que les Deuteromycota, Basidiomycota, Zygomycota et les Oomycota (Zabalgogeoazcoa, 2008), avec une estimation de 1,5 millions d'espèces (Fernandes *et al.*, 2009), dont nous ne connaissons qu'environ 7% (Hawksworth, 2004) et une moyenne d'environ 50 espèces d'endophytes par espèce de plante. Ils ont été isolés à partir des grands arbres (Oses *et al.*, 2008), du palmier (Frohlich *et al.*, 2000), des Graminées marines (Alva *et al.*, 2002) et même à partir des lichens (Li *et al.*, 2007), mais aussi, à partir de plantes poussant dans les forêts aussi bien tropicales, tempérées que boréales (Stone *et al.*, 2004). Plus de 90% d'espèces de champignons endophytes ne sont pas décrites (Shipunov *et al.*, 2008).

Les champignons endophytes ont souvent été divisés en deux groupes principaux en fonction des différences de l'évolution de la parenté, la taxonomie, la gamme d'hôtes et de la fonction écologique. Le premier groupe est constitué d'endophytes Clavicipitacées (C-endophytes) et le deuxième celui des endophytes non Clavicipitacées (NC-endophytes) (Rodriguez *et al.*, 2009) (**Tableau 1**).

**Tableau 1.** Classification des endophytes fongiques (Rodriguez *et al.*, 2009).

	Clavicipitacées	Non- Clavicipitacées		
Critères	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Gamme d'hôtes	Etroit	Vaste	Vaste	Vaste
Tissus colonisé	Tiges, racines et rhizomes	Tiges, racines et rhizomes	Tiges	Racines
Colonisation des plantes	Extensive	Extensive	Limitée	Extensive
Transmission	V/H	V/H	H	H
Bénéfice physique	NAH	NAH/AH	NAH	NAH

\*Non adapté à l'habitat (NAH) : des avantages tels que la tolérance à la sécheresse et l'accélération de la croissance sont courants chez les endophytes, quel que soit leur habitat d'origine.

\* Adapté à l'habitat (AH) : les avantages résultent de pressions de sélection spécifiques à l'habitat telles que le pH, la température et la salinité.

\*(V) : verticale.

\*(H) : horizontale.

En revanche, les classes 3 et 4 comprennent des champignons endophytes très diversifiés associés à des feuilles de plantes non vasculaires, des plantes vasculaires sans graines, des Conifères, des Angiospermes ligneuses et herbacées, dans les biomes allant des forêts tropicales à la forêt boréale et à l'arctique (Rodriguez *et al.*, 2009 ; Rai *et al.*, 2012).

#### 2.4. Interaction endophyte-hôte

Les microorganismes endophytes établissent une relation étroite avec leurs hôtes, qui sont d'avantage protégés contre les différents types de stress biotiques et abiotiques et de ce fait, peuvent interagir plus longtemps avec la plante (Hallmann *et al.*, 1997).

Les endophytes possèdent différents modes de vie, donnant différentes interactions qui sont variables d'un endophyte à un autre (Zabalgozcoa, 2008) et d'un hôte à un autre. Ils se présentent comme pathogènes latents, mais ne causent aucun symptôme à leurs hôtes (Hyde et Soyong., 2008), comme saprophytes colonisant asymptotiquement des espaces restreints tant que leurs hôtes se développent et se reproduisent (Rodriguez *et al.*, 2009). La relation peut aller du mutualiste vers le pathogène en fonction de l'espèce végétale et des conditions de sa croissance (Jumpponen, 2001). La forme pathogène se manifeste lorsque le champignon endophyte envahit le cylindre central, bouche ou détruit les tissus conducteurs et provoque le flétrissement et le rabougrissement de la plante (Barrow, 2003).

## 2.5. Rôles des champignons endophytes

Selon Clay et Schardl (2002), les plantes hôtes permettent aux champignons endophytes de se nourrir, se protéger et de se propager ; en retour les plantes profitent aussi de certains avantages des endophytes. Plusieurs rôles ont été attribués aux champignons endophytes, comme la protection contre les agents pathogènes des plantes (White et Cole, 1986 ; Dingle et McGee, 2003 ; Wicklow et *al.*, 2005), les insectes et les herbivores (Breen, 1994; Clement et *al.*, 1997).

### 2.5.1. Protection contre les microorganismes pathogènes

Plusieurs mécanismes peuvent être utilisés par les endophytes pour inhiber les microorganismes phytopathogènes. Parmi eux, il y a la production d'antibiotiques, la stimulation des mécanismes de défense de l'hôte, la concurrence pour la nourriture ou les sites de colonisation et le mycoparasitisme (Cao et *al.*, 2009). Plusieurs extraits liquides des cultures des endophytes ont démontré une inhibition de la croissance de plusieurs espèces de champignons phytopathogènes (Liu et *al.*, 2001; Park et *al.*, 2005 ; Inacio et *al.*, 2006; Kim et *al.*, 2007). Certains champignons endophytes peuvent être des mycoparasitisme ; ils peuvent produire des enzymes dégradant les parois cellulaires, qui leur permettent de percer des trous dans les champignons phytopathogènes et d'extraire des nutriments pour leur croissance (Cao et *al.*, 2009).

### 2.5.2. Protection contre les herbivores

Bacon et *al.* (1977) ont démontré pour la première fois la corrélation existant entre les champignons endophytes et la toxicité de leurs plantes hôtes, qui se protègent contre les mammifères herbivores domestiques. Plusieurs types de maladies peuvent atteindre les animaux qui ont mangé des herbes infectées par des endophytes, comme le syndrome de toxicité de la fétuque des bovins aux États-Unis, où des variétés de fétuque élevée (*Festuca arundinaceae* Schreber) sont cultivées comme fourrage (White et *al.*, 1993).

### 2.5.3. Protection contre les insectes

Certains endophytes peuvent aussi protéger leurs hôtes contre les insectes en produisant des métabolites secondaires (Clay et Schardl, 2002 ; Riedell et *al.*, 1999; Spiering et *al.*, 2005). Webber (1981) a probablement été le premier à démontrer la protection des végétaux contre les insectes, due à des champignons endophytes. L'endophyte *Phomopsis oblonga* protège les

ormes contre le dendroctone *Physocnemum brevilineu*, vecteur d'un champignon pathogène qui provoque la maladie hollandaise de l'orme. Cet endophyte produit des composés toxiques qui auraient un effet répulsif contre ce vecteur de l'agent pathogène.

#### 2.5.4. Rôle des endophytes dans la tolérance aux stress abiotiques

Tout au long de l'évolution, les plantes ont été confrontées à des conditions environnementales changeantes, les obligeant à s'adapter ou à succomber à des températures extrêmes, des insuffisances d'eau et d'éléments minéraux. Plusieurs études ont démontré que les plantes associées à des champignons endophytes ont été plus tolérantes à la sécheresse, à la chaleur, à la toxicité des métaux et à une salinité élevée (Lewis, 2004 ; Rodriguez et *al.*, 2009; Waller et *al.*, 2005).

Les champignons endophytes des Graminées fourragères (Fétuque élevée) augmentent de manière significative la tolérance à la sécheresse de cette espèce (Clay et Schardl., 2002). Redman et *al* (2002) ont démontré que les champignons endophytes pourraient aussi augmenter la tolérance à la chaleur chez leurs hôtes. Cette tolérance a été détectée chez *Dichanthelium lanuginosum* infecté par l'endophyte *Curvularia sp* et qui résiste à des températures élevées de 65°C, alors que les plantes non infectées ne résistaient même pas à une température de 40°C. Ce phénomène peut s'expliquer par l'accumulation des solutés dans les tissus des plantes infectées par les endophytes, ou par la réduction de la conductance foliaire et un ralentissement du flux de transpiration (Malinowski et Belesky, 2000), ou encore par la limitation de la germination des graines et donc la réduction du risque de la mort des plantules (Gundel et *al.*, 2006).

#### 2.5.5. Champignons endophytes source de produits naturels bioactifs

Les champignons endophytes sont considérés comme un important réservoir de métabolites secondaires bioactifs (Strobel et *al.*, 2004; Tan et Zou, 2001). Ils ont un large spectre d'activité biologiques (Zhang et *al.*, 2006), comprenant des composés antibiotiques, antifongiques, antiviraux, immunosuppresseurs, anticancéreux, antioxydants, et autres substances biologiquement actives (Strobel et *al.*, 2004; Strobel et Daisy, 2003).

Les métabolites porteurs d'une activité antibiotique peuvent être définis comme des substances naturelles organiques produites par des microorganismes actifs, contre d'autres microorganismes (Guo et *al.*, 2008). Il existe un grand nombre de composés antimicrobiens isolés à partir d'endophytes, appartenant à plusieurs classes structurales comme les alcaloïdes,

les peptides, les stéroïdes, les terpénoïdes, les phénols, les quinines et les flavonoïdes (Yu et *al.*, 2010). Les composés peuvent être utilisés non seulement comme médicaments, mais aussi comme conservateurs alimentaires. (Liu et *al.*, 2008).

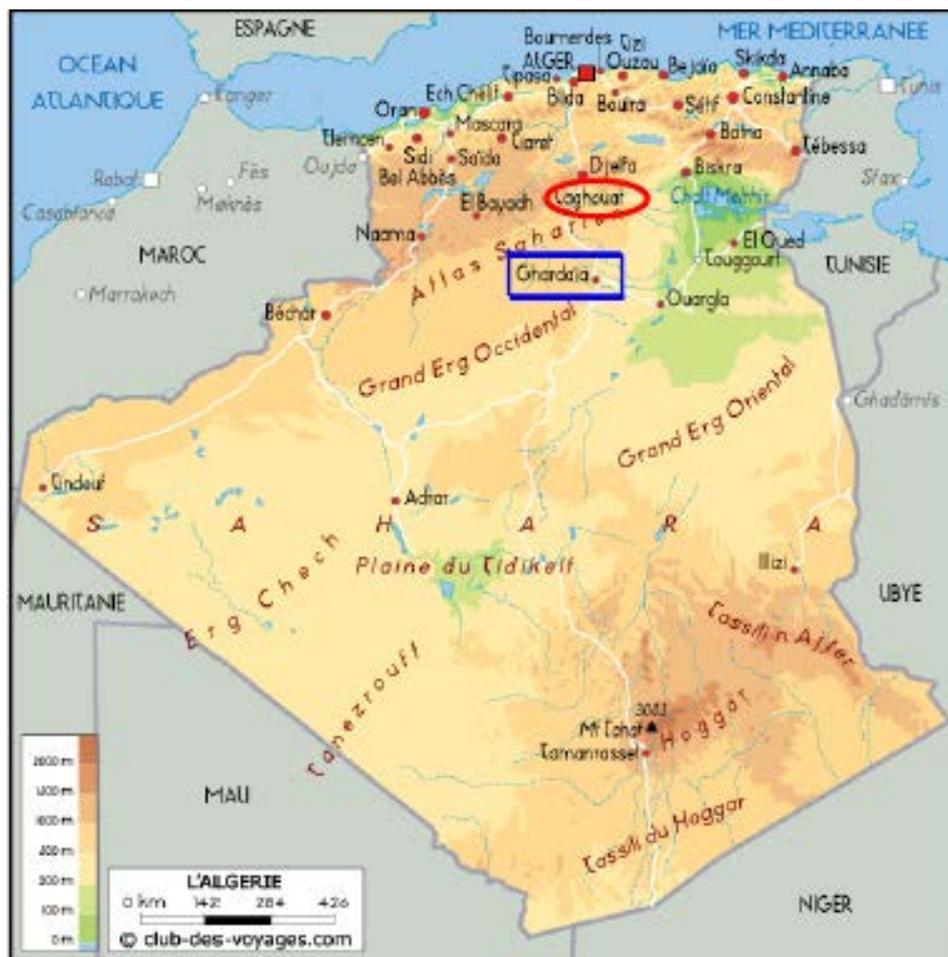
**Chapitre 2**  
**Matériel et**  
**méthodes de mise**  
**en évidence des**  
**mycoendophytes**

### 1. Description de la zone d'étude

La synthèse des études de Zareb, 2014 ; Mechiah, 2015 ; Benfoddil, 215 et Brahim-Saidani, 2016 qui ont été réalisées à Laghouat et Ghardaïa.

Laghouat est située en plein centre du pays à 400km au Sud de la capitale Alger. La signification du nom Laghouat signifie "oasis". La capitale de la wilaya est la ville du même nom Laghouat. Les autres grandes villes de la wilaya de Laghouat sont Aflou, Aïn Madhi, Kourdane et Makhareg. Elle est limitée géographiquement au nord par la wilaya de Tiaret, à l'est par la wilaya de Djelfa, à l'ouest par la wilaya d'El Bayadh et au sud par la wilaya de Ghardaïa (**Figure 4**).

