



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
جامعة مولود معمري تيزي وزو
Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou

Faculté des sciences

Département de Biologie

Mémoire de Master II

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences Biologique

Spécialité : Oléiculture et Oléotechnie

Thème

**Contribution a l'étude des mycoendophytes foliaire de l'Oléastre (*Olea europaea L. sbsp sylvestris*) dans un verger de la région de Tizi-Rached
Wilaya de Tizi- Ouzou.**

Présenté par : M^{elle} ACHOURI Milène

Le 09 / 2018

Devant le jury :

Promotrice : M^{me} SMAIL-SAADOUN N. Professeur à l'université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou

Présidente : M^{me} Nait Kaci M. MCCA à l'université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou

Examinatrice : M^{me} Laarbi N. MACA à l'université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou

2017/2018

DEDICACES

Ce projet de mémoire est dédié:

*à mes grands-parents
paternels allah yerhamhoum*

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail de recherche réalisé à l'Université MOULOUD MAMMARI Tizi ousou :

Je tiens, en tout premier lieu, à remercier humblement le Dieu tout-Puissant, pour sa miséricorde et de m'avoir donné la force de persévérer jusqu'à la fin de ce travail.

Il m'est tout à fait agréable de remercier et de témoigner toute ma reconnaissance à mon encadreur M^{me} Saadoun-Smail Noria pour son assistance et ses remarques pertinentes.

Un immense merci à M^{me} Nait Kaci de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

J'adresse un grand merci à M^{me} Laarbi pour avoir accepté d'évaluer et d'examiner ce travail.

Je voudrais également exprimer mes remerciements M^{elle} Zagheb Amina qui a su m'accorder son temps et ses conseils et suggestions inestimable.

Je suis aussi reconnaissant envers le personnel du laboratoire de Ressources naturels plus particulièrement M^{me} Sekhi qui a su m'aider à manipuler les matériels de laboratoire. Je lui exprime mes sincères remerciements.

Je voudrais aussi exprimer mes remerciements M^{me} Haddar Hassiba pour son aide et son soutien.

Sommaire

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

Chapitre 1 : oléastre

1. Généralités.....	3
2. Taxonomie.....	5
3. Description de l'oléastre.....	5
4. Morphologie et anatomie de La feuille d' <i>Olea europaea</i>	7
4.1 Morphologie de la feuille.....	7
5. Ecologie.....	8
6. Importance et usages de l'oléastre.....	9

Chapitre 2 : mycoendophytes

1. Introduction.....	11
2. Classification des champignons endophytes.....	12
2.1 Endophytes de la classe 1.....	13
2.2 Endophytes non-Clavicipitacées (NC-endophytes) : classes 2, 3 et 4.....	13
2.2.1 Endophytes de la classe 2.....	13
2.2.2 Endophytes la classe 3.....	14
2.2.3 Endophytes de la classe 4.....	14
3. Diversité des mycoendophytes.....	15
4. Interactions plante-endophyte.....	16
5. Rôles des mycoendophytes.....	17
5. 1 Rôle dans la nutrition et la croissance.....	18
5.2. Rôles dans la tolérance aux stress.....	19

Chapitre 3 : matériels et méthodes

1. Description de la zone d'étude.....	21
2. Etude bioclimatique.....	23
2.1. Précipitations.....	23
2.2. Températures.....	23
2.3. Diagramme ombrothermique.....	24
3. Echantillonnage sur le terrain.....	25
4. Mise en culture des feuilles.....	26
4.1 Stérilisation superficielle.....	26
4.2 Mise en culture.....	26
4.2.1 Préparation du milieu P.D.A.....	26
5. Identification.....	27
5.1 Identification macroscopique.....	27
5.2 Observation microscopique.....	27
6. Analyse statistique.....	27

Chapitre 4 : résultats et discussion

1. Fréquences de colonisation.....	28
1.1. Résultats.....	28
1.2. Discussion.....	29
2. Diversité et abondance des mycoendophytes recensés.....	30
2.1. Résultats.....	30
2.2. Discussion.....	38
2.3. Abondance et diversité des mycoendophytes par sujet.....	39
2.3.1 Résultats.....	39

2.3.2 Discussion.....	45
Conclusion générale.....	53
Références bibliographiques	

Liste des tableaux

Tableau 1. Moyenne des précipitations mensuelles de Tizi-Ouzou pour la période de 2005/2015 (source : O.N.M de Tizi- Ouzou).....	23
Tableau 2. Répartition des températures mensuelles maximales, minimales moyennes de la région de Tizi-Ouzou 2005 /2015 (source : O.N.M de Tizi-Ouzou).....	24
Tableau 3 : fréquences de colonisation (FC%) par les champignons endophytes isolés à partir des feuilles d'oléastre, après 2 mois d'incubation.....	28
Tableau 4 : classification des genres de mycoendophytes recensés au niveau des feuilles d'oléastre.....	30
Tableau 5: abondance des genres fongiques isolés à partir des feuilles de l'oléastre de Tizi-Rached.....	36
Tableau 6: comparaison de l'abondance des genres fongiques isolés a partir des feuilles et ceux des racines (Haddar 2017) de l'oléastre.....	38
Tableau 7 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 1.....	39
Tableau 8 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 2.....	40
Tableau 9: les genres de champignons endophytes pour le sujet 3.....	40
Tableau 10 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 4.....	41
Tableau 11 : genres de champignons endophytes pour le sujet 5.....	41
Tableau 12 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 6.....	42
Tableau 13 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 7.....	42
Tableau 14 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 8.....	43
Tableau 15 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 9.....	43
Tableau 16 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 10.....	44
Tableau 17 : matrice des corrélations de Pearson.....	45

Tableau18 : abondance des mycoendophytes présent au niveau des feuilles et des racines de l'oléastre de Tizi-Rached.....49

Tableau 19: Matrice des corrélations comparatives entre les genres de mycoendophytes des tissus foliaires et radiculaires de l'oléaste de Tizi-Rached.....50

Liste des figures

Figure 1 : limites de l'olivier sauvage et distribution moderne de la production d'olive dans la région méditerranéenne (Zohary, 1995).....	4
Figure 2 : fleurs d'oléastre (Anonyme, 2012).....	6
Figure 3 : fruits d'oléastre (Anonyme, 2017).....	6
Figure 4 : rameaux et feuilles d'oléastre (Anonyme, 2008).....	7
Figure 5 : section transversale de la feuille (x 400) (Fourasté, 2002).....	8
Figure 6 : classes d'endophytes selon la localisation des tissus colonisés (Kusari et <i>al.</i> , 2012).....	12
Figure 7 : situation géographique de la région d'étude (Anonyme, 2016).....	21
Figure 8 : station d'étude.....	22
Figure 9 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour la région de Tizi-Ouzou période (2005-2015).....	25
Figure 10 : <i>Cladosporium</i> isolés à partir des feuilles d'oléastre -a <i>Cladosporium</i> (X100). -b colonies fongiques <i>Cladosporium</i> dans un milieu PDA.....	31
Figure 11 : <i>Alternaria</i> sp isolés à partir des feuilles d'oléastre -a <i>Alternaria</i> sp1 (X100) ; -b <i>Alternaria</i> sp2 (X100). -c colonies fongiques d' <i>Alternaria</i> sp1 dans un milieu PDA.....	31
Figure 12 : <i>Rhizoctonia</i> isolés à partir des feuilles d'oléastre -a hyphes de <i>Rhizoctonia</i> (X100). -b colonies fongiques de <i>Rhizoctonia</i> dans un milieu PDA.....	32
Figure 13 : <i>Phoma</i> isolés à partir des feuilles d'oléastre -a pycnides de <i>Phoma</i> (X100). -b colonies fongiques de <i>Phoma</i> dans un milieu PDA.....	32
Figure 14 : <i>Chaetomium</i> isolés à partir des feuilles d'oléastre -a <i>Chaetomium</i> (X100). -b colonies fongiques de <i>Chaetomium</i> dans un milieu PDA.....	33
Figure 15 : <i>Aspergillus</i> isolés à partir des feuilles d'oléastre -a d' <i>Aspergillus</i> (X100). -b colonies fongiques d' <i>Aspergillus</i> dans un milieu PDA.....	33

Figure 16: <i>Fusarium</i> isolés à partir des feuilles d'oléastre -a <i>Fusarium</i> (X100). -c colonies fongiques de dans un milieu PDA.....	34
Figure 17: <i>Ascochyta</i> isolés à partir des feuilles d'oléastre –a d' <i>Ascochyta</i> (X100). colonies fongiques d' <i>Ascochyta</i> dans un milieu PDA.....	34
Figure 18: <i>Trycophyton</i> isolés à partir des feuilles d'oléastre -a <i>Trycophyton</i> (X100). -b colonies fongiques de <i>Trycophyton</i> dans un milieu PDA.....	35
Figure 19: <i>Curvularia</i> isolés à partir des feuilles d'oléastre -a <i>Curvularia</i> (X100).-b colonies fongiques de <i>Curvularia</i> dans un milieu PDA.....	35
Figure 20: <i>Aureobasidium</i> isolés à partir des feuilles d'oléastre -a (X100). -b <i>Aureobasidium</i> colonies fongiques de dans un m <i>Aureobasidium</i> milieu PDA.....	36
Figure21: abondance des genres fongiques des feuilles de l'oléastre deTizi-Rached.....	37
Figure 22: ACP représentant les genres de champignons endophytes et des sujets échantillonnés.....	47
Figure 23 : ACP représentant les genres mycoendophytes recensés au niveau des feuilles et des racines de différents sujets étudiés.....	51

L'olivier est un arbre de la famille des Oléacées, cultivé dans les régions au climat méditerranéen, où il occupe une place importante et emblématique pour son fruit, l'olive, qui donne une huile recherchée. Il occupe la 24ème place des espèces les plus répandues dans le monde (Breton et *al.*, 2006). C'est l'une des espèces fruitières qui connaît un regain d'intérêt en Algérie et dans le bassin méditerranéen, en témoigne la multitude des vergers plantés ces dernières années, en particulier dans le cadre de la valorisation des terres situées dans les régions semi-arides et arides (Cimato et *al.*, 2010).

L'olivier sauvage ou l'oléastre est une plante précieuse qui fait aussi partie de l'identité méditerranéenne. Des chercheurs français ont découvert récemment que les oléastres, ancêtres sauvages des oliviers, sont très diversifiés. Ils présentent, par conséquent, un bagage génétique extrêmement riche, qui constitue une ressource précieuse pour l'amélioration future des variétés d'oliviers cultivés, notamment en ce qui a trait aux caractères d'adaptation locale et de résistance aux maladies. Cela implique de préserver cette ressource génétique qui pousse toujours à l'état sauvage, mais qui est en péril en de nombreux endroits, du fait de l'urbanisation, de la désertification et de l'hybridation spontanée avec les formes cultivées (Bernard et Bervillé, 2000 ; Breton, 2002), sans oublier les incendies, qui sont devenus très fréquents ces derniers temps.

Tous ces problèmes qui menacent la présence de l'oléastre limitent aussi la présence, mais aussi la diversité d'autres espèces de microorganismes. Ces dernières sont mutualistes de cette essence et forment des symbioses endophytiques et mycorhiziennes au niveau du système foliaire et racinaire. Les champignons endophytes sont omniprésents dans la nature (Arnold et *al.*, 2003 ; Hyde et Soyong, 2008 ; Ghimire et *al.*, 2011). C'est une partie intégrante du microbiome de la plante. Les interactions entre les plantes et les endophytes ont été considérées largement comme mutualistes, car les champignons endophytes confèrent des bénéfices à leurs hôtes à travers l'amélioration de l'absorption des nutriments (Mandyam et Jumpponen, 2005 ; Dupont, 2007). Ils renforcent la croissance végétative par la production de biomolécules nécessaires (Raktoniaria, 2007 ; Sun et *al.*, 2011; Lakshman et Kurandawad, 2013). De plus, ils confèrent une résistance accrue aux agents pathogènes (Ghimire et *al.*, 2011) et développent la défense des plantes.

La phyllosphère est un hotspot de diversité fongique, puisqu'elle abrite de nombreuses espèces fongiques, sous forme de champignons filamenteux, de levures ou encore de spores en dormance (Lindow et Brandl, 2003). La connaissance des facteurs influençant la

composition et la structure de la communauté fongique est nécessaire, pour comprendre la dynamique et la composition de la diversité fongique, en association avec les facteurs environnementaux et les caractéristiques du milieu (Hättenschwiler et *al.*, 2011 *in* Costa et *al.*, 2015).

Dans le cadre des activités de recherche du laboratoire Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou (U.M.M.T.O), notre travail a pour but la contribution à l'étude des champignons endophytes de la feuille de l'oléastre de la région Tizi Rached (Tizi Ouzou, Algérie). Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la diversité et à la fréquence de colonisation de ces champignons par la mise en culture des feuilles d'oléastre. Notre mémoire comporte 4 chapitres :

- le chapitre 1 concerne l'oléastre ;
- le chapitre 2 concerne la description des mycoendophytes, leur écologie et leur diversité ;
- le chapitre 3 présente le matériel et les méthodes utilisées dans ce travail ;
- le chapitre 4 donne les résultats et leur discussion.

Nous avons terminé le travail par une conclusion générale.

1. Généralités

L'olivier sauvage ou oléastre (*Olea europaea* subsp. *europaea* var. *sylvestris*) est un élément caractéristique de la végétation méditerranéenne, en particulier de l'étage bioclimatique thermoméditerranéen, dont il est un des principaux indicateurs. Sa présence remonte aux alentours de 6000 av. JC. En Asie mineure sa culture ne serait apparue que vers 3000 av. JC en Palestine, en Syrie et en Phénicie (Besnart, 2005).

Selon Chevalier (1948), l'oléastre proviendrait de noyaux perdus ou d'arbres cultivés antérieurement puis abandonnés, donnant des populations d'individus qui retournent à l'état sauvage. En effet, cet auteur appuie son hypothèse sur le fait qu'il existe des formes très différentes d'oléastre, dans les forêts des régions où l'on cultive depuis longtemps l'olivier (Algérie, Tunisie, Maroc, Syrie, etc....). On le rencontre souvent dans les matorrals et boisements des zones méditerranéennes xérophiles. Son extension géographique est donc plus réduite que celle de l'olivier cultivé (Figure 1). Il est actuellement présent dans le Maghreb, le sud de la péninsule ibérique, les îles de la Méditerranée, le sud de l'Italie, le Péloponnèse, les côtes de Grèce, de Turquie, du Levant et du nord de la Libye, beaucoup plus sporadiquement sur le littoral nord méditerranéen (Zohary et *al.*, 2012). L'origine de l'olivier à partir de l'oléastre ne fait plus de doute à l'est comme à l'ouest du bassin de la Méditerranée. Cependant, la diversité de l'oléastre et de l'olivier est maximale à l'ouest (Breton et *al.*, 2006).

Des tentatives ont été faites pour établir des critères pour distinguer les oléastres des formes cultivées, clairement en prenant en compte les conditions climatiques favorables pour la croissance de l'olivier sauvage, une isolation des aires de culture et des zones suffisamment étendues dans le but de minimiser l'influence du pollen et semences occasionnelles provenant des zones des formes cultivées (Lumaret et *al.*, 2004), mais les relations entre ces deux formes semblent assez complexes.

Les analyses du polymorphisme de l'ADN nucléaire et cytoplasmique dans les populations d'oléastre méditerranéen ont montré que les populations de l'est diffèrent beaucoup des celles de l'ouest de la Méditerranée (Besnard et *al.*, 2001, 2002a ; Lumaret et *al.*, 2004).

La domestication de l'oléastre a commencé probablement dans la partie orientale du bassin méditerranéen (Bonnet, 1950), dans la préhistoire (au moins 5000 ans) par la multiplication végétative (Zohary et Hopf, 2000).

L'oléastre dont le fruit est oléagineux est un arbre indigène en Afrique du Nord, qui pousse à l'état naturel comme la vigne et l'amandier. L'importance de l'oléastre a été signalée dans l'alimentation des anciens habitants de Djerba, en Tunisie qui, en pressant ses fruits, obtenaient de l'huile, ce qui nécessitait sûrement une grande quantité de grains d'oléastre et exigeait certainement la maîtrise d'une technique plus ou moins développée, pour soigner les arbres et même les greffer ou les planter, afin d'obtenir de bons rendements (Boudribila, 2004). Daoudi (1994) signale que l'oléastre est une espèce très rustique ayant une longévité plus grande que l'espèce cultivée.

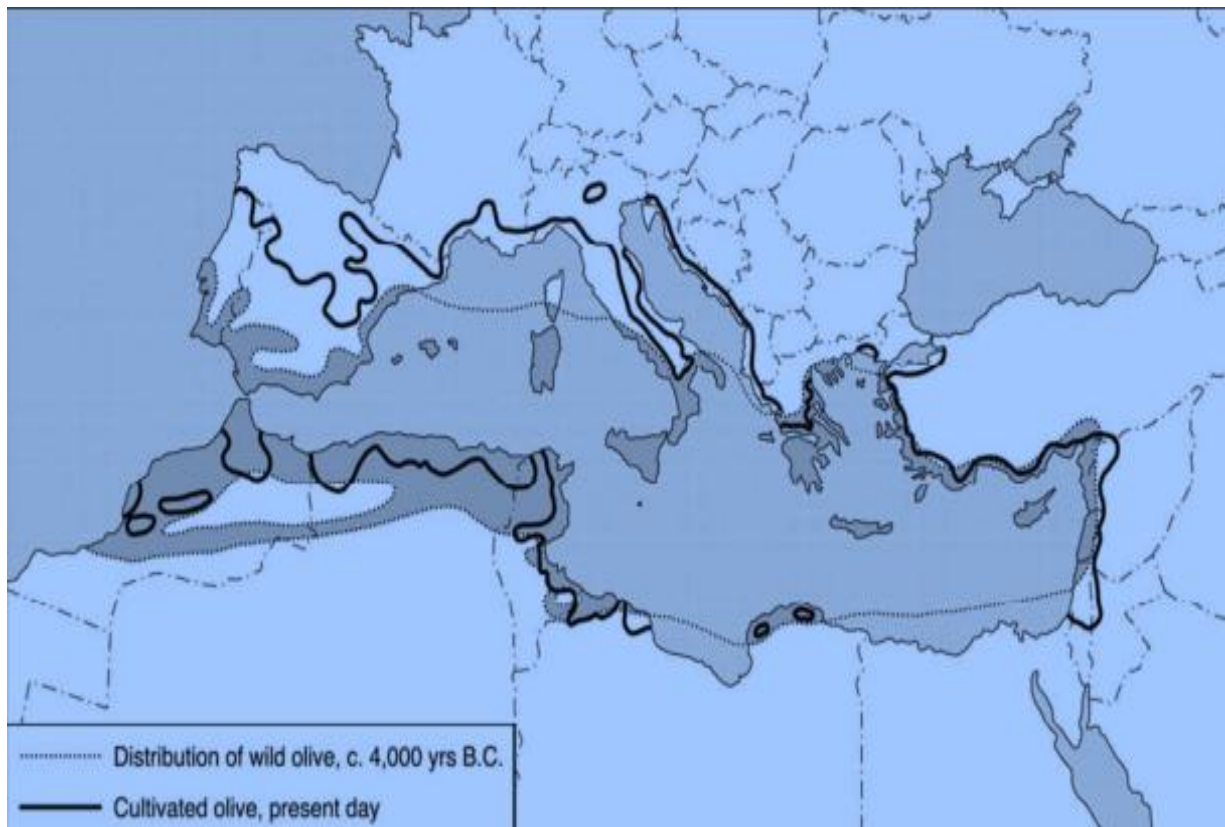


Figure 1 : limites de l'olivier sauvage et distribution moderne de la production d'olive dans la région méditerranéenne (Zohary, 1995).

2. Taxonomie

La classification botanique de l'olivier sauvage selon Ghedira (2008) est la suivante:

Embranchement: Magnoliophyta

Sous embranchement : Magnoliophytina

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Asteridae

Ordre : Scrophulariales

Famille : Oleaceae

Genre : *Olea* L.

Espèce : *Olea europaea* L.

