

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



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master II

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Biodiversité et Ecologie Végétale.

Thème :

**Diversité de champignons endophytes de la feuille de
Calicotome spinosa Desf. de la région de Tala n Tazart de
la wilaya de Tizi-Ouzou.**

Présenté par : M^{elle} KACEL Zakia

Devant le jury :

M^{me} SMAIL-SAADOUN N.

Professeur à l'UMMTO

Présidente

M^{elle} ZAREB A.

MAA à l'UMMTO

Promotrice

M^{elle} OUZID Y.

MCB à l'UMBB

Examinatrice

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

Je tiens avant tout à exprimer ma reconnaissance à Ma promotrice M^{elle} ZAREB A pour avoir accepté de m'encadrer dans cette étude. Je la remercie pour son implication, son soutien et ses conseils tout au long de ce travail.

Je souhaite également remercier Mme SMAIL-SAADOUN N. Professeur à l'UMMTO d'avoir accepté de présider le jury de soutenance et d'examiner mon travail, ainsi pour ses encouragements et surtout pour sa présence et disponibilité à tout moment, durant la réalisation de ce travail.

Je remercie aussi M^{elle} OUZID Y d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Enfin, merci à toute personne qui m'a aidée de près ou de loin à réaliser ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à Yemma et à Vava pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements durant ces années d'études.

A mes chers frères et ma chère sœur.

A tous mes amis en particulier Imene. A tous ceux qui me sont chers et qui me portent dans leurs cœurs.

Liste des figures

Figure 1 : principaux groupes des phylums fongique (Sellier et <i>al.</i> , 2021).....	6
Figure 2 : modes de croissance des champignons endophytes dans les tissus des plantes hôtes (Kusari et Spiteller, 2012).....	9
Figure 3 : Voies de transmission des mycoendophytes chez les plantes à fleurs : a) Graine colonisée par un mycoendophyte provenant d'une plante-mère, b) Germination de la graine et colonisation par le mycoendophyte de la racine ainsi que la dissémination dans la rhizosphère, c et d) Colonisation verticale du jeune plant et colonisation horizontale par différents micro-organismes environnementaux, e) colonisation des organes reproducteurs par des mycoendophytes et dissémination future des graines colonisées (Shahzad et <i>al.</i> , 2018).....	11
Figure 4 : arbuste de <i>Calicotome spinosa</i> (Macqueron, 2016).....	21
Figure 5 : racines de <i>Calicotome spinosa</i> (Hamlat et Hadji, 2017).....	22
Figure 6 : feuille trifoliée du <i>Calicotome spinosa</i> (Macqueron, 2016).....	22
Figure 7 : fleurs de <i>Calicotome spinosa</i> (Macqueron, 2016).....	23
Figure 8 : épines de <i>Calicotome spinosa</i> (Macqueron, 2016).....	23
Figure 9 : fruits de <i>Calicotome spinosa</i> (Macqueron, 2016).....	24
Figure 10 : localisation de la wilaya de Tizi-Ouzou (google.fr).....	27
Figure 11 : zone d'échantillonnage du <i>Calicotome spinosa</i> au niveau de la région Tala n Tazart de la wilaya de Tizi-Ouzou.....	28
Figure 12 : diagramme ombrothermique de la station de Tala n Tazert.....	31
Figure 13 : photos des genres fongiques recensés des feuilles de <i>Calicotome spinosa</i> observés sous le microscope optique au grossissement (Gr x 400).	38

Figure 14 : composition des mycoendophytes des feuilles du *Calicotome spinosa* selon le phylum.....**39**

Figure 15 : représentation de l'analyse en composantes principales (ACP) des genres de champignons endophytes recensés au niveau des feuilles des différents sujets de *Calicotome spinosa* échantillonnés dans la station de Tala n Tazart de la wilaya de Tizi-Ouzou.....**43**

Liste des tableaux

Tableau 1 : Critères symbiotiques utilisés pour caractériser les classes des mycoendophytes (Rodriguez et <i>al.</i> , 2009).....	14
Tableau 2 : La classification botanique de <i>Calycotome spinosa</i> (Dameradji, 2011).....	20
Tableau 3 : précipitations mensuelles de la station de Tizi-Ouzou de 2005 à 2016 (ONM).....	28
Tableau 4 : températures minimales (m), maximales (M) et moyennes (M+m/2) mensuelles de la station de Tizi-Ouzou de 2005 à 2016 (ONM).....	29
Tableau 5 : précipitations mensuelles estimées pour la station de Tala n Tazart.....	29
Tableau 6 : températures maximales, minimales et moyennes mensuelles estimées pour la station de Tala n Tazart.....	30
Tableau 7 : classification des différents genres de mycoendophytes isolés à partir des feuilles de <i>Calicotom spinosa</i> de la station Tala n Tazart dans la Wilaya de Tizi-Ouzou.....	37
Tableau 8 : matrice de corrélation entre les genres fongiques des tissus foliaires de <i>Clicotome spinosa</i> dans la Wilaya de Tizi-Ouzou.....	45

Table des matières

Introduction générale	2
Chapitre I : Mycoendophytes foliaires	4
1. Introduction	5
2. Classifications des champignons	6
2. 1. Champignons « inférieurs »	6
2.1.1. Chytridiomycota	7
2.1.2. Zygomycota	7
2.1.3. Glomeromycota.....	7
2.2. Champignons « supérieurs »	8
2.2.1. Ascomycota	8
2.2.2. Basidiomycota	9
3. Champignons endophytes	9
3.1. Introduction	9
3.2. Mode de transmission des champignons endophytes	10
3.2.1. Transmission verticale	11
3.2.2. Transmission horizontale	11
3.3. Biodiversité des champignons endophytes	12
3.4. Facteurs influençant la diversité des mycoendophytes	12
3.5. Classification des champignons endophytes	14
3.5.1. Les mycoendophytes Clavicipitaceae (Classe 1)	14
3.5.2. Les mycoendophytes non-Clavicipitaceae	15

3.5.3. Les mycoendophytes de la classe 2	15
3.5.4. Les mycoendophytes de la classe 3	15
3.5.5. Les mycoendophytes de la classe 4	15
3.6. Importances des champignons endophytes	16
3.6.1. Promotion de la croissance et de la nutrition	16
3.6.2. Tolérance des plantes aux stress biotiques	16
3.6.3. Tolérance des plantes aux stress abiotiques	17
Chapitre II : Description de l'espèce.	19
1. Etymologie	20
2. Systématique du <i>Calycotome spinosa L</i>	20
3. Aire de répartition	20
4. Description botanique de <i>Calycotome spinosa L</i>	21
5. Composition chimique et utilisations	24
Chapitre III : Matériels et méthode	2
1. Description de la zone d'étude	27
2. Bioclimat de la zone d'étude	28
2.1. Méthode d'extrapolation des données climatiques	29
2.1.1. Précipitations	29
2.1.2. Températures	30
2.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	31
3. Echantillonnage sur le terrain.....	31
3.1. Mise en culture des feuilles	32
3.1.1. Stérilisation superficielle	32

3.1.2. Mise en culture	32
3.1.2.1. Préparation et stérilisation	33
3.2. Identification des isolats fongiques	33
3.2.1. Identification macroscopique	33
3.2.2. Identification microscopique	34
3.3. Analyse statistique.....	34
Chapitre IV : Résultats et discussion.....	35
1. Diversité et abondance de l'ensemble des mycoendophytes recensés	36
1.1. Résultats	36
1.2. Discussion	39
2. ACP	43
3. Matrice de corrélation	44
Conclusion générale	45
Références bibliographiques	47

Calycotome spinosa (L.) Link appartient à la famille des Papilionaceae (Fabaceae) ; c'est un arbuste épineux, trifolié avec des fleurs jaunes pendant la saison du printemps, on la trouve sous sa forme indigène dans certaines régions au sud de l'Espagne et en Afrique du Nord, notamment en Tunisie, au Maroc en Libye et en Algérie où elle est très commune (Damerджи, 2008-2009 ; Damerджи, 2012). Cette plante a une tendance thermophile et un comportement héliophile. Elle est localisée dans des stations, souvent caractérisées par un bilan hydrique plus ou moins déficitaire (Rameau et al., 2008). La plante est très inflammable et contribue à la propagation des incendies. Les parties aériennes de ce genre de Calycotome, sont traditionnellement utilisées comme un agent antitumoral et efficaces pour le traitement des furoncles, des abcès cutanés et des engelures dans la médecine populaire sicilienne (Djeddi et al., 2015). En outre, la particularité de *Calycotome spinosa* est que son feuillage est très riche en protéines brutes (33,7% de MS), ce qui fait de cette légumineuse un excellent complément protéique pour les fourrages de faible qualité et produits fibreux de sous-bois. Cette espèce est également excessivement riche en phénols et en tanins totaux (Mebirouk-Boudechiche et al., 2015). Cet arbuste fourrager est parmi les plus consommés par les chèvres en système extensif. Il est caractérisé par sa grande appétence, son abondance, et sa résistance aux conditions climatiques (Mebirouk-Boudechiche et al., 2015).