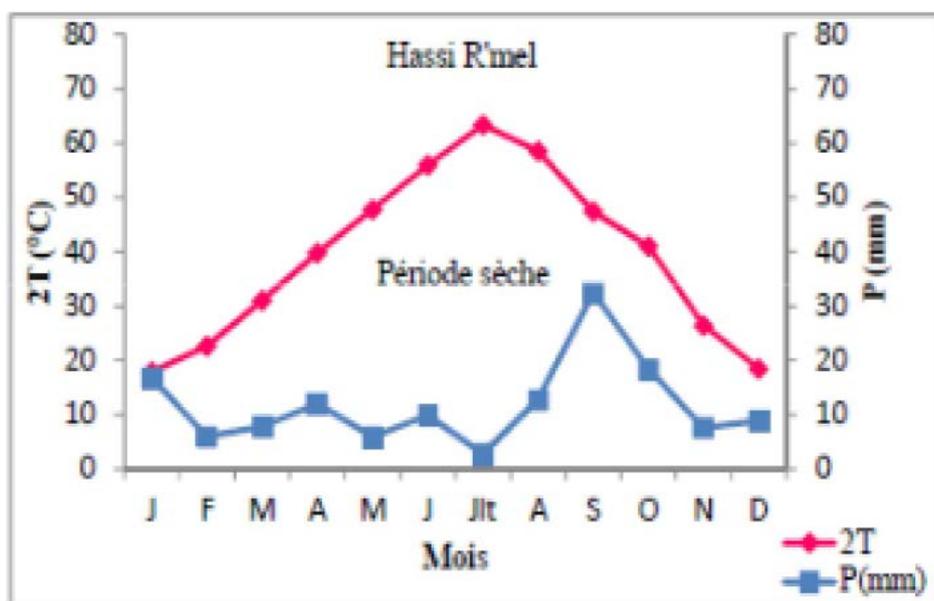
La wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord du Sahara algérien à environ 600 km au sud de la capitale du pays, Alger. Elle couvre une superficie de 86.560 km<sup>2</sup>, elle est limitée au Nord par les wilayas de Laghouat et Djelfa, à l'Est par la wilaya d'Ouargla, à l'Ouest par la wilaya d'El Bayadh et au Sud par les wilayas de Tamanrasset et Adrar (Dahou, 2014) (**Figure 4**).



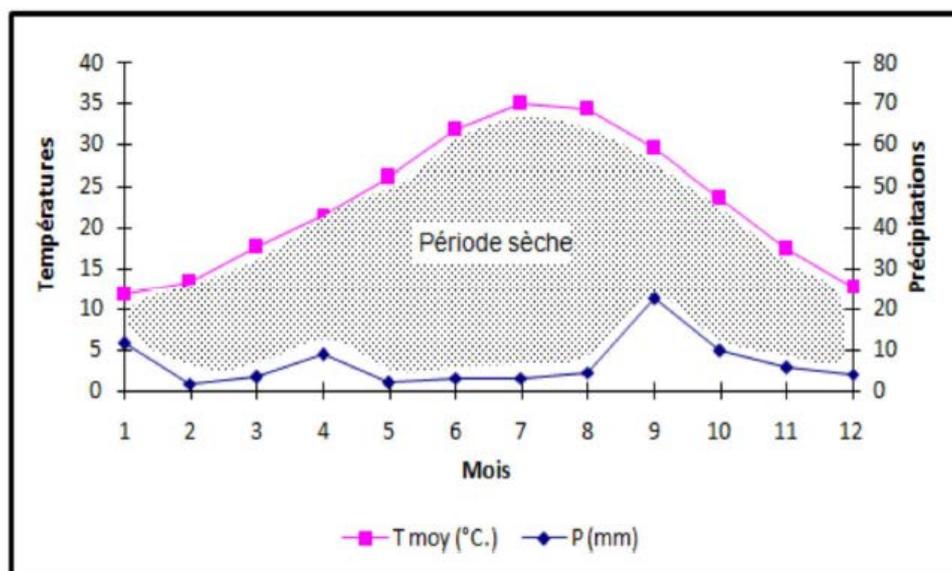
**Figure 4** : localisation de Ghardaïa et Laghouat en Algérie (google.fr).

La wilaya de Laghouat appartient au domaine saharien, et au sous-domaine saharien nord occidental selon l'esquisse phytocorologique des domaines et secteurs biogéographiques de l'Algérie (Barry et al., 1958) et la région de Ghardaïa est typiquement saharienne, qui se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'avril à septembre) et une autre tempérée (d'octobre à mars) avec une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver (Dahou, 2014).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) permet de définir la période sèche, en mettant en regard les précipitations et les températures. La saison sèche apparaît quand la courbe des précipitations se positionne au-dessous de celle des températures (Faurie et al., 2011 in Dahou, 2014). Le diagramme Ombrothermique de Laghouat (**Figure 5**) et de la région de Ghardaïa (**Figure 6**) indique que la saison sèche dure toute l'année.



**Figure 5** : diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la station de Hassi R'mel Laghouat (2002-2012) (Boubrima, 2014).



**Figure 6 :** diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Ghardaïa (2003-2012) (Dahou, 2014).

## 2. Echantillonnage sur le terrain

### 2.1. Echantillonnage des racines

L'échantillonnage s'est porté sur des sujets de différentes classes d'âge et aussi de sexes différents, qui ont été choisis d'une manière subjective (Raab, 2010 ; Redjal, 2010 ; Yazag, 2013, Ferhani, 2015 et Mechiah, 2015). Les racines et les sols rhizosphériques sous pistachier de l'Atlas ont été récoltés au mois d'avril dans les dayas de Laghouat (Algérie). Le prélèvement des radicelles se fait le long d'un profil racinaire creusé à une profondeur de 80 cm. Les prélèvements se font tous les 20 cm le long du profil.

Les racines échantillonnées sur terrain sont transportés au laboratoire dans des sacs en plastique contenant des sols rhizosphériques du pistachier de l'Atlas. Les racines sont ensuite triées selon les diamètres [0.5-1 [mm, [1-2[mm et [2-3[mm, Les radicelles sélectionnées sont préparés pour un éclaircissement et une coloration au bleu Trypan pour discerner la présence de structures fongiques dans les tissus racinaires de cette espèce (Raab, 2010 ; Redjal, 2010 ; Yazag, 2013, Ferhani, 2015 et Mechiah, 2015).

### 2.2. Echantillonnage des feuilles

Les feuilles du pistachier de l'Atlas, était récoltées au mois d'avril. L'échantillonnage des feuilles s'est porté sur des sujets qui ont été choisis d'une manière subjective. Plusieurs

arbres sont choisis au niveau de différentes dayas de Laghouat (Algérie). Les sujets ont des sexes et des âges différents. Pour chaque arbre choisi, 20 feuilles ont été cueillies tout autour de l'arbre. Une fois récoltées, les feuilles doivent être maintenues à l'état frais, elles sont ainsi mises dans des sacs en papier et transportées ensuite dans une glacière au laboratoire (Zareb, 2014 ; Benfoddil, 2015).

Il est recommandé de laisser un temps très court entre la récolte des feuilles et le début des mises en culture au laboratoire (24 h à 36 h au maximum). Pour éviter la pourriture des feuilles qui provoque l'installation des souches pathogènes.

### **2.3. Echantillonnage des fruits**

Les fruits ont été récoltés au mois de septembre par le personnel de la conservation des forêts de Laghouat. L'échantillonnage est fait sur plusieurs sujets et les fruits sont mélangés (Brahimi- Saidani, 2016). La récolte s'est faite dans la wilaya de Ghardaïa (Algérie).

## **3. Mise en évidence des champignons endophytes**

### **3.1. Coloration**

La méthode de coloration a été faite selon le protocole de Phillips et Hayman (1970), et cela consiste à :

- rincer les racines et les feuilles à l'eau courante ;
- mettre les racines et feuilles dans du KOH à l'étuve à 90 °C pendant 1h (remplacer la solution du KOH aussitôt qu'elle devient foncée) ;
- faire plusieurs rinçages à l' H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (10%), à l'étuve à 90°C pendant 10 à 20 mn (pour les racines jusqu'au blanchissement) ;
- rincer à l'eau courante ;
- neutraliser les racines et les feuilles dans un bain d'acide lactique (10%) pendant 3 à 4 mn ;
- mettre les racines et les feuilles dans une solution colorante (bleu de trypan) à l'étuve à 90°C ;
- rincer à l'eau courante ;
- mettre dans du glycérol pour la conservation.

Après coloration, les racines et les feuilles colorées sont placées entre lames et lamelles dans de la gélatine glycinée. Des observations ont été réalisées sous microscope photonique. Des photos sont prises à différents grossissements.

### **3.2. Mise en culture**

#### **3.2.1. Stérilisation superficielle (racines, feuilles et fruits)**

La stérilisation superficielle est appliquée pour éliminer les microorganismes épiphytes qui se trouvent à la surface des différents organes de la plante. Pour cela, on utilise le protocole de Helander et *al* (1994) :

- traitement à l'éthanol 96% pendant 2 mn ;
- rinçage à l'eau distillée stérilisée ;
- traitement à l'eau de javel pendant 3 mn ;
- 2ème rinçage à l'eau distillée stérilisée ;
- 2ème traitement à l'éthanol 96 % pendant 30 s ;
- 3ème rinçage à l'eau distillée stérilisée.

Une fois stérilisé, les différents organes de la plante sont séchés en utilisant du papier buvard stérilisé.

#### **3.2.2. Préparation du milieu de culture**

Le milieu de culture P.D.A (Potato-dextrose-agar) a la composition suivante :

- 200 g de pomme de terre ;
- 20 g de glucose ;
- 20 g d'agar-agar ;
- 1000 ml d'eau distillée.

Peler les pommes de terre, les laver, puis les couper en petits morceaux. Peser 200g de pomme de terre et les mettre dans une casserole et ajouter 200ml d'eau distillée pour les cuire pendant 15 à 20 min. Le mélange obtenu est filtré.

Prendre un erlen meyer d'un litre et verser le filtrat en ajoutant 20 g d'agar-agar et 20g de glucose, puis on complète le volume avec l'eau distillée jusqu'à 1000ml. Enfin, mettre l'erlen meyer sur un agitateur chauffant. Il est retiré de la plaque lorsque le milieu est bien homogène.

Le milieu est versé dans des bouteilles pour la stérilisation à l'étuve, à une température de 120°C pendant 1h, puis rajouter quelques grammes d'antibiotiques pour éviter l'apparition de bactéries.

Ce dernier est versé dans des boites de Pétri entre deux becs bunsen.

### 3.2.3. Mise en culture

Les fragments des différents organes sont déposés sur le milieu de culture P.D.A dans une boîte de Pétri, à raison de 5 fragments par boîte. Les fruits sont mis avant dans un mortier stérilisé, puis on va appuyer dessus en leur donnant de petits coups pour les ouvrir. Ces étapes se font entre deux becs bunsen pour éviter le risque de contamination (**Figure 7**).

L'incubation s'effectue à température ambiante pendant deux mois.



**Figure 7** : fruits du pistachier de l'Atlasensemencés sur les milieux de cultures (Brahimi-Saidani, 2016).

### 3.2.4. Identification

#### 3.2.4.1. Identification macroscopique

##### A. Description des colonies

##### 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 surface lisse.

##### b) Topographie : plane, surélevée, cérébriforme avec stries radiales.

##### c) Couleur : surface, revers, pigment diffusible ;

- brun, gris, noir = champignon dématié ;

- blanc ou autre couleur (rouge, vert, jaune, mauve, etc.) = champignon hyalin (Benfoddil, 2015).

#### **3.2.4.2. Identification microscopique**

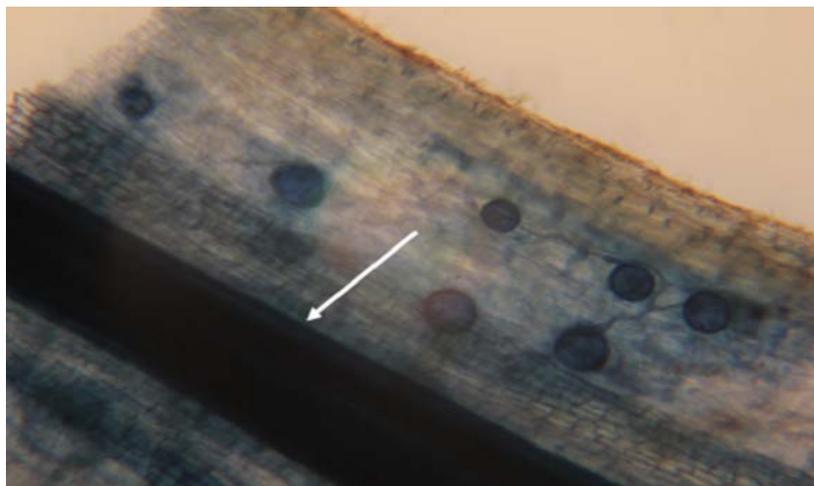
Nous nous sommes référées pour l'identification aux différents articles collectés et aux clés de détermination des Deutéromycètes de Kiffer et Morellet (1997). Pour l'examen des structures microscopiques, il y a lieu de s'intéresser aux :

- a) hyphes : septés, non septés, larges ( $> 4 \mu\text{m}$ ), étroits ( $< 4 \mu\text{m}$ ) ;
- b) conidiophores : absents, simples, ramifiés ;
- c) cellules conidiogènes : annellide, phialide... ;
- d) conidies : uni- ou pluricellulaires, solitaires, en amas ou en chaînes, forme (ronde, ovale, en massue ...)
- e) organes de fructification : périthèces, cléistothèces (sexué), pycnides (asexué) (Benfoddil, 2015).

