

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques
Et des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master
En Sciences Biologiques
Spécialité : Diversité et Adaptation de la Flore Méditerranéenne

thème

**Mise en évidence de mycoendophytes
foliaires du pistachier de l'Atlas de
Dayate Saadi (Hassi Delâa, Laghouat)**

Réalisé par : M^{elle} BELLABAS Sabrina

Soutenu le 29/01/2018 devant le jury :

Présidente: M^{me} NAIT KACI -BOUDIAF M. MCA à l'UMMTO.

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

Co- Promotrice: M^{elle} ZAREB A.

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

Promotion: 2017 - 2018

Remerciements

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

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à :

Ma promotrice M^{me} SMAÏL-SAADOUN N. Professeure à l'UMMTO pour m'avoir encadré.

Ma Co-promotrice M^{elle}: ZAREB A pour son orientation judicieuses et encadrement, ses conseils qui ont guidés dans l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.

M^{me} NAÏT KACI-BOUBIAF M. Maître de conférences classe A à l'UMMTO, pour avoir accepté de présider et juger ce travail.

M^{me} LARBI-AIDROUS N. Maître assistante classe A à l'UMMTO, pour avoir accepté de faire partie du jury et d'évaluer ce mémoire

Je remercie aussi les ingénieurs du laboratoire Ressources Naturelles (Mme BELKEBIR -BOUKAIS A, Mme SKHI -REZKI L. pour leur aide et leur gentillesse.

Je remercie aussi M^{elle} MECHIAH F qui ont récolté le matériel végétal et pour son soutien et le partage du savoir et des informations.

Et à toute personne qui ma aidée de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.

Je dédie ce modeste travail à :

- ❖ *Mes très chers parents pour leur aide et leur soutien tout au long de mes études, et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui et j'espère qu'un jour je serai capable de leur donner au moins le minimum car quoi qu'on face on arrivera jamais à leurs rendre tout.*
- ❖ *Mon futur mari DJAMEL qui m'a soutenu et encouragé tout au long de ce travail.*
- ❖ *Mon cher frère MENAD et sa femme KAHINA et leurs fils AYLANE.*
- ❖ *Mes très chères sœurs : GHANIA et FATIHA ainsi que leurs époux MONIR et ALI. HABIBA, KAHINA et LAMIA*
- ❖ *Ma belle famille*
- ❖ *Mes chères amies LYNDIA, Hedda, LILA, Djamela, Malha, Karima, Fazia, Malika et Kahina*

SABRINA

Liste des abreviation.

DSE : Dark septate endophytes.....	21
Tt : trichome tecteur.....	36
Tg : trichome glandulaire.....	37
np : nervure principale.....	39
ns : nervures secondaires.....	39

Listes des figures

Figure 1 : structure d'une feuille jeune de prunier (Camefort, 1977).....	5
Figure 2 : schéma d'une coupe transversale dans le limbe d'une feuille de Houx (<i>Ilex aquifolium</i>) (Camefort, 1977).....	7
Figure 03 : feuille de pomme de terre (<i>solanum tuberosum</i>) montrant la répartition aleatoire des stomates (Raven et <i>al</i> , 2007).....	8
Figure 4 : stomate aérifère en coupe transversale. Les deux cellules de garde (G) ménagent un ostiole (O) débouchant sur une chambre sous - stomatique (C .S.).....	9
Figure 5 : stomates aquifères d'une feuille de chou	9
Figure 6 : Quelques types de poils épidermiques. (Camefort, 1977).....	10
Figure 7 : les deux types de parenchymes constituant le mésophylle : le parenchyme palissadique et le parenchyme lacuneux (Nabors, 2008).....	12
Figure 8 : Coupe transversale passant par la nervure médiane (Raven et <i>al</i> , 2007)	13
Figure 9 : feuilles de <i>Pistacia atlantica</i> Desf. (Belhadj, 2007).....	14
Figure 10 : Paramètres anatomiques mesurés au niveau d'une coupe transversale d'une feuille de <i>P. atlantica</i> Desf. observée au microscope photonique «Motic», GX400, Coloration aucarmino-Vert (source: Ait Said et al., 2009).....	16
Figure 11 : modes de croissance des champignons endophytes dans les tissus des planteshôtes (Kusari et Spitteller, 2012).....	19
Figure 12 : cycle de vie et modes de transmission (horizontale et verticale) de champignon endophytesystemique <i>Neotyphodium</i> (anamorphe de <i>Epichloe</i>) sur son hôte <i>Festucaarendimacea</i> (Saikkonen et <i>al.</i> , 2004).....	20
Figure 13 : localisation de la wilaya de Laghouat (google .fr).....	25

Figure 14 : limites de la wilaya de Laghouat (google. Fr).....	26
Figure15 : vue générale dayate Saadi avril 2016.....	27
Figure 16 : diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la station de Hassi R'mel Laghouat (2002-2012) (Boubrima, 2014).....	28
Figure17 : zonation écoclimatique de Hassi R'mel selon la méthode de Le Houérou (1995) (Boubrima, 2014).....	28
Figure 18 : les sujets 1,2 et 3 récoltés.....	30
Figure 19 : les sujets 4,5 et 6.....	31
Figure 20 : 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).....	34
Figure 21 : observation microscopique de stomates de la feuille du pistachier de l'Atlas colonisés par des champignons endophytes (x400).....	35
Figure 22 : observation microscopique d'un trichome tecteur (tt) non colonisé par des champignons endophytes au niveau de la feuille du pistachier de l'Atlas (X 400)....	36
Figure 23 : observation microscopique d'un trichome glandulaire colonisé par des champignons endophytes au niveau de la feuille du pistachier de l'Atlas (X 400)...	37
Figure 24 : observation microscopique d'un parenchyme palissadique de la feuille du pistachier de l'Atlas observé sous microscope photonique colonisé par des champignons endophytes coloré en bleu et en marron (x400).....	38
Figure 25 : 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).....	39

Liste des tableaux

Tableau 1 : données et paramètres utilisés dans la classification écoclimatique de la station de Hassi R'mel (Boubrima, 2014)..... 28

Tableau 2 : Les coordonnées et caractéristiques des différents sujets 30

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....	2
Chapitre 1 : Description de la feuille.....	4
1- Morphologie de la feuille.....	5
1-1- Introduction.....	5
1-2- Caractère généraux.....	5
1-2-1- Pétiole.....	5
1-2-2- Limbe	6
2- Organisation anatomique	6
2-1- Tissus protecteurs	7
2-1-1- Stomates.....	8
2-1-2- Trichomes.....	10
2-2- Mesophylle.....	11
2-3- Tissus conducteurs.....	12
3- Feuilles de pistachie de l'Atlas.....	14
3-1 Caractéristiques anatomiques.....	15
Chapitre 2 : Champignons endophytes.....	17
1- Introduction.....	18
2- Origine des champignons endophytes.....	18
3- Caractères Généraux des champignons endophytes.....	19
4- Colonisation et spécificités des tissus.....	20
5- Interaction plante – endophyte.....	21
6- Rôle des champignons endophytes.....	22
Chapitre 3 : Matériels et Méthodes.....	24
1- Description de la zone d'étude.....	25
1-1 Situation géographique.....	25

1-2 Bioclimat de la zone d'étude.....	27
2- Matériel végétal.....	29
3- Coloration des feuilles.....	31
Chapitre 4 : Résultats et discussion.....	32
Conclusion et des perspectives.....	41



Introduction

Introduction

Le pistachier de l'Atlas est l'arbre le plus ubiquiste. *Pistacia atlantica* est essentiellement un arbre de l'étage bioclimatique aride et accessoirement de l'étage semi-aride (Monjauze, 1980 ; Quézel et Médail, 2003). Il s'étend depuis les Iles de Canaries à l'Ouest jusqu'au Proche Orient vers l'Est. En Algérie, on le retrouve à l'état de groupements isolés d'Oran et Ain Sefra à l'Ouest jusqu'à la Tunisie à l'Est. Il est présent aussi dans l'Atlas Saharien, dans le secteur du Sahara septentrional et dans le Hoggar (Ait Said, 2011). Au proche Orient il est associé à *Quercus ithaburensis* et en Afrique du Nord à *Ziziphus lotus* (Seigue, 1985). *Pistacia atlantica* Desf. nommé aussi «bétoum», substantif arabe collectif dont le singulier est botma, betouma, btoma ou bien botmaia en Afrique du Nord et encore boutmela au Proche Orient ; les berbères l'appellent «Iggh» (Monjauze, 1980). Le pistachier de l'Atlas est une espèce très particulière, qui dans les régions semi-arides et arides forme une population hors forêts où les stress environnementaux, notamment la sécheresse limite sa croissance (Parvaiz et Satyawati, 2008). Afin de limiter ce problème, le pistachier de l'Atlas forme des symbioses endophytiques au niveau des racines et des feuilles.

Les champignons endophytes sont des microorganismes qui accomplissent tout ou une partie de leur cycle de vie à l'intérieur d'une plante de manière symbiotique, avec un bénéfice mutuel et des interactions durables pour les deux organismes. Ils peuvent envahir tous les organes de la plante (Benmazari, 2010). Les endophytes pénètrent dans les tissus de végétaux au niveau du système racinaire, cotylédons, tiges, feuilles et fleurs (Li et *al.*, 2012). Ils ont une plasticité beaucoup plus grande que les plantes et restent viables et actifs à des potentiels hydriques bien inférieurs à ceux essentiels à leurs hôtes (Duniway, 1979 ; Moricca et Ragazi, 2008). Ils peuvent assimiler des éléments minéraux (azote et phosphore) (Benmazari, 2010), qui sont indispensables au développement des organes végétatifs de cette espèce menacée de stress hydrique récurrent (Benmazari, 2010).

Dans le présent travail, nous avons étudié les symbioses endophytiques qui sont présentes au niveau des différents compartiments anatomiques de la feuille du pistachier de l'Atlas de dayate Saadi de la wilaya de Laghouat dans la région de Hassi Delâa. Ce travail rentre dans les problématiques du laboratoire Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Mammeri (Tizi-Ouzou).

L'approche a été réalisée en quatre chapitres :

Introduction

- le chapitre 1 concerne la description de l'anatomie de la feuille ;
- le chapitre 2 concerne la description des mycoendophytes ;
- le chapitre 3 présente le matériel et les méthodes utilisées ;
- le chapitre 4 concerne les résultats et la discussion ;

Nous avons terminé le travail par une conclusion générale.



Chapitre 1

Description de la feuille

1- Morphologie de la feuille

1-1 Introduction

La feuille c'est un organe généralement aplati et chlorophyllien porté sur les tiges, à croissance et à durée de vie limitée. Elle comporte typiquement un pétiole et un limbe (Laberche, 1999).

Les premières plantes étaient des tiges photosynthétiques et les feuilles ont évolué à partir des tiges aplaties, rapprochées les unes des autres. C'est ainsi que les feuilles sont devenues les principaux organes photosynthétiques. Mais elles assurent également d'autres fonctions importantes (Nabors, 2008). Les feuilles sont apparues plusieurs fois au cours de l'évolution de façon indépendante. Elles sont une convergence adaptative des Embryophytes, dont l'intérêt en milieu terrestre peut se concevoir en terme biomécanique (Meyer et *al.*, 2008).

1-2 Caractères généraux

La feuille présente généralement un limbe aplati, chez de nombreuses Dicotylédones et quelques Monocotylédones. Ce limbe est porté par un pétiole (Bryan et James, 1012). Elle est différente de la tige par rapport à sa symétrie bilatérale. Sa surface supérieure ou adaxiale est tournée vers la tige à l'opposé de sa surface inférieure ou abaxiale (Meyer et *al.*, 2004). (Figure 1)

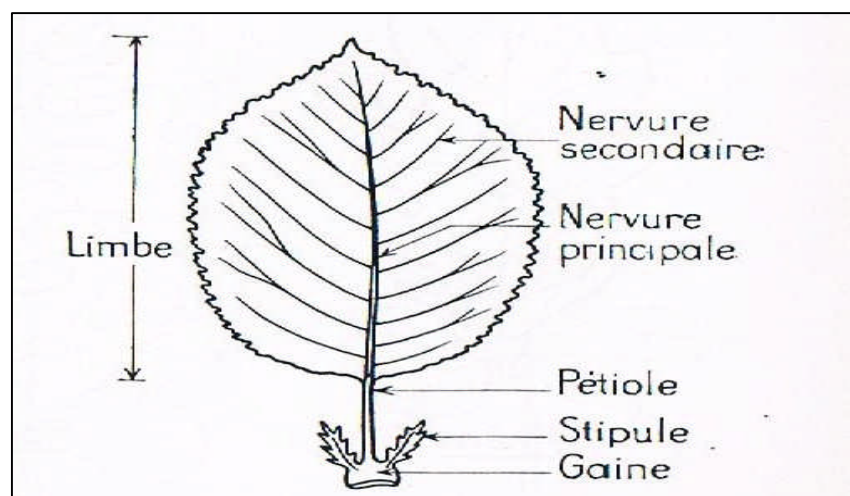


Figure 1 : structure d'une feuille jeune de prunier (Camefort, 1977).

1-2-1 Pétiole

C'est la partie de la feuille dont la forme est la plus simple, toujours étroite, il peut être légèrement déprimé sur sa face supérieure ou bien être à peu près cylindrique (Camefort, 1977).

1-2-2 Limbe

Le limbe est parcouru par une nervure principale qui prolonge le pétiole, et d'où partent des nervures secondaires. Entre ces nervures secondaires de fines nervures forment un réseau aux mailles serrées à l'intérieur du limbe. Le limbe présente deux faces (dorsale et ventrale) (Camefort, 1977).

Le limbe peut être entier ou divisé en folioles (palmé ou penné) (Ulrich et *al.* 2002). Chez les feuilles simples, le limbe n'est pas divisé en parties distinctes, mais il peut être profondément lobé. Chez les feuilles composées, le limbe est divisé en folioles qui possèdent généralement chacune un petit pétiole (le pétiolule). On peut reconnaître deux types de feuilles composées. Les feuilles composées pennées et composées palmées (Raven et *al.*, 2007). Dans les feuilles composées pennées, les folioles sont situées des deux côtés d'un axe, le rachis. Les folioles d'une feuille composée palmée divergent au sommet du pétiole et le rachis est absent (Raven et *al.*, 2007).

2- Organisation anatomique du limbe

La structure des feuilles d'Angiospermes diffère beaucoup en fonction de l'habitat et la quantité d'eau disponible. Cette dernière est un facteur particulièrement important dans la détermination de leur forme et de leur structure. En fonction de leurs besoins et de leur adaptation à l'égard de l'eau, on désigne communément les plantes comme des mésophytes, des hydrophytes et des xérophytes. Ces distinctions ne sont cependant pas rigoureuses et les feuilles montrent souvent une combinaison de caractères correspondant à des types écologique différents. Quelque soit leur forme, les feuilles adultes d'Angiospermes sont des organes spécialisés en vue de la photosynthèse et, comme les racines et les tiges, elles comportent des systèmes de tissus protecteurs, fondamentaux et conducteurs (Raven et *al.*, 2007).