Sous-espèce : *Olea europaea* L. subsp. *oleaster* Hoffm. et Link ou

O. europaea L. subsp. *sylvestris* Miller.

3. Description de l'oléastre

L'olivier sauvage est un arbre à tronc court et trapu, souvent contourné, se présentant fréquemment sous forme d'arbuste. L'oléastre diffère de l'olivier cultivé par la présence des pousses courtes et épineuses, presque quadrangulaires. C'est un arbuste buissonnant de 6 m de haut maximum, souvent beaucoup plus petit (Terral et Arnold-Simard, 1996 ; Beddier et *al.*, 2007). Le système racinaire est horizontal et très allongé, chargé de chevelu, il se limite en général aux premiers mètres du sol, selon la disponibilité en eau (Rozier, 2015). Les feuilles sont petites et rondes ou légèrement allongées de 3 à 4 cm, à face inférieure argentée couverte de poils (Hannachi *et al.*, 2008b).

Les fleurs petites et blanches, à quatre pétales, sont réunies en grappes dressées et situées à l'aisselle des feuilles (Figure 2). Elles sont hermaphrodites, l'androcée est composé de deux étamines, et le gynécée est formé de deux carpelles qui s'unissent en un ovaire à deux loges (Degrully et Flahault, 1907 ; Fourasté, 2002).

L'oléastre diffère de l'olivier cultivé par la présence de fruits ovoïdes de petite taille (0,5-1,2 cm), par rapport à l'olivier cultivé (1,2-4 cm), avec moins de mésocarpe (Figure 3),

une faible teneur en huile et par un stade juvénile long (Terral et Arnold-Simard, 1996 ; Baccouri *et al.*, 2008 ; Hannachi *et al.*, 2008b ; Ghedira, 2008).

De par sa faible hauteur, les fruits de l'oléastre sont facilement consommés par les animaux : la dissémination des noyaux est donc zoochore (Comte, 1990).

Selon Lousert et Brousse (1978), il existe plusieurs types d'oléastres qui se différencient par le port, la forme des feuilles, les époques de floraison et de fructification.



Figure 2 : fleurs d'oléastre (Anonyme, 2012).



Figure 3 : fruits d'oléastre (Anonyme, 2017).

4. Morphologie et anatomie de La feuille d'*Olea europaea*

4.1 Morphologie de la feuille

La feuille de l'oléastre est simple, subsessile, lancéolée, de 3 cm à 5 cm de long sur 1 cm à 1,5 cm de large, rendue convexe par dessiccation. Le limbe coriace présente une face supérieure gris-vert, lisse et brillante, où la nervure principale foncée apparaît en relief sur cette face et les nervures secondaires forment un fin réseau (Figure 4). La face inférieure, chatoyante, est recouverte d'un fin duvet facilement détachable par grattage. La nervure principale, foncée, apparaît en relief sur cette face (Fourasté, 2002 ; Rozier, 2015).



Figure 4 : rameaux et feuilles d'oléastre (Anonyme, 2008).

La section transversale de la feuille d'*Olea europaea* (Figure 5) présente de la face supérieure vers la face inférieure (Guignard, 1998 ; Fourasté, 2002) :

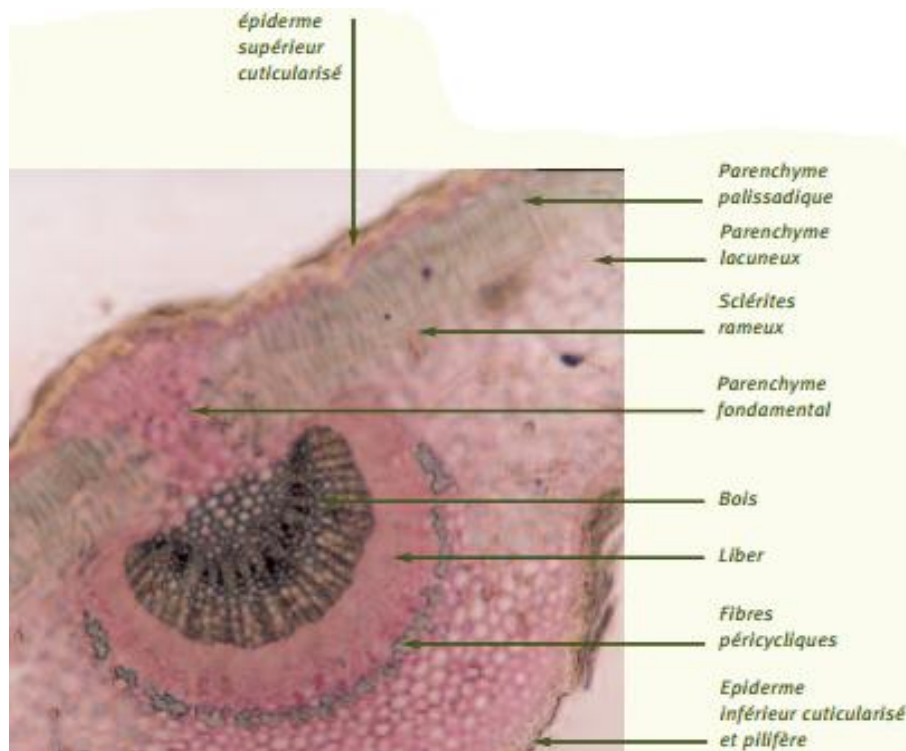


Figure 5 : section transversale de la feuille (x 400) (Fourasté, 2002).

- l'épiderme supérieur constitué d'une assise de cellules isodiamétriques, à parois cellulodiques, recouvertes d'une épaisse cuticule ; cet épiderme porte quelques poils en écusson dont le pied semble enfoncé dans l'épiderme ;
- le parenchyme constitué de cellules de taille moyenne, arrondies, à parois légèrement collenchymateuses et laissant apparaître des méats entre elles, des sclérites particuliers dits "sclérites rameux" ;
- le système conducteur en arc constitué de la superposition d'un bois et d'un liber, le pôle ligneux étant situé vers la face supérieure ; cet arc libéro-ligneux est accompagné à la face supérieure par un amas sclérenchymateux et à la face inférieure par un arc de fibres péricycliques, lignifiées.

5. Ecologie

Les populations d'olivier sauvage sont limitées à quelques secteurs isolés des forêts de la Méditerranée (Lumaret et *al.*, 2004), où le climat est caractérisé par un été chaud et sec, automne et printemps pluvieux et un hiver doux et pluvieux (Breton et *al.*, 2006). Tout comme l'olivier, il pousse en zone semi-aride à climat tempéré, sur des sols bien drainés, avec

un pH au-dessous de 8,5 et sont raisonnablement tolérants aux sols légèrement salins. Il montre une rusticité au froid et une tolérance aux températures aussi basses que -12°C. Il pousse dans le maquis de la zone littorale, sur des sols schisteux, où il forme des fourrés denses, en compagnie d'autres arbustes, notamment le lentisque (Doveri et Baldoni, 2007).

L'oléastre se reproduit d'une manière sexuée (Alcantara et Rey, 2003). Il inclut des vrais oléastres (formes sauvages présentent dans les zones naturelles) et les formes férales (domestiquées retournées à l'état sauvage), qui peuvent être issues des semences des clones cultivés ou le produit d'une hybridation entre les vrais oléastres et les cultivars. Ce sont deux formes non distinctes morphologiquement (Zohary et Hopf, 1994 ; Besnard et Bervillé, 2000 ; Bronzini de Caraffa et *al.*, 2002a).

Il faut remarquer que l'oléastre est une des plantes caractéristiques de l'association végétale appelée par les phytosociologues « *oleo-lentiscetum* » (Arab et *al.*, 2003). Cette association végétale se retrouve à peu près sur tout le pourtour méditerranéen.

La présence de l'olivier sauvage est considéré comme le meilleur bioindicateur de la flore de la région de la méditerranée (Rubio et *al.*, 2002). D'un point de vue écologique, les populations d'olivier sauvage jouent un rôle dans la protection des sols contre la désertification, à cause de leur grande résistance au vent et à la sécheresse, leur habilité de repousser après un feu ou un gel et particulièrement leur très grande longévité, qui leur permet de vivre jusqu'à plusieurs milliers d'années (Mulas, 1998). Peu de travaux de sélection sur l'olivier sauvage ont été effectués sur leur potentiel en sylviculture, ou comme une source de trait de valeur à introduire dans les cultivars (Concepcion et *al.*, 2011).

La surexploitation des forêts méditerranéennes a entraîné une diminution de la diversité de l'oléastre. L'urbanisation joue aussi un rôle dans la régression de l'oléastre (Breton et *al.*, 2006).

6. Importance et usages de l'oléastre

La forme spontanée (oléastre) est bien intégrée dans l'exploitation et la gestion des vergers traditionnels. Les agriculteurs l'utilisent couramment pour la multiplication des variétés locales par greffage et accessoirement pour la production d'huile, produite en petite quantité souvent à la demande ou juste pour l'autoconsommation. Elle est réputée pour des usages médicaux, car on lui attribue certaines vertus thérapeutiques qui font actuellemnt

l'objet de recherche . Cependant, elle est également utilisée pour l'alimentation (Caravaca et *al.*, 2002 ; Taïqui, 2009 ; Sidi Mammar, 2011 ; Arab, 2013).

Les feuilles ont été largement utilisées dans les remèdes traditionnels dans les pays européens et méditerranéens comme des extraits, des tisanes et des poudres. Ils contiennent plusieurs composés potentiellement bioactifs (Wainstein et *al.*, 2013). En ce qui concerne l'huile de l'oléastre, très peu d'informations sur sa composition et ses effets pharmacologiques potentiels sont connues (Boualem, 2009).

L'oléastre peut être utilisé comme pare-feu, si les terrains sont entretenus périodiquement. Il peut non seulement être utile à des fins économiques, mais aussi à des fins ornementales. Par ailleurs, il permet de maintenir les sols, donc de limiter l'érosion. Les autres végétaux coloniseront ces milieux et l'on observera de nouveau des successions de groupements végétaux et notamment l'association oléastres-lentisques. Le greffage sur oléastre est pratiqué dans plusieurs pays méditerranéens, notamment en Espagne, afin de faciliter l'adaptation et d'obtenir une réponse rapide des nouveaux cultivars introduits aux conditions locales (Guerin et *al.*, 2003 ; Breton et *al.*, 2006).

1. Introduction

Tous les organismes vivants constituent un ensemble cohérent, d'une part, par leur origine commune, d'autre part, en raison des relations et interactions multiples qui existent entre eux, les conduisant au niveau du globe à des associations complexes, logiques et dynamiques, mais en équilibre.

La plupart des plantes hébergent des microorganismes endosymbiotiques, appelés « endophytes », à l'intérieur de leurs tissus (Hallmann et *al.*, 1997 ; Strobel, 2002). Littéralement, le mot endophyte est dérivé du grec, «endo» signifie « intérieur » et « phyton » signifie « plante » (Jalgaonwala et *al.*, 2010). Le terme endophyte a été employé et défini pour la première fois en 1866 par De Bray. Ces endophytes sont notamment composés de bactéries et de champignons microscopiques (Wilson, 2000). Ils peuvent développer avec la plante hôte diverses interactions qui sont souvent d'ordre trophique. Ces microorganismes passent entièrement ou partiellement leur cycle de vie, en se développant d'une manière inter et/ou intracellulaire, à l'intérieur des tissus sains d'une plante dite hôte, sans causer de manière évidente de symptômes délétères (Pimental et *al.*, 2011).

Mycoendophytes est le terme proposé pour les champignons vivant dans les plantes. Ils ont été trouvés dans les tissus sains de tous les taxons végétaux étudiés à ce jour (Rai et *al.*, 2012). Il existe cependant des techniques de coloration pour les mettre en évidence (Zhang et *al.*, 2006 ; Arnold, 2007).

Le mode de transmission est le moyen par lequel le champignon endophyte peut coloniser un autre individu végétal à partir de l'hôte initial. Deux modes de transmission sont observés. La transmission verticale est le principal mode de transmission chez les mycoendophytes (Saikkonen et *al.*, 2010). Il s'agit de la transmission d'une plante à sa descendance, où des hyphes peuvent croître dans les graines ou grain de pollen de la plante hôte (Selosse et Schardl., 2007 ; Hodgson et *al.*, 2014 ; Saikkonen et *al.*, 2004).

La transmission horizontale se caractérise par la colonisation d'un nouvel hôte n'ayant la plupart du temps pas de lien avec l'hôte primaire (Arnold et *al.*, 2003 ; Saikkonen et *al.*, 2004 ; Gallery et *al.*, 2007). Elle procède de la dissémination de spores par un vecteur de dispersion (Zabalgogezcoa, 2008). Après germination, l'hyphe pénètre le nouvel hôte soit par les stomates, soit par pénétration directe au travers de l'épiderme (Higgies et *al.*, 2007).

Selon Kogel et al (2006), un champignon endophytique est bénéfique pour la plante tant qu'il conserve le bon équilibre de ses besoins par rapport aux exigences de la plante hôte. Une fois cet équilibre déstabilisé, l'endophyte devient pathogène.

La recherche scientifique sur les champignons endophytes se focalise en particulier sur deux aspects :

- pharmacologique : les endophytes ont la capacité de produire de nombreuses molécules bioactives, dont certaines possèdent des propriétés thérapeutiques utilisables contre de très nombreuses maladies (Kusari et al., 2012).
- écologique : la phylogénie des endophytes et de leurs hôtes, les interactions entre le champignon endophyte et la plante hôte, l'impact de ces champignons endophytes sur la diversité végétale et le fonctionnement des écosystèmes.

2. Classification des champignons endophytes

Les endophytes peuvent être classés dans deux grands groupes: les endophytes associés aux Graminées, dits Clavicipitaléens (*clavicipitalean*) ou Balansiacées (*balansiaceous*) selon les auteurs, et ceux associés aux autres plantes, les non-Clavicipitaléens ou non-Balansiacées (Schulz & Boyle, 2005; Hyde & Soyong, 2008). Les endophytes sont actuellement divisés en 4 classes (Rodriguez et al., 2009), selon la famille de l'endophyte concerné, la localisation dans les tissus de l'hôte (Figure 6) et le mode de transmission.

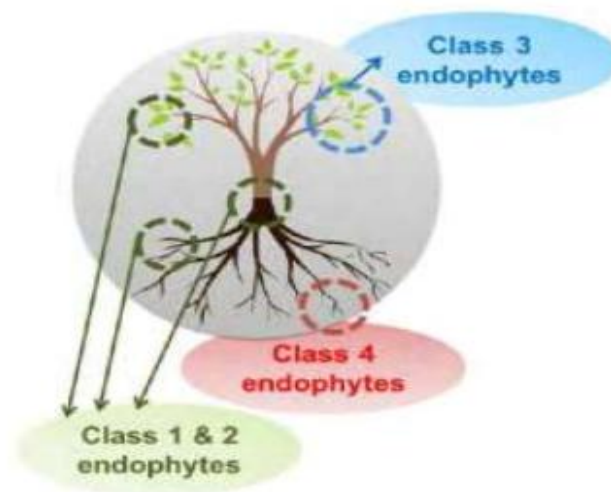


Figure 6 : classes d'endophytes selon la localisation des tissus colonisés (Kusari et al., 2012).

2.1 Endophytes de la classe 1

Ils sont constitués par des champignons appartenant à la famille des Clavicipitaceae (Ascomycota) (Sung et *al.*, 2007). Cette famille est constituée actuellement de 37 genres. Les endophytes issus des Clavicipitaceae sont des champignons colonisant un spectre étroit d'hôtes, restreint aux plantes herbacées des familles des Poaceae, Juncaceae et Cyperaceae (Clay et *al.*, 2002).

2.2 Endophytes non-Clavicipitacées (NC-endophytes) : classes 2, 3 et 4

Les endophytes des classes 2, 3 et 4 ont été à ce jour peu étudiés. Ainsi, d'une façon générale, ces endophytes ont été décrits comme apportant un bénéfice à l'hôte contre le stress abiotique. Une facilitation de l'acquisition de nutriments, une amélioration de la croissance et du rendement des plantes hôtes ont été observées (Rodriguez et *al.*, 2009). La production de composés antifongiques et antibactériens par certains endophytes contribuerait également à protéger l'hôte des phytopathogènes et ainsi augmenter sa survie (Harman, 2000).

2.2.1 Endophytes de la classe 2

Les champignons endophytes de la classe 2 présentent un spectre d'hôte large. Ils peuvent coloniser toutes les parties de la plante et croissent de manière extensive dans le milieu intercellulaire principalement (Rodriguez et *al.*, 2009). La transmission est le plus souvent verticale, mais il y a parfois transmission horizontale, en particulier lorsque l'hôte est en sénescence : le champignon émerge de l'hôte et sporule. Certains de ces endophytes sont également saprophytes et peuvent coloniser le sol. La fréquence de colonisation des hôtes en milieux à haut stress abiotique pour l'hôte est très importante (90-100%). Il est intéressant de noter que les endophytes de la classe 2 sont souvent cultivables et peuvent croître sur plusieurs milieux de culture. Il semblerait que la plupart des endophytes de classe 2 confèrent aux plantes une augmentation de la biomasse totale (racines et parties aériennes) par l'intermédiaire d'une induction de la biosynthèse de phytohormones par l'hôte ou par une synthèse exogène de ces hormones par le champignon. Ils activent les mécanismes de défense de l'hôte et peuvent conférer des avantages dits "habitats adaptés". Ils offrent une tolérance à plusieurs types de stress abiotiques tels que la sécheresse, la dessiccation, les chocs thermiques ou encore un taux de salinité important du sol (Rodriguez et *al.*, 2009).

2.2.2 Endophytes la classe 3

Le spectre des hôtes des endophytes de cette classe est très large. Les individus de cette classe peuvent coloniser, en grand nombre, les parties aériennes d'une plante mais de manière très localisée. Ainsi, chaque hôte peut présenter une grande diversité d'individus ou d'espèces différentes (jusqu'à une centaine d'espèces) (Selosse et *al.*, 2011). Les feuilles des plantes tropicales sont particulièrement colonisées par ces espèces. Leur transmission est strictement horizontale, en particulier lorsque l'hôte est en sénescence : le champignon émerge et produit des spores sexuées ou asexuées. Ces endophytes présentent une très grande biodiversité. La multitude d'individus, d'espèces différentes, colonisant simultanément le même hôte rend l'étude de leur impact sur l'écosystème en milieu naturel complexe (Rodriguez et *al.*, 2009).

2.2.3 Endophytes de la classe 4

Les endophytes de la classe 4 présentent un spectre d'hôte large, bien qu'on les retrouve souvent associés à des arbustes ou arbres, en particulier les espèces de conifères (Rodriguez et *al.*, 2009). Ils colonisent principalement la racine (Porras-Alfaro et *al.*, 2007). Ils sont caractérisés par la nature de leurs hyphes. Ces dernières sont septées et de couleur sombre de par la présence de mélanine. Ce sont les Dark Septate Endophyte (DSE). Ils sont présents. Ils semblent se reproduire par reproduction asexuée principalement (conidies et croissance/fragmentation mycélienne). Le mode de transmission est strictement horizontal (Rodriguez et *al.*, 2009).

Les endophytes de classe 4 ont un rôle particulièrement important dans les milieux arides, semi-arides, alpins ou subalpins (environnement à haut stress abiotique) (Porras-Alfaro et *al.*, 2007). Ils sont ubiquitaires du point de vue du biotope et se retrouvent dans le monde entier (Rodriguez et *al.*, 2009). Ils ont une importance similaire à celle des mycorhizes : leur distribution est large et leur taux de colonisation est important (Porras-Alfaro et *al.*, 2007). Ces champignons permettraient également de prévenir l'infection par des parasites phytopathogènes et la production de métabolites secondaires toxiques pour les herbivores (Rodriguez et *al.*, 2009) et conférerait également une protection contre les dommages liés à la dessiccation et aux radiations, notamment les ultra-violets (Mandyam et *al.*, 2005).

3. Diversité des mycoendophytes

Les champignons endophytes forment un groupe extrêmement diversifié sur le plan écologique et taxonomique (Arnold et Lutzoni, 2007). La plupart appartiennent à l'embranchement des Ascomycota. Cependant, certains appartiennent à d'autres taxons tels que les Deuteromycota, Basidiomycota, Zygomycota et Oomycota (Saar et *al.*, 2001). Ils représentent un groupe très diversifié (Zabalgoitia, 2008), avec une estimation de 1.5 millions d'espèces (Fernandes et *al.*, 2009) et une moyenne d'environ 50 espèces d'endophytes par espèce de plante, dont les multiples assises des tissus sont utilisées comme habitat. Ils ont été isolés à partir de toutes les plantes étudiées à ce jour, des plantes allant des grands arbres (Oses et *al.*, 2008), palmiers (Frohlich et *al.*, 2000), Graminées marines (Alva et *al.*, 2002) et même à partir des lichens (Li et *al.*, 2007), mais aussi, à partir de plante poussant dans les forêts aussi bien tropicales, tempérées que boréales (Stone et *al.*, 2004).