**Chapitre 3**  
**Mycoendophytes**  
**du pistachier de**  
**l'Atlas**

### 1. Mise en évidence par coloration des radicelles et des feuilles

Les champignons endophytes ont été observés sur toutes les radicelles. Ces champignons ont des hyphes mélanisés, qui colonisent les racines en formant des microsclérotés. Les radicelles du pistachier de l'Atlas sont aussi endomycorhizées (Raab, 2010 ; Redjal, 2010 ; Yazag, 2013, Ferhani, 2015 et Mechiah, 2015). Les champignons endophytiques dénommés endophytes foncés septés (DSE) ou en anglais Dark Septate Endophyte, de couleur marron foncé ont été observés dans la majorité des racines de *Pistacia atlantica*, au niveau du cylindre central et du cortex racinaire (Bouabdelli, 2019) (**Figure 8**). Ces résultats confirment ceux obtenus par Redjda (2010), qui a suggéré la présence d'endophytes dans les tissus conducteurs (xylème) de *Pistacia atlantica* Desf., mais aussi d'espèces fongiques tels que : *Epicoccum nigrum* et *Alternaria alternata*. Ferhani (2015) a aussi remarqué la présence d'autres genres de mycoendophytes dans les racines de cette espèce, tels que : *Penicillium* et *Aspergillus*.



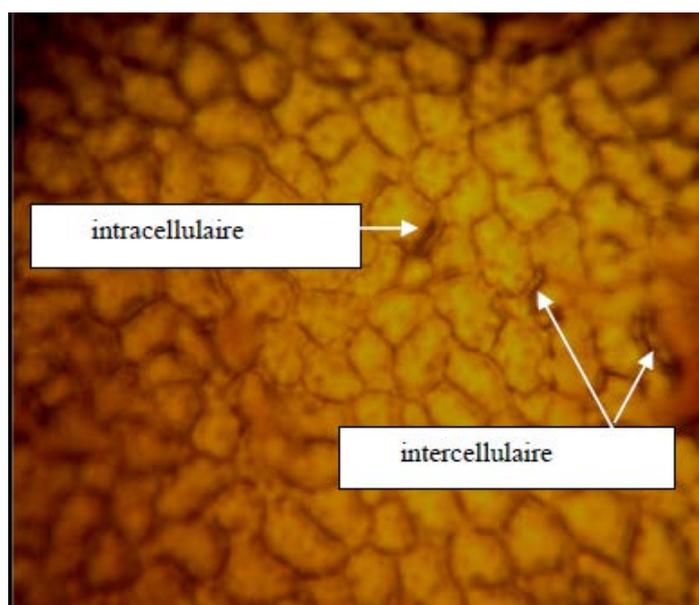
**Figure 8** : cylindre central d'une radicelle du pistachier de l'Atlas coloré en bleu (X100) (Mechiah, 2015).

La majorité de ces mycoendophytes sont cosmopolites et très fréquents. Ils jouent un rôle important dans la nature. Ils sont caractérisés par leur caractère d'ubiquité, ils occupent tous les sols et tous les écosystèmes, y compris les zones arides (Mechiah, 2015). Certains champignons endophytes pourraient favoriser la croissance et améliorer la capacité d'adaptation écologique de l'hôte, en améliorant la tolérance des plantes aux stress environnemental et la résistance aux phytopathogènes et /ou herbivores (Clay et Schardl, 2002 ; Waller et al., 2005; Barrow et al., 2003 ; liu et al., 2011 ; Sun et al., 2011). Ils produisent de nouveaux métabolites secondaires précieux (Strobel et Daisy 2003).

Les endophytes cloisonnés foncés ou Dark Septate Endophyte (DSE) sont divers groupes de champignons Ascomycètes qui colonisent les tissus racinaires intracellulaires et intercellulaires (Jumpponen, 2001). Les DSE jouent un rôle important dans la régulation du bio-fonctionnement d'un sol, d'où leur importance dans la restauration de sols dégradés ou épuisés. Wu et Guo (2007) et Peterson et *al.*, (2004) signalent que les endophytes foncés et septés s'associent aux plantes dans les milieux contraignants, en améliorant leur nutrition hydrique et minérale, en les protégeant contre les herbivores en sécrétant des mycotoxines et des substances régulatrices de croissance en échange de carbone issu de la photosynthèse.

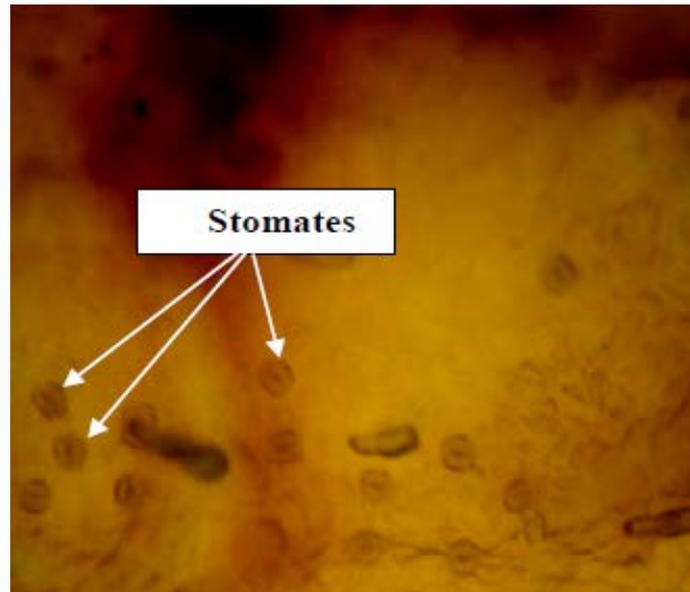
Après l'observation au microscope optique des feuilles de *Pistacia atlantica* Desf. colorées au bleu de Trypan, nous avons noté la présence d'hyphes mycéliennes pigmentées au niveau des espaces inter et intracellulaires des différents tissus foliaires (Benfoddil, 2015).

La colonisation inter et intracellulaire a été confirmée par Bernardi-Wenzel et son équipe (2010), Sun et son équipe (2011), El-Nagerabi et son équipe (2013) et Zareb (2014) (**Figure 9**).



**Figure 9** : observation microscopique d'une colonisation inter et intracellulaire de champignons endophytes au niveau de cellules épidermiques de la feuille du pistachier de l'Atlas (X400) (Bellabas, 2018).

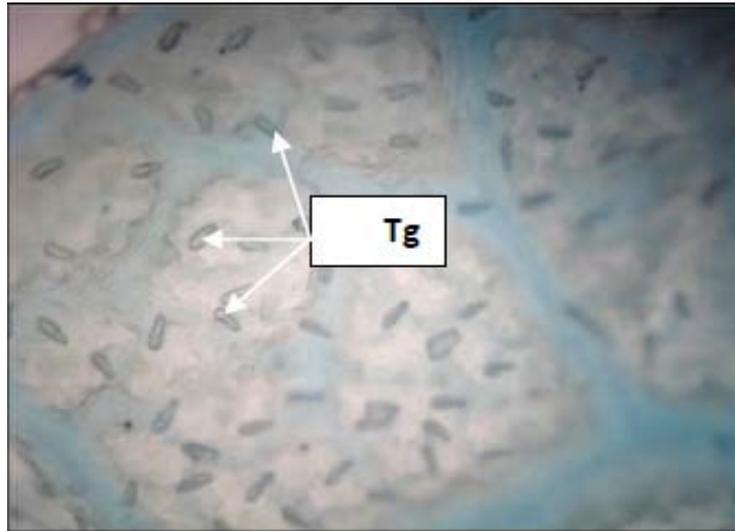
Les observations des feuilles du pistachier de l'Atlas ont montré que les stomates sont répartis sur toute la surface de la face inférieure (Benfoddil, 2015) (**Figure 10**).



**Figure 10** : observation microscopique des stomates de la feuille du pistachier de l'Atlas colonisés par des champignons endophytes (X400) (Bellabas, 2018).

Les observations des feuilles du pistachier de l'Atlas colorées au bleu Trypan, montrent que les stomates sont colonisés par des mycoendophytes pigmentés en marron et ces mycoendophytes sont présentes au niveau des stomates (**Figure 10**), trichomes glandulaires (**Figure 11**), trichomes tecteurs (**Figure 12**), parenchymes (**Figure 13**) et vaisseaux conducteurs (**Figure 14**) (Benfoddil, 2015).

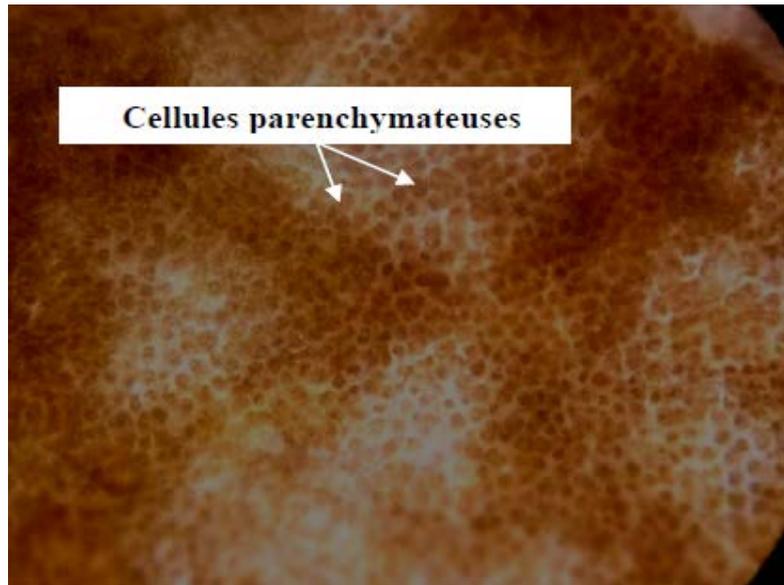
Les observations de Zareb (2014) montrent que les stomates colonisés par les mycoendophytes sont colorés en bleu.



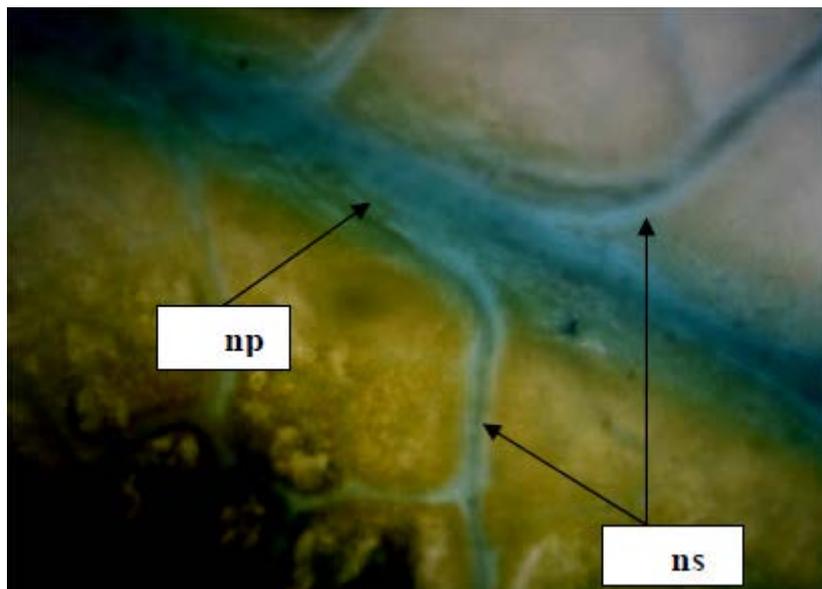
**Figure 11** : observation microscopique des trichomes glandulaires (Tg) colonisés par des champignons endophytes au niveau de la feuille du pistachier de l'Atlas (X 100) (Bellabas, 2018) (Bellabas, 2018).



**Figure 12** : observation microscopique des trichomes tecteurs (tt) au niveau de bordure la feuille du pistachier de l'Atlas du sujet n°7 colonisés par les champignons endophytes (ch.endo) (X170) (Benfoddil, 2015).



**Figure 13** : observation microscopique d'un parenchyme de la feuille du pistachier de l'Atlas observé sous microscope photonique colonisé par des champignons endophytes colorés en marron (X400) (Bellabas, 2018).



**Figure 14** : observation microscopique de la nervure principale (**np**) et des nervures secondaires (**ns**) de la feuille du pistachier de l'Atlas colonisées par des champignons endophytes colorées en bleu (X100) (Bellabas, 2018).

## 2. Mise en évidence par mise en culture

L'étude de Zareb (2014) et celle de Benfoddil (2015) ont démontré la présence des mycoendophytes au niveau des feuilles du pistachier de l'Atlas de dayate Aiat et de dayate El-Gouffa (Laghouat, Algérie).