Toutes les plantes dans les écosystèmes naturels semblent établir des associations symbiotiques. Parmi ces associations symbiotiques, on trouve celles qui se forment entre les plantes et les champignons endophytes ou mycoendophytes, qui colonisent les tissus internes de leurs plantes hôte sans causer aucun symptôme apparent de maladie (Petrini, 1991 ; Dutta et al., 2014 ; Masumi et al., 2015). L'existence de ces champignons est connue depuis la fin du 19^{ème} siècle (Guerin, 1898). Les premiers fossiles d'endophytes remontent aux temps où les plantes supérieures sont apparues sur terre (Redecker et al., 2000).

Les champignons endophytes constituent un groupe polyphylétique très diversifié, principalement constitué d'espèces appartenant au phylum Ascomycota (Hartley et al., 2015 ; Amin, 2016 ; Potshangbam et al., 2017). La symbiose mutualiste entre les champignons endophytes et les plantes s'est formée au cours de l'évolution à long terme de l'écosystème, ce qui pourrait favoriser la croissance des plantes (Lyons et al., 1990 ; Lu et al., 2000), améliorer la résistance aux maladies (Clay, 1989) et augmenter la capacité de résistance à l'adversité (Ravel et al., 1997 ; Malinowski et Belesky, 1999). Par conséquent, les champignons

endophytes jouent un rôle écologique important dans le processus de succession végétale (Guo, 2001).

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de la diversité des champignons endophytes au niveau des feuilles de *Calicotome spinosa* de la région de Tala n Tazart (Tizi-Ouzou), après une culture sur milieu PDA et une identification morphologique. Ce travail été effectué au sein du laboratoire Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (U.M.M.T.O), sachant qu'au préalable plusieurs études ont concernées les endophytes foliaires de plusieurs essences végétales mais jamais le *Calicotome spinosa*.

Ce travail est subdivisé en quatre grands chapitres :

- Le chapitre 1 concerne une étude bibliographique sur les mycoendophytes ;
- Le chapitre 2 donne la description du *Calicotome spinosa* ;
- Le chapitre 3 présente le matériel et les méthodes utilisés dans cette étude ;
- Le chapitre 4 concerne les résultats et la discussion de ces derniers.

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

1. Introduction

Champignons = Fungi = mycètes (mukes = champignon), ils représentent l'un des plus importants groupes d'organismes sur terre et jouent un rôle clé dans un grand nombre d'écosystèmes (Mueller et Schmit, 2007).

Les champignons présentent des caractéristiques propres:

- des cellules possédant un ou plusieurs noyaux (Eucaryotes);
- un appareil végétatif diffus, ramifié et tubulaire (mycélium) : l'organisme fongique est dépourvu de racines, de tiges et de feuilles. Il s'agit donc d'un thalle (appareil végétatif). C'est un ensemble de cellules végétatives ne formant pas de tissus proprement dits au sens fonctionnel, donc pas d'organes différenciés. Le mycélium, qui représente l'appareil végétatif est contenu dans les substrats (sol, bois mort, litière, fientes et êtres vivants...) (Bouchet et *al.*, 2000 ; Rapior et Fans, 2007).
- une paroi cellulaire composée de chitine : Comme les animaux, la paroi des cellules fongiques est de nature chitineuse tandis que la paroi des cellules végétales est de nature cellulosique (Rapior et Fans, 2007). Les champignons disposent aussi d'autres singularités biochimiques, telles que la production de glycogène, d'ergostérol, de tréhalose et de métabolites secondaires divers (Bouchet et *al.*, 2000 ; Roland et *al.*, 2008 ; Kirk et *al.*, 2008).

Les champignons sont hétérotrophes pour le carbone et sont donc dans l'obligation de le puiser dans des matières organiques préformées présentes dans leur environnement. Le mycélium possède deux rôles importants : la sécrétion et l'absorption. Il sécrète des enzymes puissantes capables de décomposer la matière organique la plus résistante (cellulose, hémicellulose et lignine). Il absorbe les éléments carbonés nécessaires à la survie de ses cellules ainsi que de l'eau et des sels minéraux, notamment lors des partenariats symbiotiques (Bouchet et *al.*, 2000; Raven et *al.*, 2007 ; Martin, 2014 ; Sellier et *al.*, 2021).

– une reproduction par des spores unicellulaires, plusieurs espèces de champignons présentent deux phases de vie distinctes :

- le stade anamorphe (stade imparfait) qui ne permet qu'une reproduction asexuée. Ceci est plus fréquent chez les Ascomycètes, elle se fait par une simple mitose (division binaire du noyau) (Rapior et Fans, 2007 ; Sellier et *al.*, 2021) .

- le stade téléomorphe (stade parfait), où les carpophores présentent une reproduction sexuée, fait intervenir la rencontre de filaments spécialisés (plasmogamie), la conjugaison des noyaux (caryogamie) et enfin une réduction chromatique (méiose) suivie d'une ou plusieurs mitose (Eyssartier, 2017 ; Sellier et *al.*, 2021).

2. Classifications des champignons

Les champignons font partie d'un monde vivant comprenant cinq règnes : les bactéries, les protistes, les végétaux, les animaux et les champignons. Le règne fongique est composé de champignons dits inférieurs : les Chytridiomycota, les Zygomycota et les Glomeromycota ; et de champignons dits supérieurs : les Ascomycota et les Basidiomycota. (Garon, 2015) (Figure 1).

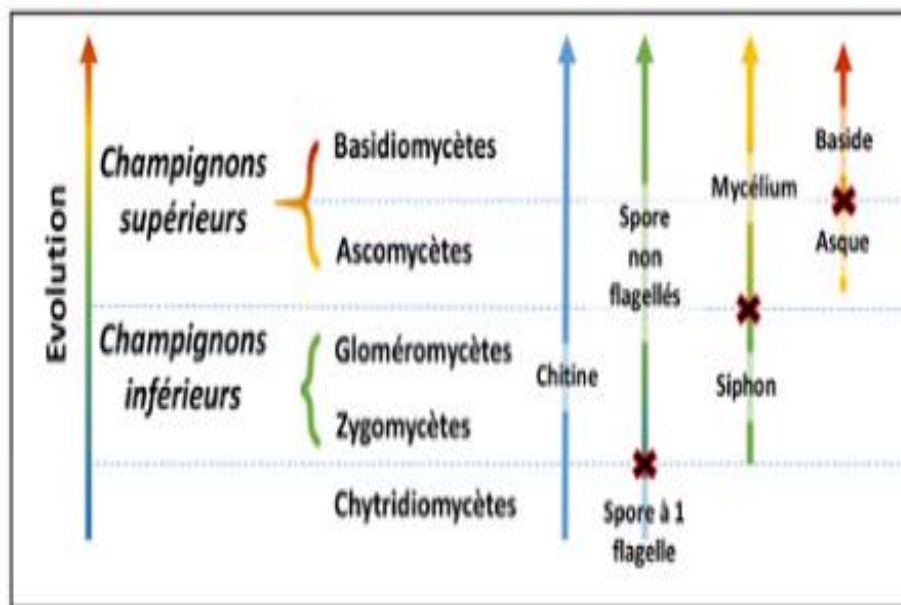


Figure 1 : principaux groupes des phylums fongiques (Sellier et *al.*, 2021).