Eu égard à l'universalité des infections d'endophytes, la diversité des espèces fongiques en la matière est significative à l'échelle interspécifique ou intraspécifique de l'hôte. De ce fait, il est admis que les mycoendophytes peuvent représenter une trame substantielle d'espèces non découvertes encore (Stone et *al.*, 1996 ; Arnold et *al.*, 2000 in Stone et *al.*, 2004). La spécificité des champignons endophytes à l'égard de la plante-hôte est déterminée par plusieurs facteurs : des régulateurs de nature chimique, le génotype de l'hôte, la période de l'année, et des facteurs physico-chimiques environnants (Toti et *al.*, 1992).

L'identification des champignons endophytes est basée principalement sur des méthodes morphologiques, à l'aide des caractères du phénotype lors de la culture des champignons, concernant la colonie ou les hyphes, les caractères de la spore, ou de la structure de reproduction, si ces fonctions sont visibles (Slim et *al.*, 2012)

Les genres les plus abondants recueillis sont les suivants : *Penicillium*, *Cladosporium*, *Acremonium*, *Helgardia*, *Fusarium*, *Phaeosphaeria*, *Epicoccum*, *Epichloe*, *Alternaria*, *Chaetomium* et *Lewia*. Ces 12 genres représentent 57% de tous les isolats obtenus, mais ne représentent que 25% de toutes les espèces enregistrées (Sanchez et *al.*, 2007).

4. Interactions plante-endophyte

Les endophytes recouvrent une grande diversité d'organismes. On retrouve ainsi un large spectre d'interactions différentes entre la plante et les endophytes. Ainsi une plante peut abriter des organismes plus ou moins bénéfiques pour elle (Schulz *et al.*, 2006; Rodriguez *et al.*, 2009). Les champignons endophytes exhibent généralement –et typiquement– une vie discrète le plus souvent entière et quelques fois partielle, courant laquelle la colonisation et la croissance peuvent cesser temporairement, mais qui reprennent à nouveau après un changement induit de la part du végétal hôte ou de l'environnement physique ou biotique (Stone *et al.*, 2004). Ce rythme de croissance épisodique est une caractéristique déterminante des endophytes en général.

De même que les mycoendophytes peuvent coloniser un organe particulier de la plante, le spectre de plantes qu'ils peuvent coloniser peut varier entre les différentes souches considérées. Certains endophytes auront ainsi la capacité de coloniser de manière ubiquitaire les plantes présentes dans leur milieu, ou auront une préférence de leur hôte (Petrini, 1996; Stone *et al.*, 2000 ; Cohen, 2004).

Les endophytes possèdent différents modes de vie, donnant différentes interactions qui sont variables d'un endophyte à un autre et d'un hôte à un autre (Zabalgogazcoa, 2008). Les interactions hôte-endophytes peuvent varier d'un mutualisme vers un commensalisme ou parasitisme, selon les dispositions génétiques des deux partenaires, leur stade de développement et l'état nutritionnel, mais aussi selon les facteurs environnementaux (Boyle., 2005 ; Zabalgogazcoa, 2008 ; Selim *et al.*, 2012). Dans le cas d'une interaction mutualiste, il existe un bénéfice réciproque pour l'endophyte et la plante. Les bénéfices retirés sont tout aussi variés pour les deux organismes (Schulz *et al.*, 2006 ; Rodriguez *et al.*, 2009). La colonisation d'une plante par un endophyte est la réaction à 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 & Boyle, 2005; Hyde & Soyong, 2008). Ils peuvent coloniser les plantes de manière opportuniste, via une blessure, mais peuvent aussi pénétrer dans la plante au moyen d'exoenzymes de dégradation, ainsi qu'à la suite de la production de métabolites phytotoxiques (Schulz & Boyle, 2005). Seulement, à la différence d'une infection pathogène, une interaction plante-endophyte ne conduit pas à une maladie et il est supposé que

l'activation des systèmes de défense demeure après la colonisation (Boyle et *al.*, 2001; Bishop, 2002). Les effets résultants d'une interaction plante-endophyte ont ainsi des conséquences très différentes, selon les souches considérées, ainsi que l'hôte colonisé.

La variabilité du résultat d'une interaction peut dépendre de la souche colonisante (Tellenbach et *al.*, 2011), mais aussi des conditions environnementales (Johnson et *al.*, 1997). Un stress environnemental peut aisément perturber l'équilibre antagoniste existant entre la plante et l'endophyte, résultant potentiellement en maladie ou en rejet de l'endophyte selon le déséquilibre (Koegel et *al.*, 2006, Porras-Alfaro & Bayman, 2011 ; Selim et *al.*, 2012).

Il est supposé que la colonisation d'une plante permettrait principalement à un organisme endophyte de se protéger plus efficacement des stress biotiques et abiotiques en comparaison à un organisme de la rhizosphère (Schulz & Boyle, 2005 ; Rosenblueth & Martinez-Romero, 2006). Malgré la très grande variété d'organismes endophytes, peu de choses sont connues sur les raisons de la colonisation, ainsi que l'importance d'une phase endophyte dans leur cycle de vie (Schulz & Boyle, 2005). Les effets associés aux endophytes des Graminées sont généralement mieux connus que les effets des endophytes des plantes non herbacées (Hyde & Soyong, 2008).

5. Rôles des mycoendophytes

L'ubiquité et l'hyperdiversité des mycoendophytes supposent que ces derniers peuvent jouer des rôles extrêmement importants dans le fonctionnement des écosystèmes. Ainsi, il est probable que leurs actions au sein d'un biotope donné soient multiples (Deckert, 2000 ; Rudgers et *al.*, 2005).

En contre partie de la nutrition offerte par la plante-hôte, les champignons endophytes confèrent à cette dernière la capacité de maintenir et d'améliorer ses performances biotiques, même sous conditions écologiques sévères, par la protection contre beaucoup de ravageurs et d'agents phytopathogènes. Ils peuvent prévenir la plante hôte des herbivores et même contre des facteurs de stress abiotiques (stress hydrique, salin, radiatif, pollution,...) (Carrol, 1986 ; Azevedo et *al.*, 2000 ; Rodriguer et *al.*, 2004).

Grâce à leur capacité de produire des molécules biologiquement actives telles que les antibiotiques, des antifongiques antiviraux, immunosuppresseurs, agents anticancéreux,

antioxydants, insecticides et agents de contrôle biologique et autres molécules bioactives de rôle fonctionnel différent (Strobel et *al.*, 2004 ; Zhang et *al.*, 2006 ; Guo et *al.*, 2007) et une variété d'enzymes extracellulaires, ils peuvent aussi être une source d'éléments minéraux, comme ils peuvent délivrer la plante hôte de l'effet nocif des métaux lourds présents dans le sol (Shanrar et *al.*, 2008 ; Jalgaonwale et *al.*, 2011 ; Gustava et *al.*, 2012). En plus d'être impliqués dans la relation hôte-endophyte, ils peuvent aussi avoir des applications en médecine, agriculture et industrie (Strobel, 2002).

5.1 Rôle dans la nutrition et la croissance

Les plantes bénéficient de la présence de certains endophytes qui favorisent leur croissance (Compant et *al.*, 2005 ; Schulz et *al.*, 2006 ; Rodriguez et *al.*, 2009), par l'amélioration de l'absorption et l'assimilation des éléments minéraux (N et P notamment) (Malinowski et Belesky, 2000 ; Mandyam et Jumpponen, 2005).

Il a été constaté que les plantes colonisées par ce groupe fongique se développent mieux, ceci est dû en partie à la synthèse de certains types de régulateurs de croissance, tels que l'acide 3-indolacétique (AIA) et des cytokinines (Tan et Zou, 2001).

On retrouve parmi les terpénoïdes remarquables produits par des champignons endophytes les dérivés de l'acide gibbérélique, produit notamment par l'espèce *Aspergillus fumigatus*, endophyte du soja. Ces phytohormones provoquent une elongation cellulaire au niveau de l'entre-nœud, une croissance des tiges, des pousses et des fruits et induisent la germination, ainsi que la floraison des plantes. On les utilise pour augmenter la taille des fruits et leur teneur en sucre (Khan et *al.*, 2011).

Des effets allélopathiques ont également été attribués aux composés phénoliques relargués dans la rhizosphère. Ces composés ont un impact sur plusieurs processus physiologiques impliqués dans le maintien d'un équilibre osmotique favorable, la régulation du taux de photosynthèse, du métabolisme respiratoire et de la sphère hormonale des plantes environnantes (Zang et *al.*, 2006 ; Hirt, 2012).

Les *Neotyphodium* produisent des hormones végétales, des glycosidases et des protéases qui modifient les voies métaboliques de la plante, telles la photosynthèse, la conductance stomatique et l'ajustement osmotique (Yue et *al.*, 2000). Tout cela contribue à une meilleure capacité de compétition interspécifique pour des plantes endophytées (Clay, 1999).

5.2 Rôles dans la tolérance aux stress

Certains mycoendophytes sont susceptibles de renforcer la tolérance des végétaux hôtes à des stress environnementaux (sécheresse, forte variation de température, forte salinité...), à des phytopathogènes ou à des herbivores et contribuent par conséquent au maintien de la biodiversité végétale (Robert *et al.*, 2005).

De nombreuses expériences comparatives en serre et au champ ont révélé que le champignon procure à la plante qui l'héberge plusieurs avantages. Ainsi, les plantes endophytées tolèrent mieux différents stress tels que le déficit hydrique, les excès de sel, la vie à l'ombre, les attaques de champignons pathogènes, ou les ultraviolets, la chaleur et même la toxicité des métaux (Rodriguez *et al.*, 2004 ; Waller *et al.*, 2005 ; Hamilton & Bauerle, 2012). Cette résistance au stress pourrait découler, au moins en partie, des nombreuses molécules anti-oxydantes détectées dans les plantes infectées (White *et al.*, 2010). Les mycoendophytes ont des conséquences phénotypiques sur l'hôte. Ils augmentent la biomasse racinaire des plantes colonisées permettant un meilleur prélèvement de l'eau et des nutriments du sol lors d'un stress par déficit phosphorique (Malinowski *et al.*, 1999).

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.

La défense des plantes face aux herbivores (vertébrés et invertébrés) et aux microorganismes pathogènes est en partie médiée par deux voies métaboliques : celle de l'acide salicylique et celle de l'acide jasmonique. La voie de l'acide salicylique influe sur la défense de la plante aux pathogènes biotrophiques et quelques insectes suceurs de sève. La voie de l'acide jasmonique influe sur la défense de la plante aux pathogènes nécrotrophiques et aux herbivores (Strobel, 2003).

Plusieurs types de maladies peuvent atteindre les mammifères herbivores domestiques, qui ont mangé des herbes infectées par des endophytes. Selon Roberts *et al* (2005), une toxicose à la fétuque élevée a touché les ruminants et les chevaux, après avoir pris de la *Festuca arundinaceae* infecté par le champignon endophyte *Epichloë typhina*. Cette toxicose est due à un certain nombre de composés, tels l'acide lysergique, les amides et l'ergopeptine,

dont de fortes concentrations de ce derniers ont été trouvées infectant les semences et les feuilles des herbes.

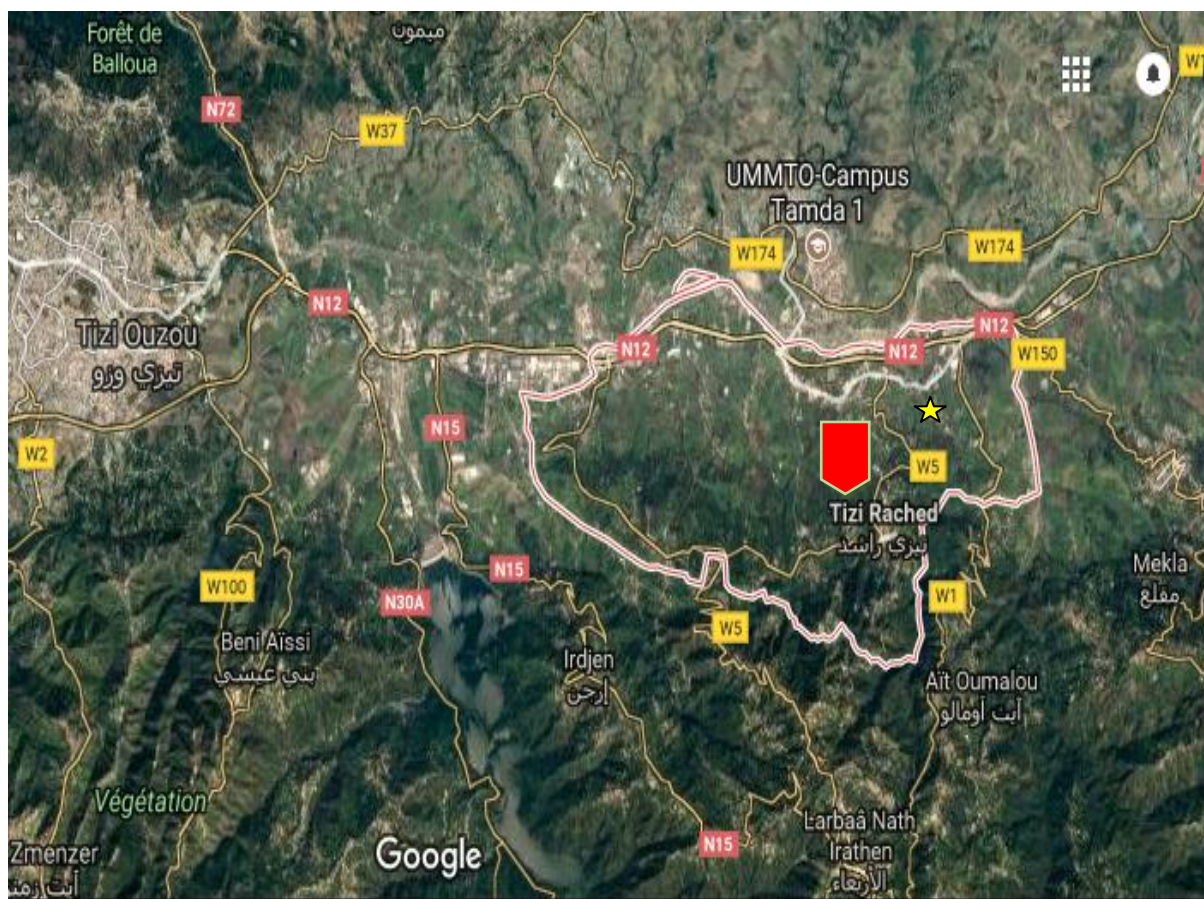
Plusieurs mécanismes peuvent être utilisés par les endophytes pour inhiber les microorganismes phytopathogènes. Parmi eux, il y a la production d'antibiotiques, la stimulation des mécanismes de défense de l'hôte, la concurrence pour la nourriture ou les sites de colonisation et le mycoparasitisme (Cao 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; Inacio et *al.*, 2006 ; Park et *al.*, 2005 ; Kim et *al.*, 2007). Dingle et *al.* (2003) ont fait l'expérience avec les endophytes du blé *Chaetomium* et *Phoma*. L'inoculation de ces champignons ainsi que l'application de leurs filtrats de cultures sur la plante ont réduit de la même façon la sévérité de la maladie foliaire causé par *Puccinia* et *Pyrenophora*.

Certains champignons endophytes peuvent être des mycoparasites ; 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).

La capacité des champignons endophytes à repousser les insectes et même à augmenter leurs taux de mortalité est corrélée avec leur capacité à produire des toxines (alcaloïdes) (Spiering et *al.*, 2005). Ces alcaloïdes semblent ralentir la croissance et le développement de certains insectes, à différents stades larvaires (Rodriguez et *al.*, 2004 ; Sullivan et *al.*, 2007). Par exemple *Acremonium lolii*, un endophyte de *Lolium perenne*, produit une forte toxine lolitrem B, qui provoque la réduction des attaques d'insectes. Il y a aussi les toxines : N-formilonine et paxiline produites par *Neotyphodium sp.* un endophyte de *Echinopogon ovatus* qui tue le charançon *Listronotus bonariensis* et d'autres insectes (Miles et *al.*, 1998). Certaines, notamment les péramines ou les lolines, sont toxiques et ont un effet répulsif sur les insectes (Pedigo, 2000), qui du coup évitent les plantes endophytées. D'autres sont actifs contre les mammifères herbivores : les lolitremes produits par *Neotyphodium* sont des neurotoxiques responsables des comportements anormaux des bovins, qui consomment la plante.

1. Description de la zone d'étude

L'échantillonnage a été réalisé dans la région de Tizi Rached située dans la wilaya de Tizi-Ouzou. La zone d'étude est à 17 Km du chef lieu de la wilaya située dans le haut Sébaou (Mesrouk, 1984). Elle est limitée administrativement au nord par la commune de Ouaguenoun, au sud par la daïra de Larbaa Nath Irathen, à l'est par la daïra de Mekla et à l'ouest par la daïra de Tizi-Ouzou. Elle est située à 221m d'altitude, à une latitude $36^{\circ}41'15.71''N$ et une longitude de $12^{\circ}39.27'E$ (Figure 7). Notre site d'étude est une oliveraie de 70 ans environ, où l'oléastre s'est installé spontanément, suite à un incendie au niveau des vergers oléicoles il y a une dizaine d'années.



Echelle : 1/200.000

Figure 7 : situation géographique de la région d'étude (Anonyme, 2016).

La station est située au nord-est du socle de la grande Kabylie, en contact dans ses bordures septentrionales avec les terrains néogènes (post-nappes) du bassin du Sébaou par

l'intermédiaire d'un système de failles d'effondrement d'orientation moyenne est-ouest. A l'est, les terrains métamorphiques plongent sous l'oligomiocène (conglomérat), lequel supporte l'édifice des olistostromes et flyschs du Haut Sébaou. Le socle est constitué de gneiss, micaschistes calcaires cristallins et schistes, datés du Précambrien. On trouve également des roches intrusives dans la série métamorphique (Raynold, 1976, Gérard 1979 *in* Issaoun et Yahiaoui, 2008).

Notre site d'échantillonnage repose sur une roche mère gréseuse et fait partie du socle métamorphique de la grande Kabylie (Ben Kacimi, 2016).