Plusieurs isolats de champignons endophytes ont été prélevés à partir de plusieurs échantillons mis en culture. La détermination de ces genres de champignons s'est basée sur des caractéristiques morphologiques macroscopiques (forme, aspect et couleur de la colonie) et microscopiques (filaments mycéliens et spores) (Tabuc, 2007).

D'après ces isolats, nous remarquons une diversité en champignons endophytes importante au niveau des feuilles de *Pistacia atlantica*. Malgré l'aridité qui caractérise les dayas étudiées, les champignons endophytes présentent une diversité au niveau des feuilles de tous les sujets du pistachier de l'Atlas (Zareb, 2014 ; Benfoddil, 2015).

Les isolats identifiés au niveau des feuilles du pistachier de l'Atlas sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 2** : abondance des genres de champignons endophytes isolés des feuilles du pistachier de l'Atlas mises en culture de la dayate Aiat (Zareb, 2014) et de la dayate El-Gouffa (Benfoddil, 2015).

Dayate Aiat		Dayate El-Gouffa	
Genre de champignons	Abondance %	Genre de champignons	Abondance
<i>Acremonium</i>	0,5	<i>Acremonium</i>	8,09
<i>Alternaria</i>	2,75	<i>Alternaria</i>	0,37
<i>Aspergillus</i>	27,25	<i>Aspergillus</i>	16,91
<i>Aureobasidium</i>	2	<i>Aureobasidium</i>	4,41
<i>Bipolaris</i>	1	<i>Bipolaris</i>	0,74
<i>Chaetomium</i>	1	<i>Chaetomium</i>	2,94
<i>Cladosporium</i>	4,5	<i>Cladosporium</i>	8,46
<i>Cordyceps</i>	1,5	<i>Bahusakala</i>	0,37
<i>Curvularia</i>	1	<i>Circinella</i>	1,47
<i>Epicoccum</i>	25,6	<i>Epicoccum</i>	9,19
<i>Geotrichum</i>	1,5	<i>Geotrichum</i>	1,1
<i>Monilia</i>	2	<i>Colletotrichum</i>	0,37
<i>Mucor</i>	0,25	<i>Mucor</i>	0,37
<i>Neoscytalidium</i>	0,25	<i>Neoscytalidium</i>	1,1
<i>Nigrospora</i>	0,25	<i>Gymnoascus</i>	0,74
<i>Phoma</i>	1,75	<i>Phoma</i>	9,19
<i>Phomopsis</i>	0,5	<i>Hypoxyton</i>	2,57
<i>Rhizoctonia</i>	0,5	<i>Arthrimum</i>	2,57
<i>Scedosporium</i>	0,5	<i>Scedosporium</i>	2,21
<i>Xylaria</i>	1,3	<i>Penicillium</i>	2,57
<i>Paraphaesphaeria recurvifoliae</i>	0,25	<i>Absidia</i>	2,57
<i>SNI</i>	1,25	<i>Apophysomyces</i>	0,37
/	/	<i>Trichoderma</i>	9,19
/	/	<i>Verticillium</i>	4,04
/	/	<i>SNI</i>	8,09

A partir des données du Tableau 2, nous déduisons que le genre *Aspergillus* avec 27,25% et 16,91%, *Epicoccum* avec 25,6% et 9,19% et *Cladosporium* avec 4,5% et 8,46%, sont les plus dominants aux niveaux des feuilles du pistachier de l'Atlas de dayate Aait et la dayate El-Gouffa.

Cette diversité en champignons endophytes au niveau des feuilles donne un important pouvoir adaptatif à la plante. Ce pouvoir facilite le bon déroulement de la croissance en améliorant la qualité et la productivité des espèces végétales et aussi sa tolérance au stress. Ces résultats confirment ceux de Rodriguez et *al.* (2009) et Waquas et *al.*, (2012).

Les champignons endophytes peuvent lutter contre les variations des facteurs abiotiques tels que la sécheresse et ils jouent un rôle important dans la décomposition des litières (Purahong et Hyde, 2011).

Les isolats identifiés au niveau des fruits du pistachier de l'Atlas sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau 3 :** diversité et abondance des mycoendophytes isolés à partir des fruits du pistachier de l'Atlas de Metlili (Ghardaïa) (Brahimi-Saidani, 2016).

Genre	Espèce	Abondance %
<i>Absidia</i>	/	0,83
<i>Aspergillus</i>	<i>A. niger</i>	23,33
	<i>A. flavus</i>	18,33
	<i>A. sulfureus</i>	0,83
	<i>A. candidus</i>	1,66
	<i>A. acidus</i>	5
	<i>A. puniceus</i>	0,83
	<i>A. neoniveus</i>	0,83
	<i>A. neoniger</i>	0,83
<i>A. aurentireus</i>	0,83	
<i>Gliocladium</i>	/	4,16
<i>Phoma</i>	/	1,66
<i>Rhizopus</i>	/	0,83
<i>Trichophyton</i>	/	1,66
<i>SNI</i>	/	27,39

A partir des résultats donnés dans le tableau 3, nous déduisons que le genre *Aspergillus* est le plus dominant des endophytes trouvés dans les fruits du pistachier de l'Atlas au niveau de la zone étudiée, avec 52.47%. La plupart des espèces qui appartiennent à ce genre sont connues pour leur tolérance aux températures élevées, ce qui a été prouvé dans différentes études réalisées sur des espèces d'*Aspergillus* (Lacey et Magan, 1991 ; Coleman et al., 2002 ; Pratheeba et al., 2014).

La dominance du genre *Aspergillus* dans les racines, feuilles et fruits du pistachier de l'Atlas est due au fait que ce genre est xérophile et ubiquiste (Abduallah et al., 1986 ; Chew-Madinaveitia, 2007). Ce genre comprend environ 185 espèces réparties en 18 groupes morphologiquement, génétiquement et physiologiquement proches (Botton et al., 1990). Le genre *Aspergillus* englobe des organismes dont les caractéristiques sont d'une grande importance et jouent un rôle important dans la dégradation du substrat organique, en particulier du matériel végétal (Goldman et Osmani, 2008 ; Samson et Varga, 2009 ; Bignell, 2010). Les *Aspergillus* sont connus pour leur capacité à sécréter une variété de composés chimiques

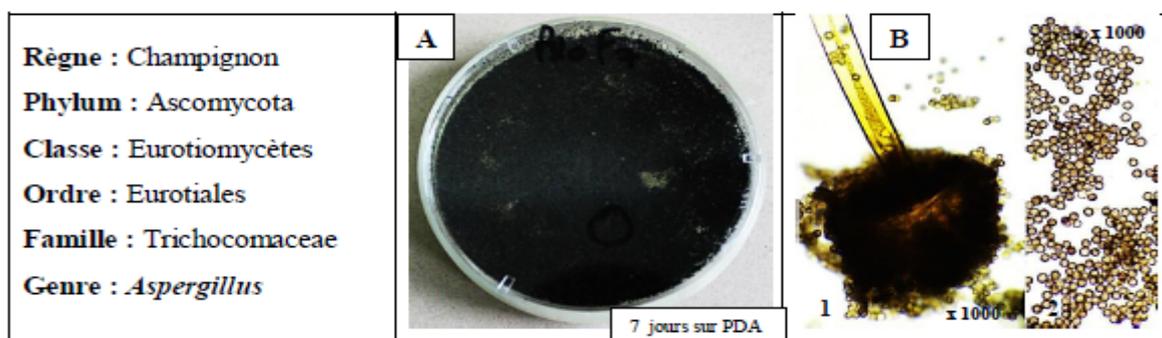
biologiquement actifs, notamment des antibiotiques, des mycotoxines, des immunosuppresseurs et des agents hypocholestérolémiants (Goldman et Osmani., 2008). Certaines espèces du sous-genre *Circumdati* sont également utilisées dans l'industrie en particulier dans les biotransformations, la section *Flavi* (*Aspergillus oryzae*, *Aspergillus sojae* et *Aspergillus tamaritii*) est utilisée dans les processus de fermentation des aliments orientaux (Varga et al., 2004 ; Samson et al., 2006).

Selon l'hypothèse de Brahimi-Saidani (2016), le rôle des *Aspergillus* est d'empêcher une germination précoce de ces graines. Les mycoendophytes semblent contribuer au phénomène de dormance attribué jusqu'à présent uniquement à la plante. En bloquant la division cellulaire avant la métaphase et ils sont considérés comme une source prometteuse dans la production des substances naturelles d'intérêt thérapeutique antimétabolique (Medjeber et al., 2018).

Selon Brahimi-Saidani (2016) *Aspergillus* est le plus riche en espèces (9) qui appartiennent à des sections différentes, comme *Nigri*, *Usti*, *Flavi*, *Candidi*, *Terrei* et *Circumdati*.

- *Aspergillus niger*, appartient au phylum des Ascomycota, section *Nigri*. C'est un microorganisme très important en biotechnologie utilisé pour produire les enzymes extracellulaires et l'acide citrique, et il est également utilisé dans la biotransformation et le traitement des déchets (Schüssler et al., 2001) (**Figure 15**).
- *Aspergillus sulphureus* est un champignon Ascomycota, appartient à la section des *Circumdati* (Samson et al., 2006).
- *Aspergillus candidus* appartient à la section *Candidi*. C'est un champignon xérophile (Lacey et Magan, 1991). Est l'une des moisissures les plus fréquemment rencontrés dans les céréales et la farine (Rabie et al., 1997 ; Weidenböner et al., 2000 ; Hocking, 2003 ; Ismail et al., 2004). Il provoque la perte de la viabilité (Papavizas et Christensen, 1960 ; Bhattacharya et Raha, 2002 ; Lugauskas et al., 2006). Il produit des enzymes utilisé dans l'industrie de la fermentation pour la production des galacto-oligosaccharides (Zheng et al., 2006), et le Dmannitol (Smiley et al., 1969). *A. candidus* est prétendu être impliqué dans un large éventail d'infections humaines, y compris l'aspergillose invasive (Rippon, 1988 ; Ribeiro et al., 2005).
- *Aspergillus neoniger* est une espèce appartient à la section *Nigri*. Ces conidies sont globuleuses, brunes, grossièrement dépolie (Samson et al., 2011). Cette espèce a également été identifiée dans le sol du désert près de *Welwitschia mirabilis* en Namibie (Varga et al., 2007).

- *Aspergillus aureoterreus* appartient à la section *Terrei*.
- *Aspergillus acidus* est une espèce de la section *Nigri*. Ces conidies sont globuleuses et brunes, à parois lisses à rugueuses (Samson et al., 2011).
- *Aspergillus flavus* fait partie de la section *Flavi* (Samson et al., 2011). *Aspergillus flavus* est la deuxième espèce des *Aspergillus* la plus importante. Elle provoque des infections humaines. L'importance de ce champignon augmente dans les régions avec un climat sec et chaud (Narasimhan et Pushkar, 2015). *Aspergillus flavus* est l'une des espèces les plus communes qui produisent les aflatoxines (Sargeant et al., 1961). Les populations des *Aspergillus flavus* sont génétiquement et phénotypiquement diverses (Geiser et al., 2000), avec des isolats produisant des conidies abondamment, produit des grandes sclérotés, et des quantités variables d'aflatoxines (Cotty, 1989).



**Figure 15** : aperçu sur les principales espèces d'*Aspergillus* (Medjeber, 2019).

**A, B** : colonie d'*Aspergillus niger*.

- *Gliocladium* est connu pour son comportement antagoniste et qui a été largement utilisé dans les essais de biocontrôle (Papavizas, 1985). Les mécanismes antagonistes réels n'ont pas toujours été élucidés, mais la compétition pour les nutriments, la production de composés inhibiteurs et d'enzymes hydrolytiques a souvent été décrite (Baruch et al., 1996). Plusieurs espèces de *Gliocladium* sont utilisées comme agents de lutte biologique et de contrôle des maladies causées par *Rhizoctonia*. Cette stratégie a porté ses fruits dans le cas de la lutte contre le mildiou chez le riz (Baruch et al., 1996) (**Figure 16**).

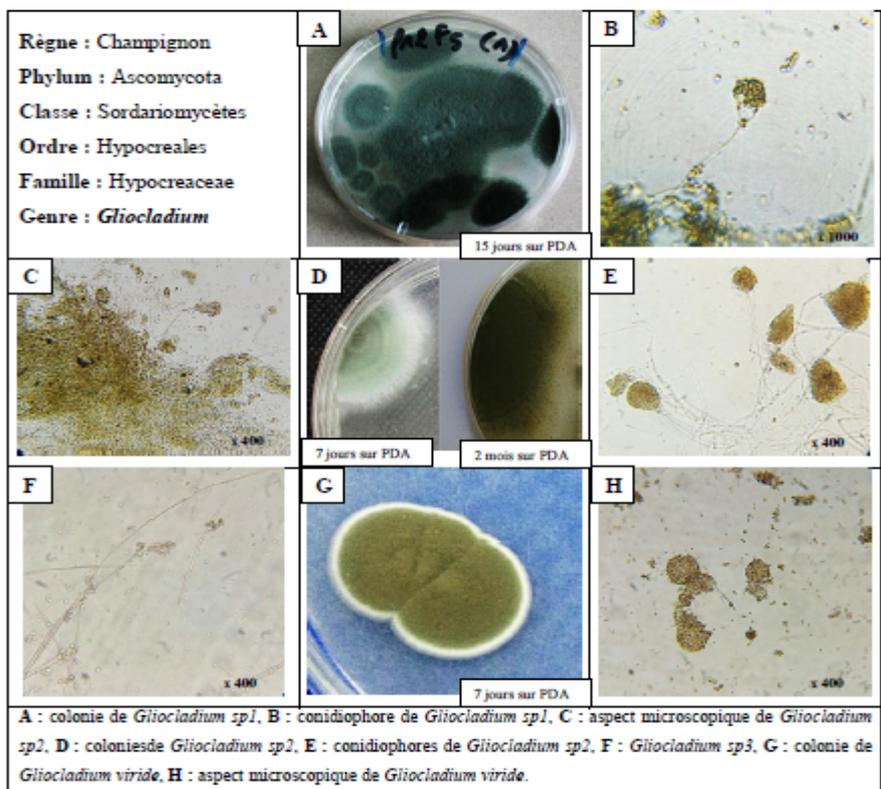


Figure 16 : aperçu sur les espèces de *Gliocladium* (Medjeber, 2019).