2. 1. Champignons « inférieurs »

Les champignons inférieurs sont des champignons dont le mycélium est très fin et siphonné, c'est-à-dire ne présentant pas de cloison. De plus, ils présentent une reproduction asexuée par multiplication cellulaire simple (mitose), on parle alors de mitospores. Ces organismes ne produisent pas de carpophores (structure organisée portant des spores sexuées). Ce sont des champignons de petites tailles souvent peu visibles ou microscopiques (Rapior et Fans, 2007).

2.1.1. Chytridiomycota

Ce sont des champignons principalement unicellulaires de milieux humides, essentiellement aquatiques, possédant des parois cellulaires en chitine et des spores mobiles appelées zoospores (disposant d'un seul flagelle distal). Ces champignons sont notamment responsables de maladies très connues affectant les amphibiens (*Batrachochytrium dendrobatidis* et *Batrachochytrium salamandrivorans*) (Longcore et coll, 1999; Martel et coll, 2013)

2.1.2. Zygomycota

Ces organismes ont souvent une croissance rapide qui leur permet de coloniser efficacement les substrats de croissance. Ces organismes peuvent avoir une reproduction sexuée en formant des zygospores. Les structures portant les mitospores, nommées mitosporanges, comportent de nombreuses spores et leur hyphes ne sont cloisonnées que dans les organes reproducteurs. Ce sont des symbiotes (mycorhizes), des parasites ou des saprophytes comprenant entre 800 et 1000 espèces dans le monde. Parmi les plus connues, citons celles qui se développent sur les fruits provoqué par le (*Rhizopus stolonifer*) (Cordier, 2012).

2.1.3. Glomeromycota

Ce groupe ancien, dont l'origine remonte à 600 millions d'années, comprendrait environ 300 espèces (Redecker et coll, 2000).

Ces organismes forment des mitosporanges ne comprenant qu'une seule spore mitotique et possèdent des mycéliums coenocytiques. Les Glomeromycota se reproduisent de manière asexuée par le développement blastique des extrémités des hyphes pour produire des spores relativement grandes avec des parois en couches, contenant plusieurs centaines à des milliers de noyaux (Cordier, 2012 ; Fitter et *al.*, 2011). Ces champignons sont largement méconnus, car quasiment invisibles. Ils assument pourtant des rôles écologiques primordiaux dans les écosystèmes. En effet, ils forment des symbioses au niveau racinaire (endomycorhizes) où les hyphes fongiques envahissent les cellules des racines des plantes et où les deux espèces bénéficient d'un apport accru de nutriments (Rosendahl, 2008 ; Helgason et Fitter, 2009 ; Murray et *al.*, 2010 ; Baomig et *al.*, 2013).

2.2. Champignons « supérieurs »

Les champignons supérieurs se différencient des précédents par une reproduction sexuée faisant appel à un carpophore. Ils peuvent aussi se reproduire de manière asexuée à l'aide de conidies. Le mycélium est cloisonné. Les Ascomycètes et les Basidiomycètes se distinguent notamment par les organes permettant la formation des spores (Rapior et Fans, 2007).

2.2.1. Ascomycota

Les Ascomycota constituent la division la plus importante au sein du règne des champignons. Ils sont composés d'environ 64 000 espèces décrites, généralement avec des carpophores présents et des formes très variées (Ainsworth, 2008).

Ils possèdent des thalles unicellulaires ou pluricellulaires filamenteux septés. La reproduction peut être de deux types : asexuée, par spores exogènes (conidies ou conidiospores) et sexuée, par spore endogène (ascospores) (Eriksson et *al.*, 2003). Les asques présentent une large diversité d'organisation (unitunique, bitunique, operculé, inoperculé...). Le nombre de spores contenues dans les asques est classiquement de 8 (Carlile et Watkinson, 1994). La forme et la taille des spores sont très variables (Sénéquier-Crozet et Canard, 2016).

Ils existent en milieux terrestres et aquatique, sur les substrats tels que le bois, les matériaux de kératine (ongles, plumes et cheveux), du fumier, du sol, de l'humus et de la nourriture, entre autres. Ils peuvent être des parasites d'animaux et de l'homme, en plus des plantes. Parmi les plus simples comprennent les levures responsables de la fermentation (Sellier et *al.*, 2021).

La majorité des Ascomycètes sont des Deutéromycètes, des champignons qui ne présentent pas de phase sexuelle, d'où également l'appellation de Fungi imperfecti, c'est-à-dire «champignons imparfaits», ou champignons à conidies. La reproduction de ces champignons est strictement asexuée et se fait principalement par la production de conidiospores asexuées. Certaines hyphes peuvent se recombinaison et former des hyphes hétérocaryotes. On sait que la recombinaison génétique a lieu entre les différents noyaux (Bouchet et *al.*, 2005).

La plupart des membres vivent sur terre, avec quelques exceptions aquatiques. Ils forment des mycéliums visibles d'aspect flou et sont communément appelés moisissures (Bouchet et *al.*, 2005).

2.2.2. Basidiomycota

Les Basidiomycota sont composés d'environ 31500 espèces décrites (Ainsworth, 2008), ils se distinguent des Ascomycota par le fait que les spores sont produites à l'extérieur de cellules (méiosporanges) nommées basides. Ces basides peuvent être composées d'une seule cellule (homobasidiomycètes) ou de plusieurs cellules (phragmobasidiomycota). Les basides ont des cellules qui peuvent produire de 1 à 8 spores selon les taxons. Les formes anamorphes (asexuées) sont rares, certaines espèces sont capables de produire des spores secondaires (spores multipliées par simple division : mitose). De nombreuses espèces sont des macromycètes (Lecellier, 2013).

3. Champignons endophytes

3.1. Introduction

Le terme endophyte a été inventé par De Bary en 1866 (Selvanathan et *al.*, 2011), le terme vient du grec, étymologiquement il signifie « à l'intérieur d'une plante » et est utilisé pour définir les champignons présents à l'intérieur des tissus sains des végétaux (racines, tige, feuilles, fleurs et graines) (Shahzad et *al.*, 2018 ; Bamisile et *al.*, 2018) pour se développer de façon intercellulaire ou intracellulaire (Petrini et *al.*, 1991 ; Arnold et *al.*, 2000 ; Stone et *al.*, 2004)(Figure 2).

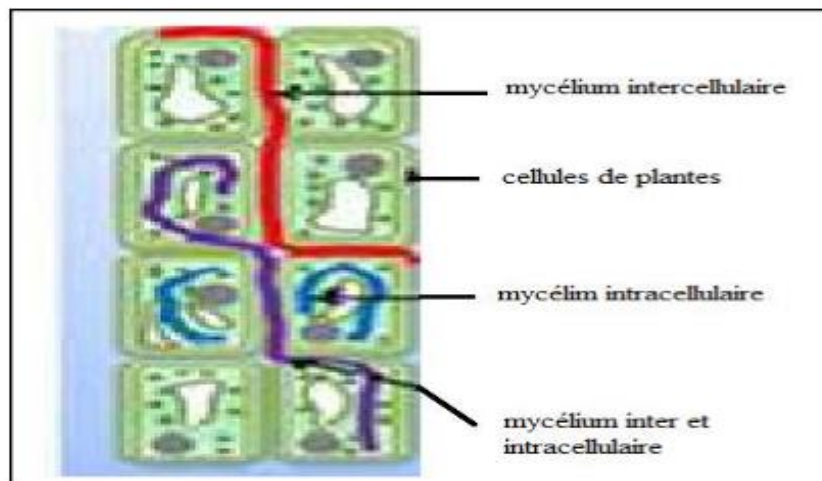


Figure 2 : modes de croissance des champignons endophytes dans les tissus des plantes hôtes (Kusari et Spiteller, 2012).

Les champignons endophytes sont une partie intégrante du microbiome de la plante, ce qu'il fait qu'ils sont omniprésents dans la nature (Wemheuer et *al.*, 2019 ; Hyde et Soytong, 2008), sans déclencher de symptômes visibles de maladies, ni d'atteinte négative pour l'hôte (Wilson, 1995 ; Arnold et *al.*, 2001 ; Sieber, 2002; Zhang, 2006 ; Khan, 2007 ; Moricca et Reggazi, 2008 ; Suryanarayanan et *al.*, 2012 ; Wemheuer et *al.*, 2019).