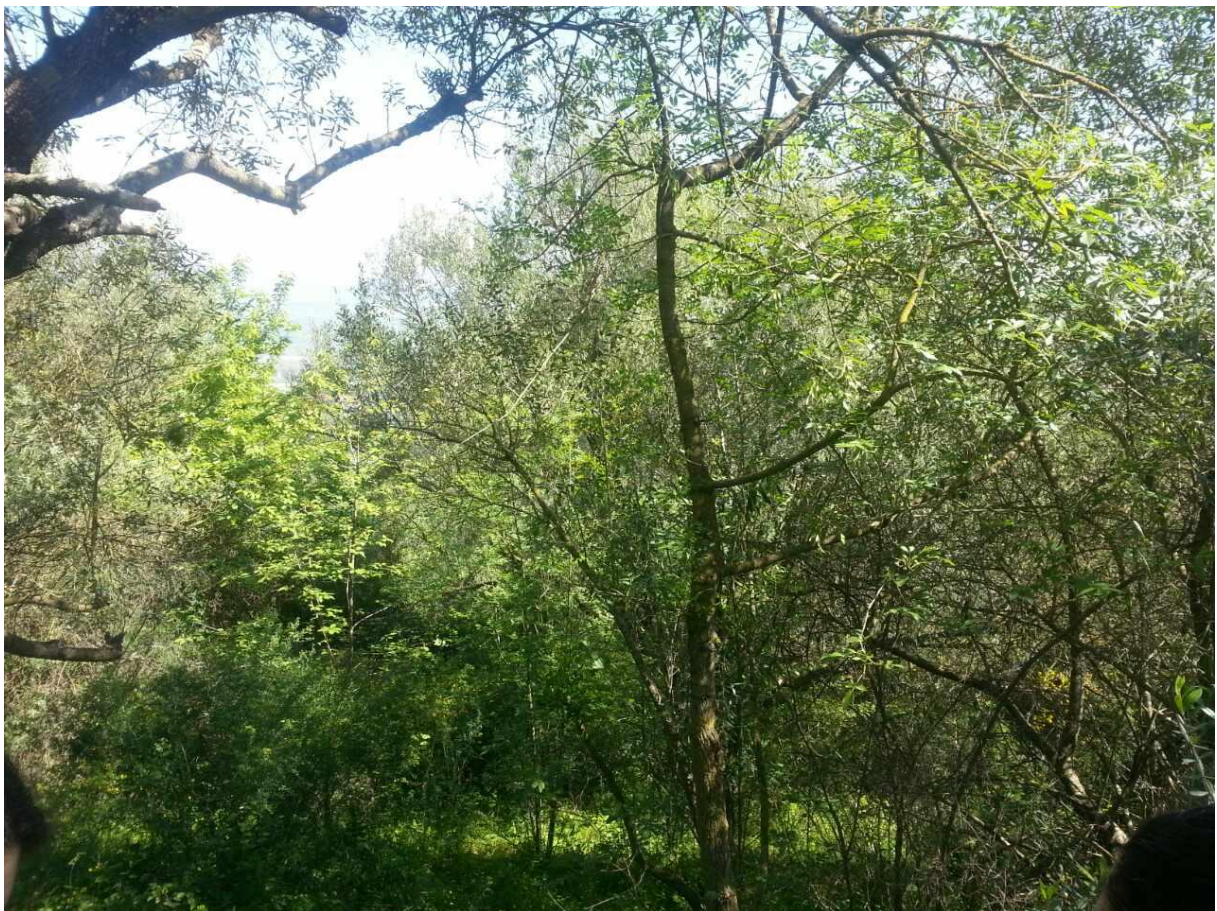


Figure 8 : espèces forestières de la station d'étude.

2. Etude bioclimatique

La Kabylie du Djurdjura située au nord de l'Afrique et en Méditerranée occidentale. Elle se trouve sous l'influence du climat méditerranéen. Celui-ci est caractérisé par la sécheresse de la saison estivale une période sèche bien marquée allant du juillet à septembre, et des hivers relativement humides avec des précipitations torrentielles à grande irrégularité interannuelle (Abdesselam, 1995).

Pour une meilleure caractérisation du climat de la région d'étude, nous avons retenu deux paramètres qui sont les précipitation et les températures pour la période allant de 2005 à 2015. Nous avons utilisé les données climatiques de la ville de Tizi ousou, suite à la non disponibilité d'une station météologique dans la région de Tizi Rached. Les données ont été délivrées par l'ONM de Tizi Ouzou.

2.1. Précipitations

Les données pluviométriques observées dans la zone d'étude durant la période 2005-2015 sont représentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Moyenne des précipitations mensuelles de Tizi-Ouzou pour la période de 2005/2015 (source : O.N.M de Tizi- Ouzou).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jlt	A	S	O	N	D	Total
P (mm)	114,6	124,2	112,1	80,3	69,2	16,8	3,2	6,2	43,2	72,7	127	112,8	882,3

Nous remarquons que la pluviométrie totale annuelle de cette période est de 882,3 mm. Le maximum de pluie est enregistré durant le mois de février, avec une moyenne de 124,2 mm et le minimum au mois de juillet avec une moyenne de 3,2 mm.

2.2. Températures

La température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003).

Tableau 2. Répartition des températures mensuelles maximales, minimales moyennes de la région de Tizi-Ouzou 2005 /2015 (source : O.N.M de Tizi-Ouzou).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jlt	A	S	O	N	D
m (C°)	6,54	6,45	8,70	11,37	14,29	17,78	21,38	21,63	18,88	15,70	11,86	7,67
M (C°)	15,74	15,7	19,17	22,53	26,48	31,35	36,06	35,08	31,37	27,45	19,92	16,72
M+m/2 (C°)	11,14	11,08	13,94	16,95	20,39	24,57	28,72	28,36	25,13	21,58	15,89	12,20

M : Moyenne des maximas mensuels.

m : Moyenne des minimas mensuels.

M+m/2 : Moyenne mensuelle.

Le tableau 2 montre que la moyenne des maximas du mois le plus chaud (M) est enregistrée au mois d'août avec une valeur de 36,06°C, tandis que celle des minimas (m) est enregistrée au mois de février avec une valeur 6,45°C.

2.3. Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen permet de mettre en évidence la saison sèche. Les températures et les précipitations moyennes mensuelles sont indiquées, l'échelle des précipitations étant doublée par rapport à celle des températures $P=2T$. Le mois où les précipitations sont inférieures à deux fois la température est considéré comme un mois sec. Les deux points d'intersection entre la courbe pluviométrique et thermique délimitent la durée de la saison sèche lorsque $P < 2T$.

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la wilaya de Tizi-Ouzou, pour la période 2005-2015 montre le contraste important entre la saison des pluies et la saison sèche. Il révèle l'existence de deux périodes à forte pluviosité (Saison humide), l'une en automne avec un maximum au mois de novembre, et l'autre en hiver avec un maximum au mois de février. La période sèche reçoit moins de pluie. Elle débute en mois de mai et s'achève en septembre (Figure 9).

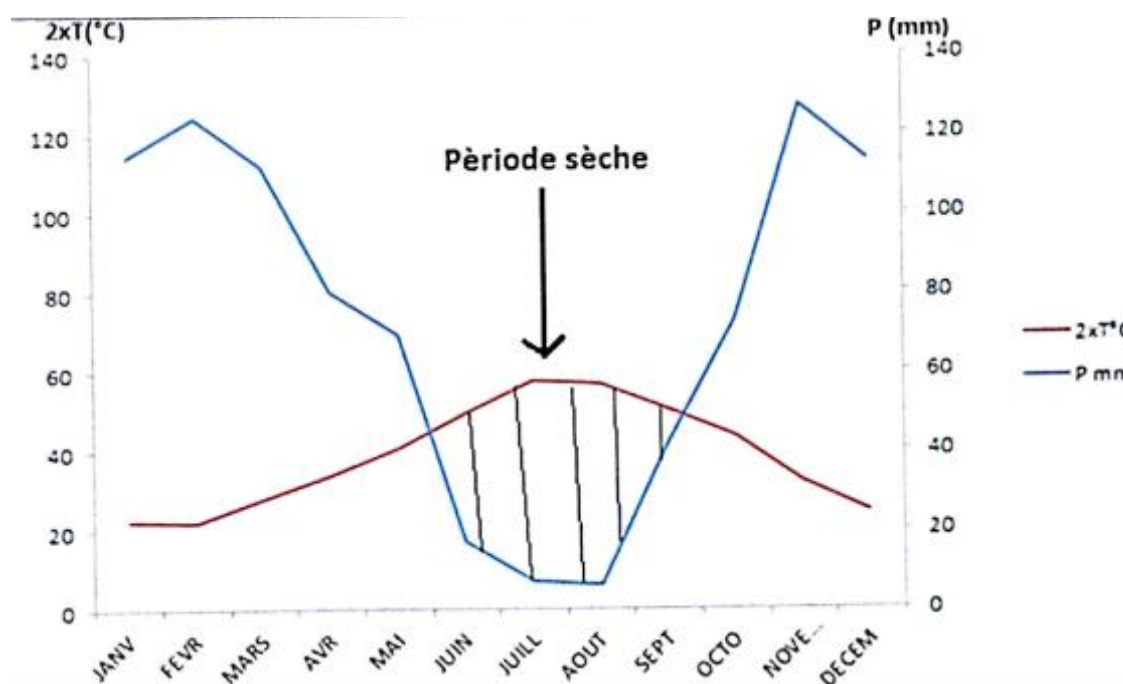


Figure 9: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour la région de Tizi-Ouzou période (2005-2015).

3. Echantillonnage sur le terrain

Les feuilles de l'oléastre, objet de notre étude ont été récoltées au mois d'avril 2017. L'échantillonnage des feuilles s'est porté sur des sujets qui ont été choisis d'une manière subjective. Dix arbres d'âge moyen sont choisis au niveau de la station de Tizi Rached, dans la région de Tizi Ouzou.

Pour chaque arbre choisi, 10 feuilles/ arbre sont cueillies au niveau des pousses de l'année, tout autour de l'arbre. Une fois récoltées, les feuilles doivent être maintenues à l'état frais dans des sacs en papier.

Il est recommandé de laisser un temps très court entre la récolte et la mise en culture des feuilles au laboratoire (24h à 36h maximum), pour éviter leur pourriture et l'installation des pathogènes

4. Mise en culture des feuilles

4.1 Stérilisation superficielle

Le but de la stérilisation superficielle est d'éliminer les organismes épiphytes qui demeurent au niveau de phylloplan. Pour cela, nous avons adopté le protocole de Helander et al. ; 1994 in Zareb, 2014).

- Traitement à l'éthanol 95% pour une durée de 2 minutes.
- Rinçage à l'eau distillée stérilisée.
- Traitement à l'eau de javel pour une durée de 3 minutes.
- 2^{ème} rinçage à l'eau distillée stérilisée.
- 2^{ème} traitement à l'éthanol 95% pour une durée de 30 secondes.
- 3^{ème} rinçage à l'eau distillée stérilisée.

Après la stérilisation, nous avons procédé au séchage des feuilles à l'aide d'un papier buvard stérile. Elles sont ensuite coupées à l'aide d'un bistouri stérilisé. Les fragments de limbe obtenus sont ensemencés sur les milieux de culture (une feuille / boîte).

4.2 Mise en culture

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

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

4.2.1 Préparation du milieu P.D.A

Nous avons commencé par peler, laver et couper les pommes de terre en fines tranches. Ensuite, nous les avons fait cuire dans 200 ml d'eau pendant 12 à 15 mn. Le mélange obtenu est filtré. Le filtrat est versé dans un erlenmeyer d'un litre, placé sur un agitateur chauffant. Nous rajoutons au filtrat le glucose et l'agar-agar, puis nous complétons le volume à 1000 ml. L'erlen Meyer est retiré de la plaque, lorsque le milieu est homogène et clair.

Une fois que le milieu est prêt, nous le versons dans un flacon d'un litre pour la stérilisation à l'étuve à une température de 120°C. Quelques mg d'antibiotiques (Amoxiciline)

sont ensuite incorporés au milieu préparé. Après refroidissement du milieu, ce dernier est coulé dans des boîtes de Pétri dans un milieu stérilisé entre deux bacs bunsen.

Dix feuilles sont choisies pour la mise en culture. Les fragments sont déposés sur ce milieu, à raison de 5 explants/boîte de Pétri. Toutes ces manipulations se font entre deux bacs bunsen dans un milieu stérilisé.

Après quelques jours d'incubation, les colonies de champignons commencent à apparaître, nous avons procédé au repiquage et écrasement entre lame et lamelle, en ajoutant une goutte de gélatine glycinée pour la conservation. Des observations ont été réalisées sous microscope optique.

5. Identification

5.1 Identification macroscopique

Les caractères morpho-culturels sur un milieu de culture solide sont étudiés (couleur, contour, relief, consistance, transparence, aspect de la surface et taille).

5.2 Observation microscopique

L'observation microscopique des champignons consiste à étudier la morphologie d'une colonie au niveau de laquelle les asques, zygospores, sclérotas, conidies, chlamydospores et basides sont identifiés. Les spores ainsi que leur disposition (solitaire, chaîne, bouquet) sont observées. Une identification a été faite jusqu'au genre.

6. Analyse statistique

La fréquence de colonisation **FC(%)** est calculée selon la formule suivante :

$$\text{FC(}\%) = (\text{Nombre de fragments colonisés} / \text{Nombre total de fragments}) \times 100.$$

Les analyses de variances (Anova) sont faites grâce au logiciel Stat Box 6.40, pour mettre en évidence les différences entre les sujets échantillonnés.

Nous avons calculé l'abondance (%) comme suit :

$$\frac{\text{Nombre d'isolats fongiques (du genre) prélevés} \times \text{le nombre de boîtes fructifiées}}{\text{Le nombre total de boîtesensemencées}}$$

Où : Nombre de boîtes fructifiées : 100 Nombre de boîtesensemencées : 100

Concernant les fréquences des genres dénombrés au niveau des feuilles des différents sujets de l'oléastre, des diagrammes sont établis. Une analyse en Composantes Principales

(A.C.P) est réalisée, en vue de mettre en évidence la distribution spatiale des différents genres de mycoendophytes en fonction des sujets échantillonnés, grâce au logiciel Stat Box 6.40.

1. Fréquences de colonisation

1.1. Résultats

Après la durée d'incubation requise (2 mois), les résultats que nous avons obtenu dans cette étude, nous révèlent que la majorité des fragments de feuilles d'oléastre incubés pendant deux mois sont colonisés à 100% par des mycoendophytes, mise à part les sujets 7, 9 et 10 qui présentent une fréquence de colonisation de 92%. Pour la totalité des sujets nous avons obtenu une moyenne de 97,60% (Tableau n° 3).

Tableau 3 : fréquences de colonisation (FC%) par les champignons endophytes isolés à partir des feuilles d'oléastre, après 2 mois d'incubation.

Sujets	FC (%)
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	92
8	100
9	92
10	92
Moyenne	97,60±1,15ns

ns : la différence de fréquence de colonisation n'est pas significative.

L'anova nous montre que la différence de colonisation entre les arbres échantillonnés est non significative ($p=0.39$).

1.2. Discussion

La recherche sur les champignons endophytes des arbres a montré que pratiquement toutes les feuilles et les tiges d'un arbre sont infectées par des champignons endophytes (Suryanarayanan et Thennarasan, 2004). Leur action peut se traduire chez les arbres par une amélioration de la protection contre les maladies et les insectes défoliateurs (Bérubé, 2007), ainsi que la promotion de la croissance et de la résistance de leur hôte (Lakshman et Kurandawad, 2013), améliorer leur photosynthèse par l'augmentation de la chlorophylle totale et la teneur en sucres, ce qui entraîne une augmentation du rendement de la photosynthèse des plantes, par rapport aux autres dépourvues d'endophytes (Obledo et *al.*, 2003).

Beaucoup de champignons endophytes se développent dans les tissus des végétaux au printemps, ce qui explique le taux élevé de colonisation par les mycoendophytes des feuilles d'oléastre que nous avons échantillonnées à cette période de l'année. D'après El-Nagerabi et *al.* (2013), les précipitations plus importantes au printemps pourraient favoriser et augmenter la dispersion des spores fongiques, ce qui joue un rôle important pour l'infection des plantes par les champignons endophytes. Almut Reihes (2011) suppose qu'il pourrait y avoir une corrélation entre l'humidité et l'infection des feuilles d'arbre par des endophytes. Ceci a été déjà observé chez le chêne, où l'eau libre et l'humidité élevées favorisent l'activité et la colonisation fongique de l'hôte (Morrica et Raggazzi, 2008). Les températures modérées du printemps sont l'un des facteurs permettant une plus grande viabilité des propagules fongiques et donc leur succès dans la colonisation des tissus de la plante (Collado et *al.*, 1999).

Les feuilles sont spécialement riches en mycoendophytes (Arnold et *al.*, 2000 *in* Gamboa et Bayman, 2001). Ces derniers peuvent conquérir la surface foliaire individuellement, mais souvent en communauté (Bernstein et Carrol, 1977 *in* Whipps et *al.*, 2008). Pour de nombreux d'entre eux, une partie de leur cycle de vie au sein des tissus foliaires commence dans le cadre d'un assemblage taxonomique diversifié de spores, qui se posent sur la surface des feuilles (Carrol, 1988 *in* Herre et *al.*, 2007).

Les différences de structures et la composition nutritionnelle des tissus de la plante provoquent une différence de fréquence de colonisation par les champignons endophytes (Rodriguez et *al.*, 2009 ; Sun et *al.*, 2011 ; El-Nagerabi et *al.*, 2013). Ces derniers bénéficient de leur localisation au niveau des espaces intracellulaires, qui sont dotés de nutriments

organiques et inorganiques capables de supporter une grande concentration mycoendophytique et une faible concurrence avec d'autres microorganismes (Kuldan et Bacon, 2008 ; Garcia et *al.*, 2012). Cela explique probablement la différence de la fréquence de colonisation moyenne pour la totalité des sujets chez les feuilles qui est de 97,60% et celle obtenu par Haddar (2017) pour les racines des même sujets avec 99,33%.

D'une manière générale, il existe une différence entre les plantes hôtes en terme decolonisation par les champignons endophytes, qui pourrait être dû aux facteurs régnant dans le micro-habitat, les conditions environnementales, les stress biotique et abiotique, la sénescence de la plante hôte, la virulence des endophytes et la réponse de la plante hôte (Schults et Boyle, 2005).

2. Diversité et abondance des mycoendophytes recensés

2.1. Résultats

L'identification des différentes espèces fongiques isolées est basée sur l'étude d'un ensemble de caractères morphologiques (morphologic des conidies et des conidiophores, insertion des conidies sur le conidiophore, chlamydospores, etc...) et culturaux (forme, couleur des colonies, aspect du mycélium aérien, revers de la culture, sclérotés, etc...). Pour cela, de nombreuses clefs de détermination sont consultée : Kiffer et al (1997) et Chabasse et *al.* (2007). Les données obtenues montrent que certains mycotaxons sont particulièrement abondants par rapport à d'autres. Les genres de mycoendophytes recensés au niveau des feuilles d'oléastre sont classés dans le tableau 4.

Tableau 4 : classification des genres de mycoendophytes recensés au niveau des feuilles d'oléastre.

Genre de champignons	Phylum	Ordre	Famille
<i>Ascochyta</i>	Ascomycota	Pleosporales	Didymellaceae
<i>Alternaria</i>	Ascomycota	Plesosporales	Plesosporaceae
<i>Aspergillus</i>	Ascomycota	Eurotiales	Trihocomaceae
<i>Aureobasidium</i>	Ascomycota	Dothideales	Dothioraceae
<i>Chaetomium</i>	Ascomycota	Sordariales	Chaetomiaceae
<i>Cladosporium</i>	Ascomycota	Capnodiales	Davidiellaceae
<i>Fusarium</i>	Ascomycota	Hypocreales	Nectriaceae
<i>Phoma</i>	Ascomycota	Sphaeropsidales	Sphaeropsidaceae
<i>Rhizoctonia</i>	Basidiomycota	Cantharellales	Ceratobasidiaceae
<i>Trycophyton</i>	Ascomycota	Onygenales	Arthrodermataceae
<i>Curvularia</i>	Ascomycota	Moniliales	Dematiaceae
<i>SNI</i>	/	/	/

Figure 10 : *Cladosporium* isolés à partir des feuilles d'oléastre -a *Cladosporium* (X100). -b colonies fongiques *Cladosporium* dans un milieu PDA.

Figure 11: *Alternaria* sp isolés à partir des feuilles d'oléastre –a *Alternaria* sp1 (X100) ; –b *Alternaria* sp2 (X100). –c colonies fongiques d'*Alternaria* sp1 dans un milieu PDA.

Figure 12: *Rhizoctonia* isolés à partir des feuilles d'oléastre -a hyphes de *Rhizoctonia* (X100). -b colonies fongiques de *Rhizoctonia* dans un milieu PDA.

Figure 13: *Phoma* isolés à partir des feuilles d'oléastre –a pycnides de *Phoma* (X100). -b colonies fongiques de *Phoma* dans un milieu PDA.

Figure 14: *Chaetomium* isolés à partir des feuilles d'oléastre -a *Chaetomium* (X100). -b colonies fongiques de *Chaetomium* dans un milieu PDA.

Figure 15: *Aspergillus* isolés à partir des feuilles d'oléastre –a d'*Aspergillus* (X100). -b colonies fongiques d'*Aspergillus* dans un milieu PDA.

Figure 16: *Fusarium* isolés à partir des feuilles d'oléastre -a *Fusarium* (X100). -c colonies fongiques de dans un milieu PDA.

Figure 17: *Ascochyta* isolés à partir des feuilles d'oléastre –a d'*Ascochyta* (X100). colonies

Figure 18: *Trycophyton* isolés à partir des feuilles d'oléastre -a *Trycophyton* (X100). -b colonies fongiques de *Trycophyton* dans un milieu PDA.