- Le genre *Alternaria* est connu comme champignon du phylloplan, mais il est capable de pénétrer les couches superficielles de la feuille pour devenir endophyte (Cabral et al., 1993). Ce genre a fait preuve d'une bonne adaptation pour le mode endophyte dans de grandes variétés de plantes (Bills, 1996) (Figure 17).

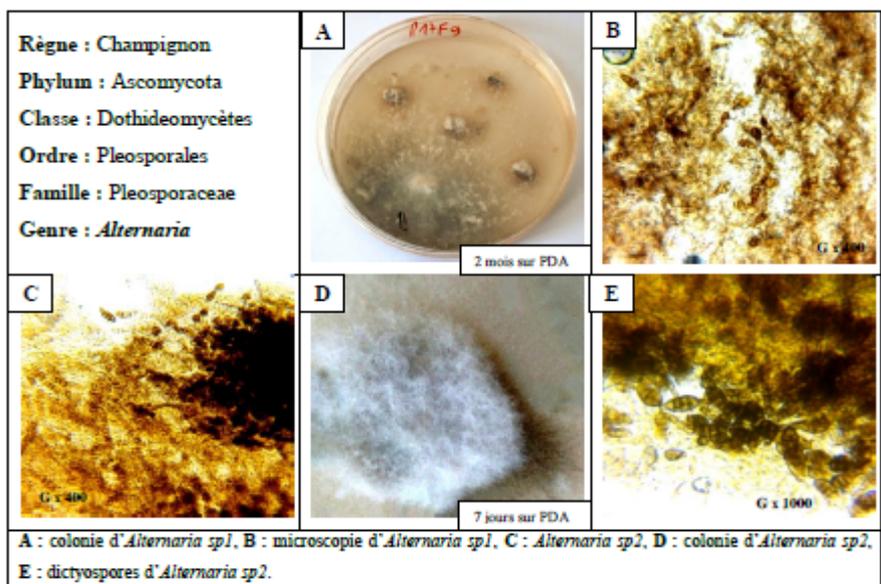
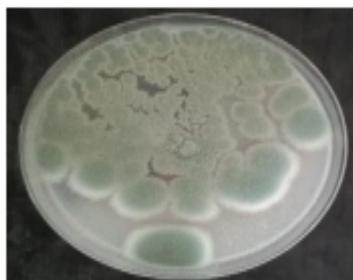


Figure 17 : aperçu sur les espèces d'*Alternaria* (Medjeber, 2019).

• *Penicillium* est un genre cosmopolite bien connu des moisissures. Plus de 225 espèces de *Penicillium* jouent divers rôles dans les écosystèmes naturels, l'agriculture et la biotechnologie. Ils fonctionnent comme des décomposeurs de matières mortes et sont particulièrement importants en tant qu'organismes post-récolte, où ils gâtent les denrées alimentaires (Janisiewicz, 1987 ; Pitt et Hocking, 1997 ; Holmes et Eckert, 1999 ; Morales et al., 2007). Les espèces de *Penicillium* sont exploitées pour une large gamme d'applications industrielles, comme dans l'industrie fromagère (Nelson, 1970 ; Karahadian et al., 1985), la production d'antibiotiques (Thom, 1945 ; Raper et Thom, 1949; Raper, 1957 ; Okada et al., 1998, Rømer- Rassing et Gu" rtler, 2000) et sont devenus d'importants producteurs d'enzymes nouvelles (Raper et Thom, 1949 ; Law, 2002 ; Adsul et al., 2007 ; Li et al., 2007) (**Figure 18**).



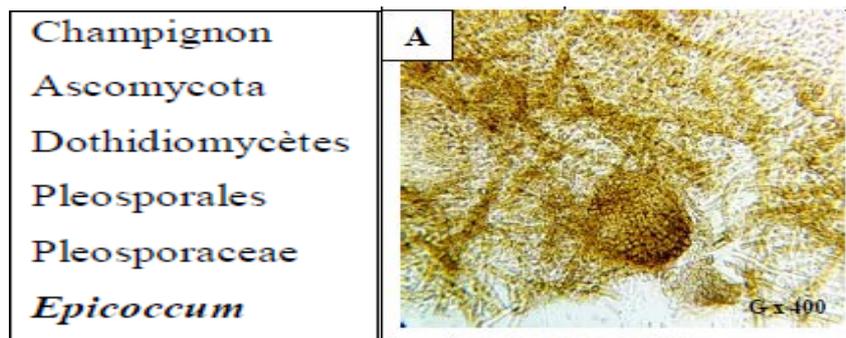
Règne: Champignons  
 Division: Deuteromycotina  
 Classe: Hyphomycètes  
 Famille: Moniliaceae  
 Ordre: Moniliales  
 Genre: *Penicillium*  
 Espèce: *Penicillium sp1*.



Règne: Champignons  
 Division: Deuteromycotina  
 Classe: Hyphomycètes  
 Famille: Moniliaceae  
 Ordre: Moniliales  
 Genre: *Penicillium*  
 Espèce: *Penicillium sp2*.

**Figure 18** : Aperçu sur les espèces *Penicillium sp1* et *Penicillium sp2* (Merzoud et Chirane, 2019).

• Le genre *Epicoccum* est un agent potentiel de lutte biologique contre les maladies des plantes telles que la moisissure blanche de la fève. Il est actuellement en cours de développement dans le commerce, en raison de sa capacité à produire des métabolismes secondaires avec une activité antibiotique (Gonzalez et Tallo, 2011) (**Figure 19**).



**Figure 19** : Aperçu sur les genres *Epicoccum* (Medjeber, 2019).

Nous avons noté que certains isolats fongiques sont présents dans les racines, les feuilles et les fruits du pistachier de l'Atlas et c'est le cas uniquement du genre *Aspergillus*. En contrepartie il y'a des genres endophytes qui sont présents dans les racines et les feuilles et qui sont carrément absents dans les fruits, comme : *Alternaria*, *Epicoccum* et *Penicillium*. Par contre il y'a des genres qui ont été trouvés dans les feuilles et les fruits et absentes dans les racines, tel que *Absidia* et *Phoma*.

Les feuilles sont spécialement riches en mycoendophytes (Arnold et al., 2000). Bernardi-Wenzel et son équipe (2010), en utilisant la microscopie optique et le microscope électronique à balayage (MEB), ont visualisé des champignons endophytes qui peuplent les espaces inter et intracellulaires des feuilles. Il a été possible d'observer les mycoendophytes et la diffusion de leur colonisation le long de toutes les parties de feuilles, dans les parenchymes, le sclérenchyme, l'épiderme et les vaisseaux conducteurs adaxiaux, indiquant une interaction étroite entre les endophytes présents dans de multiples sous-niches structurelles et trophiques dans l'hôte.

La microflore atmosphérique peut varier dans la composition et la concentration journalière et même saisonnière, ainsi qu'en réponse à des événements environnementaux tels : les précipitations et les vents forts (Kim et Mahlberg, 1997 ; Zak, 2002). Cela influe directement sur le passage des microorganismes vers la phyllosphère (Whipps et al., 2008).

Concernant les différentes diversité des mycoendophytes dans la plante hôte, elles varient selon les organes colonisés (Thalavaipandian et al., 2011 ; Lakshman et Kurandawad, 2013) et les différences de structure et de composition nutritionnelle des tissus de la plante hôte (Rodriguez et al., 2009 ; Baral et al., 2011 ; Sun et al., 2011 ; Lakshman et Kurandawad, 2013 ; El-Nagerabi et al., 2013). Ceci pourrait expliquer la diversité des mycoendophytes dans les racines, les feuilles et les fruits du pistachier de l'Atlas.

# **Conclusion**

Dans ce travail, nous avons essayé de faire une synthèse bibliographique des travaux t (Zareb, 2014 ; Mechiah, 2015 ; Benfoddil, 2015 et Brahimi-Saidani, 2016) portant sur la mise en évidence des mycoendophytes dans les racines, les feuilles et les fruits de *Pistacia atlantica* Desf. en Algérie.

Dans le cadre de cette synthèse bibliographique, nous pouvons confirmer la présence des mycoendophytes en utilisant la méthode de coloration des racines et des feuilles du pistachier de l'Atlas selon le protocole de coloration de Phillips et Hayman (1970).

La deuxième étape de cette étude a consisté en une synthèse des travaux sur la mise en évidence des mycoendophytes par la mise en culture des racines, feuilles et fruits du pistachier de l'Atlas sur un milieu de culture PDA, puis une isolation et une identification morphologique (macroscopique et microscopique).

Dans les résultats de la coloration, les auteurs ont confirmés la présence des mycoendophytes dans les racines et les feuilles du pistachier de l'Atlas

Dans les résultats de l'identification, les auteurs ont identifié au niveau des racines les genres *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium* et *Epicoccum*. Au niveau des feuilles, ils ont identifié le genre *Aspergillus* avec 27.25%, le genre *Epicoccum* avec 25.6% et des isolats non identifié avec 1.25%. Au niveau des fruits, le genre *Aspergillus* est le plus dominant avec 52.47% et le genre *Gliocladium* avec 4.16%, par contre 27.39% sont des isolats non déterminés (SNI).

Nous avons remarqué que le genre *Aspergillus* est présent dans les trois organes du pistachier de l'Atlas. Ce genre de champignon est cosmopolite et il est ubiquiste. Il peut se développer à des températures élevées et dans tous les écosystèmes, y compris dans les zones arides.

La relation entre les mycoedophytes et les plantes est très importante, selon les interactions existantes et les avantages entre les champignons endophytes et leurs hôtes, comme la protection contre les pathogènes, les herbivores et les résistances aux variations climatiques.

En perspectives, ce travail peut être poursuivi par :

- une extraction des métabolites secondaires de ces mycoendophytes ;
- étendre cette étude à différentes populations de pistachier de l'Atlas présentes en Algérie et même en Afrique du Nord ;
- étudier l'interaction existant entre la plante et ces champignons et les avantages que peuvent offrir ces derniers à leurs hôtes ;
- une étude plus poussée pour identifier les mycoendophytes.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

1. **Abdullah S.K., Al-Khesraji T.O., et Al-Edany T.Y (1986).** Soil mycoflora of the Southern desert of Iraq. *Sydowia*. Vol (39) :8-1.
2. **Abousalim A et Khalli E.M. (1992).** Délimitation des zones à vocation pistachier au Maroc. *Rev. Res. Amélior. Piod. Agr. Milieu aride*, 4 :33-39.
3. **Adsul, MG, Bastawde, KB, Varma, AJ et Gokhale, DV (2007).** Amélioration de la souche de *Penicillium janthinellum* NCIM 1171 pour une production accrue de cellulase. *Bioresource Technology*, 98 (7), 1467–1473.
4. **Ainsworth GC, Hawksworth DL et Bisby GR (2008).** Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi. (10ème édition), CAB International, 771 p.
5. **Ait radi A., 1997-** multiplication par voie végétative et par semis de *pistacia atlantica* et de l'*ailantus altissima*. Th. Ing. Ina. El harrach. 40p.
6. **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.
7. **Arnold A. E. et Lutzoni. F. (2007).** Diversity and host range of foliar fungal endophytes: Are tropical leaves biodiversity hotspots? *The Ecological Society of America. Ecology*, **88(3)**, 541-549.
8. **Arnold A.E., Maynard Z., Gilbert G.S., Coley P.D. et Kursar T.A.. (2000).** Are tropical fungal endophytes hyperdiverse? *Ecol. Lett.*, **3**, 267-274.
9. **Arnold AE (2007).** Understanding the diversity of foliar endophytic fungi: progress, challenges, and frontiers. *Fungal Biology Reviews* 21, 51–66. *Aspergillus candidus*. *Journal of Infection* 51 : e195–e197.
10. **Bacon C. W., Porter J. K., Robbins J. D. et Luttrell E. S (1977).** *Epichloe typhina* from toxic tall fescue grasses. *Applied and Environmental Microbiology*; 34: 576-581.
11. **Baral B., Rana P et Maharjan B.L (2011).** Antimicrobial potentials of endophytic fungi inhabiting *Rhododendron anthopogon* d. don. *ECOPRINT*. Vol (18) : 39-44.
12. **Barrow J.R (2003).** Atypical morphology of dark septate fungal root endophytes of *Bouteloua* in arid southwestern USA rangelands *Mycorrhiza*, 13: 239-247.
13. **Barry, G. T. et Goebel, W. F. (1957),** Colominic acid, a substance of bacterial origin related to sialic acid, *Nature*, 179, 206.
14. **Baruch S., Suha J.H., Stephen N. et Gerda D., (1996).** *Rhizoctonia* species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control. Springer-Science+Business Media. B.V. 481 : 4597-3.