La stabilité ou la variabilité de l'interaction asymptotique dépend de nombreux facteurs tels que le stress environnemental, la sénescence des hôtes, la virulence des endophytes et la réponse de défense de l'hôte (Schulz et Boyle., 2005). Dans cet équilibre entre la virulence fongique et la défense des plantes, les deux partenaires tirent profit l'un de l'autre entraînant des relations physiologiques et écologiques favorables à l'équilibre environnemental (Hardoim et *al.*, 2015 ; Brader et *al.*, 2017; Sandra et *al.*, 2020). Les champignons endophytes reçoivent la nutrition, la protection, et la possibilité de se propager grâce à leurs hôtes et en retour la plante hôte bénéficie aussi de certains avantages procurés par l'endophyte (Clay et Schardl, 2002) , tels que des éléments qui favorisent la germination de la graine et synthétise certains métabolites qui assurent la survie de la plante hôte et procure une protection contre divers stress, par exemple, la sécheresse, la salinité etc (Patil et *al.*, 2016 ; Ravindra et *al.*, 2021).

Les mycoendophytes est un nouveau terme proposé pour les champignons endophytes (Rodriguez et *al.*, 2009 ; Rai et *al.*, 2012), et ils sont les microorganismes les plus répandus des endophytes (Patil et *al.*, 2016 ; Yan et *al.*, 2018).

3.2. Mode de transmission des champignons endophytes

Le mode de transmission est le moyen par lequel le champignon endophyte peut coloniser un autre individu végétal à partir de l'hôte initial. Les champignons endophytes se transmettent d'un hôte à un autre en utilisant deux voies, verticale (transmission d'une plante « parent » à une plante « enfant »), ou horizontale (transmission par des facteurs environnementaux) (Tintjer et *al.*, 2008 ; Shahzad et *al.*, 2018). Certains champignons endophytes et selon les conditions environnementales peuvent utiliser les deux modes de transmission (verticale et horizontale)(Zhang et Yao, 2015 ; Christian et *al.*, 2017) **(Figure 3)**.

3.2.1. Transmission verticale

Les semences de la plante-hôte constituent un des modes de transmission identifiés des endophytes. En effet, en se développant au sein d'un embryon de graine, les endophytes aboutissent à la colonisation du jeune plant une fois cette dernière germée (Shahzad et *al.*, 2018) (**Figure 3**).

3.2.2. Transmission horizontale

Au cours de la transmission horizontale, les spores ou le mycélium endophyte se trouvant sur une plante hôte sont transmis à une autre via différents vecteurs biotiques ou abiotiques, tels que : insectes, gouttes de pluie, vent et sol etc (Herre et *al.*, 1999 ; Christian et Sullivan, 2016 ; Kandel et *al.*, 2017) (**Figure 3**).

Certains champignons vont utiliser des ouvertures naturelles ou artificielles pour rentrer à l'intérieur des tissus de plante, d'autres utilisent des enzymes hydrolytiques ou des structures spécialisées telles que les appressoria ou les haustoria pour permettre leur entrée (Zhang et *al.*, 2015 ; Christian et *al.*, 2017) (**Figure 3**).

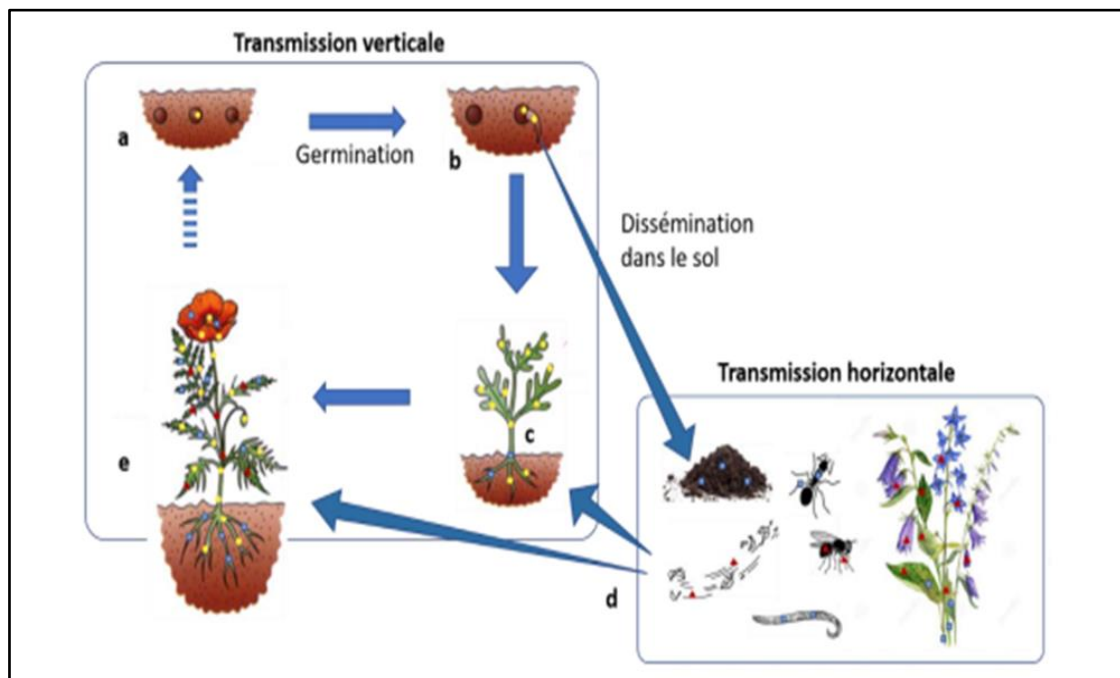


Figure 3 : Voies de transmission des mycoendophytes chez les plantes à fleurs : a) Graine colonisée par un mycoendophyte provenant d'une plante-mère, b) Germination de la graine et colonisation par le mycoendophyte de la racine ainsi que la dissémination dans la rhizosphère, c et d) Colonisation verticale du jeune plant et colonisation horizontale par différents micro-organismes environnementaux, e) colonisation des organes reproducteurs par des mycoendophytes et dissémination future des graines colonisées (Shahzad et *al.*, 2018).

3.3. Biodiversité des champignons endophytes

Les champignons endophytes représentent un vaste groupe polyphylétique de micro-organismes qui peuvent résider dans pratiquement tous les tissus végétaux (Arnold et Herre, 2003 ; Banerjee, 2011 ; Brader et *al.*, 2017 ; Dastogeer et *al.*, 2017). Une seule plante peut abriter une grande variété d'endophytes, notamment dans les tissus matures présents dans les parties aériennes de la plante (Nisa et *al.*, 2015 ; Thays et *al.*, 2020).

Les meilleurs hôtes étudiés sont des plantes cultivées, des arbres forestiers et des arbustes ainsi que des membres de la famille des Ericaceae. En outre, quelques familles de plantes montrent une relation proche avec leurs endophytes associés, tels que les *Orchidaceae* (Bayman et Otero, 2006). Dreyfuss et Chapela, (1994) ont estimé qu'ils sont au moins un million d'espèces et la majorité de ces champignons appartiennent aux Ascomycètes, aux Deutéromycètes ou aux champignons anamorphes. Quant aux Basidiomycètes, ils sont peu fréquemment isolés et étudiés du fait de leur longue période d'incubation (8 semaines) (Strobel et daisy, 2003 ; Gimenez et *al.*, 2007 ; Arnold et Lutzoni 2007 ; Rungjindamai et *al.*, 2008 ; Selosse et *al.*, 2009 ; Selim et *al.*, 2012 ; Mishra et *al.*, 2015).

La recherche sur les champignons endophytes date des travaux de Petrini, (1986) et depuis, plusieurs aspects concernant leur biologie ont été étudiés, y compris la diversité taxonomique, la reproduction, l'écologie et les effets sur leurs hôtes (Saikkonen et *al.*, 1998). Les recherches entreprises au laboratoire sur des petits échantillons ne révèlent pas réellement la diversité des champignons endophytes et si ces estimations sont appliquées aux données du plein champ, le nombre d'endophytes potentiellement associés à une espèce végétale est souvent estimé à plusieurs centaines (Márquez et *al.*, 2008).