Une étude de la structure d'un limbe foliaire de Houx (*Ilex aquifolium*) montre tout d'abord un parenchyme chlorophyllien très important. C'est là en effet que se déroule la photosynthèse. De la face supérieure à la face inférieure, on distingue un épiderme, un parenchyme et des tissus conducteurs (Laberche, 1999) (Figure 2).

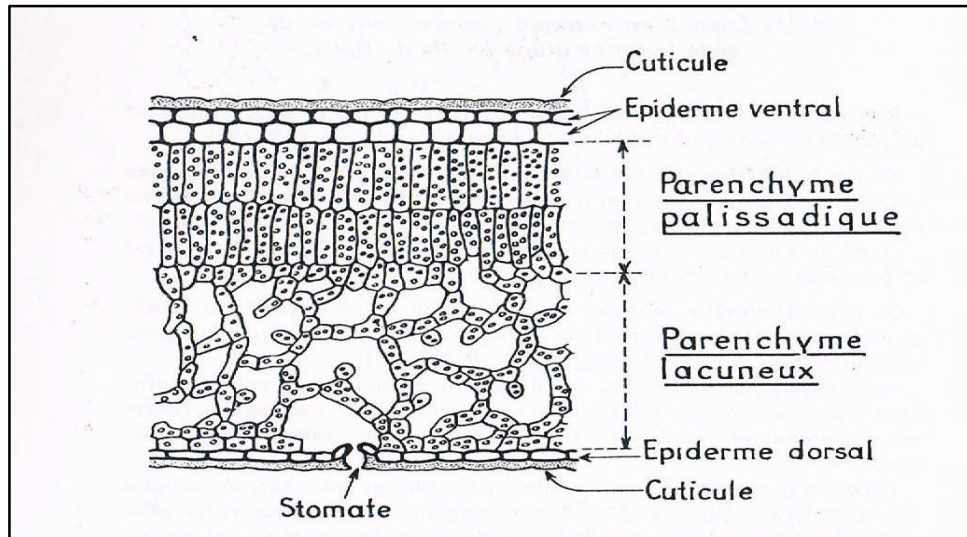


Figure 2 : schéma d'une coupe transversale dans le limbe d'une feuille de Houx (*Ilex aquifolium*) (Camefort, 1977)

2-1 Tissus protecteurs

L'épiderme de la feuille est composé généralement d'une seule assise cellulaire dérivant de protomère (Nabors, 2008). Il est le plus souvent unistratifié et composé de cellules vivantes, qui sont imbriquées les unes aux autres. Les cellules épidermiques ne possèdent généralement pas de chloroplastes, elles sont parfois colorées par des pigments dissous dans le suc vasculaire (Ulrich et *al.*, 2002).

Les feuilles assurent la photosynthèse, leur surface doit permettre d'optimiser l'absorption de la lumière, mais elle entraîne aussi d'importantes pertes en eau. Afin de limiter ces pertes, l'épiderme produit une cuticule externe (Nabors, 2008). Cette dernière est composée de cires enrobée dans la cutine. Elle est souvent recouverte d'une couche de cire supplémentaire qui constitue une protection contre les risques de dessiccation (Raven et *al.*, 2007). L'épiderme protège les feuilles contre la déperdition en eau, aussi contre les blessures et l'entrée de champignons et de bactéries pathogènes (Nabors, 2008). Il doit également protéger le limbe

de fortes radiations et dommages mécaniques (Ulrich et *al.*, 2002). Aussi, il régule les échanges de gaz comme le CO₂, l'O₂ et la vapeur d'eau (Nabors, 2008).

Selon Raven et *al.* (2007), l'épiderme constitue le système de tissu protecteur des feuilles. La fonction et la structure des cellules épidermiques sont assez variables, on y trouve des stomates et de nombreux types d'appendices ou trichomes.

2-1-1 Stomates

Un stomate est formé de deux cellules réniformes appelées cellules de garde ou cellules stomatiques, laissant entre elles une ouverture, l'ostiole (Figure 3) (Nabors, 2008).

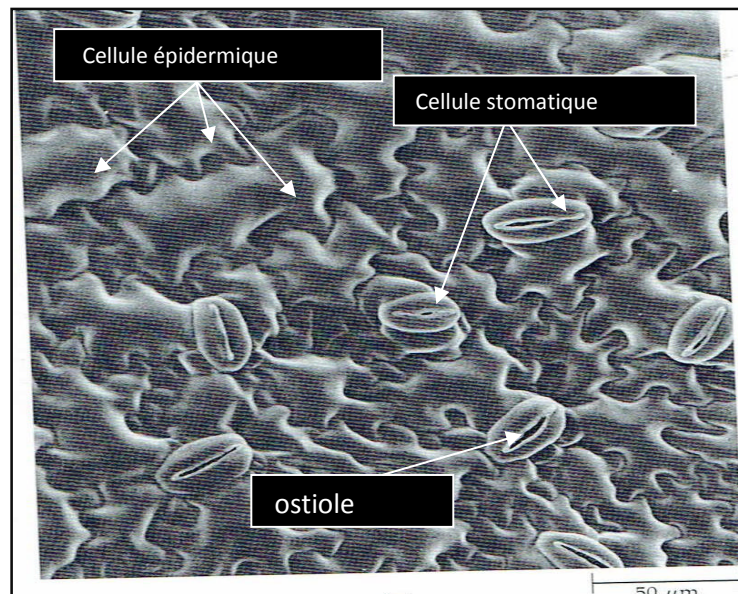


Figure 3 : feuille de pomme de terre (*Solanum tuberosum*) montrant la répartition aléatoire des stomates (Raven et *al.*, 2007)

Les stomates sont généralement plus nombreux sur la face inférieure des feuilles ou ils sont protégés des très fortes températures, de l'accumulation de la poussière et de spores fongiques (Nabors, 2008). La densité en stomates de l'épiderme dorsal étant bien plus grande que celle de l'épiderme ventral, chez les végétaux des milieux secs, la transpiration stomatique est souvent ralentie par un revêtement pileux important, ou par la localisation des stomates dans les « cryptes stomatiques » : invagination de l'épiderme inférieur dans le mésophylle (Camefort, 1977).

A travers les stomates, le CO_2 pénètre dans les feuilles pour être incorporé dans les sucres, lors de la photosynthèse, tandis que de grandes quantités de vapeur d'eau et d' O_2 en sortent. (Nabors, 2008).

Il existe deux types des stomates : les stomates aérifères (du grec stoma, atos =bouche) permettent les échanges gazeux liés à la respiration et à la photosynthèse, ainsi que le rejet de la plus grande partie de la vapeur d'eau transpirée (Figure 4) (Gorenflot, 1980 ; Gorenflot et Bruno de Foucault, 2005).

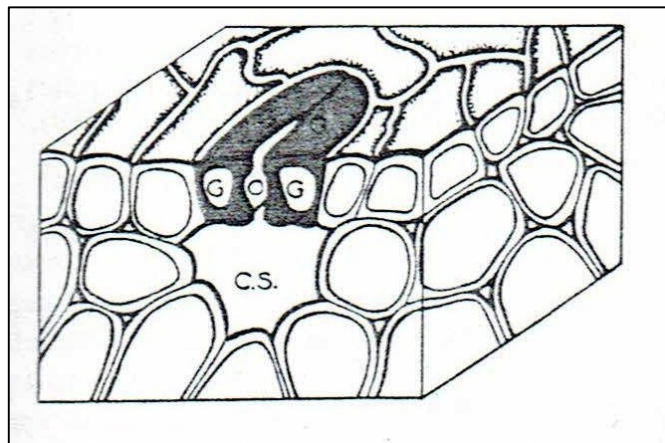


Figure 4 : stomate aérifère en coupe transversale. Les deux cellules de garde (G) ménagent un ostiole (O) débouchant sur une chambre sous-stomatique (C.S.) (Gorenflot, 1980).

Les stomates aquifère ou hydathodes (de grec hudatis = cloche pleine d'eau) situés sur les bords du limbe, assurent la sudation (ou guttation), rejet d'eau à l'état liquide sous forme de gouttelettes (Gorenflot, 1980 ; Gorenflot et Bruno de Foucault, 2005) (Figure 5).

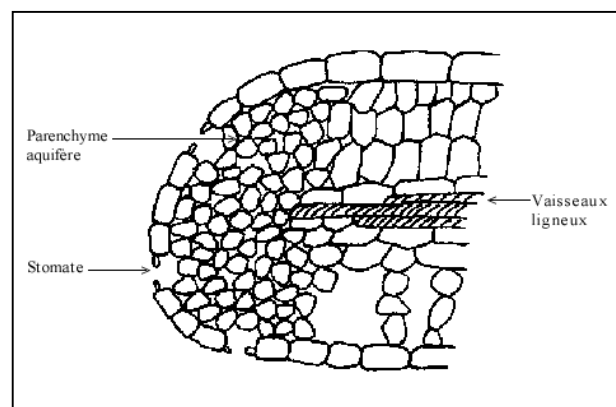


Figure 5 : stomates aquifères d'une feuille de chou (Camefort, 1977).

2-1-2 Trichomes

Les trichomes se développent toujours à partir d'une cellule épidermique unique (Ulrich et *al.*, 2002). Il arrive que plusieurs types de poils soient présents sur une même feuille (Bryan et James, 2008). La forme et la structure des poils épidermiques sont très variées (Figure 6) (Camefort, 1977).

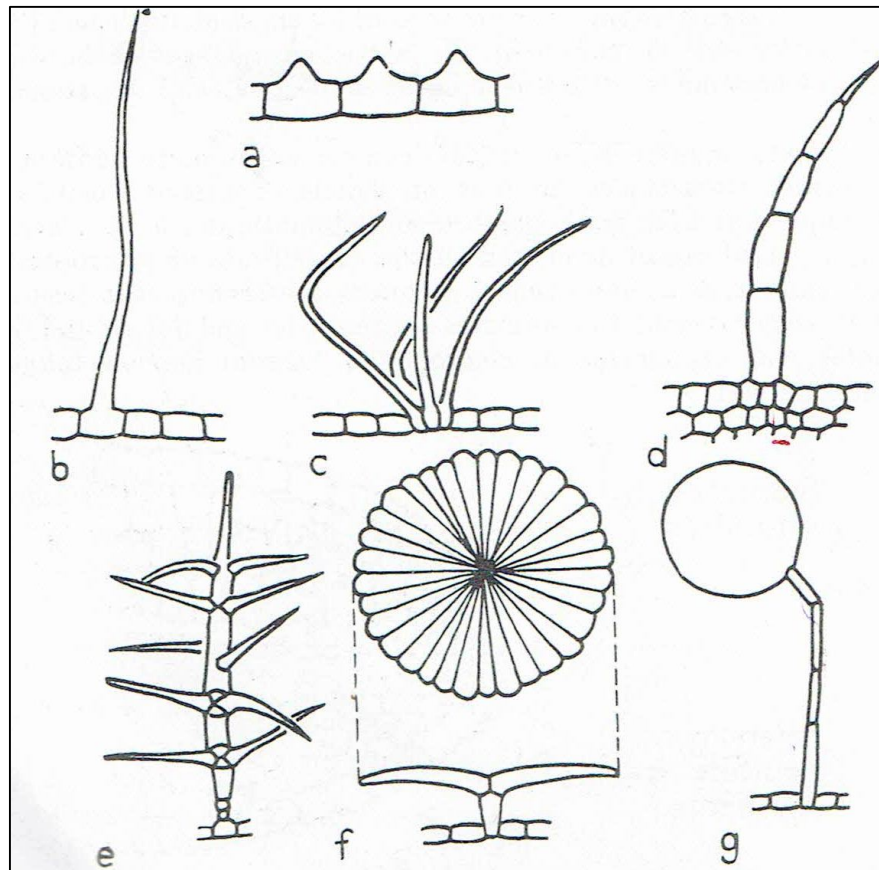


Figure 6 : quelques types de poils épidermiques (Camefort, 1977).

- a : poils courts, ou papilles, d'un pétale de petite Pervenche (*Vinca minor*) ;
- b : Poils unicellulaires allongés de la feuille du Hêtre (*Fagus sylvatica*) ;
- c : Poils en touffe d'un chêne (*Quercus*)
- d : Poil pluricellulaire de la Ballote (*Ballota foetida*) ;
- e : Poil pluricellulaire ramifié d'un platane (*Platanus*) ;
- f : Poil pluricellulaire pelté de la feuille de l'Olivier (*Olea europaea*) ;
- g : Poil pluricellulaire à tête vésiculeuse d'un chénopode (*Chenopodium*).

Les poils unicellulaires sont formés par le prolongement d'une cellule épidermique (b). Lorsqu'ils sont très courts comme ceux des pétales (a) de nombreuses fleurs, ils sont appelés papilles (Camefort, 2008).

Les poils pluricellulaires sont formés par plusieurs cellules issues de la prolifération d'une cellule épidermique (e, f) (Camefort, 1977).

Les trichomes fréquents sur les tiges et les feuilles, susceptibles d'être ramifiés sont souvent sécréteurs. Ils sont alors généralement constitués d'un pédicelle coiffé d'une tête glandulaire. Les trichomes non glandulaires peuvent remplir différentes fonctions dans la feuille. Ils peuvent ainsi ralentir la vitesse de transpiration en freinant la circulation de l'air sur la surface foliaire, comme dissuader l'attaque d'insecte ou assurer une protection contre une trop forte insolation (Bryan et James, 2008).

2-2 Mésophylle

Le tissu foliaire situé entre l'épiderme supérieur et inférieur est appelé mésophylle. Les cellules du mésophylle sont le siège de la photosynthèse. A la face supérieure de la feuille se trouve le parenchyme palissadique. Il est constitué de cellules cylindriques riches en chloroplastes (Ulrich et *al.*, 2002). Ces cellules cylindriques fortement vacuolisées sont allongées et forment de nombreux chloroplastes dans le cytoplasme périphérique qui, jouxte les parois (Bryon et James, 2012). Les cellules parenchymateuses sont orientées perpendiculairement à la face supérieure des feuilles. Des petits espaces intercellulaires assurent l'aération de tissu (Ulrich et *al.*, 2002). Sous le parenchyme palissadique se trouve le parenchyme lacuneux. Il est constitué des cellules irrégulières laissant de grands espaces intercellulaires qui confèrent au tissu une structure lacuneuse. Les cellules de parenchymes lacuneux ne contiennent que 20% de chloroplaste d'une feuille alors que le 80% sont dans les cellules palissadiques (Ulrich et *al.*, 2002) (Figure 7).