## Références bibliographiques

15. **Belhadj, S., 1999.** Les pistacheraies Algériennes : État actuel et dégradation *Cahiers options méditerranéennes. XIème Colloque du Grempa sur le pistachier et l'amandier*, 1-4 september 1999. (C.I.H.E.A.M.). Zaragoza, 56: 107-109.
16. **Bellabas S., 2018.** Mise en évidence des mycoendophytes foliaires du pistachier de l'Atlas de Dayate Saadi (Hassi Delaa, Laghuate). Mémoire de Master en Science Biologique, Spécialité : Diversité et Adaptation de la Flore Méditerranéenne. UMMTO. 33-39.
17. **Benabdallah F.Z., 2012.** Etude morphologique des feuilles et des fruits du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) et valorisation des huiles essentielles des feuilles et de l'oléorésine. Mémoire de magistère en Biologie, option Biotechnologie. Université Mohamed KHEIDER Biskra. 60p.
18. **Benfoddil O. 2015.** Inventaire des champignons endophytes des feuilles de *Pistacia atlantica* Desf. de dayate El Gouffa (Laghouat, Algérie). Mémoire de Magister. Spécialité : Sciences Biologiques. Option : Ecologie végétale appliquée et gestion de l'environnement. UMMTO. 173p.
19. **Benhassaini H., 2004.** Contribution à l'étude de l'autoécologie de *Pistacia atlantica* Desf sp. et valorisation. Thèse Doctora d'Etat. 77-82 p.
20. **Benmazari N., 2010.** Recherche des conditions adéquates pour la micro-propagation du cyprès de tassili *Cupressus dupreziana* A. Camus et étude préliminaire des mycorhizes : interaction plante-environnement. Mémoire de Magister : Biologie et Ecologie des populations et des communautés : Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.5-46.
21. **Benyahia Y., 2017.** Etude de germination des graines du *pistacia atlantica* Desf. mémoire de master en Science Agronomique. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.4-25.
22. **Bernardi-Wenzel J., García A., Filho C.J.R., Prioli A.J., et Pamphile J.A. (2010).** Evaluation of foliar fungal endophyte diversity and colonization of medicinal plant *Luehea divaricata* (Martius et Zuccarini). *Biol Res.* Vol (43) : 375-384.
23. **Bhattacharya K, Raha S (2002).** Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. *Mycopathologia* 155: 135–141.
24. **Bignell E., 2010.** *Aspergillus : molecular biology and genomics*. Caister Academic Press.
25. **Bills G.F. (1996).** Isolation and analysis of endophytic fungal communities from woody plants. *Endophytic fungi in grasses and woody plants*. (ed : S.C. Erdlin, L.M. Carris). APS Press, USA. p : 31-65.

26. **Botton B., Breton A., Févre M., Gauthier S., Guy P., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y. et Veau P. (1990).** Moisissures utiles et nuisibles, Importance industrielle. Ed. Masson, Paris.
27. **Boubrima A., 2014.** Type d'éracinement du pistachier de l'Atlas en relation avec les propriétés physico-chimiques du sol sous-jacent : cas de dayete Saadi (Hassi Delâa) et de dayete Aiat (Timzerth) de la wilaya de Laghouat. Magistère Ecologie végétale, université Amar Telidji, Laghouat. 5-45.
28. **Boudy P., 1952.** Guide du forestier en Afrique du nord. Vol 1, Edit. La Maison rustique, Paris, 505-509p.
29. **Bouzenoune A., 1984.** Etude phytogéographique et phytosociologique des groupements végétaux du Sud Oranais, wilaya de Saida. Thèse de Doctorat 3<sup>ème</sup> Cycle en écologie végétale, USTHB, 225p.
30. **Brahimi-Saidani R., 2016.** Contribution à l'étude de la diversité en mycoendophytes des fruits de *Pistacia atlantica* Desf. : cas de la région de Metlili (Ghardaïa). Mémoire de master en science biologique. Université de Mouloud Maamri, 6-56 p.
31. **Breen, J.P., 1994.** Acremonium endophyte interactions with enhanced plant resistance to insects. *Annual Review of Entomology* 39, 401–423.
32. **Brichet M., 1931-** Le pistachier fruitier. *Informatore agricola* n°53. Pp.1416-1420.
33. **Cabral D., Stone J.K. et Carroll G.C. (1993).** The internal mycoflora of *Juncus* ssp. : microscopic and cultural observations of infection patterns. *Mycological Research*. 97 : 367-376.
34. **Cao R., Liu X., Gao K., Mendgen K., Kang Z., Gao J., Dai Y. and Wang X.** Mycoparasitism of endophytic fungi isolated from reed on soilborne phytopathogenic fungi and production of cell wall-degrading enzymes in vitro. *Current Microbiology* 2009; 59: 584-592.
35. **Carroll G. (1988).** Fungal Endophytes in Stems and Leaves: From Latent Pathogen to Mutualistic Symbiont. *Ecology*, 69(1), 2–9.
36. **Chabasse D., Bouchara J.P., DE Gentile L., Brun S., Cimon B., Penn P. (2002).** Les moisissures d'intérêt médical. Cahier de formation n°25, Bioforma. 59p.
37. **Chew-Madinaveitia Yasmín, Samaniego-Gaxiola et José Alfredo (2007).** Diversité des genres de champignons du sol dans trois champs avec des conditions agricoles différentes à La Laguna, au Mexique. *Rev. Mex. Biodiv.* [en ligne]. 2007, vol.78, n.2, pp.383-390. ISSN 8706.

## Références bibliographiques

38. Clay K. (1990). Fungal endophytes of grasses. *Annual Review of Ecol. and System.*, **21**, 275-297.
39. Clay K. et Schardl C (2002). Evolutionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. *American Naturalist*; 160 Suppl 4: S99-S127.
40. Clement S. L., Wilson A. D., Lester D. G. et Davitt C. M., 1997. Fungal endophytes of wild barley and their effects on *Diuraphis noxia* population development. *Entomologia Experimentalis & Applicata*, 82: 275-281.
41. Coleman N; Schuster E. ; J. C. Frisvad J. C. et Dijck P. W. M.. (2002). Sur la sécurité d'*Aspergillus niger* - un examen. *Microbiologie appliquée et biotechnologie*, 59 (4-5), 426–435. doi: 10.1007 / s00253-002-1032-6.
42. Cotty P. J. (1989). Virulence and cultural characteristics of two *Aspergillus flavus* strains pathogenic on cotton. *Phytopathology*. **79**, 808–814.
43. Dahou F. 2014. Etude des sols alluvionnaires d'Oued Metlili. Mémoire d'Ingénieure. Spécialité : Agronomie Saharienne. Option : Mise en valeur des sols Sahariens. Université Kasdi-Merbah. Ouargla. 81p.
44. De Bary A., 1866. Morphologie und Physiologie der Pilze Flechten und Myxoceten, Verlag von Engelmann, Leipzig.
45. Dingle, J., McGee, P.A., 2003. Some endophytic fungi reduce the density of pustules of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* in wheat. *Mycological Research* 107, 310–316. DOI: 10.1080/00275514.1975.12019866.
46. Dirihan S. (2016). Grass-endophyte coevolution and ploidy levels in fescues, *Painosalama Oy - Turku, Finland*, 29(6), 1-42.7
47. El-Nagerabi S.A.F., Elshafie A.E., Suleiman S., Alkhanjari S.S. 2013. Endophytic fungi associated with *Ziziphus* species and new records from mountainous area of Oman. *BIODIVERSITAS*. Vol (14) n°1 : 10-16.
48. Ferhani O., 2015. Contribution à l'étude des symbioses racinaire du Pistachier de l'Atlas : cas de la daya de Timzerth (wilaya de Laghouat). Mémoire d'ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques, spécialité : Science du sol, UMMTO.1-15.
49. Frohlich J., Hyde K. D. et Petrini O. 2000. Endophytic fungi associated with palms. *Mycological Research*. 104 : 1202-1212.
50. Gamboa M.A. et Bayman P., 2001. Communities of endophytic fungi in leaf of tropical timber (*Guarea guidonia*) *Meliaceae*. *Biotropica* ; 33 ; 352-360.

51. Geiser, D. M., Dorner, J. W., Horn, B. W., et Taylor, J. W. 2001. The phylogenetics of mycotoxin and sclerotium production in *Aspergillus flavus* and *Aspergillus oryzae*. *Fungal Genetics and Biology.*, in press.
52. Ghalem B.R et Benali M., 2009. Essential oil gum of *Pistacia atlantica* Desf. : Screening of antimicrobial activity. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* Vol. 3(3) .pp. 087-091, March , 2009.
53. Goldman GH., Osmani SA., 2008. The aspergilli. CRC Press. 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.
54. Guo B, Wang Y, Sun X, et Tang K (2008). Bioactive natural products from endophytes: a review. *Applied Biochemistry and Microbiology*, vol. 44, no. 2, pp. 136–142.
55. Halary S, Malik SB, Lildhar L, Slamovits CH, Hijri M, Corradi N (2011). Conserved meiotic machinery in *Glomus spp.*, a putatively ancient asexual fungal lineage. *Genome Biol Evol.* ; 3(0): 950–8 14.
56. Hallmann J., Quadt-Hallmann A., Mahaffee W. F. et Kloepper. J. W., 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Canadian Journal of Microbiology*, 43: 895-914.
57. Hawksworth DL, 2004. Fungal diversity and its implications for genetic resource collections. *Studies in Mycology* 50 : 9–18.
58. Helander M.L., Sieber T.N., Petrini O. et Neuvonen S. (1994). Endophytic fungi in Scot's pine needles: spatial variation and consequences of simulated acid rain. *Can J of Bot.* 72 : 1108-1113.
59. Helgason T, Daniell TJ, Husband R, Fitter AH, Young JP (1998). Ploughing up the wood-wide web *Nature*. 394(6692): 431 16.
60. Herre E.A., Mejia L C., Kylo D.A., Rojas E., Maynard Z., Butler A. et Van Bael S.A. (2007). Ecological implications of anti-pathogen effects of tropical fungal endophytes and mycorrhizae ! *the Ecol. Society of America Ecol.* 88 (3), 550–558.
61. Hibbett DS, 2007. A phylogenetic overview of the Agaricomycotina. *Mycologia* 98 : 917–925.
62. Hocking AD (2003). Microbiological facts and fictions in grain storage. In : grain storage. In : *Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference*. Wright EJ, Webb MC, Highley E, eds. Canberra : CSIRO : 55–58.

## Références bibliographiques

63. **Holmes GJ, Eckert JW. 1999.** Sensitivity of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* to postharvest citrus fungicides in California. *Phytopathology* 89:717–721.
64. **Hyde K.D. et Soyton K. (2008).** The endophytic fungi dilemma. *Fungal diversity*. 33 : 163-173.
65. **Inacio M. L., Silva G. H., Teles H. L., Trevisan H. C., Cavaleiro A. J., Bolzani V. S., Young M. C. M., Pfenning L. H. and Araujo A. R (2006).** Antifungal metabolites from *Colletotrichum gloeosporioides*, an endophytic fungus in *Cryptocarya mandiocana* Nees (Lauraceae). *Biochemical Systematics and Ecology*; 34: 822-824.
66. **Ismail MA, Taligoola HK, Chebon SK (2004).** Mycobiota associated with rice grains marketed in Uganda. *Journal of Biological Sciences* 4: 271–278.
67. **James TY, Letcher PM, Longcore JE, Mozley-Standridge SE, Porter D, Powell MJ, et al. A (2006).** Molecular phylogeny of the flagellated fungi (Chytridiomycota) and description of a new phylum (Blastocladiomycota). *Mycologia*. 98(6) : 860–71 13.
68. **Janisiewicz WJ. 1987.** Postharvest biological control of blue mold on apples. *Phytopathology* 77:481–485.
69. **Jumpponen A., 2001.** Dark septate endophytes - are they mycorrhizal? *Mycorrhiza*, 11: 207- 211.
70. **Kaddour-Hocine, A. (2008).** Contribution à l'étude du comportement morphophysologique et biochimique de *Pistacia atlantica* Desf.ssp *atlantica* stressée à la salinité.Thèse de magister : Physiologie végétale. Oran(Algerie) : Université'OranEssenia, 94p.
71. **Karahadian C, Josephon DB, Lindsay RC. 1985.** Volatile compounds from *Penicillium* sp. contributing musty/earthy notes to Brie and Camembert cheese flavor. *J Agric Food Chem* 33:339–343.
72. **Kim E.S., Mahlberg P.G. 1997.** Immunochemical localization of tetrahydrocannabinol (Thc) in cryofixed glandular trichomes of *Cannabis* (Cannabaceae). *American Journal of Botany*. Vol (84) n° 3 : 336-342.
73. **Kim H. Y., Choi G. J., Lee H. B., Lee S. W., Kim H. K., Jang K. S., Son S. W., Lee S. O., Cho K. Y., Sung N. D. et Kim J. C (2007).** Some fungal endophytes from vegetable crops and their anti-oomycete activities against tomato late blight. *Letters in Applied Microbiology*; 44: 337.