Figure 19: *Curvularia* isolés à partir des feuilles d'oléastre -a *Curvularia* (X100).-b colonies fongiques de *Curvularia* dans un milieu PDA.

Figure 20: *Aureobasidium*^c isolés à partir des feuilles d'oléastre -a (X100). -b *Aureobasidium* colonies fongiques de dans un m *Aureobasidium* milieu PDA.

L'abondance des différents isolats fongiques est donnée dans le tableau 5 et la figure 10.

Tableau 5: abondance des genres fongiques isolés à partir des feuilles de l'oléastre de Tizi-Rached.

Genre	Abondance (%)
<i>Rhizoctonia</i>	36,89
<i>Cladosporium</i>	14,43
<i>Phoma</i>	11,22
<i>Alternaria sp1</i>	10,27
<i>Aureobasidium</i>	4,81
<i>Trycophyton</i>	2,67
<i>Chaetomium</i>	2,14
<i>Alternaria sp2</i>	2,13
<i>Fusarium</i>	1,6
<i>Curvularia</i>	1,06
<i>Aspergillus</i>	1,06
<i>Ascochyta</i>	1,06
<i>SNI1</i>	6,95
<i>SNI2</i>	2,13
<i>SNI3</i>	0,53

SNI : souche non identifiée

A partir des données ci-dessus, les pourcentages d'abondance des genres fongiques colonisateurs des feuilles d'oléastre sont classés du plus abondant au plus parcimonieux comme suit : *Rhizoctonia* 36,89%, *Cladosporium* 14,43%, *Phoma* 11,22%, *Alternaria sp1* 10,27%, *Aureobasidium* 4,81%, *Tricophyton* 2,67%, *Chaetomium* 2,14%, *Alternaria sp2* 2,13%, *Fusarium* 1,6% et enfin 1,06% pour chacun des genres *Curvularia*, *Aspergillus* et *Ascochyta*. Les isolats non déterminés (SNI) présentent 8,09% de l'ensemble des isolats fongiques. *Rhizotoria* est le plus abondant dans les tissus foliaires de l'oléastre au niveau de notre zone d'étude(Figure21).

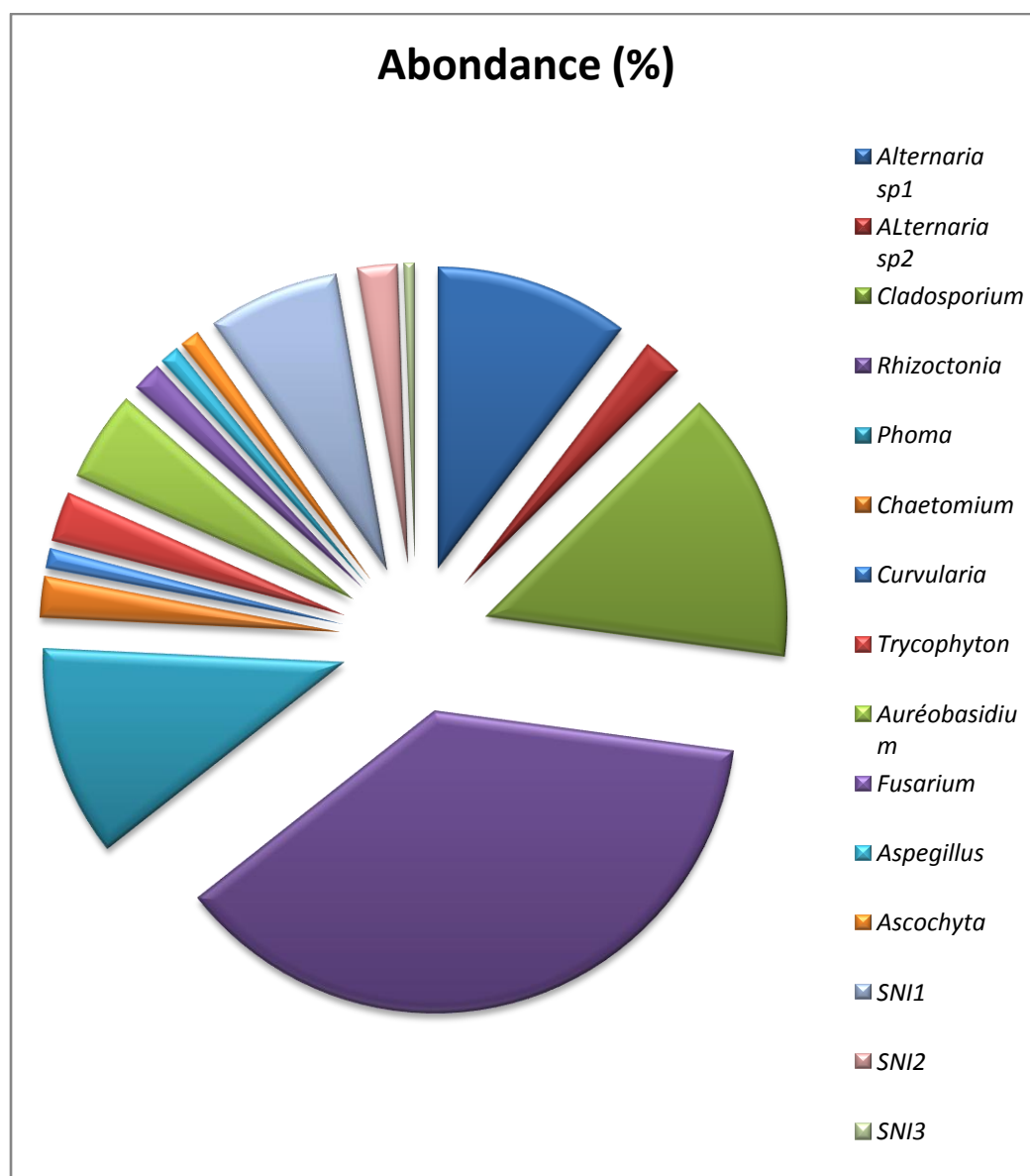


Figure21: abondance des genres fongiques des feuilles de l'oléastre deTizi-Rached.

2.2. Discussion

La comparaison de la diversité et de l'abondance de chaque genre fongique au niveau des tissus foliaires et racinaires (Haddar, 2017) de l'oléastre est donnée dans le tableau 6.

Tableau 6: comparaison de l'abondance des genres fongiques isolés a partir des feuilles et ceux des racines (Haddar 2017) de l'oléastre.

Feuilles		Racines	
Genres mycoendophytes	Abondance (%)	Genres mycoendophytes	Abondance (%)
<i>Rhizoctonia</i>	36,89	<i>Cladosporium</i>	14,28
<i>Cladosporium</i>	14,43	<i>Trycophyton sp1</i>	14,28
<i>Phoma</i>	11,22	<i>Trycophyton sp2</i>	13,53
<i>Alternaria sp1</i>	10,27	<i>Chrysosporium</i>	9,74
<i>Aureobasidium</i>	4,81	<i>Epicoccum</i>	7,51
<i>Trycophyton</i>	2,67	<i>Rhizoctonia</i>	7,14
<i>Chaetomium</i>	2,14	<i>Trycophyton sp 3</i>	3,75
<i>ALternaria sp2</i>	2,13	<i>Phoma</i>	3,75
<i>Fusarium</i>	1,6	<i>Aureobasidium</i>	3,01
<i>Curvularia</i>	1,06	<i>Phialophora</i>	3
<i>Aspergillus</i>	1,06	<i>Phialocephala</i>	2,25
<i>Ascochyta</i>	1,06	<i>Penicillium</i>	2,24
<i>SNI1</i>	6,95	<i>Chaetomium</i>	1,5
<i>SNI2</i>	2,13	<i>Fusarium</i>	1,87
<i>SNI3</i>	0,53	<i>Alternaria</i>	1,12
		<i>Arthrimum</i>	1,12
		<i>Acremonium</i>	0,75
		<i>Cladophialophora</i>	0,75
		<i>Exophiala</i>	0,37
		<i>Muscodor</i>	0,37
		<i>Scedosporium</i>	0,37
		<i>Scytalidium</i>	0,37
		<i>Trichoderma</i>	0,37
		<i>SNI</i>	3,75

A partir du tableau 6, nous pouvons voir que le nombre de mycoendophytes déterminés est plus important au niveau des racines, avec 27 genres fongiques contre 12 au niveau des feuilles. Les isolats non identifiés sont rencontrés beaucoup plus au niveau feuilles, avec une valeur de 8,09%, contre seulement 3,75% au niveau des racines.

Nous avons aussi remarqué que certains isolats fongiques recensés par Haddar (2017) au niveau des tissus racinaires sont complètement absents au niveau des feuilles. C'est le cas de *Chrysosporium*, *Epicoccum*, *Phialophora*, *Phialocephala*, *Penicillium*, *Chaetomium*, *Arthrimum*, *Cladophialophora*, *Acremonium*, *Scedosporium*, *Exophiala*, *Muscodor*, *Xylaria*,

Scytalidium et *Trichoderma*. En contre partie, quelques genres fongiques sont présents au niveau des tissus foliaires et complètement absents au niveau des racines comme *Curvularia* et *Ascochyta*.

Cladosporium est le plus abondant au niveau des tissus foliaires et radiculaire de l'oléastre avec une forte abondance au niveau des feuilles (14,43 % contre 14,28%)

Rhizoctonium, *Phoma*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Fusarium* et SNI sont plus abondants aux niveau des feuilles par rapport aux racines.

2.3. Abondance et diversité des mycoendophytes par sujet

2.3.1 Résultats

L'abondance des mycoendophytes isolés pour chaque sujet étudié au niveau de notre station varie selon le sujet considéré.

A partir du tableau 7, nous pouvons voir que le sujet n° 1 compte 4 genres fongiques en plus des SNI.

Rhizoctonia est le genre dominant, suivi de *Cladosporium* et *Alternaria sp1*.

Tableau 7 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 1

Sujet	Genre	Nombre	abondance (%)
1	<i>Rhizoctonia</i>	8	38,09
	<i>Cladosporium</i>	3	28,57
	<i>Alternaria sp1</i>	3	14,28
	<i>Phoma</i>	1	4,76
	SNI	3	14,28

Les données du tableau 8 indiquent que le sujet 2 comporte 4 genres fongiques, en plus des SIN, avec une dominance de *Cladosporium*, suivi par *Phoma* et *Rhizoctonia*.

Tableau 8 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 2.

Sujet	Genre	Nombre	Abondance (%)
2	<i>Cladosporium</i>	9	34,61
	<i>Phoma</i>	5	19,23
	<i>Rhizoctonia</i>	4	15,38
	<i>Alternaria sp1</i>	3	11,53
	<i>Alternaria sp2</i>	2	7,69
	SNI2	3	11,53

Le sujet 3 est représenté par le tableau 9 qui comporte 4 genres, en plus des SNI. Il est caractérisé par la dominance du genre *Rhizoctonia*, suivi de *Phoma* puis *Cladosporium*.

Tableau 9: les genres de champignons endophytes pour le sujet 3.

Sujet	Genre	Nombre	Abondance (%)
3	<i>Rhizoctonia</i>	6	35,29
	<i>Phoma</i>	4	23,52
	<i>Cladosporium</i>	3	17,64
	<i>Curvularia</i>	2	11,76
	SNI1	2	11,76
	SNI2	2	11,76

Le sujet 4 regroupe 5 genres en plus des SNI. *Rhizoctonia* est le genre dominant suivi d'*Alternaria*, *Cladosporium* et *Phoma*. Nous retrouvons 2 morphotypes d'*Alternaria* dont *sp1* et le plus abondant (tableau 10).

Tableau 10 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 4.

Sujet	Genre	Nombre	Abondance (%)
4	<i>Rhizoctonia</i>	7	36,84
	<i>Alternaria sp1</i>	3	15,78
	<i>Cladosporium</i>	3	15,78
	<i>Phoma</i>	3	15,78
	<i>Alternaria sp2</i>	2	10,52
	<i>Chaetomium</i>	1	5,26

Le sujet 5 abrite 8 genres de mycoendophytes (Tableau 11). Le genre dominant est *Rhizoctonia* suivi par *Trycophyton*.

Tableau 11 : genres de champignons endophytes pour le sujet 5.

Sujet	Genre	Nombre	Abondance (%)
5	<i>Rhizoctonia</i>	8	38,09
	<i>Trycophyton</i>	3	14,28
	<i>Aspergillus</i>	2	9,52
	<i>Aureobasidium</i>	2	9,52
	<i>Fusarium</i>	2	9,52
	<i>Phoma</i>	2	9,52
	<i>Alternaria sp1</i>	1	4,76
	<i>Chaetomium</i>	1	4,76

Le sujet 6 représenté par le tableau 12 ; il regroupe 4 genres en plus des SNI. Notons la dominance du genre *Rhizoctonia*, suivi de *Cladosporium*.

Tableau 12 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 6

Sujet	Genre	Nombre	Abondance (%)
6	<i>Rhizoctonia</i>	7	43,75
	<i>Cladosporium</i>	3	18,75
	<i>Trycophyton</i>	2	12,5
	<i>Chaetomium</i>	1	6,25
	<i>SNI1</i>	3	18,75

D'après le tableau 13 le sujet 7 abrite 5 genres en plus des SNI. *Rhizoctonia* est le genre fongique dominant, suivi d'*Alternaria sp1*, *Phoma* et *Aureobasidium*.

Tableau 13 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 7.

Sujet	Genre	Nombre	Abondance (%)
7	<i>Rhizoctonia</i>	3	25
	<i>Alternaria sp1</i>	2	16,66
	<i>Auréobasidium</i>	2	16,66
	<i>Phoma</i>	2	16,66
	<i>Cladoporium</i>	1	8,33
	<i>SNI1</i>	1	8,33
	<i>SNI3</i>	1	8,33

Le tableau 14 montre que le sujet 8 comporte 6 genres fongiques, en plus des SNI. *Rhizoctonia* est le genre le plus dominant, suivi de *Cladosporium*.

Tableau 14 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 8.

Sujet	Genre	Nombre	Abondance (%)
8	<i>Rhizoctonia</i>	5	29,41
	<i>Cladosporium</i>	4	23,52
	<i>Aureobasidium</i>	2	11,76
	<i>Alternaria sp1</i>	2	11,76
	<i>Phoma</i>	1	5,88
	<i>Aspergillus</i>	1	5,88
	<i>SNI1</i>	2	11,76

Le sujet 9 regroupe 7 genres fongiques, en plus des SNI. *Rhizoctonia* et le genre le plus dominant, suivi de *Cladosporium* et *Ascochyta* (Tableau 15).

Tableau 15 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 9

Sujet	Genre	Nombre	Abondance (%)
9	<i>Rhizoctonia</i>	10	52,63
	<i>Cladosporium</i>	2	10,42
	<i>Ascochyta</i>	2	10,52
	<i>Aureobasidium</i>	1	5,26
	<i>Phoma</i>	1	5,26
	<i>Alternaria sp1</i>	1	5,26
	<i>Chaetomium</i>	1	5,26
	<i>SNI1</i>	1	5,26

Le sujet n°10 regroupe 5 genres, en plus des SNI avec une dominance de *Rhizoctonia* suivi d'*Alternaria sp1* et *Phoma*.

Tableau 16 : genres de champignons endophytes foliaires pour le sujet 10.

Sujet	Genre	Nombre	Abondance (%)
10	<i>Rhizoctonia</i>	6	31,57
	<i>Alternaria sp1</i>	4	21,05
	<i>Phoma</i>	4	21,05
	<i>Aureobasidium</i>	2	10,52
	<i>Cladosporium</i>	1	5,26
	<i>SNI1</i>	2	10,52

En récapitulatif des tableaux ci-dessus, nous pouvons dire que le nombre de champignons endophytes des feuilles de l'oléastre est respectivement élevé pour le sujet 5 avec 8 genres et le sujet 9 avec 7 genres, puis les sujets 4 et 8 avec 6 genres suivis par les sujets 2, 7, 10 avec 5 genres pour chacun d'entre eux et enfin 4 genres pour les sujets 1, 3.

Certains taxons fongiques ne sont pas rencontrés dans les tissus foliaires de tous les sujets échantillonnés. C'est le cas de *Curvularia* qui est recensé seulement pour le sujet 3, *Fusarium* est recensé uniquement pour les sujets 5 et 8, *Aschochyta* n'est observé que chez le sujet 9, *Aureobasidium* est recensé pour les sujets 7, 8, 9 et 10, *Trycophyton* observé chez les sujets 5 et 6, *Alternaria* est prélevé chez tous les individus sauf, les sujets 3 et 6. Les isolats fongiques cités ne montrent pas une grande abondance, ni une diversité importante.

Pour les sujets 1, 6, 8, 9, c'est *Rhizoctonia* qui domine suivi de *Cladosporium*. Pour le sujet 2, c'est *Cladosporium* qui domine suivi de *Phoma*. *Rhizoctonia* est dominant pour le sujet 3 suivi de *phoma*. Au niveau des tissus foliaires du sujet 5, *Rhizoctonia* est le plus dominant suivi de *Tricophyton*. *Rhizoctonia* est le plus fréquent pour les sujets 4, 7, 9 et 10.

2.3.2 Discussion

Nous avons constaté qu'il y a une diversité en champignons endophytes au niveau des feuilles d'oléastre échantillonnées. Ce qui nous mène à dire que nos résultats vont dans le

même sens que ceux de Kumar et Hyde (2004), Lakshman et Kurandawad (2013) et Zareb (2014). Les résultats de leurs travaux indiquent que l'un des traits les plus caractéristiques des champignons endophytes est leur diversité exceptionnelle.

Différents facteurs environnementaux contribuent à une différence dans la composition en endophytes des feuilles. Chaque arbre possède un génotype qui lui semble spécifique, ce qui permet d'expliquer la diversité en mycoendophytes entre les différents sujets. Cela a été montré par Porras-Alfaro et Baynan (2012). Selon les travaux de Gonzalez et Tello (2011), la composition de la communauté endophyte peut être influencée par la végétation associée.

La richesse en endophytes augmente au cours du développement de la feuille (Arnold, 2005 ; Arnold et *al.*, 2003 ; Sanchez-Azoreira et *al.*, 2012). Ceci est probablement due aux changements dans les propriétés structurales (cire, fibres, espace d'air et de biomasse) (Epinosa Garcia et Laugenheim, 1990 ; Sanchez-Azoreira et *al.*, 2012) et des propriétés chimiques (nutriments, composés secondaires), qui évoluent avec le cycle de vie des feuilles (Arnold, 2005 ; Epinosa Gracia et Langenheim, 1990 ; Sanchez-Azofeira et *al.*, 2012).

Pour essayer de comprendre les différentes interactions qui existent entre les genres de mycoendophytes recensés au niveau des feuilles d'oléastre, nous avons fait une matrice de corrélation (Tableau 17). Cette dernière donne des coefficients de corrélation entre les genres de champignons endophytes pris deux à deux. Parmi les corrélations significatives certains sont positives (ce qui signifie que les variables varient dans le même sens). D'autres sont négatives (ce qui signifie que les variables varient dans des sens opposés).

Tableau 17 : matrice des corrélations de Pearson.