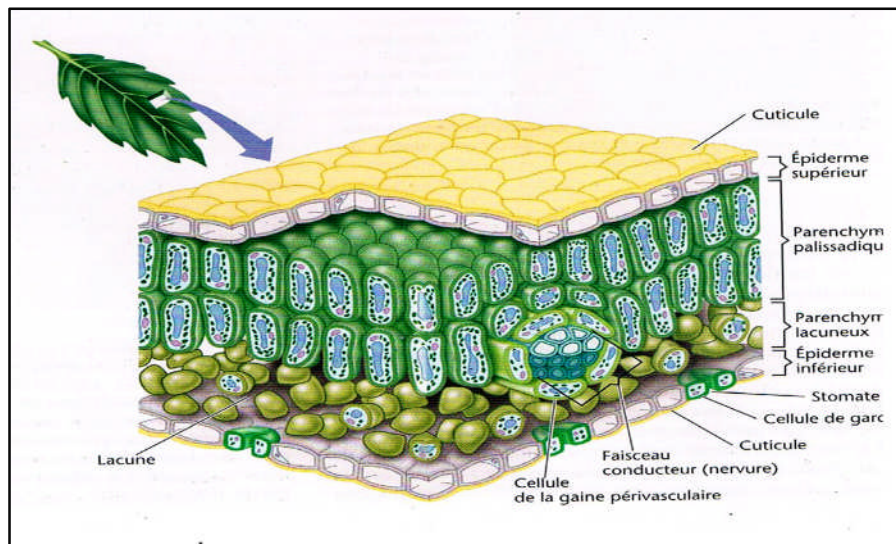


Figure 7 : coupe d'une feuille (Nabors, 2008).

2-3 Tissus conducteurs

Le xylème (du grec xylon= bois) ou tissu ligneux assure la circulation de la sève brute, solution minérale du sol ayant pénétré dans le végétal au niveau de l'assise pilifère (Groenflot, 1980). Ses éléments caractéristiques sont les trachéides et les vaisseaux, leurs parois secondaires sont discontinues dans les organes jeunes (Roland, 2001).

Le phloème sert au transport des assimilats exportés à partir des feuilles (sève élaborée) et assure leur distribution dans la plante (Laberche, 1999). Le phloème des plantes à fleurs est composé de cellule appelées éléments criblés, à cause de leurs parois transversales percées de pores. Contrairement aux trachéides et aux éléments de vaisseaux, les éléments criblés sont des cellules vivantes. Empilées les unes au-dessus des autres pour former des tubes criblés, elles résultent de la différenciation de cellules méristématiques (Nabors, 2008).

L'une des caractéristiques majeures des éléments criblés est la présence de plages criblés, des parois transversales percées de pores limitées par la membrane plasmique. Ainsi, la sève élaborée passe de cellules en cellule, sans devoir franchir les membranes plasmiques et les parois cellulaires. L'ensemble des éléments criblés constitue donc une continuité cytoplasmique parcourant l'ensemble de l'organe végétal. Bien que vivants, les éléments criblés sont anucléés et leur cytoplasme a disparu. Ces éléments criblés sont toujours associés à une cellule compagne, nucléée, riche en cytoplasme et en ribosomes. Les deux types cellulaires proviennent de la même cellule mère méristématique. Elles sont reliées entre elles

par de nombreux plasmodesmes, ramifiés du côté de la cellule compagne. Ces deux cellules constituent une unité ontogénique et fonctionnelle (Nabors, 2008).

Les tissus conducteurs des feuilles sont en continuité avec ceux de la tige. Au niveau de chaque nœud, plusieurs faisceaux cribro-vasculaires, appelée traces foliaire, se ramifient à partir du système conducteurs de la tige, pour se diriger vers le limbe en passant par le pétiole. Les faisceaux cribro-vasculaires du limbe constituent les nervures (Nabors, 2008). Les grosses nervures (nervure principale et nervures secondaires) forment des côtes saillantes sur la face supérieure des feuilles. Ces côtes sont formées, en plus des tissus conducteurs, par un parenchyme homogène, pauvre en chloroplastes, au sein duquel se différencie souvent des tissus de soutien (Camefort, 1977). Les tissus conducteurs forment dans la nervure, un anneau continu dans lequel le xylème est interne et le phloème est périphérique (Camefort, 1977). Le xylème se situe vers la face supérieure et le phloème vers la face inférieure de la feuille (Ulrich *et al.*, 2002). (Figure 8).

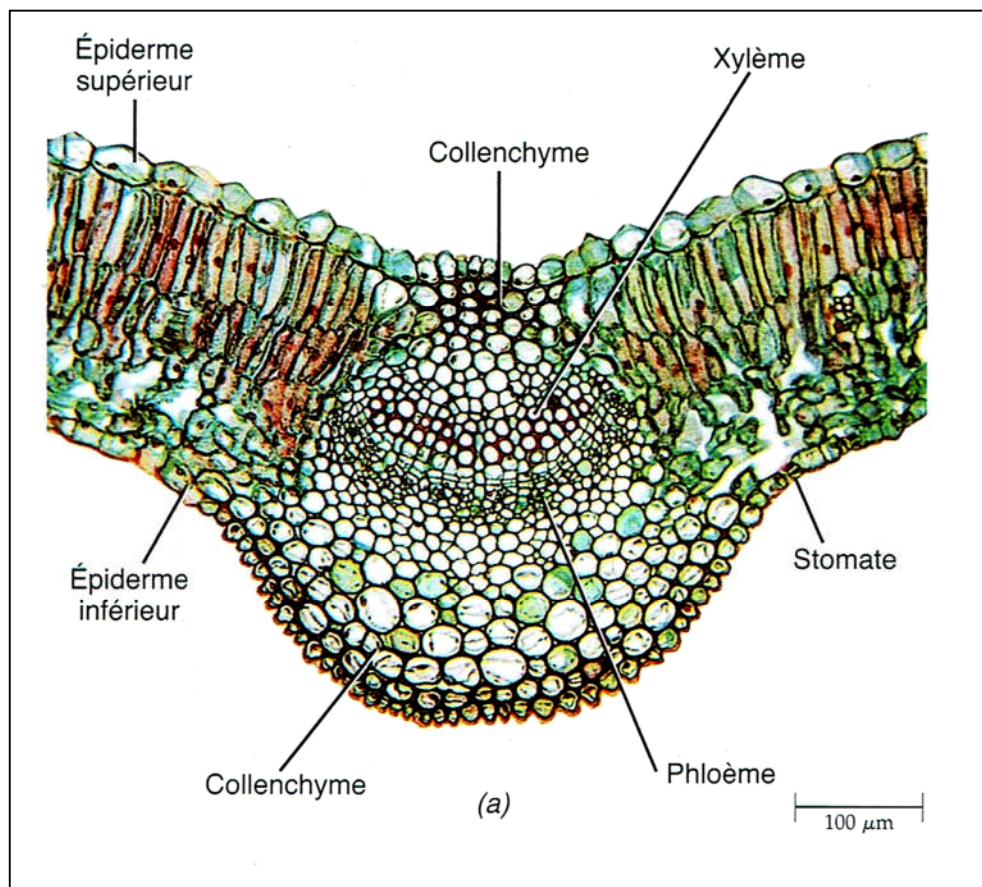


Figure 8 : Coupe transversale passant par la nervure médiane (Raven *et al.*, 2007)

3- Feuille du pistachier de l'Atlas

Les feuilles de *Pistacia atlantica* sont caduques en hiver (Zohary, 1996 ; Kadi Bennane, 2004 ; Maameri, 2008 ; Yaaqobi, et al, 2009). Elles chutent en automne, elles ont une couleur vert pale et sont imparipennées, glabres et sessiles (Yaaqobi et al., 2009). Les folioles sont ovales, oblongues ou lancéolées (1 à 5 paires). Les folioles sont « obscurément » rhomboïdales, avec leur plus grande largeur au tiers inférieur du limbe, dépourvues de toute dentelure et ont leurs extrémités avec mucron apical très petit, voire en position surbaissée ou tout à fait absent (Monjauze, 1980). D'après Nègre (1962), les feuilles présentent un rachis non ou à peine ailé.

Les rachis des feuilles sont parfois élargis et aplatis pour former une expansion ressemblant à une ailé (Belhadj, 2007) (Figure 9).

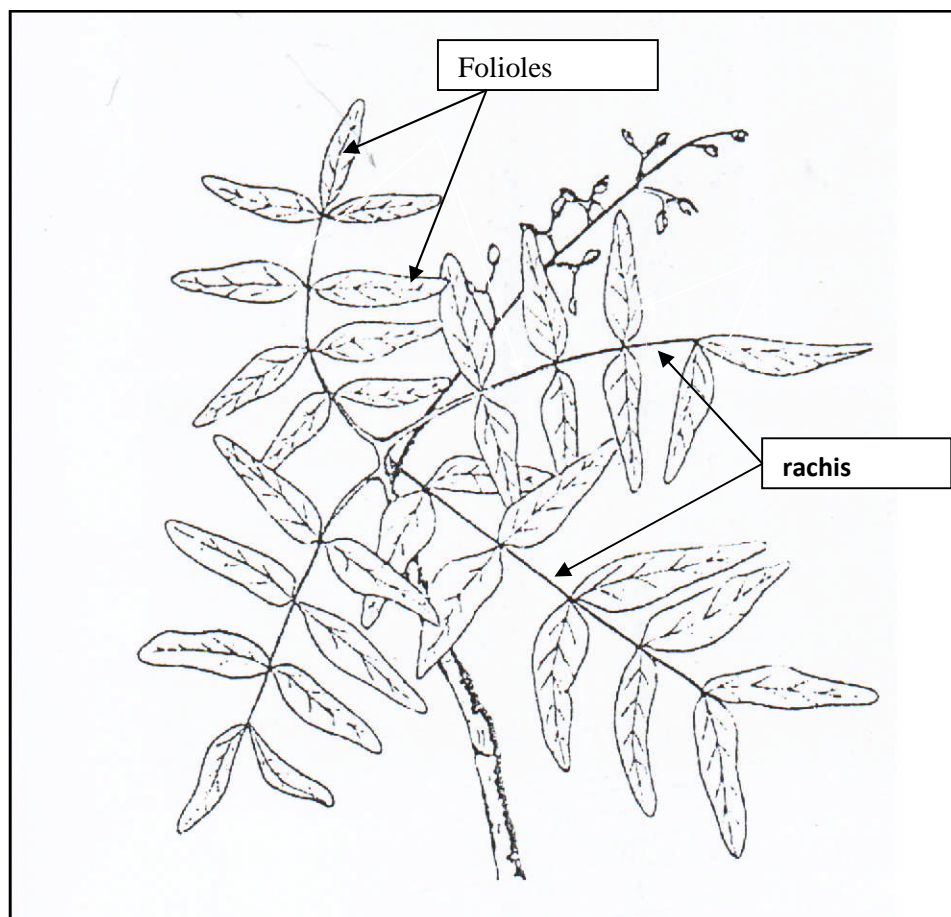


Figure 9 : feuilles de *Pistacia atlantica* Desf. (Belhadj, 2007).

3-1 Caractéristiques anatomiques

D'après les observations de (Ait Said, 2011) et Kadi Bennane (2004) on retrouve :

- une cuticule épaisse qui couvre la totalité de la surface foliaire ;
- un épiderme simple à une seule assise cellulaire de forme cubique sur la face supérieure et inférieure, il est de type polygonal ;
- un hypoderme composé d'une seule assise de cellule observée sous chaque épiderme ;
- un mésophylle composé d'un parenchyme assimilateur situé directement sous l'hypoderme, il est constitué de deux assises de cellules allongées. Toutes semblables et riches en chloroplastes et caractérisées par la présence de 2 à 3 cellules spongieuses (aquifères ou cubiques) ;
- des vaisseaux conducteurs (les nervures principales et secondaires) présentent des amas de cellules collenchymateuses, directement sous l'épiderme de la feuille pour la nervure principale et au centre du collenchyme autour des vaisseaux conducteurs. (Figure10).

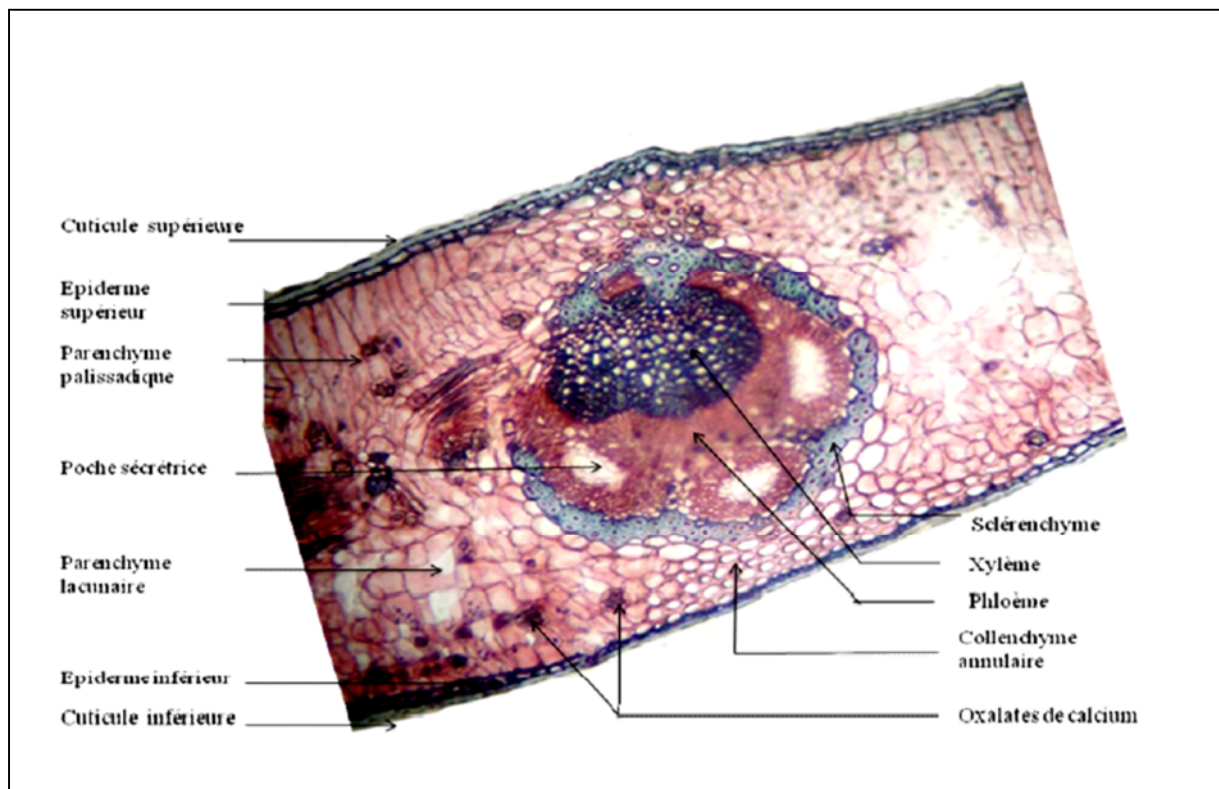


Figure 10 : transversale d'une feuille de *P. atlantica* Desf observée au microscope photonique (X400) (Ait Said et al., 2009).