74. **Kusari S. et Spiteller M., 2012.** Metabolomics of endophytic fungi producing associated plant secondary metabolites: progress, challenges and opportunities. In *Metabolomics*, U. Roessner, ed. (Rijeka, Croatia: InTech), 241-266.
75. **Lacey J., Magan N., 1991.** Fungi in cereal grains: their occurrence and water and temperature relationships. In: *Cereal Grain Mycotoxins, Fungi and Quality in Drying and Storage*. (Chelkowski J, ed .) Amsterdam: Elsevier: 77–118.
76. **Lakshman H.C., Kurandawad J.M. 2013.** Diversity of the endophytic fungi isolated from *Spilanthes acmellalinn.* - a promising medicinal plant. *Int J Pharm Bio Sci.* Vol (4) n°2 : 1259- 1266.
77. **Law BA. 2002.** The nature of enzymes and their actions in foods. In: Whitehurst RJ, Law BA, eds. *Enzymes in food technology*. Sheffield, UK : Sheffield Academic Press. p 1–18.
78. **Lewis G. C (2004).** Effect of biotic and abiotic stress on the growth of three genotypes of *Lolium perenne* with and without infection by the fungal endophyte *Neotyphodium lolii*. *Annals of Applied Biology*; 144: 53-63.
79. **Li HY., Shen M., Zhou ZP., Li T., Wei YL., Lin LB ., 2012.** Diversity and cold adaptation of endophytic fungi from five dominant plant species collected from the Baima Snow Mountain, Southwest China. *Fungal Divers.* 54 : 79–86.
80. **Li W.C., Zhou J., Guo S.Y. and Guo L.D. 2007.** Endophytic fungi associated with lichens in Baihua mountain of Beijing, China. *Fungal Diversity* **25**: 69-80.
81. **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), Mémoire de Magister en Biologie, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.149 p.
82. **Liu C. H., Zou W. X., Lu H. and Tan R. X (2001).** Antifungal activity of *Artemisia annua* endophyte cultures against phytopathogenic fungi. *Journal of Biotechnology*; 88: 277-282.
83. **Liu J., Wang L., Qiu J., Jiang L., Yan J., Liu T., Duan Y. 2011.** Nematicidal activity of *Gymnoascus reesii* against *Meloidogyne incognita*. *African Journal of Microbiology Research.* Vol (5) n°18 : 2715-2719.
84. **Lugauskas A, Raila A, Railiene M, Raudoniene V (2006).** Toxic micromycetes in grain raw material during its processing. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 13: 147–161.

- 85. Lutzoni F., Khaff F., Cox, C.J., Mclaughlin D., Celio G., Bryn Dentinger Mahajabeen Padamsee H.D., James T.Y., Baloch E., Grube M., Reeb V., Hofstetter V., Schoch C., Arnold A.E., Miadlikowska J., Spatafora J., Johnson D., Hambleton S., Crockett M., Shoemaker R., Sung G.H., Lucking R., Lumbsch T., O' Donnell K., Binder M., Diederich P., Ertz D., Gueidan C., Hansen K., Harris R.C., Hoska K., Lim Y.W., Matheny B., Nishida H., Pfister D., Rogers J., Rossman A., Schmitth I., Sipman H., Stone J., Sugiyama J., Yahr R., and Vilgalys R., 2004.** Assembling the fungal tree of life: progress, classification, and evolution of subcellular traits American Journal of botany. 91(10) :1446-1480.
- 86. Mechia F., 2015.** Approche des symbioses racinaires de *Pistacia atlantica* Desf. de dayate El Gouffa (Laghouate, Algérie). Université de Mouloud Maamri, 34-74 p.
- 87. Medjeber M, Smail-Saadoun N et Saidi F (2018).**Activité antimitotique de deux espèces d'*Aspergillus* : mycoendophytes foliaires de *limoniastrum feei* (girard) batt. D'oued aghlal (bechar, algérie).
- 88. Mehrnejad M.R., 2003.** Three Pistachio specie evaluated for resistance to the common Pistachio Psylla, *Agonoscena Pistaciae*. Proceedings: IUFO Kanazawa," Forest Insect Population Dynamics and Host Influences" pp.58-62.
- 89. Merzoud Y., et Chinane A 2019.** Evaluation de l'activité antibactérienne des champignons endophytes isolés d'*Artemisia herba alba*. Mémoire de Master en science biologique. Option : Microbiologie Appliquée. Faculté des sciences. Département de microbiologie et biochimie. UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA.
- 90. Monjauze A., 1980.** Connaissance du Bétoum (*Pistacia atlantica* Desf.). Biologie et forêt, XXXII- 4 : 357-383.
- 91. Morales H, Mari'n S, Rovira A, Ramos AJ, Sanchis V. 2007.** Patulin accumulation in apples by *Penicillium expansum* during postharvest stages. Lett Appl Microbiol 44: 30–35.
- 92. Nafees B (2009).** Caractérisation des polycétones synthèses intervenant dans la biosynthèse d'ochratoxine a, d'acide penicillique, d'asperlactone et d'isoasperlactone chez *Aspergillus westerdijkae*. Thèse de doctorat d'université : Microbiologie et Biocatalyse Industrielles. Toulouse : Institut National Polytechnique. France.255p.
- 93. Narasimhan B et Pushkar ., 2015.** rapid identification of genetic variation of *aspergillus flavus* isolated from different water sources by random polymorphic dna assay. Associate Professor, Department of Biotechnology, Vels Institute of Science, Technology and Advanced Studies (VISTAS), Vels University, Pallavaram, Chennai 600 117, T.N., India.

## Références bibliographiques

94. Nelson JH. 1970. Production of blue cheese flavor via submerged fermentation by *Penicillium roqueforti*. *J Agric Food Chem* 18:567.
95. Nigon F., Lacrosniere CS., Chauvois D., Neveu C., Chapman J et Bruckert E., 2000-Les phytostérols : une nouvelle approche diététique de l'hypercholestérolémie. Sang, Thrombose, vaisseaux. Edition JL Euro. Vol. 12. N8.483-90.
96. Okada H, Kamiya S, Shiina Y, Suwa H, Nagashima M, Nakajima S, Shimokawa H, Sugiyama E, Kondo H, Kojiri K, Suda H. 1998. BE-31405, a new antifungal antibiotic produced by *Penicillium minioluteum* I. Description of producing organism, fermentation, isolation, physio-chemical and biological properties. *J Antibiot* 51:1081–1086.
97. Oses R., Valenzuela S., Freer J., Sanfuentes E. et Rodriguez J. 2008. Fungal endophytes in xylem of healthy Chilean trees and their possible role in early wood decay. *Fungal Diversity* 33: 77-86.
98. Papavizas G.C. (1985). *Trichoderma* and *Gliocladium* : Biology, ecology and potential for biocontrol. *Ann Rev Phytopathol.* 23 : 23-54.
99. Papavizas GC, Christensen CM (1960). Grain storage studies. XXIX. Effect of invasion by individual species and mixtures of species of *Aspergillus* upon germination and development of discoloured germs in wheat. *Cereal Chemistry* 37: 197–203.
100. Park JH, Choi GJ, Lee HB, Kim KM, Jung HS, Lee SW, Jang KS, Cho KY, Kim JC. 2005. Griseofulvin from *Xylaria* sp. strain F0010, an endophytic fungus of *Abies holophylla* and its antifungal activity against plant pathogenic fungi. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 15, 112–117.
101. Peterson R.L., Massicotte H.B., Hugues B., Melville, Lewis H., 2004. Mycorrhizas: Anatomy and cell Biology. NRC Reasech Press. Ottawa. 1-3: 147-153.
102. Phillips J.M. and Hayman D.S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society.* 55: 158-161.
103. Pitt J.I., Hocking, A.D. (1997). *Fungi and Food Spoilage*. Blackie Academic and Professionnal, London.
104. Pratheeba M., Umaa Rani K., Ramesh B., 2014. Studies on antimicrobial and anticancer activity of *solanum trilobatum*. *Asian J Pharm Clin Res*, Vol 7, Suppl 1, 2014, 213-219.
105. Purahong W., et Hyde K.D., 2011. Effects of fungal endophytes on grass and nongrass litter decomposition rates. *Fungal Diversity* 47 : 1–7.

106. **Quezel P., et Santa S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. Ed. Centre national de la recherche scientifique, Paris, France.
107. **Quezel P., Medail F., Losiel R., Barbero M. 1999.** Biodiversité et conservation des essences forestières du bassin méditerranéen. *Unasylva*, Vol 50 : 21-28.
108. **Raab G., 2010.** Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes du pistachier de l'Atlas : cas de la population de la daya de Timzerth (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques, spécialité : Science du sol, UMMTO.
109. **Rabie CJ, Lübben A, Marais GJ, Vuuren HJ (1997).** Enumeration of fungi in barley. *International Journal of Food Microbiology* 35: 117–127.
110. **Rai, M., Gade, A., Rathod, D., Ar Dar, M., et Varma, A., 2012.** Mycoendophytes in medicinal plants : Diversity and bioactivities. *Biosciences* Vol. 4, No. 2. 86-96.
111. **Raper KB. 1957.** Microbes—man's mighty midgets. *Am J Bot* 44:56–65.
112. **Raper, K. B., and Thom, C. 1949.** A manual of the Penicillia. Williams and Wilkins, Baltimore.
113. **Reboux G., Bellanger A.-P., Roussel S., Grenouillet F., Millon L. (2010).** Moisissures et habitat : risques pour la santé et espèces impliquées. *Revue des Maladies Respiratoires*. 27:169—179.
114. **Redecker Dirk et Raab Philipp (2006).** Phylogeny of the Glomeromycota (arbuscular mycorrhizal fungi) : recent developments and new gene markers, *Mycologia*, 98:6, 885-895, DOI: 10.1080/15572536.2006.11832618
115. **Redjdal L., 2010.** Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes du pistachier de l'Atlas : cas de la population du centre de la daya de Tilrhemt (wilaya de Laghouat). Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques, spécialité : Science du sol, UMMTO.
116. **Redman R. S., Sheehan K. B., Stout R. G., Rodriguez R. J. and Henson J. M. (2002).** Thermotolerance generated by plant/fungal symbiosis. *Science*; doi: 10.1126/science.1078055.
117. **Repussard C., Zbib N., Tardieu D. and Guerre P. (2013).** Les champignons endophytes du genre *Neotyphodium* et leurs toxines : généralités et problématique française. *Revue Méd. Vét.*, 164(12), 583-606.
118. **Ribeiro SCC, Santana ANC, Arriagada GH, Martins JEC, Takagaki TY (2005).** Zygomycetes in human disease. *Clinical Microbiology Reviews* 13: 236–301.
119. **Riedacker A., Dreyer E., Pafadnom C., Joly H. et Bory G.; 1993.** Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi arides. Groupe d'études de l'arbre. Observatoire du Sahara et du Sahel. Edit. John Libbey, Eurotex, Paris. P 466.

- 120. Riedell W. E., Kijieckhefer R. W., Haley S. D., Langham M. A. C. et Evenson P. D. (1999).** Winter wheat responses to bird cherryoat aphids and barley yellow dwarf virus infection. *Crop Science*; 39: 158-163.
- 121. Rippon, JW (1988).** The Pathogenic Fungi and Patho-genic Actionmycetes, 3e édition. WB Saunders, Phila-delphia, 1988.
- 122. Rodriguez R.J., White Jr J.F., Arnold A.E., Redman R.S. 2009.** Fungal endophytes : diversity and Functional roles. *New phytologist*. Vol (182) : 314-330.
- 123. Rodriguez R.J., White Jr J.F., Arnold A.E., Redman R.S. 2009.** Fungal endophytes : diversity and Functional roles. *New phytologist*. Vol (182) : 314-330.
- 124. Rømer-Rassing B, Gu` rtler H. 2000.** The potential of Penicillium and Aspergillus in drug lead discovery. In : Samson RA, Pitt JI, eds. Integration of modern taxonomic for Penicillium and Aspergillus classification. Amsterdam : Harwood Academic Publishers. p 495–499.
- 125. Roquebert M.F. (1997).** Les moisissures : nature, biologie et contamination. [En ligne] [www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/cours/roqueber.htm](http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/cours/roqueber.htm).
- 126. Saikkonen K, Faeth SH, Helander M, Sullivan TJ (1998).** Fungal endophytes : a continuum of Interactions with Host Plants. *Annu Rev Ecol Syst*. 29(1) : 319–43
- 127. Saikkonen K., Helander M. and Faeth S. H (2004 a).** Fungal endophytes: hich-hikers of the green world. In: Gillings M. and Holmes A. J.(eds). *Plant microbiology*. Garland Science pp. 81-101.
- 128. Samson RA and Varga J., 2009.** What is a species in *Aspergillus* ? *J. Med. & Vet. Mycol*. 47: 13-20.
- 129. Samson RA, Hing SB, and Frisvad JC, 2006.** Old and new concepts of species differentiation in *Aspergillus*, *J. Med. & Vet. Mycol*. 44(1) : 133-148.
- 130. Sanjana K., Suruchi G., Maroof A. et Manoj k.D. (2012).** Endophytic fungi from medicinal plants: a treasure hunt for bioactive metabolites. *Phytochem Rev.*, **11(4)**, 1-19.
- 131. Sargeant K., Sheridan A., O’Kelly J. et Carnaghan R.B.A. (1961).**- Toxicity associated with certain samples of groundnuts. *Nature*, **192**,1096–1097.
- 132. Schulz B. and Boyle C (2005).** The endophytic continuum. *Mycological Research* ;109: 661-686.
- 133. Schulz, B., Boyle, C., Draeger, S., Römmert, A.K., et Krohn, K., 2002.** Endophytic fungi: a source of novel biologically active secondary metabolites. *Mycological Research* 106 : 9996–1004.