3.4. Facteurs influençant la diversité des mycoendophytes

La diversité des champignons endophytes, leur fréquence et leur abondance peuvent être influencées par plusieurs facteurs dont la morphologie des plantes hôtes, le type de tissu, leur composition chimique et physiologique, les saisons, l'âge des plantes hôtes et l'âge de leurs feuilles et les conditions climatiques des régions biogéographiques (Arnold et *al.*, 2003 ; Herrera et *al.*, 2010 ; Hardoim et *al.*, 2015 ; Massimo et *al.*, 2015).

Les mycoendophytes représentent un important réservoir de biodiversité dans les écosystèmes, et ils sont rencontrés dans une large variété de types tissulaires des plantes (Hoff et *al.*, 2004 ; Zhang et *al.*, 2006). Plusieurs espèces végétales herbacées et ligneuses hébergent

des champignons endophytes. Une diversité et une spécificité a été constatée à la fois sur les espèces ligneuses ou herbacées. Cohen, (2006) a suggéré que les champignons endophytes ne seraient pas spécifiques à l'hôte, alors que Hoffman et Arnold, (2008), ont démontré que les communautés endophytes diffèrent entre les espèces d'hôtes et même les hôtes qui sont étroitement liés. Beaucoup d'endophytes colonisent des organes spécifiques, alors que d'autres sont seulement trouvés dans les racines ou dans les organes de surface, mais dans tous les cas, chaque organe de l'hôte peut être colonisé (Schulz et Boyle, 2005).

La spécificité de l'hôte est la relation dans laquelle un champignon est restreint à un seul hôte ou à un groupe d'espèces apparentées, mais ne se produit pas sur d'autres plantes non apparentées dans le même habitat (Holliday, 1998). Les différences dans l'assemblage des endophytes de différents hôtes pourraient être liées aux différences chimiques de l'hôte (Paulus et *al.*, 2006).

Les assemblages endophytiques semblent être en corrélation avec la chimie de l'hôte et sa physiologie. Ainsi, une étude a montré l'influence de la teneur totale en flavonoïdes et en composés phénoliques chez des plantes médicinales chinoises sur le nombre de taxa de mycoendophytes isolés (Huang et *al.*, 2008).

L'âge des plantes aussi a un effet sur la diversité des mycoendophytes. Comme le temps de l'exposition à l'inoculum endophytique augmente avec l'âge, les plantes semblent accumuler un nombre élevé de mycoendophytes dans leurs tissus. C'est pour cela les parties âgées des plantes peuvent arborer plus de mycoendophytes que les parties plus jeunes (Zabalgogea, 2008 ; Bahous et *al.*, 2010).

Au cours d'une saison végétative, la biomasse microbienne de la phyllosphère a tendance à augmenter (Thompson et *al.*, 1993). On observe généralement une succession des populations microbiennes, une majorité de champignons filamenteux en fin de saison (Kinkel, 1997 ; Cordier, 2012). Des variations saisonnières d'abondance des espèces fongiques, plus que des variations de type présence/absence ont été montrées pour la majorité des endophytes dominants les assemblages, alors que quelques espèces dominantes sont constantes (Sahashi et *al.*, 1999; Osono et Morri, 2004 ; Göre et Bucak, 2007 ; Cordier, 2012).

3.5. Classification des champignons endophytes

Selon Rodriguez et *al.* (2009), les champignons endophytes peuvent être classés en deux groupes : les Clavicipitaceae (C-endophytes) et les Non Clavicipitaceae (NC-endophytes).

La classification de ces microorganismes est essentiellement basée sur la colonisation des tissus, leur diversité dans la plante, les bénéfices pour les plantes hôtes et le mode de transmission du champignon (transmission verticalement par la semence ou horizontalement par dissémination (**Tableau 1**).

Tableau 1 : critères symbiotiques utilisés pour caractériser les classes des mycoendophytes (Rodriguez et *al.*, 2009) :

Critères	Clavicipitacées	Non-Clavicipitacées		
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Gamme d'hôtes	Restreinte	Vaste	Vaste	Vaste
Tissu (s) colonisé	Pousses et rhizomes	Pousses et rhizomes	Pousses	Racines
Colonisation au sein des plantes	Extensive	Extensive	Limitée	Extensive
Biodiversité au sein des plantes	Faible	Faible	Elevé	Inconnue
Transmission	Verticale et horizontale	Verticale et horizontale	Horizontale	Horizontale
Prestations de remise en forme	HNA	HNA et HA	HNA	HNA

(HNA) habitat non adapté : avantages comme la tolérance à la sécheresse et à l'amélioration de la croissance.

(HA) habitat adapté : prestation résultent de la spécificité d'habitat et les pression de sélection tel que le Ph, température et salinité.

3.5.1. Les mycoendophytes Clavicipitaceae (Classe 1) : sont un petit nombre de champignons apparentés phylogénétiquement appartenant aux Ascomycota colonisateurs des bourgeons et rhizomes de Poacées, et se transmettent verticalement (Schulz et Boyle, 2005 ; Rodriguez et *al.*, 2009). Cette colonisation par les endophytes se déroule en saison chaude et froide. Selon l'espèce de l'hôte et les conditions environnementales, ces champignons peuvent conférer à leurs hôtes une augmentation de la biomasse, une tolérance à

la sécheresse, et peuvent également produire des molécules toxiques pour les animaux et les herbivores protégeant ainsi leurs plantes hôtes (Mishra et *al.*, 2014).

3.5.2. Les mycoendophytes non-Clavicipitaceae : un groupe très diversifié phylogénétiquement, appartenant principalement aux Ascomycota. Ils ont été isolés à partir de toutes les plantes étudiées de tous les écosystèmes terrestres allant des tropiques à la toundra. Ils sont divisés en trois classes selon le type de colonisation, le mécanisme de transmission et les avantages conférés à leurs hôtes (Rodriguez et *al.*, 2009).

3.5.3. Les mycoendophytes de la classe 2 : la plupart appartiennent aux Ascomycota et une minorité aux Basidiomycota. Ils colonisent aussi bien les parties aériennes que les parties au-dessous du sol d'une large gamme de plantes hôtes en formant des infections étendues chez les plantes (Hardoim et *al.*, 2015 ; Mishra et *al.*, 2015). Ils colonisent les espaces intracellulaires des plantes via des structures telles que les appressoria ou par pénétration directe des tissus de l'hôte via les hyphes. Ils peuvent par ailleurs se transmettre verticalement. Ils permettent la stimulation de croissance de l'hôte en absorbant les nutriments et le protègent contre le stress abiotique (Rodriguez et *al.*, 2009).

3.5.4. Les mycoendophytes de la classe 3 : ce groupe inclut un ensemble très diversifié d'endophytes appartenant aux Ascomycota et Basidiomycota, associés exclusivement aux parties aériennes d'une large gamme de plantes hôtes englobant les plantes non vasculaires, vasculaires, les conifères, les angiospermes des régions tropicales, boréales, arctiques et antarctiques. Leur transmission est horizontale avec induction d'une infection localisée et non étendue (Rodriguez et *al.*, 2009 ; Hardoim et *al.*, 2015). En raison de leur grande diversité, leurs rôles ne sont pas bien définis. Il a été montré que ces champignons jouent un rôle dans la protection des arbres de l'orme contre la maladie hollandaise, ainsi que la diminution de la formation de lésions et la mort des feuilles de *Theobroma cacao* causées par *Phytophthora sp.* (Rodriguez et *al.*, 2009).

3.5.5. Les mycoendophytes de la classe 4 : les endophytes de ce groupe sont des champignons bruns cloisonnés. Ils appartiennent généralement aux Ascomycota, formant des conidies ou stériles, ainsi que des structures (hyphes et les microsclérotés) mélanisées intra et/ou intercellulaires dans les racines de divers plantes hôtes appartenant à des écosystèmes très diversifiés. Ils se transmettent horizontalement (Rodriguez et *al.*, 2009). Selon Mandyam et Jumpponen, (2005) en plus de stimuler la croissance de leurs hôtes, les champignons de ce

groupe peuvent aussi les protéger contre les microorganismes pathogènes en diminuant le taux de carbone dans la rhizosphère. Ils peuvent aussi grâce aux taux élevés de mélanine, produire des métabolites secondaires toxiques pour les herbivores (Rodriguez et *al.*, 2009).