Chapitre 2

Champignons endophytes

1- Introduction

Les pathogènes végétaux et les mycorhizes arbusculaires sont les champignons les plus connus associés aux plantes. En plus de ceux-ci, de nombreuses espèces de champignons connues sous le nom d'endophytes habitent les tissus de toutes les espèces végétales. Ces champignons vivent à l'intérieur des tissus végétaux sans provoquer de symptômes à leurs hôtes. Leur existence à l'intérieur des organes des plantes asymptomatiques est connue depuis la fin du XIXe siècle (Guerin, 1898).

Toutes les plantes dans les écosystèmes naturels semblent être symbiotiques avec les champignons endophytes. Ce groupe très diversifié de champignons peut avoir des répercussions profondes sur les communautés végétales. Ils augmentent la condition physique, en conférant une tolérance au stress abiotique et biotique (Rodriguez et *al.*, 2009).

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 la 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).

D'après Jeam (2013), endophyte se dit de tout microorganisme vivant normalement à l'intérieur d'une plante, que ce soit entre ou à l'intérieur des cellules. Les endophytes résident entièrement dans les tissus végétaux et peuvent se développer dans les racines, les tiges et les feuilles. (Sherwood et Carroll, 1974 ; Carroll, 1988 ; Stone et *al.*, 2004).

2- Origine des champignons endophytes

Des études sur des microorganismes associés aux plantes trouvés dans les fossiles, les tissus morts des tiges et des feuilles ont révélé que l'association endophyte-hôte peut avoir évolué à partir du moment où les plantes supérieures sont apparues sur Terre (Strobel, 2003 ; Andrzej, 2002). Carroll (1988) a suggéré que certains phytopathogènes dans l'environnement ont une origine endophytique. Dans certains environnements, des microbes apparaissent activement dans les tissus végétaux d'une manière envahissante par des ouvertures ou des blessures, en utilisant des enzymes hydrolytiques, telles que la cellulase et la pectinase.

Certains pensent que les endophytes proviennent de la rhizosphère ou de la microflore du phylloplan (Misko et Germida, 2002), par pénétration et colonisation de tissu racinaire comme point d'accès au xylème (Sturz et Nowak, 2000)

3- Caractères Généraux des champignons endophytes

Les champignons endophytes sont majoritairement issus du phylum des Ascomycota (Arnold, 2007). Ils présentent une grande diversité. Ils sont hétérotrophes et prélèvent des nutriments à l'hôte sans que celui-ci ne présente de quelconques signes de maladie. Ils peuvent croître dans le milieu intracellulaire ou extracellulaire (Figure 11) (Andéol et Benjamin, 2016).

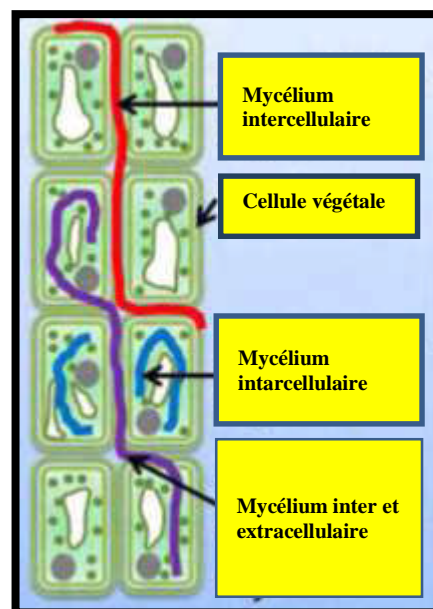


Figure 11 : modes de croissance des champignons endophytes dans les tissus des plantes hôtes (Kusari et Spiteller, 2012)

Les champignons endophytes sont ubiquistes : ils ont été trouvés chez pratiquement toutes les espèces de plantes (Saikkonen et *al.*, 1998), à toutes les latitudes (Arnold, 2005). Une même espèce de champignon endophyte est capable de coloniser plusieurs hôtes différents. Deux modes de transmission sont observés chez les champignons endophytes, le mode de

transmission est le moyen par lequel le champignon endophyte peut coloniser un autre individu végétal à partir de l'hôte initial (Andéol et Benjamin, 2016).

➤ Le premier se fait par la croissance végétative des hyphes qui est complètement interne (Selosse et Schardl, 2007) ; ainsi que les hyphes sont transmis de la plante infectée vers la descendance via les graines (Saikkonen et al., 2004). Ceci est communément appelé transmission verticale (Saikkonen et al., 2004). Et c'est le principal mode de transmission des champignons endophytes (Figure 12) (Saikkonen et al., 2010).

➤ Le second se fait via les spores (Clay, 1986), ce groupe de champignons se transmet horizontalement (Saikkonen et al., 2004), c'est-à-dire le champignon peut être transmis soit par les spores sexuées ou asexuées (Saikkonen et al., 2004), pour infecter d'autres plantes (Figure 12) (Arnold et al., 2003 ; Gallery et al., 2007).

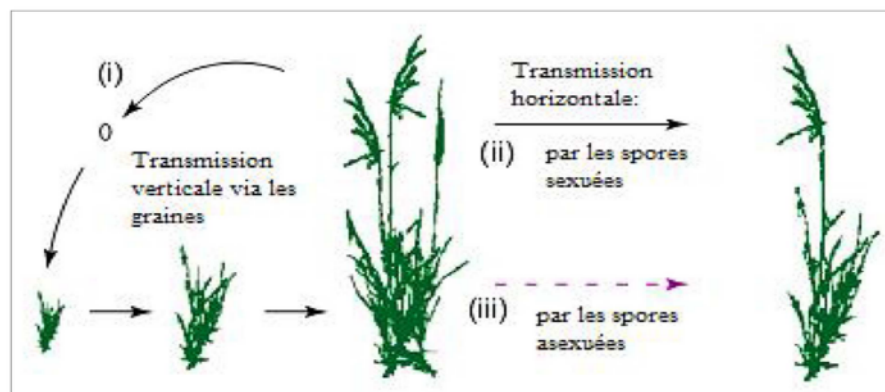


Figure 12 : cycle de vie et modes de transmission (horizontale et verticale) de champignon endophyte systemique *Neotyphodium* (anamorphe de *Epichloe*) sur son hôte *Festuca arundinacea* (Saikkonen et al., 2004).

4- Colonisation et spécificités des tissus

Les champignons endophytes possèdent une grande diversité de colonisation au niveau des tissus d'une plante. La colonisation peut être définie selon le type d'organisme (Jumpponen et Trappe, 1998 ; Jumpponen, 2001 ; Schmidt et al., 2008 ; Porrás-Alfaro et Bayman, 2011). Certains endophytes peuvent être trouvés dans des parties spécifiques de la plante telles que

les racines, les feuilles ou les brindilles. Tandis que d'autres peuvent infecter plusieurs de ces parties (Stone *et al.*, 2004).

Il a ainsi été découvert que les Dark septate endophytes (DSE) peuvent se retrouver en colonisation intercellulaire, mais aussi intracellulaire formant des structures appelée microsclérotos (Jumpponen et Trappe, 1998 ; Jumpponen, 2001 ; Schmidt *et al.*, 2008 ; Porrás-Alfaro et Bayman, 2011).

La colonisation peut aussi être limitée à une seule cellule, ou systémique et s'étendre sur une plus grande zone (Stone *et al.*, 2000). De nombreux endophytes infectent localement les parties de la plante se limitant à une petite zone tissulaire. Ceci est confirmé par le fait que plusieurs espèces endophytes sont récupérées de différents fragments de la même plante, tel le cas des espèces *Neotyphodium* et *Epichloe*, qui infectent systématiquement l'espace intercellulaire des feuilles (Stone *et al.*, 2004).

5- Interactions plantes - endophytes

Différents modes de vie symbiotiques se manifestent chez les endophytes. Selon les espèces le résultat d'une interaction plante-endophyte peut varier d'antagonisme au mutualisme, donc l'interaction plantes-endophytes a été désignée comme un continuum (Saikkonen *et al.*, 1998; Schulz et Boyle, 2005).

Les champignons endophytes présentent en réalité un mode de vie intermédiaire entre le parasitisme et le mutualisme (Saikkonen *et al.*, 1998). Cela est déterminé par les conditions environnementales et l'état physiologique de l'hôte (Andéol et Benjamin, 2016).

Il est intéressant de remarquer que chaque individu d'une espèce de champignon peut parfois adopter plusieurs modes de vie au cours de son existence, selon le biotope et les conditions environnementales (Andéol et Benjamin 2016).

La colonisation d'une plante par un endophyte est la réaction d'un équilibre antagoniste. Comme mentionné précédemment, les endophytes sont des organismes vivant à l'intérieur des plantes ne montrant pas de symptômes de maladie. Cependant les voies de colonisation utilisées par les endophytes sont similaires à celles utilisées par les pathogènes (Schulz et Boyle, 2005 ; Hyde et Soyong, 2008). Ils peuvent coloniser les plantes de manière opportuniste via une blessure, mais ils peuvent aussi pénétrer dans la plante au moyen

d'exoenzymes de dégradation, ainsi que par la production de métabolites phytotoxiques (Schulz et Boyle, 2005). Cependant, les agents pathogènes latents ne semblent pas constituer une fraction importante d'assemblages endophytes (Sánchez *et al.*, 2007).

Certains champignons saprophytes trouvés généralement dans les parties de la plante sénescents ont été isolés comme endophytes des tissus sains (Promputtha *et al.*, 2007).

6- Rôle des champignons endophytes

Les plantes infectées par des champignons endophytes sont souvent plus saines que celles qui ne sont pas infectées par des champignons endophytes (Waller *et al.*, 2005). Ceci peut être dû à la production de phytohormones par ces endophytes et / ou en partie au fait que les endophytes peuvent améliorer l'absorption de l'hôte en éléments nutritifs tel que l'azote (Baladani et Dobereiner, 2000 ; Lyons, 1990). Les champignons endophytes peuvent aussi réguler le rapport carbone-azote (Raps et Vidal, 1998).

Certaines plantes infectées par les endophytes interagissent directement ou indirectement avec l'absorption de nutriments minéraux pour réduire ou prévenir le stress (Vazquez *et al.*, 1999 ; Malinowski *et al.*, 2000). Chez les espèces tolérantes à la sécheresse, les champignons endophytes exercent leur action non seulement dans le stockage et la sécrétion des sucres et des alcools (Richardson *et al.*, 1992), mais aussi dans la modification des caractéristiques des feuilles, ce qui réduit les pertes par transpiration (Richardson *et al.*, 1990 ; Elmi *et al.*, 2000).

Les plantes infectées par des champignons endophytes ont souvent un avantage distinct contre le stress biotique et abiotique (Bonnet *et al.*, 2000 ; Loquet, 1993). Elles ont une protection contre les herbivores et les agents pathogènes par la production de métabolites secondaires. Ces derniers générés par les endophytes dans les tissus des végétaux sont des mycotoxines et des antibiotiques alcaloïdes (Kunkel *et al.*, 2004 ; Wilhelm *et al.*, 1998).

Sur le plan génétique, il a été démontré que le symbionte endophyte confère une résistance à l'attaque parasitaire, en inhibant le développement des larves de parasites (Oliver *et al.*, 2003).

Les microorganismes endophytes jouent un rôle important dans l'écologie des écosystèmes, par la mise en forme des communautés végétales et la médiation des interactions écologiques (Ganley *et al.*, 2004).

Les endophytes peuvent influencer la biodiversité de la communauté, car les interactions microbiennes se sont révélées être une détermination importante de la biodiversité végétale (Clay et Holah, 1999). Chez les Graminées et quelques plantes herbacées (Wilkinson et *al.*, 2000), les endophytes dominants sont connus pour produire des substances toxiques telles que les alcaloïdes qui luttent contre les herbivores. Chez les plantes ligneuses, les endophytes ont un rôle de défense pour diminuer ou éviter les dommages causés par les agents pathogènes (Miller et *al.*, 2002).



Chapitre 3

Matériel et méthodes

1-Description de la zone d'étude

1-1 Situation géographique

La région de Laghouat est éloignée de la capitale Alger de 400 Km. Sur la latitude Nord de $33^{\circ} 48'$ et la longitude Est de $02^{\circ}35'$, elle se trouve à 752 m d'altitude sur le flanc sud de l'Atlas Saharien. De par sa position géographique et ses caractéristiques climatiques, la Wilaya de Laghouat fait partie du groupe des neuf Wilayas pastorales du pays ainsi que des Wilayas du Sud, sa superficie est de 25 052 km² (Figure 13).