## Références bibliographiques

134. Schüssler, A., Schwarzott, D. and Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycol Res*, 105: 1413-1421.
135. Selosse M. A. and Schardl C. L (2007). Fungal endophytes of grasses: hybrids rescued by vertical transmission? An evolutionary perspective. *New Phytologist*; 173: 452-458.
136. Sénéquier-Crozet A et Canard B (2016). Les champignons endophytes : impact sur les écosystèmes et production de molécules d'intérêt thérapeutique. Sciences pharmaceutiques. Université Grenoble Alpes.
137. Shipunov A., Newcombe G., Raghavendra A. K. H. and Anderson C. L. 2008. Hidden diversity of endophytic fungi in an invasive plant. *American Journal of Botany* 95: 1096-1108.
138. Smail-Saadoun N. 2005. Types stomatiques du genre *Pistacia* : *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* et *Pistacia lentiscus* L. *Options méditerranéennes, série A, N°63*, 369-371.
139. Smiley KL, Cadmus MC, Liepins P (1967). Biosynthesis of D-mannitol from Dglucose by *Aspergillus candidus*. *Biotechnology and bioengineering*. Vol IX, page 365-374.
140. Somon E., 1987. Arbres, arbustes et arbrisseaux en Algérie. OPU Alger. P 03.
141. Spiering M. J., Moon C. D., Wilkinson H. H. et Schardl C. L (2005). Gene clusters for insecticidal loline alkaloids in the grass-endophytic fungus *Neotyphodium uncinatum*. *Genetics*; 169: 1403-1414.
142. Stone J.K, White J.F. and Polishook J.D. 2004. Endophytic fungi. In: Mueller G, Bills G and Foster M. (eds). *Measuring and Monitoring Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods*, Elsevier Academic Press, Boston, MA: pp. 241-270.
143. Stone J.K., Bacon C.W. et White J.F. (2000). An overview of endophytic microbes: endophytism defined. *Microbial Endophytes*. 3-29.
144. Strobel G., Daisy B., Castillo U. and Harper J (2004). Natural products from endophytic microorganisms. *Journal of Natural Products*; 67: 257-268.
145. Strobel. G. et Daisy B, 2003- Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 67 : pp 491-502.
146. Sun X., Guo L.D., Hyde K.D. 2011. Community composition of endophytic fungi in *Acer truncatum* and their role in decomposition. *Fungal Diversity*. Vol (47) : 85-95.
147. Tabuc C. (2007). Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. (Doctoral dissertation). p16-24.
148. Tan R. X and Zou W. X (2001), "Endophytes: a rich source of functional metabolites," *Natural Product Reports*, vol. 18, no. 4, pp. 448–459.

149. **Thalavaipandian A., Ramesh V., Bagyalakshmi., Muthuramkumar S., Rajendran A. 2011.** Diversity of fungal endophytes in medicinal plants of Courtallam hills, Western Ghats, India. *Mycosphere*. Vol (2) n°5 : 575-582.
150. **Thom, C. (1945).** *La mycologie présente la pénicilline. Mycologia, 37 (4), 460–475.* Doi : 10.1080 / 00275514.1945.12024006.
151. **Varga J, Juhasz A, Kevei F and Kozakiewicz Z, 2004.** Molecular diversity of agriculturally important aspergillus species. *Eur. J. Plant Pathol.* 110 (5-6) : 627-640.
152. **Varga J, Kocsubé S, Tóth B, Frisvad JC, Perrone G, Susca A, Meijer M, Samson RA (2007).** *Aspergillus brasiliensis* sp. nov., a biseriata black *Aspergillus* species with world-wide distribution. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 57 : 1925–1932.
153. **Waller F., Achatz B., Baltruschat H., Fodor J., Becker K., Fischer M., Heier T., Huckelhoven R., Neumann C., von W. D., Franken P. and Kogel K. H (2005).** The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*; 102: 13386-13391.
154. **Waquas, M., Khan, A.L., Kamran, M., Hamayun, M., Kang, S.M., Kim, Y.H., et Lee, I.J., 2012.** Endophytic Fungi Produce Gibberellins and Indoleacetic Acid and Promotes Host-Plant Growth during Stress. *Molecules*, 17, 10754-10773.
155. **Webber J. (1981).** A natural control of *Dutch elm disease*. *Nature*. 292 : 449-451.
156. **Weidenbörner M, Wiczorek C, Appel S, Kunz B (2000).** Whole wheat and white wheat flour – the mycobiota and potential mycotoxins. *Food Microbiology* 17 : 103–107.
157. **White, J.F., Cole, G.T., 1986.** Endophyte-host associations in forage grasses. V. Occurrence of fungal endophytes in certain species of *Bromus* and *Poa*. *Mycologia* 78, 852–856.
158. **White, Jr., J.F., Morgan-Jones, G. et Morrow, A.C., 1993** Taxonomy, life cycle, reproduction and detection of *Acremonium* endophytes. *Agric. Ecosystems Environ.* 44:13-37.
159. **Wicklów, D.T., Roth, S., Deyrup, S.T., Gloer, J.B., 2005.** A protective endophyte of maize: *Acremonium zeae* antibiotics inhibitory to *Aspergillus flavus* and *Fusarium verticillioides*. *Mycological Research* 109, 610–618.
160. **Wilson D. (1995).** Endophytes-the evolution of the term, a clarification of its use and definition. *Oikos*. 73 : 274-276.

## Références bibliographiques

- 161. Wu L., Guo S., 2007.** Interaction between an isolate of dark-septate fungi and its host plant *Saussurea involucre*. Institute of Medicinal Plant, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College. China. 7p.
- 162. Yaaqobi A., EL Hafid L. et Haloui B. ; 2009-** Etude biologique de *Pistacia atlantica* Desf. de la région orientale du Maroc. Univ. Mohamed I, Oujda (Maroc). *Biomatec Echo*, Vol.3, No.6 .p 39 - 49.
- 163. Yazag S., 2013.** Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes chez le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*. Desf.). Cas de la population de dayate Saadi Hassi Delâa (Wilaya de Laghouat) Mémoire de Master. Département des Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 62 p.
- 164. Yu H, Zhang L, Li L et al. (2010).** Recent developments and future prospects of antimicrobial metabolites produced by endophytes. *Microbiological Research*, vol. 165, no. 6, pp. 437–449.
- 165. Zabalgogezcoa I. 2008.** Fungal endophytes and their interaction with plant pathogens. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 6: 138-146.
- 166. Zareb A., 2014.** Etude des champignons endophytes des feuilles du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) : cas de dayate Aiat, (Timzerth, wilaya de Laghouat). Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri, 6-93 p.
- 167. Zhang H. W., Song Y. C. et Tan R. X (2006).** Biology and chemistry of endophytes. *Natural Product Reports*; 23: 753-771.
- 168. Zhao J., Zhou L., Wang J., Shan T., Zhong L., Liu X., Gao X., 2010.** Endophytic fungi for producing bioactive compound originally from their host plants.
- 169. Zheng H. W., Song Y. C. and Tan R. X (2006).** Biology and chemistry of endophytes. *Natural Product Reports*; 23: 753-771.

## Résumé

Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) communément appelé El Betoum est une espèce ligneuse et spontanée endémique d'Afrique du Nord. C'est une ressource importante pour notre pays sur les plans écologiques, économiques et médicaux. Cette diversité en champignons endophytes donne un important pouvoir adaptatif à la plante. L'objectif de ce travail consiste en une synthèse bibliographique sur les champignons endophytes des racines, les feuilles et les fruits du pistachier de l'Atlas en Algérie.

Les champignons endophytes sont des microorganismes qui vivent à l'intérieur des tissus des plantes sans leur causer de dommages. Cette association a une grande importance, en permettant à la plante de se protéger contre les agents pathogènes et les herbivores.

Les résultats ont montrés que les champignons endophytes sont présents dans les racines, les feuilles et les fruits du pistachier de l'Atlas avec des fréquences de colonisation importante. Dans les racines les mycoendophytes sont présents au niveau du cortex racinaire et du cylindre central et dans les feuilles au niveau des stomates, trichomes glandulaires, trichomes tecteurs, parenchymes et vaisseaux conducteurs. Plusieurs isolats des champignons endophytes ont été identifiés, les plus dominants dans les racines sont les genres *Aspergillus*, *Epicoccum*, *Alternaria* et *Penicillium*. Dans les feuilles nous avons les genres *Aspergillus* et *Epicoccum* et dans les fruits nous avons les genres *Aspergillus* et *Gliocladium*. Le genre *Aspergillus* est un genre commun et qui le plus dominant dans ces parties du pistachier de l'Atlas.

## Mots clés

*Pistacia atlantica*, champignons endophytes, racines, feuilles, fruits, Algérie.

## **Abstract**

The Atlas pistachio tree (*Pistacia atlantica*) commonly known as El Betoum is a woody and spontaneous species endemic to North Africa. It is an important ecological, economic, and medicinal resource for our country. This diversity in endophytic fungi gives the plant an important adaptive power. The objective of this work consists of a bibliographical synthesis on the endophytic fungi in the roots, leaves and fruits of the pistachio tree of the Atlas in Algeria.

Endophytic fungi are microorganisms that live inside the tissues of plants without causing damage. This association is of great importance, allowing the plant to protect itself against pathogens and herbivores.

The results showed that endophytic fungi are present in the roots, leaves and fruits of the Atlas pistachio tree with high colonization frequencies. In the roots the mycoendophytes are present at the level of the root cortex and the central cylinder and in the leaves at the level of the stomata, glandular trichomes, covering trichomes, parenchyma and conducting vessels. Several isolates of endophytic fungi have been identified, the most dominant in the roots are the genera *Aspergillus*, *Epicoccum*, *Alternaria* and *Penicillium*. In the leaves we have the genera *Aspergillus* and *Epicoccum* and in the fruits we have the genera *Aspergillus* and *Gliocladium*. The genus *Aspergillus* is a common genus and most dominant in these parts of the Atlas pistachio tree.

## **Keywords**

*Pistacia atlantica*, endophytic fungi, roots, leaves, fruits, Algeria.

## الملخص

شجرة الفستق الأطلسية المعروفة باسم البيتوم هي من الأنواع الخشبية والعفوية المستوطنة في شمال أفريقيا. إنه مورد مهم لبلدنا بيئياً واقتصادياً وطبياً. يتكون الهدف من هذا العمل في إعداد ملخص بيليوغرافي عن الفطريات الداخلية في جذور، أوراق وثمار شجرة الفستق الأطلسية في الجزائر.

الفطريات هي كائنات دقيقة تعيش داخل أنسجة النباتات دون التسبب في ضرر ويمنح هذا التنوع في الفطريات الداخلية قوة تكيفية مهمة للنبات. هذا الارتباط له أهمية كبيرة، حيث يسمح للنبات بحماية نفسه من مسببات الأمراض والحيوانات العاشبة.

أظهرت النتائج أن الفطريات الداخلية موجودة في جذور، أوراق وثمار شجرة الفستق الأطلسية ذات ترددات استعمار عالية في الجذور، توجد الفطريات الداخلية على مستوى قشرة الجذر والأسطوانة المركزية وفي الأوراق على مستوى الثغور، والشعيرات الغدية، وتغطي المشعرات، والحمة والأوعية الموصلة. تم التعرف على عدة عزلات من الفطريات الداخلية، أكثرها انتشاراً في الجذور هي الأنواع الرشاشيات *Penicillium*, *Aspergillus*، *Alternaria*، *Epicoccum*، وفي الثمار لدينا الأنواع *Gliocladium* و *Aspergillus*. جنس *Aspergillus* هو نوع شائع والأكثر انتشاراً في هذه الأجزاء من شجرة الفستق الأطلسية.

## الكلمات الدالة

شجرة الفستق الأطلسية، الفطريات الداخلية، الجذور، الأوراق، الثمار، الجزائر.