	<i>Alternaria</i> sp1	<i>Alternaria</i> sp2	<i>Cladosporium</i>	<i>Rhizoctonia</i>	<i>Phoma</i>	<i>Chaetomium</i>	<i>Curvularia</i>	<i>Trycophyton</i>	<i>Aureobasidium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Ascochyta</i>	SNI
<i>Alternaria</i> sp1	1												
<i>Alternaria</i> sp2	0,28	1											
<i>Cladosporium</i>	-0,01	0,36	1										
<i>Rhizoctonia</i>	-0,47	-0,35	-0,38	1									
<i>Phoma</i>	0,33	0,33	-0,09	-0,58	1								
<i>Chaetomium</i>	-0,46	0,16	-0,35	0,70	-0,52	1							
<i>Curvularia</i>	-0,49	-0,16	0,04	0,02	0,49	-0,27	1						
<i>Trycophyton</i>	-0,55	-0,25	-0,37	0,32	-0,46	0,62	-0,17	1					
<i>Aureobasidium</i>	0,41	-0,44	-0,58	-0,22	0,07	-0,27	-0,30	-0,02	1				
<i>Fusarium</i>	-0,26	-0,16	-0,53	0,12	-0,12	0,33	-0,11	0,72	0,23	1			
<i>Aspergillus</i>	-0,19	-0,24	-0,35	0,01	-0,25	0,14	-0,16	0,55	0,41	0,83	1		
<i>Ascochyta</i>	-0,23	-0,16	-0,19	0,62	-0,30	0,39	-0,11	-0,17	-0,01	-0,11	-0,16	1	
SNI	-0,26	-0,43	0,36	-0,20	0,13	-0,50	0,56	-0,17	-0,11	-0,51	-0,45	-0,27	1

Des corrélations positives sont notées comme celles entre :

(0,83) *Aspergillus* et *Fusarium*

(0,72) *Fusarium* et *Trycophyton*

(0,70) *Rhizoctonia* et *Chaetomium*

Des corrélations négatives sont notées comme celles entre :

(-0,58) *Aureobasidium* et *Cladosporium* / *Rhizoctonia* et *Phoma*

(-0,55) *Alternaria* et *Trycophyton*

(-0,53) *Fusarium* et *Cladosporium*

(-0,52) *Phoma* et *Chaetomium*

La matrice de corrélation a montré les différentes interactions qui existent entre les différents mycotaxons recensés. Certains genres montrent des interactions synergiques représentées par de fortes corrélations positives peuvent être expliquées par une interaction de type compétitif, ce qui confirme le résultat de Vivas et *al.* (1997). D'autres manifestent des interactions antagonistes indiquées par des corrélations négatives.

Nous avons réalisé une Analyse en Composantes Principales (A.C.P), afin de nous donner des indications sur la nature, la force et la pertinence des liens entre les différents sujets et entre les genres de mycoendophytes. Son objectif est donc de faciliter l'interprétation

de ces synergies et d'identifier les tendances dominantes de l'ensemble des données (Figure 23).

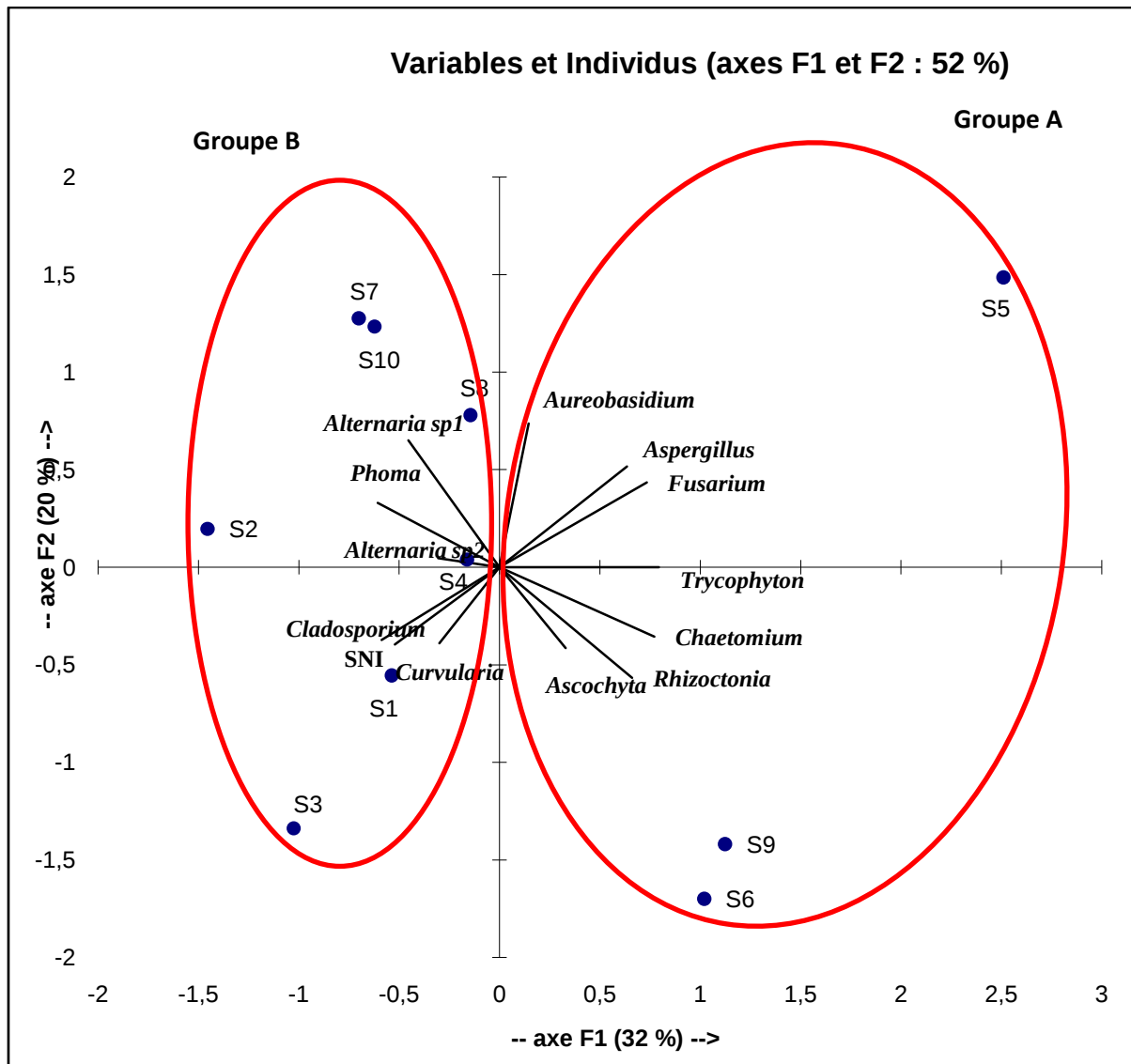


Figure 22: ACP représentant les genres de champignons endophytes et des sujets échantillonnés.

Le plan 1-2 de l'Analyse en Composantes Principales l'ACP explique 52% du phénomène, avec pour l'axe 1, 32% et pour l'axe 2, 20% de l'inertie totale. Selon l'axe 1, deux groupes s'individualisent :

Le groupe A inclut les individus 5, 6 et 9. Ce groupe se caractérise par la présence et la dominance du genre *Rhizoctonia*. Les sujets qui forment ce groupe comportent aussi d'autres mycoendophytes qui présentent des corrélations positives significatives telles que

Fuzarium et *Aspergillus* (0.83), *Fusarium* et *Trichophyton* (0.72), *Chaetomium* et *Rhizoctonia* (0.70).

Le groupe B comporte les autres champignons recensés dans cette étude. Il englobe les sujets 1, 2, 3, 4, 7, 8 et 10, où *Cladosporium* domine dans la majorité des sujets par rapport aux autres genres dans ce groupe.

La répartition des sujets en deux groupes pourrait être expliqué par la distribution des mycoendophytes au sein des tissus foliaires et les interactions entre eux qui dépendent de l'habitat de la plante hôte. Selon Arnold (2007), des interactions se créent entre les mycoendophytes d'une part et entre les mycoendophytes et la plante hôte d'une autre part. Le type d'interactions regroupant les mycoendophytes aux plantes hôtes par les gènes des deux partenaires est modelée par l'environnement (Moricca et Ragazzi, 2008).

Les mycoendophytes forment un hotspot et peuvent jouer un rôle important par rapport à la croissance de la plante hôte et leur capacité de la protéger et d'augmenter sa résistance contre les stress biotiques et abiotiques. En effet, ces interactions révèlent un impact profond sur le fonctionnement général des écosystèmes (Eisenhauer, 2012), à travers le fonctionnement des communautés végétales. Ils servent aussi comme médiateurs dans les interactions écologiques (Ganley et al., 2004).

La richesse en champignons endophytes au niveau de la feuille de l'oléastre est variable d'un sujet à un autre, ce qui peut s'expliquer par la variation des facteurs environnementaux externes et les variations biologiques entre les sujets, ainsi que la situation des sujets à l'intérieur de la station qui augmente la chance de libre déplacement des propagules entre sujets. Porras-Alfaro et Bayman (2011) affirment que la composition du microbiom peut dépendre de multiples facteurs, incluant la plante hôte, la densité de la végétation, la disponibilité en nutriments et les interactions avec le microbiom externe, tel que les champignons du sol.

Nous avons comparé les genres retrouvés au niveau des tissus des deux organes feuilles et racines (Haddar, 2017), par rapport à leur abondance par sujet (Tableau 18).

Tableau18 : abondance des mycoendophytes présent au niveau des feuilles et des racines de l'oléastre de Tizi-Rached.

Genres de mycoendophytes	Organe végétal	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<i>Rhizoctonia</i>	F	36,09	15,38	35,29	36,84	38,09	43,75	25	29,41	52,63	31,57
	R	7,69	-	-	-	11,53	5	10	11,11	12,13	10,7
<i>Cladosporium</i>	F	28,57	34,61	17,64	15,78	-	18,75	8,33	23,52	10,76	5,26
	R	30,7	21,73	28,57	6,25	3,84	15	10	11,11	12,13	1,07
<i>Phoma</i>	F	4,76	19,23	23,52	15,78	9,52	-	16,66	5,88	5,26	21,05
	R	-	-	-	3,12	-	-	10	3,7	6,05	10,71
<i>Alternaria</i>	F	14,28	19,22	-	26,3	4,76	-	16,66	11,76	5,26	21,05
	R	3,84	-	-	-	3,84	-	3,33	-	-	-
<i>Aureobasidium</i>	F	-	-	-	-	9,52	-	16,66	11,76	5,26	10,52
	R	-	4,34	-	6,25	-	-	6,66	7,4	-	3,57
<i>Trycophyton</i>	F	-	-	-	-	14,28	-	-	-	-	-
	R	34,59	-	23,80	43,74	23,07	35	33,32	33,32	27,27	28,56
<i>Chaetomium</i>	F	-	-	-	5,26	4,76	6,25	-	-	5,26	-
	R	7,69	-	-	-	3,84	5	-	-	-	-
<i>Fusarium</i>	F	-	-	-	-	9,52	-	-	-	-	-
	R	-	-	-	6,25	7,69	-	-	-	-	-
<i>Curvularia</i>	F	-	-	11,76	-	-	-	-	-	-	-
	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus</i>	F	-	-	-	-	9,52	-	-	5,88	-	-
	R	-	4,34	9,52	-	-	-	-	3,7	-	-
<i>Ascochyta</i>	F	-	-	-	-	-	-	-	-	10,52	-
	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SNI	F	14,28	11,53	23,52	-	-	18,75	16,66	11,76	5,26	10,52
	R	-	9,52	-	-	-	5	-	7,4	6,06	7,14

F : feuilles

R : racines

D'après le tableau 18, nous remarquons que *Cladosporium* est présent au niveau de tous les sujets de l'oléastre de la région de Tizi-Rached. Il est absent uniquement dans les tissus foliaires du sujet 5. *Rhizoctonia* est identifié dans tous les fragments foliaires de tous les sujets avec une forte abondance pour le sujet 5, il est absent uniquement dans les tissus racinaires des sujets 2, 3 et 4. *Phoma* est recensé dans tous les fragments foliaires, sauf pour le sujet 6, contrairement aux racines où il est prélevé des sujets 4, 7, 8, 9 et 10. *Alternaria* est isolé dans tous les tissus foliaires, sauf pour les sujets 3 et 6. Par contre, il est présent juste dans les sujets 1, 5 et 7 dans les tissus racinaires de l'oléastre. *Aureobasidium* est isolé à partir des sujets 5, 7, 8, 9 et 10 pour les fragments foliaires. Pour les fragments racinaires il s'agit

des sujets 2, 4, 7, 8 et 10. *Tricophyton* est présent dans tous les tissus racinaires de tous les sujets sauf pour le sujet 2, il est présent uniquement chez le sujet 5. *Chaetomium* est prélevé des feuilles des sujets 4, 5, 6 et 9, pour les racines c'est au niveau des sujets 1, 5 et 6 qu'on le retrouve. *Fusarium* est isolé uniquement des tissus racinaires pour le sujet 4 et des deux tissus racinaire et foliaire pour le sujet 5. *Curvularia* est identifié seulement dans les fragments foliaires du sujet 3. *Aspergillus* est recensé au niveau des feuilles pour les sujets 5, 8 et au niveau des racines pour les sujets 2, 3 et 8. *Ascochyta* est présent uniquement des les tissus foliaires du sujet 9.

Nous avons effectué une comparaison des corrélations des différents taxons fongiques entre les feuilles et les racines de l'oléastre de notre site d'étude. Une matrice de corrélation est réalisée pour identifier et décrire les différences dans la nature de ces interactions (Tableau19).

Tableau 19: Matrice des corrélations comparatives entre les genres de mycoendophytes des tissus foliaires et radiculaires de l'oléaste de Tizi-Rached.

	Altern	Clados	Rhizoct	Phoma	Curvul	Trycop	Fusar	Ascoc	SNI	Acrem	Arthri	Chryso	Cladophial	Epicoc	Exoph	Musco	Penicil	Phialoph	Scedosp	Scopula	Scytalid	Phialoce	Trichod	Xylaria
Alternaria	1																							
Cladospori	0,12	1																						
Rhizoctoni	0,42	-0,11	1																					
Phoma	0,58	-0,13	0,35	1																				
Chaetom	-0,03	-0,03	0,32	-0,36																				
Curvulari	-0,18	0,05	0,21	0,48	1																			
Trycophy	-0,7	-0,14	-0,8	-0,61	-0,25	1																		
Aureobas	0,3	-0,44	0,16	0,3	-0,17	-0,27																		
Fusarium	-0,19	-0,59	-0,1	-0,16	-0,11	0,29	1																	
Aspergillu	-0,15	0,08	-0,06	-0,23	-0,11	-0,01	0,29																	
Ascochyti	-0,03	-0,13	0,46	-0,08	-0,05	-0,25	-0,11	1																
SNI	0,12	0,29	0,45	0,42	0,53	-0,6	-0,49	-0,07	1															
Acremon	-0,32	0,16	-0,34	-0,24	-0,09	0,24	-0,19	-0,09	0,02	1														
Arthrinium	-0,07	-0,29	-0,12	-0,24	-0,05	0,1	0,51	-0,05	-0,2	-0,09	1													
Chrysospor	-0,5	0,04	-0,73	-0,54	-0,18	0,7	0,13	-0,18	-0,4	0,59	0,26	1												
Cladophial	-0,26	-0,4	-0,32	-0,19	-0,1	0,4	0,48	-0,1	-0,3	-0,17	0,6	0,09	1											
Epicoccu	-0,5	0,01	-0,59	-0,4	-0,14	0,53	-0,1	-0,14	-0,4	0,26	-0,14	0,35	0	1										
Exophiala	-0,07	-0,29	-0,12	-0,24	-0,05	0,1	0,51	-0,05	-0,2	-0,09	1	0,26	0,6	-0,14	1									
Muscodora	-0,18	-0,02	-0,21	-0,24	-0,05	0,1	-0,11	-0,05	-0,1	-0,09	-0,05	0,39	-0,1	0,22	-0,05	1								
Penicillur	-0,31	0,07	-0,51	-0,21	-0,12	0,1	-0,05	-0,12	-0,4	0,14	-0,12	0,4	-0,23	0,47	-0,12	-0,12	1							
Phialophu	-0,21	-0,39	-0,27	-0,23	-0,09	0,1	0,55	-0,09	-0,3	-0,16	0,85	0,17	0,94	-0,06	0,85	-0,09	-0,21	1						
Scedospor	-0,18	0,15	-0,28	-0,24	-0,05	0,1	-0,11	-0,05	-0,2	-0,09	-0,05	-0,02	-0,1	0,79	-0,05	-0,05	0,39	-0,09	1					
Scopulari	-0,39	-0,09	-0,45	-0,29	-0,11	0,1	0,02	-0,11	-0,3	0,3	-0,11	0,17	0,08	0,86	-0,11	-0,11	0,43	0	0,61	1				
Scytalidium	-0,18	-0,14	-0,13	0,09	-0,05	0,1	-0,11	-0,05	-0	-0,09	-0,05	-0,18	0,55	-0,01	-0,05	-0,05	-0,12	0,35	-0,05	-0,11	1			
Phialoce	-0,39	-0,29	-0,35	-0,08	-0,11	0,1	0,03	-0,11	-0,2	0,34	-0,11	0,09	0,49	0,34	-0,11	-0,11	0,1	0,28	-0,11	0,55	0,53	1		
Trichoder	-0,18	-0,14	-0,13	0,09	-0,05	0,1	-0,11	-0,05	-0	-0,09	-0,05	-0,18	0,55	-0,01	-0,05	-0,05	-0,12	0,35	-0,05	-0,11	1	0,53	1	
Xylaria	-0,18	-0,02	-0,21	-0,24	-0,05	0,1	-0,11	-0,05	-0,1	-0,09	-0,05	0,39	-0,1	0,22	-0,05	1	-0,12	-0,09	-0,05	-0,11	-0,05	-0,11	-0,05	1

A partir du tableau 19, nous pouvons voir que les plus fortes corrélations sont au niveau des tissus racinaires de l'oléastre, entre *Exophila* et *Arthrinium* (1), *Muscodor* et *Xylaria*

(1), *Trichoderma* et *Scytalidium* (1), suivies de l'association entre *Cladophialophora* et *Phialophora* (0,94).

De fortes corrélations négatives sont ressorties telles : *Alternaria* et *Trycophyton* (-0,70), *Alternaria* et *Chrysosporium* (-0,51), *Cladosporium* et *Fusarium* (-0,59), *Rhizoctonia* et *Trycophyton* (-0,80), *Rhizoctonia* et *Chrysosporium* (-0,73), *Trycophyton* et *Phoma* (-0,61), *Epicoccum* et *Rhizoctonia* (-0,59), *Penicillium* et *Rhizoctonia* (-0,59). Ceci s'expliquerait par l'absence de *Chrysosporium*, *Epicoccum* et *Pénicillium* au niveau des tissus foliaires de l'olésatre. Cela est probablement dû à l'effet antagoniste que possédait *Alternaria* et *Rhizoctonia*, sur ces champignons.

Une ACP est faite pour interpréter les associations entre les mycoendophytes des tissus foliaires et racinaire des sujets échantillonnés à Tizi-Rached (Figure 24).

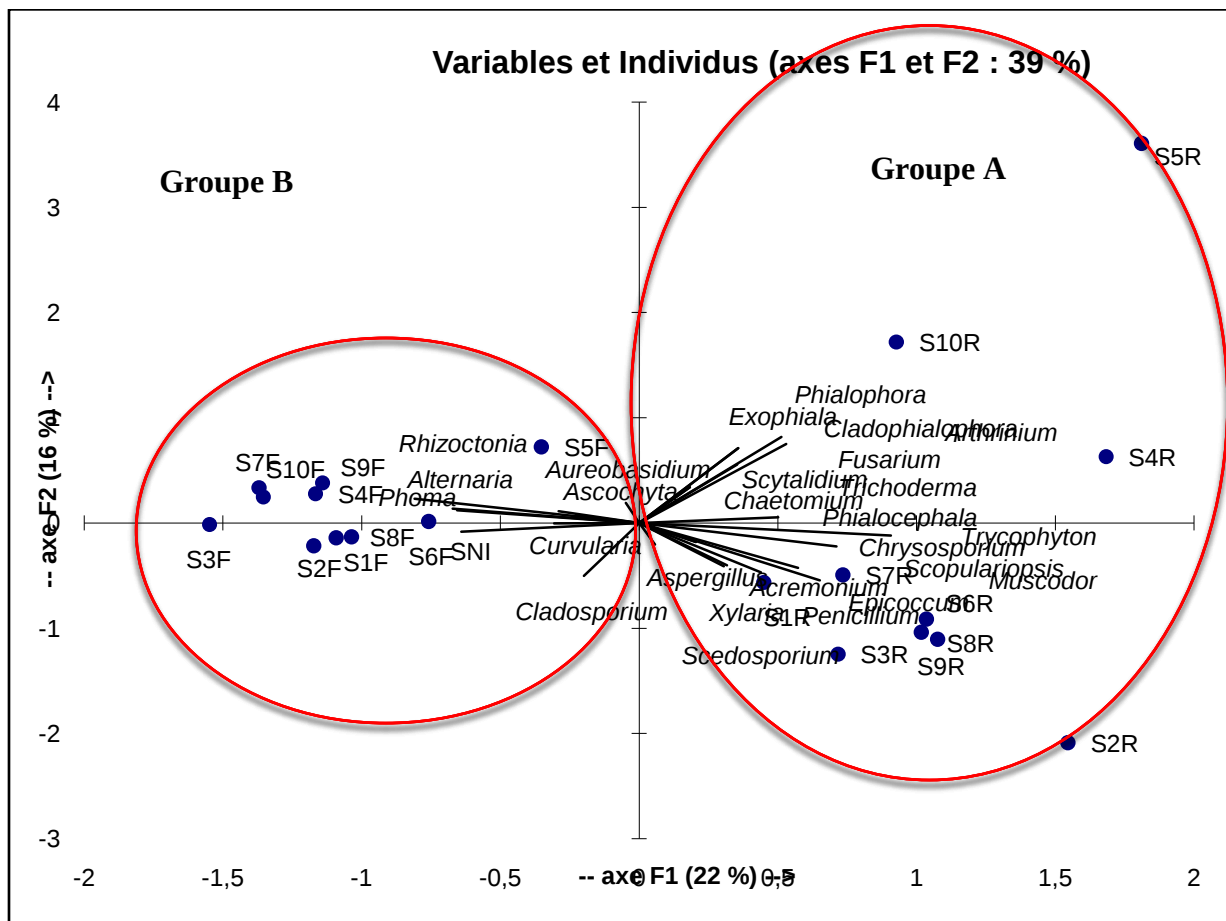


Figure 23: ACP représentant les genres mycoendophytes recensés au niveau des feuilles et des racines de différents sujets étudiés.