3.6. Importances des champignons endophytes

3.6.1. Promotion de la croissance et de la nutrition

Les endophytes peuvent réguler activement ou passivement la croissance des plantes par la solubilisation du phosphate, l'augmentation de l'absorption du phosphore (P), et/ou des phytohormones végétales telles que l'auxine, les acides abscissiques, l'éthylène et les gibbérellines (GA), ces dernières sont importantes (Malinowski et Belesky, 2000 ; Firakova et *al.*, 2007), c'est un complexe diterpénoïde, qui contrôle la croissance des plantes et favorise la floraison, l'allongement de la tige, la germination des graines et la maturation (Yamaguchi, 2008; Hamayun et *al.*, 2009; Li, 2015). Hamayun et *al.*, (2009) ont signalé que le champignon endophyte *Cladosporium sphaerospermum* isolé du soja (*Glycine max*) produisait de l'acide gibbérellique qui induisait la croissance des plantes de riz et du soja. Les endophytes, *Fusarium tricinctum* et *Alternaria alternata* produisent des dérivés de la phytohormone végétale, l'acide indole acétique, qui améliorent la croissance des plantes (Khan et *al.*, 2015). Une étude menée par Johnson et *al.*, (2014) sur l'endophyte colonisateur de racines *Piriformospora indica* montre que l'association des champignons endophytes avec les racines a modulé les phytohormones impliquées dans la croissance et le développement de la plante hôte et a amélioré l'absorption et la translocation des nutriments, en particulier le phosphore et l'azote du sol.

3.6.2. Tolérance des plantes aux stress biotiques

Les champignons endophytes peuvent être utilisés comme agents de biocontrôle. Cette action peut être définie par la réduction de l'inoculum du pathogène ou par l'inhibition de l'activité de l'agent pathogène (Döring, 2013 ; Martins et *al.*, 2013). 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 sont les mécanismes utilisés par les endophytes pour inhiber les microorganismes pathogènes (Cao et *al.*, 2009). Certains endophytes peuvent aussi protéger leurs hôtes contre les insectes en produisant des métabolites secondaires (Spiering et *al.*, 2005 ; Laib et *al.*, 2015).

La capacité des mycoendophytes à repousser les insectes et même à augmenter leurs taux de mortalité est corrélée avec leurs capacités de produire des toxines. A titre d'exemple *Acremonium lolii*, un endophyte de *lolium* perenne, produit une forte toxine lolitreme qui provoque la réduction des attaques d'insectes. Le champignon *Aspergillus oryzae* produit de fortes concentrations de caféine, ce qui rend la plante *Theobroma cacao L.* plus tolérante aux insectes et aux agents pathogènes (Sun et *al.*, 2018).

L'inoculation des bananes par des endophytes, en particulier des isolats inoffensifs de *Fusarium oxysporum*, a montré que ces souches réduisent considérablement les populations de nématodes ce qui pourrait représenter une alternative efficace à nématocides chimiques (Tamanreet, 2020 ; Andreea et *al.*, 2016).

3.6.3. Tolérance des plantes aux stress abiotiques

Parmi les stress abiotiques, le stress hydrique, communément appelé "sécheresse". La sécheresse a un impact négatif sur le taux de croissance des plantes, les taux de germination, la perte d'intégrité de la membrane, la répression de la photosynthèse et l'augmentation de la productivité des espèces réactives de l'oxygène (Waller et *al.*, 2005 ; Greenberg et *al.*, 2008; Tamanreet, 2020).

Les plantes colonisées par des champignons endophytes améliorent la tolérance à la sécheresse par une accumulation accrue de solutés dans les tissus, ou par une réduction de la conductance foliaire et un ralentissement du flux de transpiration, ou en raison de la formation d'une cuticule plus épaisse par rapport aux plantes non infectées (Malinowski et Belesky, 2000; Tamanreet, 2020). De plus, les plantes hébergeant des endophytes consomment beaucoup moins d'eau et ont une biomasse plus importante que les plantes non symbiotiques. Par exemple, les endophytes *Chaetomium globosum* et *Penicillium resedanum* isolés de plants de poivron (*Capsicum annuum*) ont augmenté la longueur des pousses et la biomasse des plantes hôtes soumises à un stress de sécheresse (Khan et *al.*, 2014 ; Tamanreet, 2020). De même, Redman et *al.* (2011) ont constaté que l'inoculation des endophytes *Fusarium culmorum* et *Curvularia protuberata* dans des plants de riz affectés par la sécheresse a entraîné une augmentation de la biomasse par rapport aux plants non inoculés.

Il est prouvé que l'endophyte *Curvularia spp* confère une capacité de tolérance thermique à des plantes comme la tomate, la pastèque et le blé, la plante herbacée *Dichanthelium lanuginosum* qui vit dans des régions où la température du sol peut atteindre

57°C, la présence de champignons endophytes *Curvularia sp* protège mieux la plante du stress thermique que les plantes sans endophyte (Redman et al., 2002 ; Hussain et al., 2018 ; Tamanreet, 2020).

La colonisation par des champignons endophytes entraîne également une augmentation de la teneur en chlorophylle et de la surface foliaire des plantes soumises à un stress de sécheresse par rapport aux plantes non colonisées. Une concentration plus élevée de chlorophylle est liée à un taux de photosynthèse plus élevé. Par exemple, un taux de photosynthèse plus élevé a été enregistré chez les plantes *Capsicum annuum* stressées par la sécheresse et colonisées par les endophytes *Chaetomium globosum* et *penicillium resedanum* (Khan et al., 2014 ; Tamanreet, 2020).

Les endophytes peuvent aussi améliorer la photosynthèse, c'est le cas d'*Agave victoria-reginae* qui croit en présence du champignon endophyte *Fusarium oxysporium*. En effet, la chlorophylle totale et la teneur en sucres augmentent, entraînant une amélioration du rendement de la photosynthèse des plantes par rapport aux autres dépourvues de l'endophyte (Obledo et al., 2003).

1. Etymologie

Le *calicotome spinosa* doit son nom au grec « calyx » qui désigne le calice et à « temno » qui signifie coupé. Cela fait référence au fait qu'en fin de floraison, le calice des fleurs se rompt par le milieu. *Spinosa* est une épithète latine qui signifie épines, faisant référence aux épines présentes sur la tige de la plante (Beniston, 1984 ; Rameau et *al.*, 2008 ; Zirar, 2009).

Son Nom en français est calicotome épineux, cytise épineux (Rameau et *al.*, 2008) ; en anglais est Spiny-broom (NPGS, 2020), thornybroom (Salmi et *al.*, 2018) ; en amazighe est azzu, azezzu (Zidat, 2016) et en arabe est guendoul (Zirar, 2009).

2. Systématique du *Calycotome spinosa* L

La classification botanique de *Calycotome spinosa* selon Dameradji, (2011) est présentée dans le **tableau (2)** suivant :

Classification	
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Genre	Calycotome
Espèce	<i>Calycotome spinosa</i> L(Link)

3. Aire de répartition

Le genêt à épines est une espèce sténo-méditerranéenne (des pays comme la France, l'Espagne, l'Italie et l'Algérie où il est très commun), héliophile et xérophile, qui pousse du niveau de la mer jusqu'aux régions intérieures au climat chaud et sec (Bonis, 2008). Il est également présent, en tant qu'espèce introduite par l'homme, en Nouvelle-Zélande et en Australie (Paynter et *al.*, 2003a ; Groves et *al.*, 2005 ; Howell et Sawyer, 2006 ; Ramau et *al.*, 2008). En Nouvelle-Zélande, il est réglementé et listé comme organisme nuisible (MAF

Biosecurity New Zealand, 2012 ; PCIT, 2020). Elle a été introduite en Australie dans les années 1860 comme plante ornementale et de haie (Paynter et *al.*, 2003a).