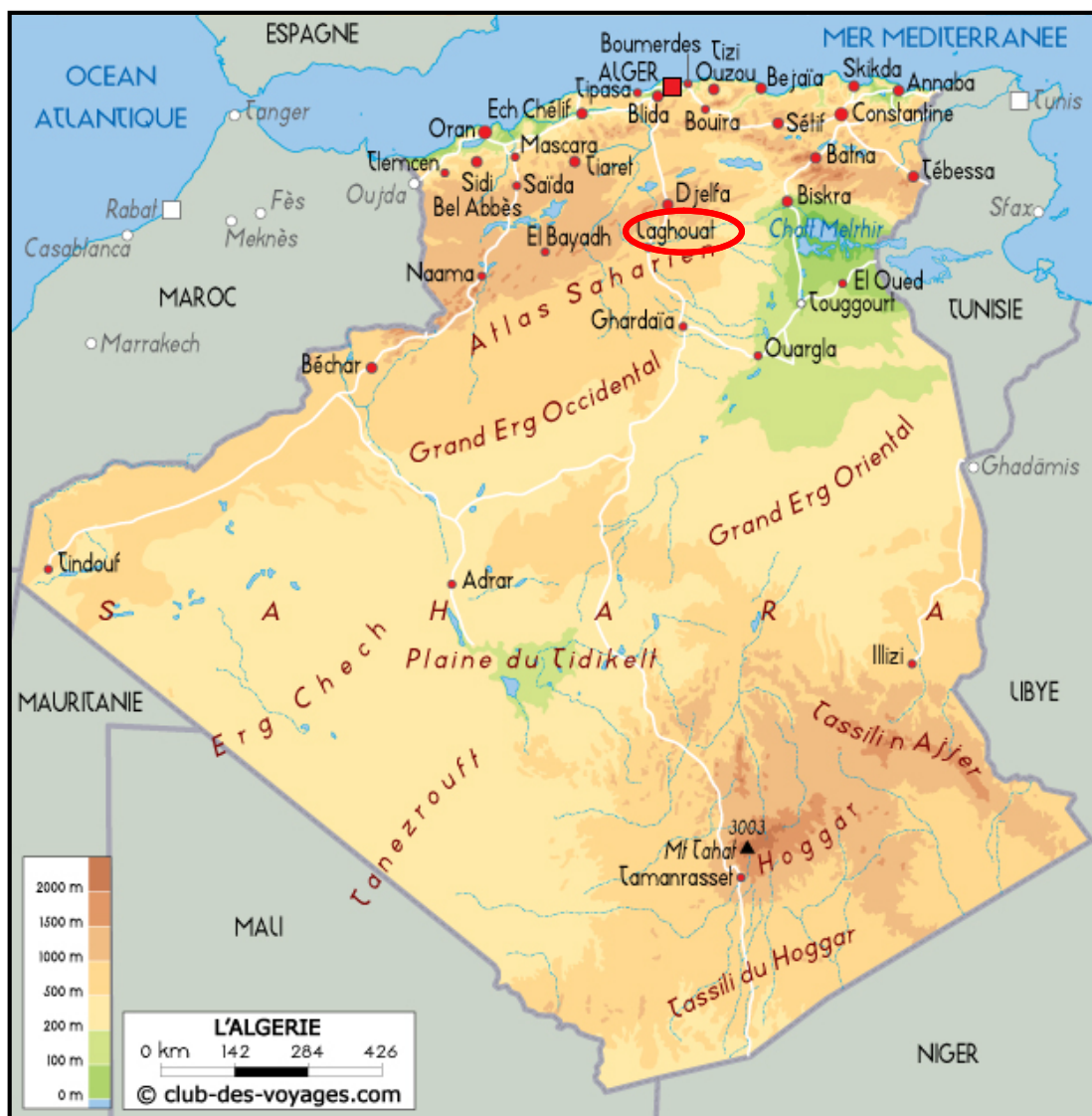


Figure 13 : localisation de la wilaya de Laghouat (google .fr)

La wilaya fait partie des wilayas du sud de l'Algérie. Elle est limitée par les wilayas suivantes (Figure 14)

- Au Nord : Tiaret
- Au Sud : Ghardaïa
- A l'Est : Djelfa
- A l'Ouest : El-Bayadh

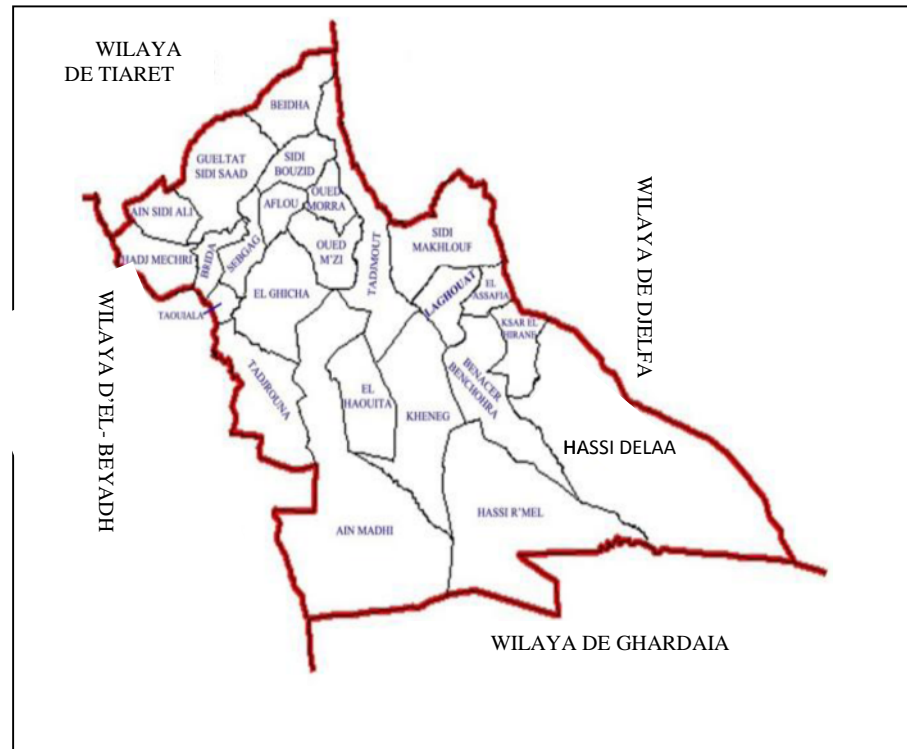


Figure 14 : limites de la wilaya de Laghouat (google. Fr)

Notre zone d'échantillonnage est la Daya de Hassi Delâa, qui se trouve à environ 70 km au sud de la ville de Laghouat. Elle est située au coeur de la région des dayas. Ces dayas correspondent à des zones de concentration des eaux de ruissellement. Ces dépressions sont également le lieu privilégié de décantation de diverses particules en suspension. Les dayas de Laghouat sont à fond très plat, de forme régulière et peuplées de pistachier de l'Atlas (Figure15). Elles couvrent environ 2% de la surface des terrains de parcours. (Monjauze, 1982).



Figure15 : vue générale dayate Saadi avril 2016

1-2- Bioclimat de la zone d'étude

De par sa situation géographique, la wilaya de Laghouat appartient au domaine saharien, au sous-domaine saharien nord occidental selon l'esquisse phytocorologique des domaines et secteurs biogéographiques de l'Algérie (Barry et *al.*, 1958 *in* Kebci, 2008).

Notre zone d'échantillonnage Hassi Delâa est dépourvue de station météorologique, nous avons donc utilisé les données thermiques et pluviométriques de la station de Hassi R'mel. Elle est située à 764 m d'altitude, à une latitude de 32°56' N et une longitude de 03°18'E, et ceci pour une période de 12 ans (2002-2012) recueillis par l'Office National de la Météorologie (O. N. M) d'Alger.

➤ **Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen**

Etablissant une relation entre les précipitations moyennes mensuelles et la température moyenne du mois, Bagnouls et Gaussen (1953) considèrent qu'un mois est sec quand le total des précipitations (en mm) est inférieur ou égale au double de la température (en°C), c'est-à-dire ; lorsque le rapport : $P \leq 2T$ (Figure 15).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour la station de Hassi R'mel révèle une longue période de sécheresse : elle est de 12 mois, elle s'étale du mois de janvier au mois de décembre (Boubrima, 2014).

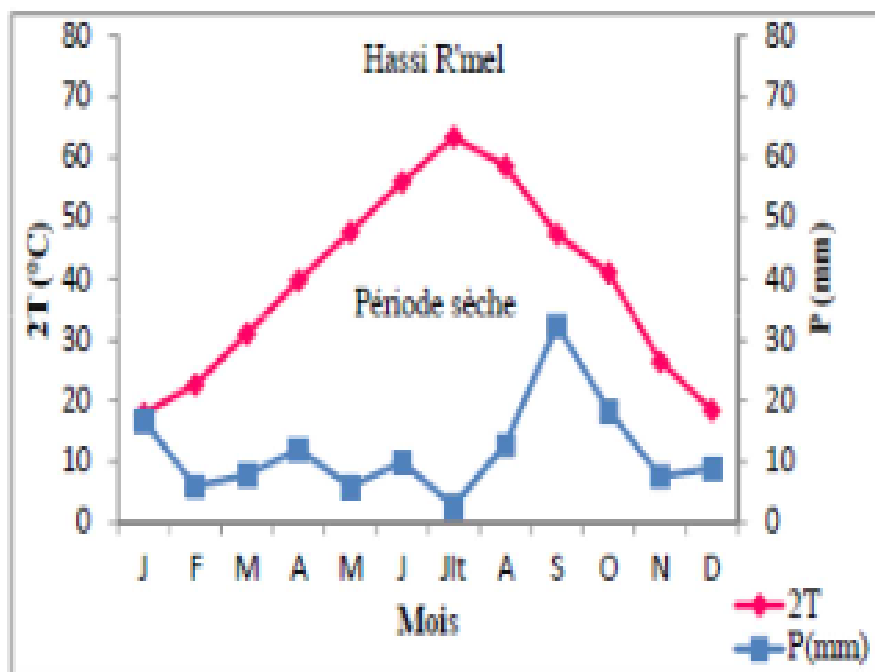


Figure 16 : diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la station de Hassi R'mel Laghouat (2002-2012) (Boubrima, 2014).

➤ **Méthode de Le Houérou (1995)**

Le Houérou (1995) s'est basé sur un rapport appelé quotient pluvio-évapotranspiratoire (P/ETP). ETP étant l'évapotranspiration = $68,64 \times t$, où t est la température moyenne annuelle.

Le tableau 1 retrace les différents calculs effectués pour classer notre station dans la zonation éoclimatique de Le Houérou (1995).

Tableau 1 : données et paramètres utilisés dans la classification éoclimatique de la station de Hassi R'mel (Boubrima, 2014).

Station	P (mm)	M (°C)	m (°C)	M+m/2 (°C)	ETP _p	P/ETP	(P/ETP)*100	Classification
Hassi R'mel	181.48	40.89	2.03	21.46	1473	0.12	12	Aride inférieur à hiver frais

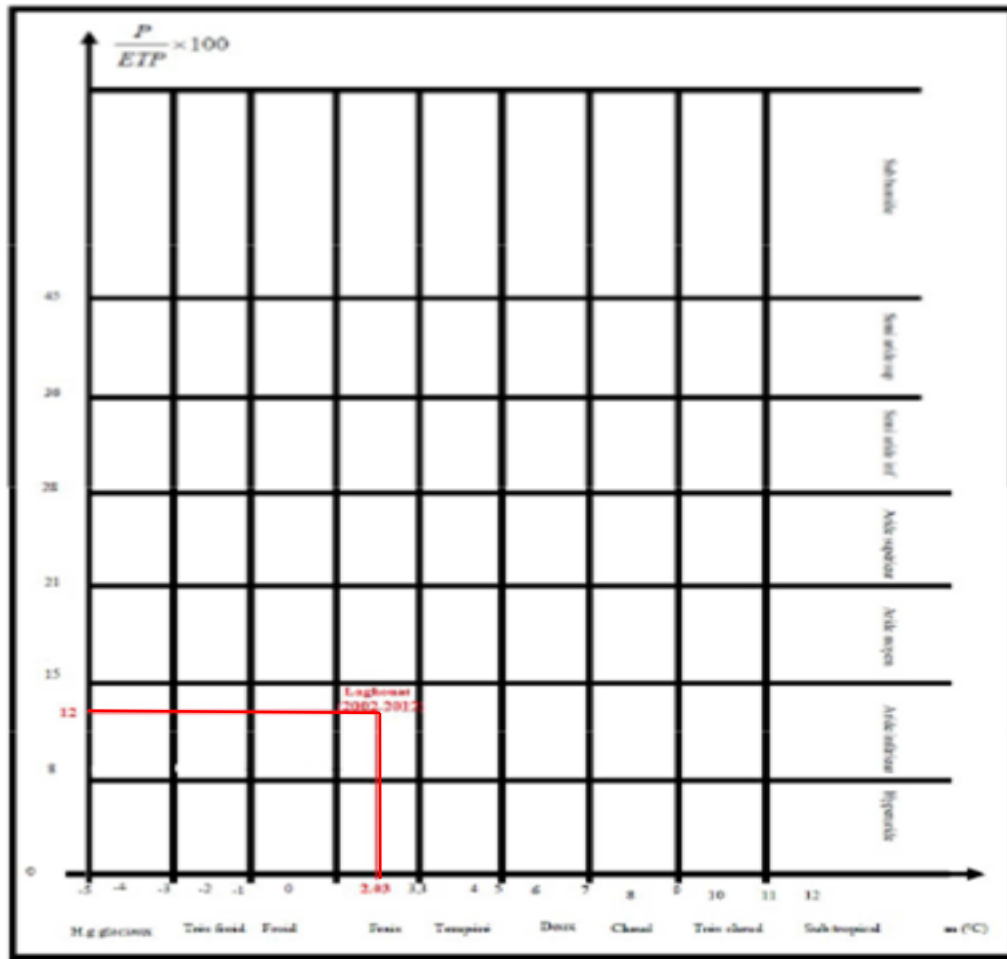


Figure 17 : zonation écoclimatique de Hassi R'mel selon la méthode de Le Houérou (1995) (Boubrima, 2014).

2-Matériel végétal

L'échantillonnage s'est fait sur des feuilles saines de 6 sujets, d'âge et de sexes différents. Les feuilles ont été récoltées au mois d'Avril 2017, par M^{elle} MECHIAH F, au niveau de dayate Saadi, région de Hassi Delâa, wilaya de Laghouat. Les prélèvements des feuilles de pistachier de l'Atlas ont été effectués sur 6 arbres différents. Les feuilles prélevées tout autour de l'arbre et à différentes hauteurs.

les caractéristiques de chaque sujet sont présentées dans le tableau et la figure suivants.

Tableau 2 : coordonnées et caractéristiques des différents sujets.

	Cordonnées GPS			Sexe
	X	Y	Altitude	
Sujet 1	33°29'.663 Nord	3°28'.109 Est	809,54m	Femelle
Sujet 2	33°29'.709 Nord	3°28'.95 Est	832,71m	Immature
Sujet 3	33°29'.724 Nord	3°28'.148 Est	813,81m	Femelle
Sujet 4	33°29'.641 Nord	3°28'.147 Est	812,95m	Male
Sujet 5	33°29'.666 Nord	3°28'.176 Est	812,29m	Femelle
Sujet 6	33°29'.715 Nord	3°28'.174 Est	805,28m	Male

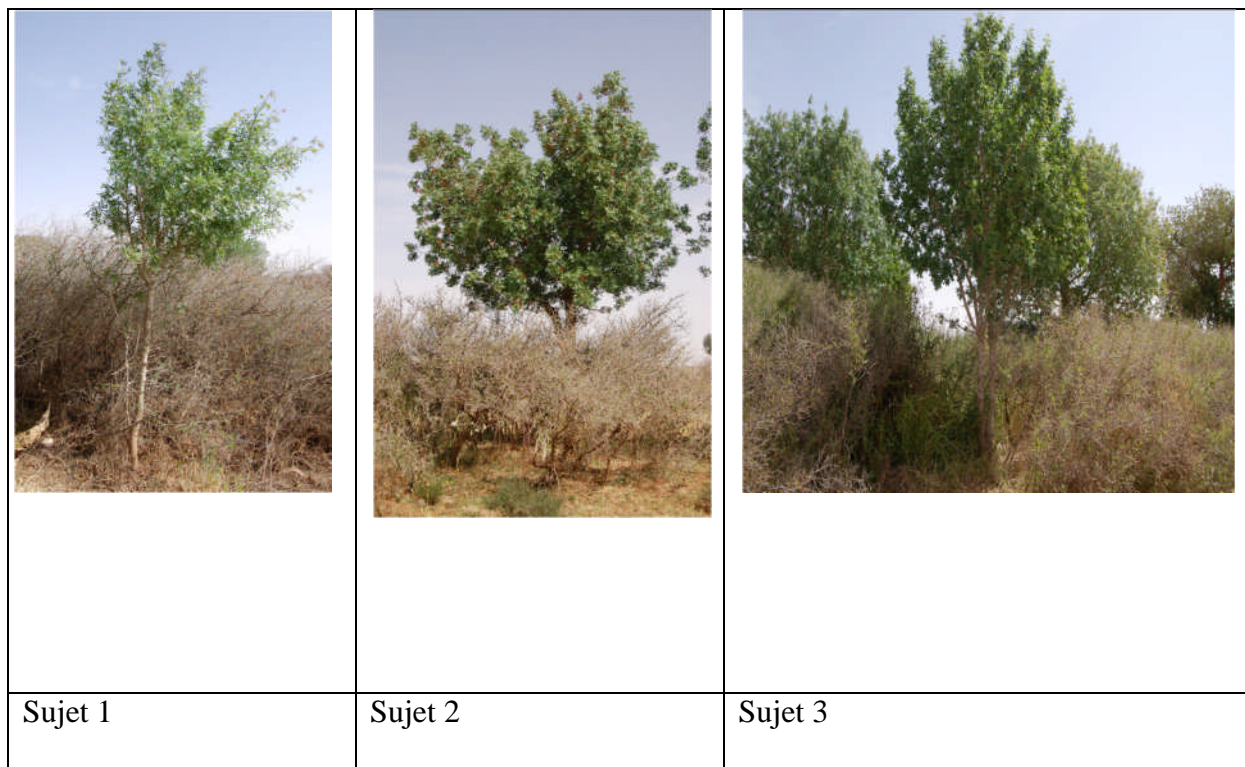


Figure 18 : les sujets 1,2 et 3 récoltés.