A partir de la Figure 9 on observe que le plan 1-2 de l'analyse en composantes principales (A.C.P) explique 39% du phénomène avec pour l'axe 1 : 22% et pour l'axe 2 : 16% de l'inertie totale.

Selon l'axe 1, nous notons l'individualisation de deux groupes. Le premier comporte tous les genres mycoendophytes recensés au niveau des tissus foliaires des sujets de l'oléastre de Tizi-Rached. Le second englobe les mycoendophytes présents dans la partie racinaire des sujets étudiés.

Le premier groupe A comprend les mycoendophytes recensés uniquement au niveau des tissus racinaires *Acremonium*, *Arthrinium*, *Chrysosporium*, *Cladophialophora*, *Epicoccum*, *Exophiala*, *Muscodor*, *Penicillium*, *Phialoccephala*, *Phialophora*, *Scedosporium*, *Scopulariopsis*, *Scytalidium*, *Trichoderma*, *Trycophyton sp1*, *Trycophyton sp2*, *Trycophyton sp3* et *Xylaria*, et qui sont totalement absents dans les feuilles, plus sont fortement présents au niveau des tissus foliaires tels *Aspergillus*, *Fusarium*, *Chaetomium* et racinaires.

Le deuxième B comporte les mycoendophytes isolés au niveau des feuilles, *Rhizoctonia*, *Phoma*, *Cladosporium*, *Aureobasidium*, *Alternaria*, *Ascochyta* et *Curvularia*.

La comparaison de nos résultats par rapport à ceux de Haddar (2017) montre qu'il y a une différence concernant le cortège fongique au niveau de la partie foliaire et radiculaire pour chacun des sujets étudiés. Nous avons remarqués aussi qu'il y a une différence dans la dominance des genres mycoendophytes entre les deux parties.

D'après Schulz et Boyle (2005), la croissance des endophytes dans les racines est souvent plus marquante, contrairement aux espèces liées aux autres parties de la plante.

La diversité, les fréquences de colonisation et la densité de la communauté mycoendophyte au niveau des racines varient selon les conditions climatiques et édaphiques, ainsi que l'hétérogénéité de l'habitat. Les changements observés dans la dynamique des populations endophytes limitées à cette partie souterraine de la plante sont déterminés par les variations saisonnières subies par la partie aérienne (Sieber, 2002).

Les différences qui marquent l'aspect de la colonisation des tissus entre la partie aérienne et souterraine de la plante-hôte, sont des résultantes de l'action combinée de plusieurs facteurs, entre autres : les différences anatomiques et la qualité des flux bidirectionnels des nutriments entre les deux partenaires, mais aussi aux propriétés des

mycoendophytes qui déterminent leur capacité à créer un microbiome (Wipps et *al.*, 2008).

La présente étude a pour objectif une approche des mycoendophytes foliaires de l'oléastre dans la région de Tizi-Rached, wilaya de Tizi Ouzou. L'échantillonnage a concerné dix arbres d'âge moyen. Dix feuilles saines de chaque arbre ont été prélevées et conservées au frais, avant la mise en culture des fragments sur milieu PDA, suivi d'un repiquage entre lame et lamelle et une identification morphologique (macroscopique et microscopique) des genres de mycoendophytes trouvés.

Nos résultats nous ont permis en premier lieu d'estimer la fréquence de colonisation (FC%) par les champignons endophytes. La lecture de ces résultats montre que cette espèce est fortement colonisée par les mycoendophytes avec une moyenne de 97,60%. Ceci peut s'expliquer par l'influence de certains facteurs importants : leur état sanitaire et la période d'échantillonnage. En effet, le printemps est la saison idéale pour l'installation et le développement de ces symbioses qui coïncident parfaitement avec le réveil végétatif des plantes hôtes. Une différence non significative des fréquences de colonisation a été déterminée entre les feuilles des différents sujets.

Nos observations sous microscope optique nous ont permis d'identifier 11 genres de mycoendophytes existant au niveau des feuilles de l'oléastre. Les genres recensés sont en majorité cosmopolites.

Le genre le plus abondant est *Rhizoctonia* suivi de *Cladosporium* puis *Phoma* et *Alternaria* qui était moyennement abondant après vient *Aureobasidium*, *Trycophyton*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Curvularia*, *Aspergillus*, *Ascochyta*.

La richesse en mycoendophytes et leur diversité remarquable chez les oléastres de la station de Tizi-Rached indique un certain équilibre écologique et un bon fonctionnement de l'écosystème à ce niveau.

Vu l'importance écologique et agronomique de l'oléastre, essentiellement dans le but d'intensifier et d'améliorer l'olivier cultivé qui a une valeur économique importante, nous avons jugé utile de recommander quelques perspectives :

- effectuer des études plus approfondies sur le même site en prenant en considération l'allure chronologique et histologique de l'infection mycoendophyte des tissus foliaires (saisonnalité et changement physiologique périodique de la phyllosphère, l'âge de la feuille...), afin de confirmer les résultats actuellement obtenus ;

- l'utilisation de la biologie moléculaire comme méthode d'identification des genres et/ou espèces de champignons endophytes ;
- faire des essais d'extraction de produits bioactifs de ces mycoendophytes pour lutter contre les pathogènes et les ravageurs de l'olivier cultivé.

Références

- Almut Reiher, 2011. Leaf-inhabiting endophytic fungi in the canopy of the Leipzig flood plain forest. These de doctorate de la faculté de Biowissenschaft, pharmacie-psychologie de l'Université de Leipzig, Allemagne, 127p.
- Alva P., McKenzie E. H. C., Pointing S. B., Pena-Muralla R. and Hyde K. D. Do sea grasses harbour endophytes? Fungal Diversity Research Series 2002; 7: 167-178.
- Anonyme 2008 <https://www.naturamediterraneo.com>
- Anonyme 2012 <https://www.florealpes.com>
- Anonyme 2017 <https://www.florealpes.com>
- Arab .K ; Bouchenakh. O ; Yahiaoui. K., 2013. Evaluation de l'activité biologique des feuilles de l'olivier sauvage et cultivé. Afrique science.09(3) : 159-166.
- Arnold A.E., Maynard Z., Gilbert G.S., Coley., P.D., Kursar T.A., 2000. Are tropical fungal endophytes hyperdiverse? Ecol Lett 3 : 267–274.
- Arnold A.E., et Lutzoni, F., 2007. Diversity and host range of foliar fungal endophytes: are tropical leaves biodiversity hotspots? Ecology, 88(3) : 541–549.
- Arnold A.E., Mejia L.C., Kyllo D., Rojas E.I., Maynard Z., Robbins N., Herre, E.A., 2003. Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. Proc Natl Acad Sci USA 100: 15649–15654.
- Arnold A.E., Mejia L.C., Kyllo D., Rojas E.I., Maynard Z., Robbins N., Herre, E.A., 2003. Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. Proc Natl Acad Sci USA 100: 15649–15654.
- Arnold, A.E. (2005). Diversity and ecology of fungal endophytes in tropical forests. In Current Trends in Mycological Research, D. Deshmukh, ed. (New Delhi, India: Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd.), pp. 49–68.
- Azevedo, JL et Araújo, WL. 2000. « La diversité et les applications de champignons endophytes à partir de plantes tropicales ». Dans *Fungi: microbes multiples*, Edité par: Ganguli, BN et Deshmukh, SK . 189 - 207 .Boca Raton, FL: CRC Press .
- Baccouri B., Zarrouk W., Krichene D., Nouairi I., Ben Youssef N., Daoud D., Zarrouk M. Influence of fruit ripening and Crop yield on chemical properties of virgin olive oils from seven selected Oleasters (*Olea europaea* L.). J. Agro. 6 (3), 2008; 388-396. In Rotondi A., Magli M. Ripening of olives var. Correggiolo: Modification of oxydative

stability of oils during fruit ripening and oil storage. J. Food Agric. Env. 2, 2004; 193-199.

- Bddiar A., Mekahlia M.N., 2007. Infectivité et efficacité de 4 morphotypes de spores de champignon endomycorhiziens à arbuscules extraits de sols Algériens et inoculés à l'oléastre (*Olea oleaster* « HOOEG. ET LINK. ». Colloque international sur BioTech world. 24-25 Novembre. Oran, Algérie, pp. 18.
- Beddiar et al., 2007. Infectivité et efficacité de 4 morphotypes de spores de champignons endomycorhiziens à arbuscules extraits de sols Algériens et inoculés à l'oléastre. Colloque international sur les bioTech World. 24-25 Novembre. Oran, Algérie, pp. 18.
- Ben Kacimi T, 2016. Contribution à 'étude biométrique de l'oléastre (*Olea europaea* L. Sylvestris) : cas d'un verger dégradé dans la région de Tizi-Rached W. Tizi Ouzou.
- Béruba J. 2007. Les champignons endophytes : un potentiel insoupçonné. L'éclaircie. N° : 34.
- Besnard et Bervillé, 2000. Multiple origins for Mediterranean olive (*Olea europaea* L. subsp. *Europaea*) based upon mitochondrial DNA polymorphisms. CR Acad Sci Ser III 2000, 323 : 173-81.
- Besnard, G., Breton, C. Baradat, P., Khadari, B. and Berville, A. 2001. Cultivar identification in olive (*Olea europaea* L) based on RAPDs. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126 :668-675.
- Besnard G, Baradat P, Bervillé A (2001a). Genetic relationships in the olive (*Olea europaea* L.) reflect multilocal selection of cultivars. Theor Appl Genet 102:251–258.
- Besnard, G., Khadari, B and Berville, A 2002a. *Olea europaea* (Oleaceae) phylogeography based on chloroplast DNA polymorphism. Theor. Appl. Genet 104 :1353-1361.
- Besnard, G., Khadari, B., Baradar, P. & Bervillé, A., 2002. *Olea europaea* (Oleaceae) phylography based on chloroplast DNA polymorphism. Theoretical and Applied Genetics 104: 1353–1361.
- Besnard G (2005) High genetic diversity and clonal growth in relict populations of *Olea europaea* subsp. *laperrinei* (Oleaceae) from Hoggar, Algeria. Ann Bot 96:823–830.
- Bishop D.L., Chatertton N.J., Harrison P.A., Hatfield DR.D. 2002. Changes in carbohydrate coordinated partitioning and cel wall remodeling with stress-induced pathogenesis in wheat sheath. Physiological and molecular Pathology.

- Boualem, B. (2009). Bejaïa: L'olivier sauvage délaissé. Revue de presse, Quotidien El Watan, Algérie, 20/07/2009.
- Boudribila, M.M. (2004). Les anciens Amazighs avant les phéniciens : Mode de vie et Organisation sociale. *AWAL*. 29, 17-31.
- Boyle, C., Gotz M., Dammann-Tugend U., Schulz B. 2001. Endophyte: host interactions III. Local vs. Systemic colonization symbiosis 31: 259-281.
- Boyle, C and Schulz, B. (2005). The endophytic continuum. *Mycol. Res.*109, 661–686.
- Breton, 2002.C. Breton, Adaptation et évolution de l'olivier et de l'oléastre dans diverses conditions d'isolement, de culture et d'environnement, Institut Méditerranéen d'Écologie et de Paléoécologie, CNRS. www.tela-botanica.org.
- Breton. Catherine Breton., Frédéric Médail., Christian Pinatel., André Bervillé.2006. De l'olivier à l'oléastre : origine et domestication de l'*Olea europaea* L. dans le Bassin méditerranéen. *Cahiers Agricultures*. (15), n° 4, juillet-août 2006 : 329.
- Bronzini de Caraffa V, Maury J, Gambotti C, Breton C, Bervillé A, Giannettini J. 2002. Mitochondrial DNA variation and RAPD mark oleasters, olive and feral olive from Western and Eastern Mediterranean. *Theor Appl Genet* 104 : 1209-16.
- 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.
- Caravaca, F., Barea, J.M., Figuerola, D., Roldán, A. (2002). Assessing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and soil compost addition for enhancing reforestation with *Olea europaea* subsp. *Sylvestris* through changes in soil biological and physical parameters. *ELSEVIER*. 20, 107-118.
- Carroll G.C., et Carroll F.E., 1978. Studies on the incidence of coniferous needle
- Chabasse D., Guiguen Cl., Contet-Audonneau N. (1999). *Mycologie médicale*. 324p.
- Chevalier A. (1948). L'origine de l'olivier cultivé et ses variations. *Revue Internationale de Botanique Aooliquée et d'Agriculture Tropicale* 28 : 1-25.
- Cimato A ,2010.La qualité de L'huile d'olive vierge et !es facteurs agronomiques *Oliva* Vol 31.
- Clay K. and Schardl C. Evolutionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. *American Naturalist* 2002; 160 Suppl 4: S99-S127.

- Colen S. D. Host selectivity and genetic variation of *Discula umbrinella* isolates from two oak species: analyses of intergenic spacer region sequences of ribosomal DNA. *Microbial Ecology* 2004; 52: 463-469.
- Collado J., Platas G., Gonzalez I., et Pelaez F., 1999. Geographical and seasonal
- Comte, H. (1990). *Le tour de l'olivier*. Régine Vallée, 2ème ed. 116.
- Concepcion M.Diez, Trujillo I, Barrio E, Belaj A, Barranco D and Rallo L (2011) Centennial olive trees as a reservoir of genetic diversity. *Annals of Botany* 108: 797–807.
- Deckert et al. 2000, RJ, Melville, LH et Peterson,RL. 2001. Les caractéristiques structurelles d'un *Lohodermium* endophytes pendant la phase cryptique du cycle de vie dans le feuillage de *Pinus strobus*. *Mycol Res.*,105: 991- 997.
- Degrully, L., 1907. *L'olivier*. Coulet et fils éditeurs, Montpellier,223 p.
- Dingle J. and McGee P. A. Some endophytic fungi reduce the density of pustules of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* in wheat. *Mycological Research* 2003; 107: 310-316.
- Doveri et Baldoni, 2007. Non-concordance between genetic profiles of olive oil and fruit : a cautionary note to the use of DNA markers for provenance testing. *Journal of agricultural and Food Chemistry*- 54(24) : 9221-9226 .
- Eisehauer N. 2012. Aboveground-below ground interactions as source of complementary effect in biodiversity experiments. *Plant soil*. Vol (35) n°1 : 1-22.
- El-Nagerabi S.A.F., Elshafie A.E., Alkhanjari S.S., 2013. Endophytic fungi associated with *zizyphus*. *Biodiversitas*. Vol 14, N° 1, pages: 10-16.
- Espinosa-Garcia J. et Langenheim H. 1990. The leaf fungal endophytic community of a coastal redwood population – diversity and spatial patterns – *New phytologist*. 116: 89-97.
- Faurasté I., 2002. *Etudes botaniques « l'olivier »*. Faculté des Sciences Pharmaceutiques de Toulouse.
- Fernandes M. R. V., Costa e Silva T. A., Pfenning L. H., Da Costa-Neto C. M., Heinrich T. A., De Alencar S. M., De Lima M. A. and Kegaki M, 2009. Biological activities of the fermentation extract of the endophytic fungus *Alternaria alternata* isolated from *Coffea arabica* L. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*; 45: 678-685.
- Frohlich. J, Hyde. K. D and Petrini. O, (2000). Endophytic fungi associated with palms. *Mycological Research*.104: pp 1202-1212.

- Gallery R. E., Dalling J. W. and Arnold A. E. Diversity, host affinity, and distribution of seed-infecting fungi: a case study with *Cecropia*. *Ecology* 2007; 88: 582-588.
- Gamboa M.A., Bayman P. 2001. Communities of endophytic fungi in leaves of a tropical timber tree (*Guarea Guidonia* : Meliaceae) BIOTROPICA. Vol (32) n° 33: 352-360.
- Ganley R.J, Brunsfeld S.J., Newcombe G. 2004. A community of unknown, endophytic fungi in western white pine. *PNAS*. Vol (101) n° 27: 10107-10112.
- Garcia A., Rhoden S. A F., Celso J.R., Nakamura C.V., Pamphile J.A. 2012. Diversity of foliar endophytes fungi from the medicinal plant *Sapindus saponaria* L. and their localization by scanning electron microscopy. *Biol Res*. Vol (45) : 139-148.
- Ghedira, K. (2008). L'olivier. *Phytothérapie*. 6, 83-89.
- Guerin, J.R. Sweeney GG. Collins and M Sedgley 2003. The development of a genetic database to identify olive cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127: 977-983.
- Guezlane.B, Tbibel.N, Kahlouche.B, Atmani.G.S, (2011). microbiologie Travaux Pratiques 2 ème année TCB et LMD, 4 ème édition corrigée.
- Guo 2007, LD. 2001. Les progrès des champignons endophytes . *Mycosystema* , 20: 148 - 152 .
- Haddar H, 2017. Identification des champignons des racines de l'Oléastre dans la région de Tizi-Rached (Tizi-Ouzou, Algérie).
- Hallmann J., Quadt-Hallmann A., Mahaffee W.F., Kloepper J.W. (1997). Bacterial endophytes in agricultural crops. *Can. J. Microbiol.* 43:895-914.
- Hamilton C.E., Gundel P.E., Helander M., et Saikkonen K., 2012. Endophytic mediation of reactive oxygen species and antioxidant activity in plants: a review. *Fungal Diversity* 54: 1–10.
- Hannachi Hédia, Breton Catherine, Msallem Monji, Salem Ben El Hadj Salem Ben, El Gazzah Mohamed, Bervillé André. (2008). Differences between native and introduced olive cultivars as revealed by morphology of drupes, oil composition and SSR polymorphisms: A case study in Tunisia, *Scientia Horticulturae* 116, 2008; 280–290.
- Harman G.E., 2000. Myths and dogmas of biocontrol : changes in perceptions derived.
- Herre E.A., Mejia L.C., Kyllö D.A., Rojas E., Maynard Z, Butler A., Van Bael S. A. 2007. Ecological implication of anti-pathogen effects of tropical fungal endophytes and mycorrhizae. *Ecology*. Vol (88) n°3: 550-558.