Cette espèce tend à former (seule ou avec d'autres espèces) des taches denses et impénétrables et protège les sols de l'érosion, favorisant l'accumulation de substance organique, elle contribue à établir des conditions environnementales appropriées pour l'établissement d'associations végétales plus évoluées (Parsons et Cuthbertson, 2001).

On la trouve dans les formations de garrigue, dans les taches dégradées par les incendies, car ils induisent la germination des graines dans le sol, dans les endroits rocheux et ensoleillés sur sol acide (Mazurek et Romane, 1986 ; Casal, 1987 ; Paula et Pausas, 2006 ; WeedsAustralia, 2011 ; Salmi et *al.*, 2018 ; Baghdadi et *al.*, 2019). *Calicotome spinosa* fixe l'azote, en utilisant des bactéries du genre *Bradyrhizobium* (Cardinale et *al.*, 2008 ; Salmi et *al.*, 2018).

4. Description botanique de *Calicotome spinosa* L

Calicotome spinosa est une plante vivace appartenant à la grande famille des Fabacées (de faba, la fève). Cette famille doit son nom à son fruit, appelé gousse ou légume, d'où l'autre dénomination de Légumineuses sous laquelle cette famille est plus connue (Hamlat et Hadji, 2017 ; NPGS, 2020).

Calicotome spinosa est un arbuste épineux au port buissonnant à nombreuses branches compliquées qui peut atteindre 3 mètres de haut selon la zone et les soins prodigués (Parsons et Cuthbertson, 2001) (**Figure 4**).



Figure 4 : arbuste de *Calicotome spinosa* (Macqueron, 2016).

Racines : portent habituellement des nodosités renfermant des bactéries permettant la fixation de l'azote atmosphérique (Hamlat et Hadji, 2017) (**Figure 5**).



Figure 5 : racines de *Calicotome spinosa* (Hamlat et Hadji, 2017).

Feuilles : caduques, trifoliées avec des folioles oblongues et ovales de couleur vert foncé à vert grisâtre, glabres en dessus, à poils appliqués en dessous, stipules très petites (Parsons et Cuthbertson, 2001 ; Salmi et *al.*, 2018) (**Figure 6**).

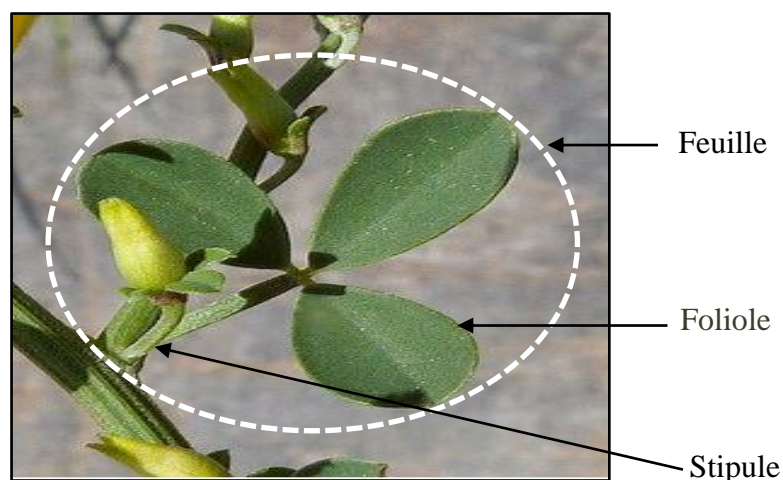


Figure 6 : feuille trifoliée du *Calicotome spinosa* (Macqueron, 2016).

Fleurs : jaune vif, isolées ou par groupes de deux naissant latéralement sur les rameaux surtout vers le sommet, calice ovoïde, couronné par 5 petites dents, complètement clos dans le bourgeon et se rompant circulairement par le milieu au moment de la floraison ; pédicelles 2-3 fois plus longs que ce dernier, portant au sommet une bractée bi-trifide ordinairement plus longue que large, les fleurs sont composées de 5 pétales différents : le pétale supérieur est

appelé étendard, les deux latéraux sont les ailes, et les deux inférieurs sont soudés en une carène (Parsons et Cuthbertson, 2001; Salmi et *al.*, 2018) (**Figure 7**).

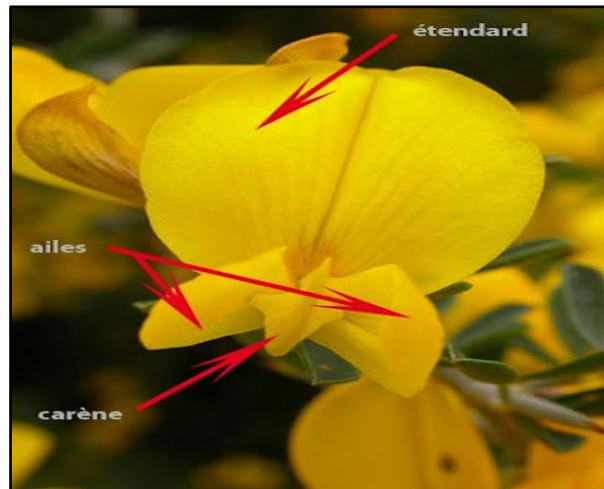


Figure 7 : fleurs de *Calicotome spinosa* (Macqueron, 2016).

Epines : très pointus et fortes peuvent mesurer jusqu'à 7,5 cm de long (Damerdji, 2009; Damerdji, 2012 ; Salmi et *al.*, 2018) (**Figure 8**).



Figure 8 : épines de *Calicotome spinosa* (Macqueron, 2016).

Fruits : sont des gousses subquadrangulaires mesurant de 2,5 à 4 cm de long de couleur grises, noires ou brun rougeâtre à la maturité avec deux crêtes sur un bord, contient de trois à quinze graines qui sont lisses, brillantes et brun jaunâtre, d'environ 3,5 mm de long et 2 mm de large, les gousses éclatent lors des fortes chaleurs ou quand un insecte la visite ce qui entraîne la projection des graines sur plusieurs mètres (Parsons et Cuthbertson, 2001 ; Biosecurity Queensland, 2016 ; Salmi et *al.*, 2018) (**Figure 9**).

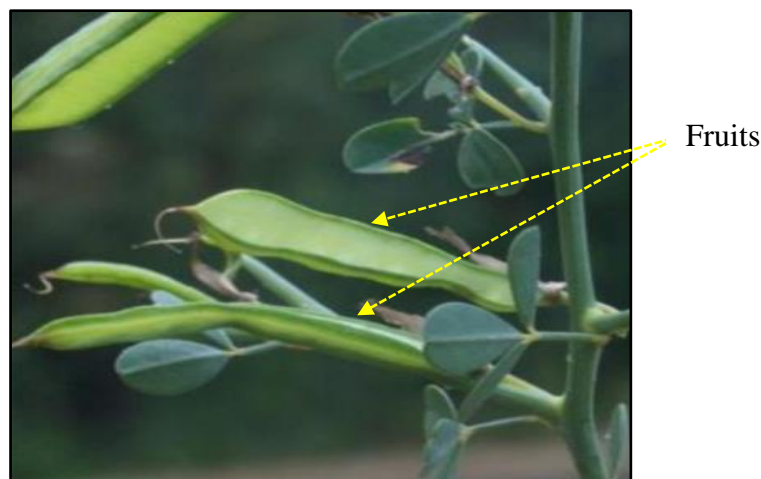


Figure 9 : fruits de *Calicotome spinosa* (Macqueron, 2016).

5. Composition chimique et utilisations

Calicotome spinosa se distingue des autres espèces par sa teneur en matières azotées totales élevée (33,7%), en formant un groupe homogène à part, la teneur en matière sèche des feuilles des arbustes étudiés est comprise entre 28,20%, 63,57% de la matière organique. La teneur en tanins hydrolysables des espèces arbustives est généralement élevée surtout chez *Calicotome spinosa*. Cette plante est l'espèce la plus riche en composés phénoliques et en tanins totaux avec 119,43 et 83,68 g équivalent acide tannique/kg MS respectivement pour les deux composés (Mebirouk-Boudechiche et *al.*, 2014).