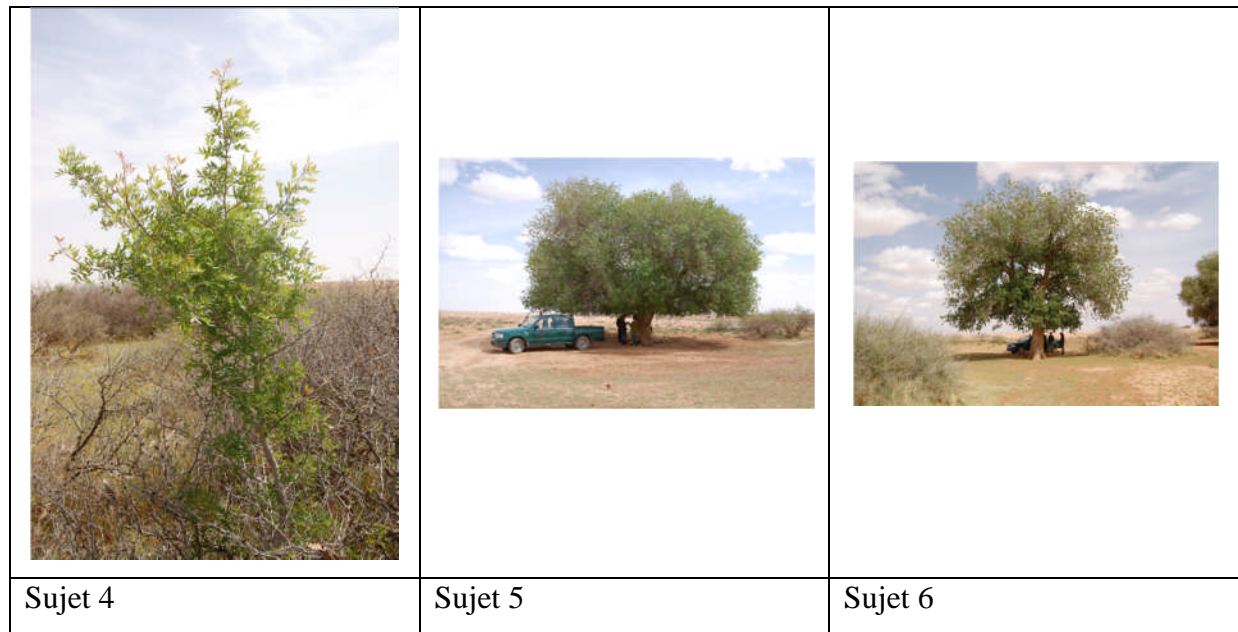


Figure 19 : les sujets 4,5 et 6.

3-Coloration des feuilles

Pour colorer les feuilles de *Pistacia atlantica* Desf., nous avons pris de chaque feuille 3 à 4 folioles et nous les avons mises dans un bécher. Nous avons opté pour la méthode de Phillips et Haymann (1970) dont le protocole est le suivant :

- rincer les feuilles à l'eau courante ;
- mettre les feuilles dans du KOH à l'étuve à 90 °C (remplacer la solution du KOH aussitôt qu'elle devient foncée);
- faire plusieurs rinçages à l'H₂O₂ (10%), à l'étuve à 90°C pendant 10 à 20 mn ;
- rincer à l'eau courante;
- neutraliser les feuilles dans un bain d'acide lactique (10%) pendant 3 à 4 mn ;
- mettre les feuilles dans une solution colorante (bleu Trypan) à l'étuve à 90°C ;
- rincer à l'eau courante ;
- mettre dans du glycérol pour la conservation.

Après coloration, les folioles des feuilles colorées sont placées entre lames et lamelles. Nous avons fait des observations sous microscope photonique. Des photos sont prises à différents grossissements.



Chapitre 4

Résultats et discussion

Le travail effectué au laboratoire nous a permis de mettre en évidence l'existence de mycoendophytes foliaires chez le pistachier de l'Atlas de la daya de Hassi Delâa de la wilaya de Laghouat. La présence d'endophytes foliaires a été donnée par Lehadi (2013) chez *Pistacia atlantica* de la même daya.

Plusieurs études ont montré la présence de mycoendophytes chez le pistachier de l'Atlas, telles que l'étude de Hadj Benamane et Ould Amrouche (2009) qui ont montré la présence de champignons endophytes au niveau des racines de *Pistacia atlantica* de Theniet El Had (wilaya de Tissemsilt), de Zareb. (2014) et de Benfoddil (2015), qui ont trouvé des mycoendophytes au niveau des feuilles du pistachier de l'Atlas de deux dayas différentes : dayate Aiat et dayate El Gouffa (wilaya de Laghouat). D'autres études sur d'autres espèces telles que celle de Vidal et al. (2006), ont noté la présence de champignons endophytes au niveau des feuilles de palmier (*Phoénix dactylifera* L.) et celle de Bernardi-Wenzel et al. (2010), qui a révélé la présence de mycoendophytes foliaires chez *Luhea divaricata*.

Les observations au microscope photonique sur les feuilles du pistachier de l'Atlas colorées au bleu trypan, montrent que la colonisation des tissus de la feuille par les mycoendophytes est inter et intracellulaire (Figure 20). Ces observations aussi faites par Lehadi (2013) dans son étude sur les endophytes foliaire de pistachier de l'Atlas de la même daya. L'étude de Zareb (2014) a montré la présence de ces mêmes structures au niveau des espaces inter et intracellulaires de la feuille du pistachier de l'Atlas de dayate Aiat (Timzerth), et les observations de Benfoddil (2015) notent la présence d'hyphes mycéliennes pigmentées au niveau des espaces inter et intracellulaires des différents tissus foliaires.

La colonisation au niveau des différents tissus foliaires du pistachier de l'Atlas est caractérisée par des hyphes mycéliennes pigmentées au niveau des espaces inter et intracellulaires (Figure 20). Ces résultats ont été confirmés par plusieurs études telles que l'étude de Durán et al. (2005), qui a identifié sous microscope optique et après coloration des feuilles de *Sapindus saponaria*, des hyphes et une masse de mycélium dans les cellules au niveau des espaces intercellulaires et leur extension d'une cellule à une autre. L'étude d'El-Nagerabi et son équipe (2013) a confirmé aussi la présence des mêmes structures au niveau des feuilles du jujubier d'Oman (El Jabel ElAkhdar). La présence de mycoendophytes foliaires au niveau des espaces intercellulaires de la feuille du pistachier de l'Atlas peut être expliquée par la présence de nutriments indispensables au développement de champignons

endophytes. L'espace intercellulaire se compose de la juxtaposition de trois ou quatre cellules et la dissolution de la lamelle moyenne riche en nutriments permet le développement des champignons endophytes (Kuldau et Bacon, 2008).

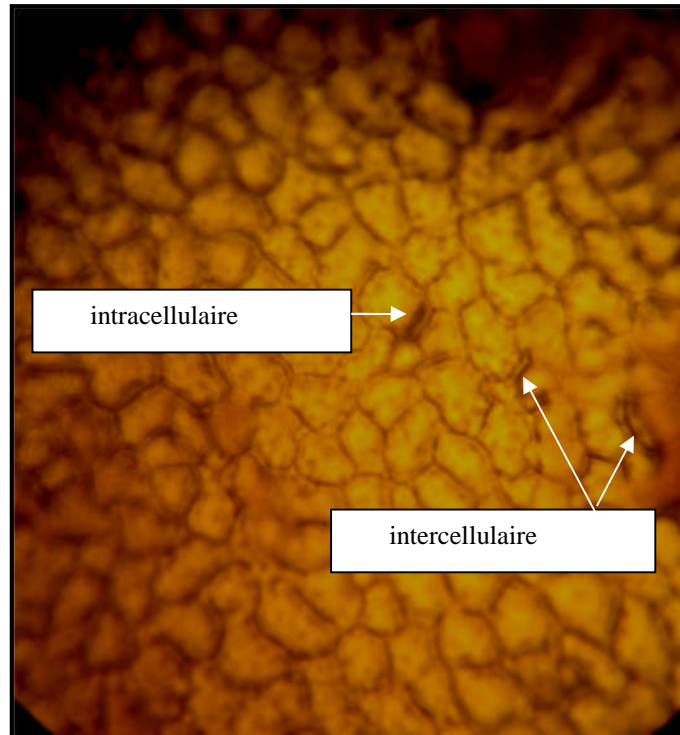


Figure 20: observation microscopique d'une colonisation inter et intracellulaire de champignons endophytes au niveau de cellules épidermiques de la feuille du pistachier de l'Atlas (x400).

Les observations microscopiques sur la feuille du pistachier de l'Atlas ont montré que l'épiderme porte des stomates répartis aléatoirement sur toute la surface foliaire et sont observés de part et d'autre au niveau de la nervure principale de la feuille. Les stomates sont colonisés par des champignons endophytes (Figure 21). Ces résultats ont été confirmés par Lehadi (2013), qui a observé que la plupart des sujets des feuilles de *Pistacia atlantica* ont des stomates colorés en bleu. Aussi, les études de Zareb (2014) et de Benfoddil (2015) ont révélé la présence de champignons endophytes au niveau des stomates de plusieurs sujets de *Pistacia atlantica* de deux dayas différentes, dayate Aiat et dayate El Gouffa (wilaya de Laghouat).

La présence de champignons endophytes au niveau des stomates a été expliquée par les résultats de Peixoto-Neto et *al.* (2002), qui ont indiqué que la colonisation de la feuille par les champignons endophytes se fait via les ouvertures stomatiques. Certaines études expliquent la

présence de champignons endophytes au niveau des stomates par la capacité de tolérance à la sécheresse que possèdent ces champignons endophytes. La tolérance à la sécheresse est liée à la diminution de la conductance stomatique, découlant elle-même d'une baisse de la transpiration foliaire, d'une meilleure utilisation de l'eau et d'une amélioration de l'ajustement osmotique (Cheplick et Faeth, 2009 ; Malinowski et Belesky, 2000). Cet ajustement améliorerait la capacité de la plante à accumuler des métabolites, des glucides, des acides aminés et des alcaloïdes fabriqués par la plante, et qui sont produits par l'endophyte et ainsi à maintenir la turgescence des cellules pendant la sécheresse (Cheplick et Faeth 2009 ; Malinowski et Belesky, 2000).

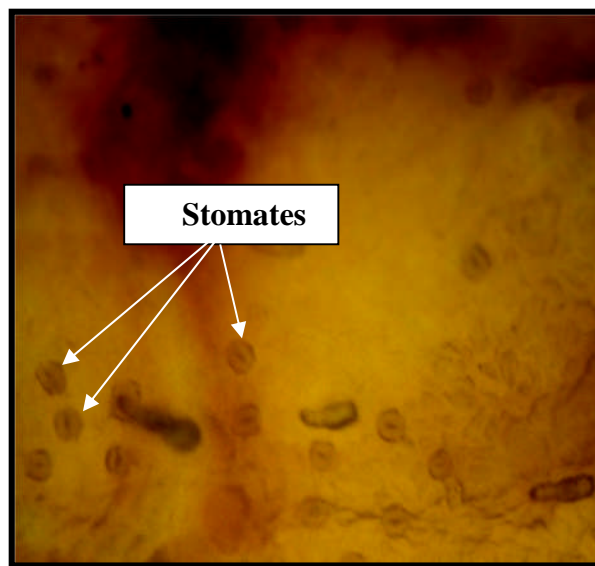


Figure 21 : observation microscopique des stomates de la feuille du pistachier de l'Atlas colonisés par des champignons endophytes (x400).

L'épiderme des feuilles du pistachier de l'Atlas porte deux types de poils. Certains sont non glandulaires (tectoires), simples unicellulaires trouvés généralement sur les bordures (Figure 22) et au niveau de la nervure principale de la feuille; ce type de poil montre une section subcirculaire ; il est généralement long et effilé et parfois court.

Les poils glandulaires sont courts et présentent une tête pluricellulaire à pied unisériel. Le même résultat a été montré par Alyafi (1978) qui rapporte la présence de poils glandulaires pluricellulaires chez toutes les provenances de *Pistacia atlantica*, parmi lesquelles figuraient deux provenances algériennes.

Nous avons noté que les trichomes tecteurs des feuilles de *Pistacia atlantica* de dayate Saadi ne sont pas colonisés par des champignons endophytes. Ce résultat a été noté par Lehadi (2013) chez *Pistacia atlantica* de la même daya, et confirment ceux de Zareb (2014). Contrairement aux observations de Benfoddil (2015), qui a noté une forte colonisation par des champignons endophytes au niveau des poils tecteurs des bordures des feuilles de la même espèce à dayate El Gouffa. L'absence des champignons endophytes au niveau des trichomes tecteurs peut nous renseigner sur l'absence de synthèse de métabolites de défense au niveau de ces structures. En fait, les trichomes tecteurs assurent beaucoup plus un rôle mécanique contre les facteurs abiotiques et biotiques (Szyndler et *al.*, 2013).