- Higgins, K.L., Arnold, A.E., Miadlikowska, J., Sarvate, S.D., et Lutzoni, F., 2007. Phylogenetic relationships, host affinity, and geographic structure of boreal and arctic endophytes from three major plant lineages. *Mol. Phylogenet. Evol.* 42 : 543–55.
- Hirt H. 2012. Des microbes bénéfiques peuvent aider des plantes à acquérir une tolérance aux stress environnementaux. Groupe de travail sur les potentiels et la science pour l'avenir de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement. Académie d'agriculture de France. Pp : 1-8.
- Hyde K.D., et Soytong k., 2007. The endophytic fungi dilemma. *Fungal diversity* 33:163-173.
- Inacio M.L., Silva G.H.,L., Trevisan H.C., Cavalheiro A.J., Bolzani V.C., Pfeuning L.H. and Araújo A.R. antifungal metabolites from *Colletotrichum gloeosporioides*, an endophytic fungus in *Gyptocarya mandioccana* Nees . influences on the distribution of fungal endophytes in *Quercus ilex*. *New Phytol* 144 : 525-532.
- Jalgaonwala R.E., Mohite B.V. and Mahajan R.T. Evaluation of endophytes for their antimicrobial activity from indigenous medicinal plants belong to north Maharashtra region India. *International journal on Pharmaceutical and Biomedical Research* 2011. 1: 136-141.
- Johnson, N.C., Graham, J.H., et Smith, F. A, 1997. Functioning of mycorrhizal association along the mutualism-parasitism continuum. *New phytol* 135: 575-585.
- Khan R., Shahzad S., Choudhary M. I., Khan S. A. and Ahmad A. Communities of endophytic fungi in medicinal plant *Withania somnifera*. *Pakistan Journal of Botany* 2011; 42: 1281-1287.
- Kiffer E., Morellet M. 1997. Immunochimical localization of tetrahydrocannabinol (Thc) in cryofixed glandular trichomes of cannabis (*Cannabaceae*). *American journal of Botany*. Vol (84) n°3 : 336-342.
- 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. and Kim J. C. Some fungal endophytes from vegetable crops and their anti-oomycete activities against tomato late blight. *Letters in Applied Microbiology* 2007; 44: 337.
- Kogel K.H., Franken P., et Huckelhoven R., 2006. Endophyte or parasite-What.
- Kulda G., Bacon C. 2008. Clavicipitaceous endophytes : their ability to enhance resistance of grasses to multiple stress. *Biological control*. Vol (46): 57-71.

- Kusari, S., Hertweek, C., et Spiteller, M, 2012. Chemical ecology of endophytic fungi: Orgains of secondarymetabolites. Chemistry et biology 19.
- Lakshman H.C., et Kurandawad J.M., 2013. Diversity of the endophytic fungi.
- Li et al. 2007, WC,Guo,SY et Guo,LD. 2007a. Champignons endophytes associés à lichens *Physcia Stellaris* utilisant différentes méthodes de stérilisation de surface . *J Fungal Res.* , 5: 202 - 206 .
- Liu, SC , Jiang, LH , Chen, XL , Guo, LD et Che, YS. 2001 . Chloropupukeananin, la dérivée première de pupukeanane chloré et de ses précurseurs de *Pestalotiopsis fici* . *Org Lett.* , 10: 1397 - 1400 .
- Loussert. R et Brousse. G., 1978. L'olivier : technique agricole et production méditerranéene. E.d. GP.Maisoneuvre et Larousse.480p.
- Lumaret, R. and Ouazzani, N. 2004. Ancient wild olives in Mediterranean forests. 413 :700.
- Lumaret, R., Ouazzani, N., Michaud, H., Vivier, G., Deguilloux, M.F., Di Giusto, F. (2004). Allozyme variation of oleaster populations wild olive tree *Olea europaea* L. in the Mediterranean Basin. *Heredity.* 92, 343–351.
- Malinowski D. P. and Belesky D. P. Adaptation of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Corp Science* 2000; 40: 923-940.
- Malinowski D., Brauer D., Belesky D.: The endophyte *Neotyphodium coenophialum* affects root morphology of tall fescue grown under phosphorus deficiency. *J. Agron. Crop Sci.*, 1999, 183, 53-60.
- Mandyam K., et Jumpponen A., 2005. Seeking the elusive function of the rootcolonising dark septate endophytic fungi. *Studies in Mycology* 53 : 173–189.
- Miles C. O., di Menna M. E., Jacobs S. W., Garthwaite I., Lane G. A., Prestidge R. A., Marshall S. L., Wilkinson H. H., Schardl C. L., Ball O. J. and Latch G. C. Endophytic fungi in indigenous Australasian grasses associated with toxicity to livestock. *Applied and Environmental Microbiology* 1998; 64: 601-606.
- Monnet F., Vaillant N., Hitmi A., Sallanon H.: Photosynthetic activity of *Lolium perenne* as a function of endophyte status and zinc nutrition. *Funct. Plant Biol.*, 2005, 32, 131-139.
- Moricca S., et Ragazzi A., 2008. Fungal endophytes in Mediterranean oak forests: A lesson from *Discula quercina*. *Phytopathology* 98 : 380-386.

- Mulas M., Sedda P., MORO C., 1998 – Survey on olive genetic resources of Sardinia. – *Acta Horticulturae*, 474 : 151-154.
- O.N.M de Tizi-Ouzou.
- Obledo E. N., Barragan-Barragan L. B., Gutierrez-Gonzalez P., Ramirez-Hernandez B.C., Ramirez J. J. and Rodriguez-Garay B., 2003; Increased photosynthetic efficiency.
- Oses R., Valenzuela S., Freer J., Sanfuentes E. and Rodriguez J. Fungal endophytes in xylem of healthy Chilean trees and their possible role in early wood decay. *Fungal Diversity* 2008; 33: 77-86.
- Park J. H., Choi G. J., Lee H. B., Kim K. M., Jung H. S., Lee S. W., Jang K. S. and Cho K. Y. Griseofulvin from *Xylaria* sp. strain F0010, and endophytic fungus of *Abies holophylla* and its antifungal activity against plant pathogenic fungi. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 2005; 15: 112-117.
- Petrini, O., Sieber, T.N., Toti, L., et Viret, O., 1996. Ecology, Metabolite Production, and Substrate Utilization in Endophytic Fungi. *Natural Toxins* 1:185-196.
- Pimentel M. R., Molina G., Dionisio A. P., Marostica Junior M. R. and Pastore G. M., 2011. The use of endophytes to obtain bioactive compounds and their application in biotransformation process. *Biotechnol Res Int*; doi:10.4061/2011/576286.
- Porras-Alfaro, A., et Bayman L., 2011. Hidden fungi, Emergent properties : Endophytes and microbiomes . *Annu.Rev. Phytopathol.* 49: 291-315.
- Porras-Alfaro, A., Herrera, J., Natvig, D.O., Sinsabaugh R.L, Khidir, H.H., Eudy, D.M., Porras-Alfaro., 2011. A general suite of fungal endophytes dominate the roots of two dominant grasses in a semiarid grassland. *Journal of Arid Environments* 74 : 35–42.
- 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.
- Redman R. S., Sheehan K. B., Stout R. G., Rodriguez R. J. and Henson J. M. Thermotolerance generated by plant/fungal symbiosis. *Science* 2002; doi: 10.1126/science.1078055.
- Roberts C. A., Benedict H. R., Hill N. S., Kjallenbach R. L. and Rottinghaus G. E. Determination of ergot alkaloid content in tall fescue by nearinfrared spectroscopy. *Crop Science* 2005; 45: 778-783.
- Rodrigues, KF et Samuels, GJ. 2004 . Etude préliminaire des champignons endophytes dans un palmier tropical . *Mycol Res.* , 94: 827 - 830.

- Rodriguez R. J., Redman R. S. and Henson J. M. The role of fungal symbioses in the adaptation of plants to high stress environments. *Migration and Adaptation Strategies for Global Change* 2004; 9: 261-272.
- Rodriguez R., Redman R., Henson J.: The role of fungal symbionts in the adaptation of plants to high stress environments. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2005, 9, 261-272.
- Rodriguez R.J., White J.F., Arnold A.E., et Redman R.S., 2009. Fungal endophytes diversity and functional roles. *New Phytologist* 182 : 314–330.
- Rosenblueth M., Martinez-Romero E.: Bacterial endophytes and their interactions with hosts. *MPMI*, 2006, 19, 827-837.
- Rozier, 2015. Olive, Olivier, Olivetti. Cours complet d'agriculture. Pp : 189-275.
- Rubio de Casas R, Besnard G. Schonswetter P. Balaguer L. Vargas P. 2002. Extensive gene flow blurs phylogeographic but not phylogenetic signal in *Olea europaea* L. *Theoretical and Applied Genetics*. 2006 ; 113 : 575-583.
- Rubio de Casas R., Christin P.-A., Vargas P. (2002). Phylogenetics of *Olea* (Oleaceae) based on plastid and nuclear ribosomal DNA sequences: Tertiary climatic shifts and lineage differentiation times. *Annals of Botany*, vol. 104, n. 1, p. 143-160.
- Saar D. E., Polans N. O., Sorensen P. D. and Duvall M. R. Angiosperm DNA contamination by endophytic fungi: Detection and methods of avoidance. *Plant Molecular Biology Reporter* 2001; 19: 249-260.
- Saikkonen et al. 2010 Saikkonen, K, Saari, S et Helander, M. 2010 . Mutualisme défensif entre les plantes et les champignons endophytes? . *Divers. Fungal* , 41: 101 - 113 .
- Sanchez Marquez. S., Bills, G.F., et Zabalgoitia I., 2007. The endophytic mycobiota of the grass *Dactylis glomerata*. *Fungal diversity* 27: 171-195.
- Sanchez-Azofeifa, A., Oki. Y., Wilson Fernandes . G., Aaron Ball, R., Gamon, J., 2012. Relationships between endophyte diversity and leaf optical properties. *Trees* 26 : 291-299.
- Schulz B, Boyle C, 2006. The endophytic continuum. *Mycological Research* 109: 661-686.
- Schulz B. and Boyle C. The endophytic continuum. *Mycological Research* 2005; 109: 661-686.

- Schulz, B. 2006. « Procédures d'isolement pour les micro-organismes endophytes ». Dans *endophytes racine par le microbe*, édité par: Schulz, BJE , Boyle, CJC et Sieber, TN . 299 - 319 .Berlin: Springer .
- Schwarzenbach K, Enkerli J, Widmer F, 2007. Objective criteria to assess representativity of soil fungal community profiles. *Journal of Microbiological Methods* 68: 358-366.
- Selim, K.A., El-Beith, A.A., El-Rahman, T.M., et El-Diwany, A.I., 2012. Biology of Endophytic Fungi. *Current Research in Environmental & Applied Mycology* 2(1) : 31-82.
- Selosse M.A., et Schardl C.L., 2007. Fungal endophytes of grass: hybrids rescued by vertical transmission? An evolutionary perspective. *New Phytologist*.173 (3) : 452-458.
- Selosse M. A. and Schardl C. L. Fungal endophytes of grasses: hybrids rescued by vertical transmission? An evolutionary perspective. *New Phytologist* 2011; 173: 452-458.
- Shankar. N. B and Shashikala. J, (2008).Diversity and structure of fungal endophytes in some climbers and grass species of Malnad region, Western Ghats, Southern India. *Mycosphere* 1: 265-274.
- Sidi Mammar Mohamed. (2011). Elixir, une huile d'oléastre thérapeutique.
- Sieber T.J., 2002. Endophytic fungi in forest trees: are they mutualists? *Fungal*.
- Spiering M. J., Moon C. D., Wilkinson H. H. and Schardl C. L. Gene clusters for insecticidal loline alkaloids in the grass-endophytic fungus *Neotyphodium uncinatum*. *Genetics* 2005; 169: 1403-1414.
- Stone J. K, White J. F., Jr. and Polishook J. D. 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 1996; pp. 241-270.
- Stone J., Bacon C., White J. Jr.: An overview of endophytic microbes: Endophytism defined. In: Bacon C., White J. Jr. (Eds.): *Microbial endophytes*, Marcel Dekker, New York, 2000, 3-29.
- Strobel G.A. (2002). Rainforest Endophytes and Bioactive Products. *Critical Reviews in Biotechnology*, 22(4):315-333.
- Strobel G , Daisy B. 2003 . Bioprospection pour endophytes microbiennes et leurs produits naturels. *Microbiol Mol Biol Rev* 67: 491 - 502 .

- Stone J.K., Polishook J.D., White J.F. 2004. endophytic fungi . in Muller G.M., Bills G.F et Foster M.S. (eds). *Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods*. Elsevier Academic Press. Pp 241-269.
- Sullivan, T. J., Saikkonen, N., Faeth, S.H., Helander. M., 2007. Fungal Endophytes: a continuum of interaction with host plants. *Annu Rev Ecol Syst* 29: 319-343.
- Sun X., Guo, L.D., et Hyde K.D., 2011. Community composition of endophytic fungi in *Acer truncatum* and their role in decomposition. *Fungal Diversity* 47 : 85–95.
- Sung G.H., Lücking R., Lumbsch T., O'donnell K., Binder M., Diederich P., Ertz D., Gueidan C., Hansen K., Harris R.C., Hosaka K. Lim Y.W., Matheny B., Nishida H., Pfister D., Rogers J., Rossman A., Schmitt I., Sipman H., Stone J., Sugiyama J., Yahr R., et Vilgalys R., 2007. Assembling the Fungal tree of life: progress, classification, and evolution of subcellular traits *American Journal of Botany* 91(10) : 1446–1480.
- Suryanarayanan, T.S., Thirunavukkarasu, N., Govindarajulu, M.B., et Gopalan, V., 2004. Fungal endophytes: an untapped source of biocatalysts. *Fungal Diversity* 54 : 19–30.
- Taiqui L, 2009. Cantarino CM. Elément historiques d'analyse écologique des paysages montagneux du Rif Occidental (Maroc) *Mediterranea Serie de estudios biologicos* 16:23–36.
- Tan R. X. and Zou W. X. Endophytes: a rich source of functional metabolites. *Natural Product Reports* 2001; 18: 448-459.
- Terral et Arnold-Simard, 1996. Beginnings of olive cultivation in eastern Spain in relation to Holocene bioclimatic changes. *Quat. Res.* 46 :176-185.
- Terral, 2012. Primary domestication and early uses of the emblematic olive tree: palaeobotanical, historical and molecular evidence from the Middle East.
- Toti, L et Viret, O. 1992. L'écologie, de la production de métabolites, et l'utilisation dans des champignons endophytes substrat . *Nat Toxines* , 1: 185 - 196 .
- Wainstein, J., Ganz, T., Boaz, M., Bar Dayan, Y., Dolev, E., Kerem, Z et al. (2013). Olive leaf extract as a hypoglycemic agent in both human diabetic subjects and in rats. *Natural medicine*. 01-477.
- 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. The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease

resistance, and higher yield. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 2005; 102: 13386-13391.

- White J.Jr., Sullivan R., Balady G., Gianfagna T., YUE Q., Meyer W., Cabral D.: A fungal endosymbiont of the grass *Bromus setifolius*: Distribution in some Andean populations, identification, and examination of beneficial properties. *Symbiosis*, 2010, 31, 241-257.
- Wilson D. (2000). Ecology of Woody Plant Endophytes. *Microbial Endophytes*, Part III (15):389-420.
- Whipps J.M., Hand P., Pink D., Bending G.D. 2008. Phyllosphere microbiology with special reference to diversity and plant genotype. *Journal of distribution in species of the tribe Agrostideae. American journal of botany* vol (4) n°79: 472-477.
- [www. Google Maps.com](http://www.GoogleMaps.com)
- You F., Han T., Wu J. Z., Huang B. K. and Qin L. P. Antifungal secondary metabolites from endophytic *Verticillium* sp. *Biochemical Systematics and Ecology* 2000; 37: 162-165.
- Zabalgogezcoa I. Fungal endophytes and their interaction with plant pathogens. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2008; 6: 138-146.
- Zareb .A.2014. Contribution a l'étude des mycoendophytes foliaires du pistachier de l'Atlas (*Pistacia Atlantica Desf*) de dayate Aiat (Timizerth, Laghouat, Algerie). Mémoire de Magister. Spécialité : Sciences Agronomiques. Option : science de la vigne et préservation des ressources phylogénétiques. Faculté des sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. UMMTO.146p.
- Zhang H.W., Song Y.C., et Tan R.X., 2006. Biology and chemistry of endophytes. *Natural Product Reports*, 23 : 753-771.
- Zohary D, Hopf (1994) *Domestication of plants in the OldWorld*, 2nd edn., Clarendon Press,Oxford 243 p.
- Zohary et Hopf, 1994. *Beginnings of fruit growing in the old world science* 187 :319-327.
- Zohary, D., 1995. Olive (*Olea europaea*). In: Smartt, J. & Simmonds, N.W. (Editors). *Evolution of crop plants*. Longman Scientific & Technical, Harlow, United Kingdom. pp. 379–382.
- Zohary D., Hopf M., Weiss E. (2012). *Domestication of plants in the Old World*. 4. Ed. Oxford : Oxford University Press. 243 p.

Résumé

Les champignons vivent en interaction complexe avec les plantes où les deux partenaires tirent profit, ces relations sont à l'origine de la colonisation par les espèces végétales d'un écosystème donné et de s'y maintenir. Notre travail a concerné la présence des mycoendophytes, ainsi que leur diversité au niveau des feuilles de l'oléastre de Tizi-Rached (wilaya de Tizi-Ouzou, Algérie). Cet arbre est considéré comme l'ancêtre maternel de l'olivier cultivé, caractérisé par sa rusticité et sa longévité, d'où son utilisation comme porte greffe de plusieurs cultivars. Des fragments de feuilles prélevées à partir de dix oléastres choisis, sont ensemencées dans un milieu PDA dans des boîtes de Pétri. Après deux mois d'incubation, la fréquence de colonisation par les champignons endophytes est très élevée, elle est de 97.60% pour l'ensemble des sujets. L'Anova a révélé que les différences de colonisation sont non significatives entre les 10 sujets. L'inventaire en mycoendophytes est réalisé sur la base des caractères morphologiques des isolats fongiques. L'observation de ces derniers au microscope a révélé 12 genres. Les genres dominants sont Rhizoctonia et Cladosporium. Les interactions existantes entre les différents taxons recensés ont un impact très important sur leur biodiversité au niveau des feuilles de l'oléastre.

Mots- clés : feuilles, champignons endophytes, Oléastre, Tizi-Ouzou, Algérie.

Astract

Fungi live in a complex interaction with plants where both partners benefit, these relationships are responsible for colonization by plant species in a given ecosystem and to maintain it. Our work concerned the presence of mycoendophytes, as well as their diversity at the level of the leaves of the Tizi-Rached oleaster (wilaya of Tizi-Ouzou, Algeria). This tree is considered the maternal ancestor of the cultivated olive tree, characterized by its hardiness and longevity, hence its use as a rootstock of several cultivars. Leaf fragments taken from ten selected oleasters are seeded in PDA medium in petri dishes. After two months of incubation, the frequency of colonization by endophytic fungi is very high, it is 97.60% for all subjects. Anova revealed that colonization differences were not significant between the 10 subjects. The inventory of mycoendophytes is made on the basis of the morphological characters of the fungal isolates. The observation of these last under the microscope revealed 12 genera. The dominant genera are Rhizoctonia and Cladosporium. The existing interactions between the different taxa identified have a very important impact on their biodiversity at the level of the leaves.

Keywords: leaves, endophytic fungi, Oléastre, Tizi-Ouzou, Algeria.

ملخص

تعيش الفطريات في تفاعل معقد مع النباتات حيث يستفيد كلا الشريكين ، وهذه العلاقات مسؤولة عن الاستقرار للأنواع النباتية في نظام بيئي معين والحفاظ عليه. عملنا هذا يتعلق بوجود الفطريات الداخلية ، وكذلك تنوعها على مستوى أوراق الزيتون البري بناحية تيزي راشد (ولاية تيزي وزو ، الجزائر). التي تعتبر الشجرة الأم لشجرة الزيتون المزروعة ، والتي تتميز بصلابتها وطول عمرها ، لهذا تم استخدامها كعنصر أساسي في تطعيم عدة أصناف من الزيتون. توضع شظايا لعينات الأوراق المأخوذة من عشرة أفراد مختارين في اقراص الانتشار على سطح الاقار. بعد شهرين من الحضانة ، فإن تواتر الاستعمار عن طريق الفطريات الفطرية مرتفع للغاية ، فهو 97.60 ٪ لجميع الافراد. كشف ANOVA يوضح أن فروق الاستعمار لم تكن مهمة بين الافراد العشرة. جرد الفطريات الداخلية يتم على أساس التشخيصات المورفولوجية للعزلات الفطرية. حيث كشفت مراقبة هذه الأخيرة تحت المجهر 12 جنس. الأجناس المهيمنة التي تم عزلها هي Rhizoctonia و Cladosporium. ان التفاعلات الحالية بين الأصناف المختلفة التي تم تحديدها لها تأثير مهم للغاية على تنوعها البيولوجي على مستوى أوراق الزيتون البري. تيزي وزو. الكلمات المفتاحية : الرقة، الفطريات الداخلية، الزيتون البري، تيزي وزو.