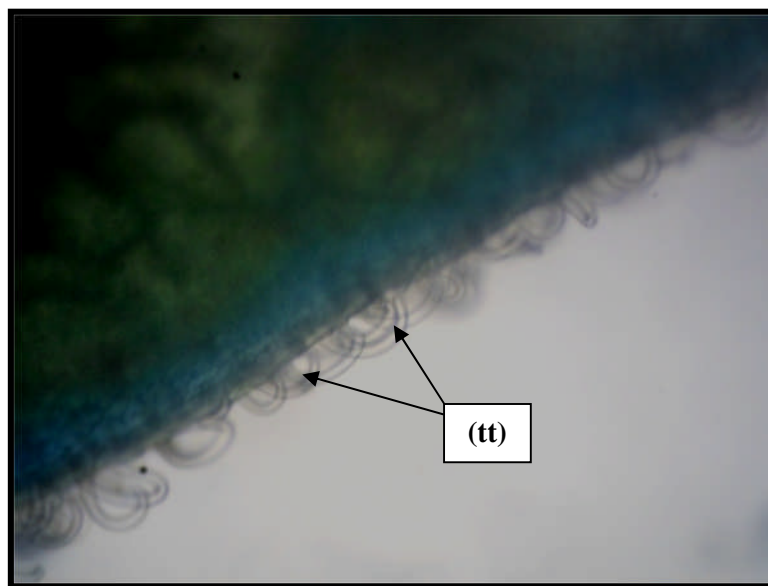


Figure 22 : observation microscopique des trichomes tecteurs (tt) non colonisés par des champignons endophytes au niveau de la feuille du pistachier de l'Atlas (X 400).

Les champignons endophytes sont présents au niveau des trichomes glandulaires (Figure 23). Ce résultat a confirmée celui de Lehadi (2013) chez *Pistacia atlantica* de la même daya, de Zareb (2014) et de Benfoddil (2015) qui ont observé des champignons endophytes au niveau des trichomes glandulaires de dayate Aiat et dayate El Gouffa (wilaya de Laghouat).

La défense chimique contre les herbivores peut être associée avec différents types de trichomes. Les trichomes glandulaires contiennent parfois des métabolites de défense toxiques (Steinite et Levinsh, 2003). L'accumulation de ces composés toxiques à la surface permet leur contact direct avec les insectes, les agents pathogènes et les herbivores. Ainsi, les exsudats des

trichomes sont idéalement placés pour fournir une première ligne de défense contre les organismes attaquants, fournissant peut-être du temps pour l'activation des défenses induites. (Wagner et *al.*, 2004). Les terpénoïdes (monoterpènes, sesquiterpènes, diterpènes et triterpènes) sont clairement le groupe de composés le plus fréquents et le plus complexes, trouvés dans les exsudats des trichomes glandulaires (Kelsey et *al.*, 1984 ; Wagner et *al.*, 2004). Les champignons endophytes quant à eux produisent plusieurs des terpénoïdes (Khan et *al.*, 2011 ; Crozet et Canard, 2016). La présence de champignons endophytes au niveau de trichomes glandulaires peut être responsable de la synthèse et la sécrétion de ces composés terpénoïdes.

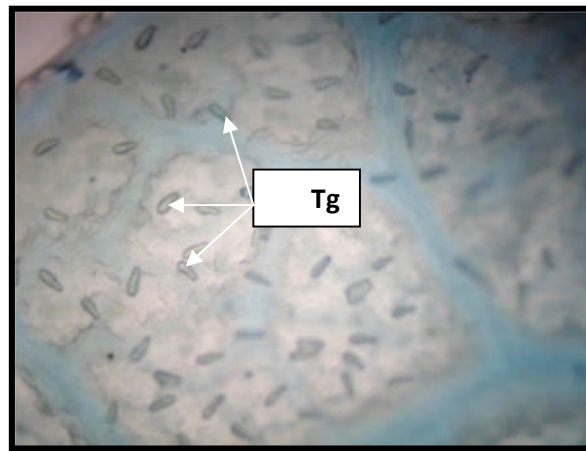


Figure 23 : observation microscopique dds trichome glandulaire (Tg) colonisé par des champignons endophytes au niveau de la feuille du pistachier de l'Atlas (X 100).

Nous avons observé que le parenchyme est fortement colonisé par des champignons endophytes au niveau de toutes les feuilles du pistachier de l'Atlas de dayate Saadi, Hassi Delâa (Figure 24). Ce résultat a été noté par Lehadi (2013) chez le pistachier de l'Atlas de la même daya mais aussi Zareb (2014) et de Benfoddil (2015). Dans certains cas, les champignons sont colorés uniquement en bleu ou en marron et d'autres cas, ils sont un mélange de bleu et de marron. Ces résultats concordent avec ceux de Gómez-Vidal et *al.* (2006), qui a démontré la présence de champignons endophytes au niveau des feuilles du palmier (*Phoenix dactylifera* L.).

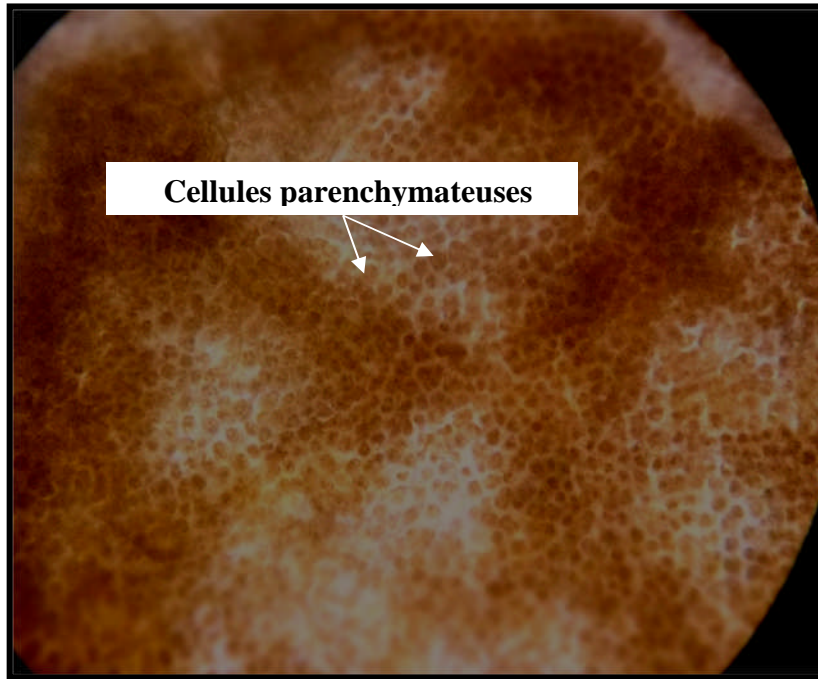


Figure 24 : observation microscopique d'un parenchyme de la feuille du pistachier de l'Atlas observé sous microscope photonique colonisé par des champignons endophytes colorés en marron (x400).

Les observations microscopiques des feuilles du pistachier de l'Atlas ont permis aussi de remarquer la présence de champignons endophytes au niveau des tissus conducteurs (phloème et xylème) de la nervure principale et des nervures secondaires (Figure 25). Ce résultat a été noté par Lehadi (2013) chez *Pistacia atlantica* de la même daya, mais aussi par Zareb (2014) et Benfoddil (2015). Hallmann et al. (1997), qui ont révélé la présence de champignons endophytes à l'intérieur de cellules du xylème et du phloème. Sessitsch et al. (2002) ont montré que les endophytes résident à l'intérieur des tissus vasculaires.

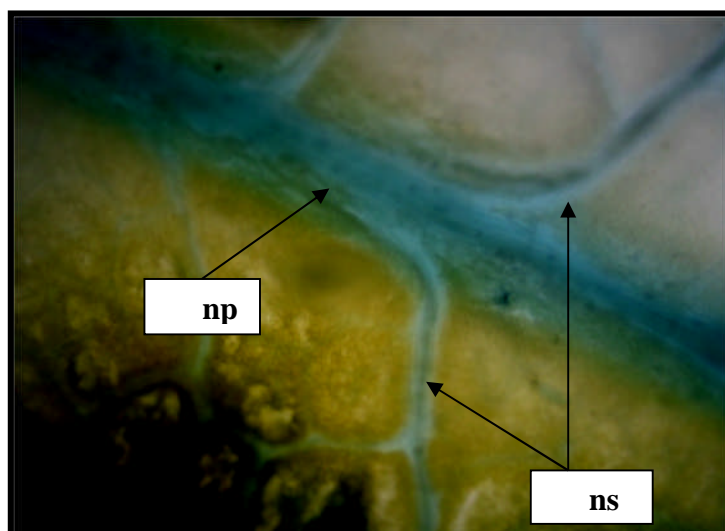


Figure 25 : observation microscopique de la nervure principale (**np**) et des nervures secondaires (**ns**) de la feuille du pistachier de l'Atlas colonisées par des champignons endophytes colorées en bleu (x100).



Conclusion

Conclusion générale

Notre travail a pour objectif de montrer la présence de mycoendophytes foliaires au niveau de différents sujets de pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) de dayate Saadi, Hassi Delâa, wilaya de Laghouat. Pour cela, nous avons réalisé une coloration au bleu trypan sur les différentes (folioles) selon le protocole de Phillips et Hayman (1970).

L'observation au microscope photonique des feuilles de *Pistacia atlantica* Desf., après la coloration au bleu Trypan, a révélé la présence de structures avec des couleurs bleu et marron dans les espaces inter et intracellulaires. Nous avons remarqué que l'épiderme porte des stomates colonisés par des champignons endophytes, et aussi nous avons noté l'existence de deux types des poils, poils non glandulaires sans champignons endophytes et des poils glandulaires portant de champignons endophytes. Nous avons noté aussi que ces champignons endophytes sont présents au niveau des cellules parenchymateuses, la nervure principale et les nervures secondaires.

D'après nos observations microscopiques nous avons noté que les champignons endophytes existent dans les feuilles du pistachier de l'Atlas et au niveau de tous les tissus foliaires (épiderme, stomates, trichomes glandulaires, parenchyme palissadique et vaisseaux conducteurs).

Ce travail doit être complété et enrichi par des études futures plus approfondies, montrant la présence de champignons endophytes chez d'autres populations de pistachier de l'Atlas présentes dans un bioclimat aride et d'autres bioclimats où cette espèce est présente.

Il faut montrer la présence d'une relation symbiotique intime entre ces champignons endophytes et les feuilles du pistachier de l'Atlas.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

Ait Said S., 2011. Stratégies adaptatives de deux espèces du genre *Pistacia* (*P. lentiscus* L. et *P. atlantica* Desf) aux conditions d'altitude, de salinité et d'aridité: approches morpho-anatomiques, photochimiques et écophysiologicals. Thèse de doctorat, UMMTO, 160 p.

Alyafi J., 1979. Approches systématiques et écologiques du genre *Pistacia* dans la région méditerranéenne. Thèse de 3^e cycle Faculté des Sciences et Techniques de St-Jerome, Marseille, France.

Andeol Senequier-Crozet., Benjamin Canard. 2016. Les champignons endophytes : impact sur les ecosistemas et production de molecules d'interet therapeutique. Sciences pharmaceutiques. <dumas-01266084>

Andrzej., N 2002. Coexistence and coevolution: various levels of interactions I. Internal fungi (endophytes) and their biological significance in coevolution. WIAD. Bot., **46**, 35.

Arnold AE., 2007. Understanding the diversity of foliar endophytic fungi: progress, challenges, and frontiers. Fungal Biol. Rev. 21(2-3): 51– 66.

Arnold L., Mejia C., Kylo D., Rojas E. I., Maynard Z., Robins N and Herre E. A., 2003. Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 100, 15649.

Barrow J.R., 2003. Atypical morphology of dark septate fungal root endophytes of *Bouteloua* in southwestern USA rangelands. Mycorrhiza; 13:239.

Belhadj S., 2007. Etude eco-botanique de *Pistacia atlantica* Desf. (Anacardiaceae) en Algérie, préalable à la conservation des ressources génétiques de l'espèce et à sa valorisation. Thèse de doctorat en sciences Agronomiques, option écologie végétale, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 177 p.

Benfoddil L., 2015. Inventaire des champignons endophytes des feuilles de *Pistacia atlantica* Desf. de dayate El Gouffa (Laghout, Algérie). Mémoire de

Références bibliographiques

Magister, Département des Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou.

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.

Bernardi-Wenzel J., Garcia A., Rubin-Filho C. J., Prioli A. J., Pamphile J. A., 2010. Evaluation of foliar fungal endophytes diversity and colonization of medicinal plant *Luehea divaricata* (Martius et Zuccarini). Biol. Res., 43: 375-384.

Bonnet O., Camares P and Veisseire J., 2000. Effects of zinc and influence of *Acremonium lolii* on growth parameters, chlorophyll a fluorescence and antioxidant enzyme activities of ryegrass (*Lolium perenne* L. cv Apollo). Exp. Bot., 51, 945.

Boubrima A., 2014. Diversité architecturale du système racinaire du pistachier de l'Atlas en fonction du sol sous-jacent dans deux dayas de la région de Laghouat (Algérie) : dayate Saadi (Hassi Delâa) et dayate Aïat (Timzerth). Mémoire de Magister, Université Amar Telidji Laghouat.

Bryan G. B et Mauseth J. D., 2012. Structure des plantes, Edition Quae, 2^{eme} édition.

Carroll G. 1988. Fungal endophytes dans les tiges et les feuilles - de la forme latente pathogène à mutualistic symbionte. *Ecologie*, **69** : 2-9.

chemistry of plant trichomes. New York: Plenum Press, 187±240.

Cheplick G., Faeth S., 2009. Ecology and evolution of the grass- endophyte symbiosis. Oxford University Press, New York, USA, 241 p.

Clay K and Holah J., 1999. Fungal endophyte symbiosis and plant diversity in successional fields. *Science*, 285, 1742

Clay K., 1986. Grass endophytes. In: Fokkenna N.J. and Van Den Heuvel

Références bibliographiques

J.(eds). Microbiology of the phyllosphere, Cambridge, UK: Cambridge University Press; pp. 188-204.

Duniway J. M., 1979. Water relations of water molds. Annu. Rev. Phytopathol. 17:431- 460.

Durán E.L., Ploper L.D., Ramallo J.C., Grandi rap, Giancoli ach, Azevedo J.L, 2005. The foliar fungal endophytes of Citrus limon in Argentina. Can. J. Bot., 83: 350-355.

Elmi A.n and West C., 1995. Endophyte infection effects on stomatal conductance, osmotic adjustment, and drought recovery of tall fescue. Grass Forage Sci., , 131, 61-67.

Elmi C. P., West R. T., Robbin and Kirkpatrick T. L., 2000. Endophyte effects on reproduction of a root-knot nematode (*Meloidogyne marylandi*) and osmotic adjustment in tall fescue. Grass Forage Sci., 2000, 31, 166.

El-Nagerabi, S.A.F., Elshafie, A.E., Alkhanjari, S.S., 2013. Endophytic fungi associated with *Ziziphus* species and new records from mountainous area of Oman. Biodiversitas. 14, (1): 10-16.

Ganley R. J., Brunsfeld S. J. and Newcombe G. 2004. A community of unknown, endophytic fungi in western white pine Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 101, 10107.

García, A., Rhoden, S.A., Rubin Filho, C.J., Nakamura, C.V., and Pamphile J.A., 2012. Diversity of foliar endophytic fungi from the medicinal plant *Sapindus saponaria* L. and their localization by scanning electron microscopy. Biol. Res., 45 : 139-148.

Gómez-vidal S., Lopez-lorca L.V., Jansson H.B., Salinas J. 2006. Endophytic colonization of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) leaves by entomopathogenic fungi. Micron, 37: 624-632.

Gorenflot R et Brono de Foucault., 2005. Biologie végétale, les cormophytes. 7^{ème} édition.

Références bibliographiques

Gorenflot R., 1980. Biologie végétale, plantes supérieures, 1- appareil végétatif. Ed. Masson, Paris.

Guerin D., 1898. Sur la présence d'un champignon Dans l'lvraie. Journal Botanique, **12** : 230-238.

Hallmann J., Quadt-Hallmann A., Mahaffee W.F., and Kloepper J.W., 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. Can. J. Microbiol., **43** : 895-914.

Hyde K.D. and Soyong K. 2008. The fungal endophyte dilemma. Fungal Diversity, **33** : 163 -173.

Jumpponen A., 2001. Dark septate endophytes - are they mycorrhizal? Mycorrhiza, **11(4)**: 207- 211.

Jumpponen A., and Trappe J.M., 1998. Dark septate endophytes : a review of facultative biotrophic root- colonizing fungi. New Phytologist, **140 (2)**: 295 - 310.

Kadi Bennane S., 2004. Etude biosystématique et évolution adaptative de trois populations de *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* (Ain Oussera, Messaad et Tamanrasset) par le biais du complexe stomatique. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques, Option : Forésterie et conservation de la biodiversité. UMMTO.

Kelsey RG, Reynolds GW, Rodriguez E. 1984. The chemistry of biologically active constituents secreted and stored in plant glandular

Khan AL., Hamayun M., Kim YH., Kang SM., Lee JH., Lee IJ., 2011. Gibberellins producing endophytic *Aspergillus fumigatus* sp. LH02 influenced endogenous phytohormonal

Kuldan G., and Bacon C., 2008. Clavicipitaceous endophytes: their ability to enhance resistance of grasses to multiple stresses. Biological Control, **46** : 57–71.

Références bibliographiques

Kunkel P., Grewal S and Quigley M. F., 2004. A mechanism of acquired resistance by the black cutworm *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera) to an entomopathogenic nematode. *Biol. Control*, 29, 100.

Kusari S., and Spiteller M., 2012. Metabolomics of endophytic fungi producing associated plant secondary metabolites : progress, challenges and opportunities. *Metabolomics*, 1866: 241– 266.

Laberche J.C., 1999. Biologie végétale. Dunod Paris. 2^{ème} édition.

Latch C. G. M., 1993. Physiological interactions of endophytic fungus and their host. Biotic stress tolerance imparted to grasses by endophytes. *Agric., Ecosyst. Environ.*, 44, 143.

Lehadi L., 2013. Contribution à l'étude des endophytes foliaires chez le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. ssp *atlantica*): cas de la population de Dayate Saadi (Hassi Delâa, Laghouat). Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou.

Le Houérou H.N., 1995. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique: diversité biologique, développement durable et désertisation. *Options méditerranéennes, série B*, 10: 1-396.

levels, isoflavonoids production and plant growth in salinity stress. *Process Biochem.* 46(2) : 440–7

Li H.Y., Wei D.Q., Shen M., and Zhou Z.P., 2012. Endophytes and their role in phytoremediation. *Fungal Diversity*, 54: 11–18.

Luttge U., Kluge M., and Bauer G., 2002. Botanique. Londres, Paris. 3^{ème} Edition.

Lyons P C., 1990. Effects of the Fungal Endophyte *Acremonium coenophialum* on Nitrogen Accumulation and Metabolism in Tall Fescue. *Plant Physiol.* 92(3): 726.

Malinowski D. P., and Belesky D. P., 2000. Adaptation of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Crop Sci.*, 40: 923-940.

Références bibliographiques

Malinowski P., Alloush G. A. and Belesky D. P., 2000. Leaf endophyte *Neotyphodium coenophialum* modifies mineral uptake in tall fescue. *Plant Soil*, 227, 115.

Meyer S., Reeb C., et Bosdeveix R., 2008. Botanique : Biologie et physiologie végétales. Edition Maloine, Paris, 461 p.

Miller S., Mackenzie M., Foto G., Adams W. and Findlay J. A., 2002. Needles of white spruce inoculated with rugulosin-producing endophytes contain rugulosin reducing spruce budworm growth rate. *Mycol. Res.*, 106, 471.

Misko L and Germida J.J., 2002. Taxonomic and functional diversity of pseudomonads isolated from the roots of field-grown canola. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 42 ,399.

Monjauze A., 1980. Connaissance du bétoum *Pistacia atlantica* Desf. *Biologie et forêt.*, 4 : 357-363.

Moricca S., and Ragazzi A., 2008. Fungal endophytes in Mediterranean oak forests: A lesson from *Discula quercina*. *Phytopathology*, 98 : 380-386.

Nabors M., 2008. Biologie végétale, structure, fonctionnement, écologie du Mississipi (Etat-Unis), publiée par Pearson éducation française.

Oliver M., Russell J. A., Moran N. A. and Hunter M. S., 2003. Facultative bacterial symbionts in aphids confer resistance to parasitic wasps. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*100, 1803-1803.

Ould Amrouche S. et Hadj Benamane D., 2009. Contribution à la recherche de la mycoflore endophyte et mycorhizienne du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*. Desf.ssp. atlantica): population de Theniet El Had (wilaya de Tissemsilt). Mémoire d'ingénieur en Sciences Agronomiques, UNSA.

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. *Transaction of the British Mycological Society*, 55: 158-160.

Références bibliographiques

Porras-Alfaro A., and Bayman P., 2011. Hidden fungi, emergent properties: endophytes and microbiomes. In: VanAlfen NK, Bruening G, Leach JE eds. Annual Review of Phytopathology, Vol 49. Palo Alto: Annual Reviews, 291-315.

Promptuttha I., Lumyong S., Dhanasekaran V., Mckenzie E.H.C., Hyde K.D., Jeewon R., 2007. A phylogenetic evaluation of whether endophytes become saprotrophs at host senescence. *Microb. Ecol.*, 53, 579-590.

Quézel P., et Médail F., 2003 - *Ecologie et Biogéographie. Biologie des forêts du bassin méditerranéen.* Elsevier, Paris, 573 p.

Raps A., and Vidal S., 1998. Indirect effects of an unspecialized endophytic fungus on specialized plant - herbivorous insect interactions. *Oecologia*, **114** , 541.

Raven, P.H., Evert, E., et Eichorn, 2007. *Biologie végétale.* Editions de Boeck. 2^{ème} édition.

Redecker D., Kodner R., and Graham L.E., 2000. Glomalean fungi from the Ordovician. *Science*, 289(5486) : 1920–1.

Reis V.M., Baldani J.I., Baldani VLD and Dobereiner J., 2000. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. *Crit. Tour. Plant Sci.*, **19** , 227-247.

Richardson M. D., Bacon C.W., and Hoveland C. S., 1990. The effect of the endophyte removal on gas exchange in tall fescue. In Proc.Int.Symp Neotyphodium/Grass Interact., Louisiana Agricultural Experimental Station, Baton Rouge, LA, USA, ,pp. 189–193.

Richardson M.D., Chapman G.W., Hoveland C. S., and Bacon C. W., 1992. Sugar alcohols in endophyte-infected tall fescue under drought. *Crop Sci.*, 32, 1060-1061.

Rodriguez R.J., White J.F., Arnold A.E., and Redman R.S., 2009. Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytologist*, 182 : 314–330.

Références bibliographiques

Roland J. C., 2001. Biologie végétale 2. Organisation des plantes à fleurs. Dunod, Paris, 8^{ème} édition.

Saikkonen K., Faeth S.H., Helander M., and Sullivan T.J., 1998. Fungal endophytes : a continuum of Interactions with Host Plants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29 (1) : 319 – 43

Saikkonen K., Wali P. R. and Helander M. Genetic compatibility determines endophyte-grass combinations. *PLoS One* 2010; **5**(6): e11395. doi:10.1371/journal.

Saikkonen K., Wali P., Helander M., and Faeth S.H., 2004. Evolution of endophyte - plant symbioses. *Trends in Plant Science*, 9 (6): 275 - 280.

Sánchez Márquez S., Factures GF., and Zabalgozcoa I., 2007. The endophytic mycobiota of the grass *Dactylis glomerata*. *Fungal Diversity* 27: 171-195.

Schmidt S.K., Sobieniak-Wiseman L.C., Kageyama S.A., Halloy S.R.P., and Schadt C.W., 2008. Mycorrhizal and dark-septate fungi in plant roots above 4270 meters elevation in the Andes and Rocky Mountains. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 40 (3): 576 - 583.

Schulz B., and Boyle C., 2005. The endophytic continuum. *Mycological Research*, 109 (6): 661- 686.

Senequier-crozet Andéol et Canard Benjamin., 2016. Les champignons endophytes : impact sur les ecosistemas et production de molecules d'interet therapeutique. 102 p.

Sessitsch., Reiter B., Pfeifer U., and Wilhelm E., 2002. Cultivation-independent population analysis of bacterial endophytes in three potato varieties based on eubacterial and Actinomycetes-specific PCR of 16S rRNA genes. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 39, 23-32.

Sherwood M., and Carroll G., 1974. Fungal succession on needles and young twigs of old-growth Douglas fir. *Mycologia* **66**: 499–506.

Références bibliographiques

Steinite I., et Ievinsh G., 2003. Possible role of trichomes in resistance of strawberry cultivars against spider mite. *Acta Universitatis Latviensis*, 662. 59–65.

Stone J.K., Bacon C.W., and Blanc J.F., 2000. In *An Overview of Endophytic Microbes: Endophytism Defined*, ed. C. W. Bacon and J. F. White, Jr., M. Dekker, Inc., New York, pp. 3–5.

Stone J.K., Polishook J.D., and White J.F., 2004. Endophytic fungi. In: *Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods* (Mueller G.M., Bills G.F., Foster M.S., eds). Elsevier Academic Press, San Diego, USA. pp. 241-270.

Strobel G. A., 2003. Endophytes as sources of bioactive products. *Microbes Infect.*, 5(6): 535.

Sturz A.V., and Nowak J., 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Appl. Soil Ecol.*, 15, 183-90.

Szyndler M.W., Haynes K.F., Potter M.F., Corn R.M., and Loudon C., 2013. Entrapment of bed bugs by leaf trichomes inspires microfabrication of biomimetic surfaces. *J R. Soc. Interface*, 10: 2013 0174. <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2013.0174>.

trichomes. In: Rodriguez E, Healey PL, Mehta I, eds. *Biology and*

Ulrich Luttge., Manfred Kluge., Gabriela Bauer., 2002. *Botanique*. 3 édition. TEC et DOC.

Vazquez-De-Aldana B. R., Garcia-Criado B., Zabalgozcoa I., and Garcia-Ciudad A.J., 1999. Influence of fungal endophyte infection on nutrient element content of tall fescue. *Plant Nutr.*, 22, 163-.

WAGNER G. J., WANG E and Shepherd R. W., 2004. New Approaches for Studying and Exploiting an Old Protuberance, the Plant Trichome. *Annals of Botany* 93: 3±11.

Waller B., Achatz H., Baltruschat J., Fodor K., Becker M., Fischer T., Heier R., Huckelhoven C., Neumann D., Wettstein D et al. 2005.

Références bibliographiques

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.

Werker E., 2000. Trichome diversity and development. *Advances in Botanical Research*, 31: 1±35.

Wilhelm E., Arthofer W., Schafleitner R., and Krebs B., 1998. *Bacillus subtilis* an endophyte of chestnut (*Castanea sativa*) as antagonist against chestnut blight (*Cryphonectria parasitica*). *Plant Cell, Tissue Organ Cult.*, , 52, 105-108.

Wilkinson H. H., Siegel M. R., Blankenship J. D., Mallory A. C., Bush L. P., and Schardl C. L., 2000. Contribution of fungal loline alkaloids to protection from aphids in a grass-endophyte mutualism. *Mol. Plant–Microbe Interact.*, 13(10), 1027.

Yaaqobi A., El Hafid L., et Haloui B., 2009. Etude biologique de *Pistacia atlantica* Desf. de la région orientale du Maroc. *Biomatec Echo* (6): 39 – 49.

Zareb A., 2014. Contribution à l'étude des mycoendophytes foliaires du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) de dayate Aiat (Timzerth, Laghouat). Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Résumé- Le pistachier de l'Atlas est l'une des espèces d'arbre présente dans les régions semi-arides et arides forme une population hors forêts. Toutes les plantes dans les écosystèmes naturels semblent être symbiotiques avec des champignons endophytes. Ces derniers vivent à l'intérieur des tissus végétaux sans provoquer de symptômes à leurs hôtes. Le but du présent travail est de montrer la présence de champignons endophytes au niveau des feuilles du pistachier de l'Atlas de Dayate Saadi, wilaya de Laghouat, par une coloration au bleu Trypan, suivie d'une observation au microscope photonique. Les résultats obtenus ont montré la présence de champignons endophytes aux niveaux de tous les compartiments anatomiques de la feuille (épiderme, stomates, trichomes glandulaires, parenchyme et vaisseaux conducteurs). Ces résultats montrent qu'il existe une forte relation symbiotique entre les feuilles de *Pistacia atlantica* et les champignons endophytes. Ceci permet de maintenir cette espèce dans ces zones à déficit hydrique.

Mot-clés : champignons endophytes, feuilles, pistachier de l'Atlas, Laghouat (Algérie).

Abstract - The Atlas pistachio is one of the very special species, which in semi-arid and arid regions forms a population outside forests where environmental stresses are recurring. All plants in natural ecosystems seem to be symbiotic with endophytic fungi. The latter live inside the plant tissues without causing any symptoms to their hosts. The aim of this work is to show the presence of endophytic fungi in the leaves of the pistachio of the Dayate Hassi Delaa Atlas of the Laghouat wilaya, by a stain with the Blue Trypan followed by a photonic microscopic observation. The results obtained showed the presence of endophytic fungi in all the anatomical compartments of the leaf (epidermis, stomata, glandular trichomes, palisade parenchyma and conducting vessels). These results show that there is a strong symbiotic relationship between the leaves of *Pistacia atlantica* and the endophytic fungi. This makes it possible to maintain this species in these threatened zones of water stress.

Keywords: endophytic fungi, Atlas pistachio, Laghouat, Algeria