Traditionnellement on utilisait la fleur comme diurétique et pour le traitement des troubles circulatoires (la présence de flavonoïdes explique cet usage) (Iserin, 2001). Les flavonoïdes présent au niveau des feuilles et des fleurs sont utilisées dans le traitement des maladies cardiovasculaires, des cas de cancer, et des ulcères gastroduodénaux (Larit et *al.*, 2012). Il a un effet régulateur sur les battements cardiaques, il est donc indiqué pour le traitement de l'érythisme cardiaque. Par son activité ocytocique (il augmente les contractions de l'utérus), il peut servir, sous forme injectable, à déclencher un accouchement (Iserin, 2001) ;

Le genêt épineux est utilisé pour les soins des pathologies musculaires et squelettiques (rhumatismes, douleurs dorsales, insuffisance de moelle osseuse, fatigue, etc.) (Meddour et *al.*, 2009) ;

Le genêt épineux a des propriétés antioxydantes et anti inflammatoires (Larit et *al.*, 2012).

Cette plante a été aussi signalée comme étant agent antitumoral (Hartwell, 1982 ; Djeddi, 2015), et efficace pour le traitement de furoncle, abcès cutané et de l'engelure dans la Sicil (Lentini et *al.*, 1993 ; Djeddi et *al.*, 2015).

1. Description de la zone d'étude

La wilaya de Tizi-Ouzou est située sur le littoral centre du pays à 110 km de la capitale, Alger. Elle s'étend sur une superficie de 2 992,96 km². Elle est limitée par : La mer méditerranéenne au nord, la wilaya de Bouira au sud, la wilaya de Boumerdes à l'ouest et la wilaya de Bejaia à l'est. Elle est située à 206 m d'altitude : à une latitude de 36°42'42" Nord et une longitude de 4°02'45" Est (**Figure 10**). L'étude a été réalisée au niveau d'une seule station au niveau du village Tala n Tazarth qui s'étend sur 15 km² (Commune Iboudrarene, Daïra Ath Yani) situé à 45 km sud de chef-lieu de la wilaya Tizi-Ouzou, dominée à l'ouest par les monts du Djurjura. Le village s'étend sur un plateau rocailleux à 961m d'altitude : à une latitude de 36.5366 et une longitude de 4.2389 (**Figure 11**).

Le site se trouve à proximité d'une zone habitée et montre une diversité dans sa végétation. A côté du *Calicotome spinosa*, on rencontre différentes espèces de plantes. Citons : L'olivier, ronce des haies (*Rubus fruticosus*) le lentisque (*Pistacia lentiscus L*) etc (**Figure 11**).



Figure 10 : localisation de la wilaya de Tizi-Ouzou (google.fr).



Figure 11 : zone d'échantillonnage du *Calicotome spinosa* au niveau de la région Tala n Tazart de la wilaya de Tizi-Ouzou .

2. Bioclimat de la zone d'étude

Les données climatiques de la station Tla n Tazart ne sont pas disponibles. Nous avons donc extrapolé ces dernières à partir de celles de la station météorologique de de l'O.N.M de Tizi-Ouzou (Boukhalfa : 188m d'altitude) (**Tableaux 3 et 4**).

Les précipitations représentent un facteur écologique fondamental dans les écosystèmes terrestres, car elles conditionnent avec la température, la structure et la productivité primaire de ces derniers (Ramade, 1993).

Tableau 3 : précipitations mensuelles de la station de Tizi-Ouzou de 2005 à 2016 (ONM).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
P (mm)	112.9	114.63	111.38	77.8	63.53	14.5	2.68	5.29	38.03	66.72	117.54	113.78	838.77

Les températures minimales, maximales et moyennes mensuelles utilisées pour la station de Tizi-Ouzou sont données dans le (**tableau 4**).

Tableau 4 : températures minimales (m), maximales (M) et moyennes (M+m/2) mensuelles de la station de Tizi-Ouzou de 2005 à 2016 (ONM).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
M (°C)	15.96	15.89	19.04	22.49	26.36	31.41	36.03	35.04	31.4	27.63	20.04	16.8
m (°C)	6.71	6.63	8.63	11.36	14.23	17.73	21.33	21.53	18.81	15.8	11.83	7.83
(M+m)/2 (°C)	11.34	11.26	13.84	16.93	20.3	24.57	28.29	28.29	25.11	21.72	15.94	12.32

2.1. Méthode d’extrapolation des données climatiques

2.1.1. Précipitations

Selon Seltzer (1946), les précipitations augmentent de 40 mm tous les 100 m d’altitude. Pour explorer les données climatiques de Tala n Tazart, nous avons calculé la différence d’altitude entre les deux stations, à savoir Tizi-Ouzou et Tala n Tazart.

La différence d’altitude entre Tizi-Ouzou et Tala n Tazart est de : $700-188= 512m$

La correction pour les précipitations est donc comme suit :

$$X=512*40/100=204.8mm$$

La pluviométrie annuelle pour la station de Tizi-Ouzou est de 838.77mm. La pluviométrie annuelle de la station d’échantillonnage serait donc :

$$P = 838.77+204.8 =1043.57mm$$

Pour l’extrapolation des précipitations pour chaque mois nous avons calculé le coefficient K.

K : Pluviométrie annuelle estimée à Tala n Tazart Pluviométrie connue de Tizi-Ouzou

$$K=1043.57/838.77=1.24$$

Nous avons multiplié toutes les valeurs de précipitations mensuelles de Tizi-Ouzou par le coefficient K (**Tableau 5**).

Tableau 5 : précipitations mensuelles estimées pour la station de Tala n Tazart.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D	total
P(mm)	139.99	142.14	138.11	96.47	78.78	17.98	3.32	6.56	47.16	82.73	145.75	141.09	1040.08

Selon le tableau 5, la pluviométrie moyenne annuelle enregistrée pendant la période (2005 à 2016) est de 1040.08 mm. Le maximum des précipitations est enregistré pendant le mois de novembre avec 145.75mm, alors que le minimum des précipitations est enregistré pendant le mois de juillet 3.32mm.

2.1.2. Températures

La correction des températures de la station Tala n Tazart se fait comme suit, selon Seltzer (1946) :

- Température maximale : pour chaque 100m d'altitude, les températures maximales diminuent de 0,7°C ;

Dans notre cas, l'augmentation des températures maximales est calculé comme suit :

$$X = (512 * 0.7 / 100) = 3.59^{\circ}\text{C}$$

$$M' = M - 3.59^{\circ}\text{C}$$

- Température minimale : pour chaque 100m d'altitude, les températures minimales diminuent de 0,4°C ;

Dans notre cas, l'augmentation des températures minimales est calculée comme suit

$$X' = 512 * 0.4 / 100 = 2.05^{\circ}\text{C}$$

$$m' = m - 2.05^{\circ}\text{C}$$

Les données des températures corrigées sont présentées dans le (Tableau 6).

Tableau 6 : températures maximales, minimales et moyennes mensuelles estimées pour la station de Tala n Tazart.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
M (°C)	12.37	12.3	15.45	18.9	22.77	27.82	32.44	31.45	27.81	24.04	16.45	13.21
m (°C)	4.66	4.58	6.58	9.31	12.18	15.68	19.28	19.48	16.76	13.75	9.78	5.78
(M+m)/2(°C)	8.51	8.44	11.01	14.1	17.47	21.75	25.86	25.46	22.28	18.89	13.11	9.49

M : température moyenne maximal mensuelle en °C.

m : température moyenne maximal mensuelle en °C.

(M+m)/2 : température moyenne mensuelle en °C.

D'après le tableau 6, la température maximale (M) est de 32.44°C enregistrée au mois de juillet, alors que la température minimale (m) est de 4.58°C, enregistrée au mois de Février.

2.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (1953) consiste à déterminer la durée et l'intensité de la saison sèche. Selon ces auteurs, la saison sèche est définie comme étant une période où les précipitations moyennes mensuelles sont inférieures ou égales au double des températures moyennes mensuelles ($P = 2T$).

Le diagramme consiste à reporter en ordonnée les précipitations exprimées en mm et les températures en °C, en abscisses sont reportées les mois de l'année. La figure 12 montre la durée et l'intensité de la saison sèche à Tala n Tazert.

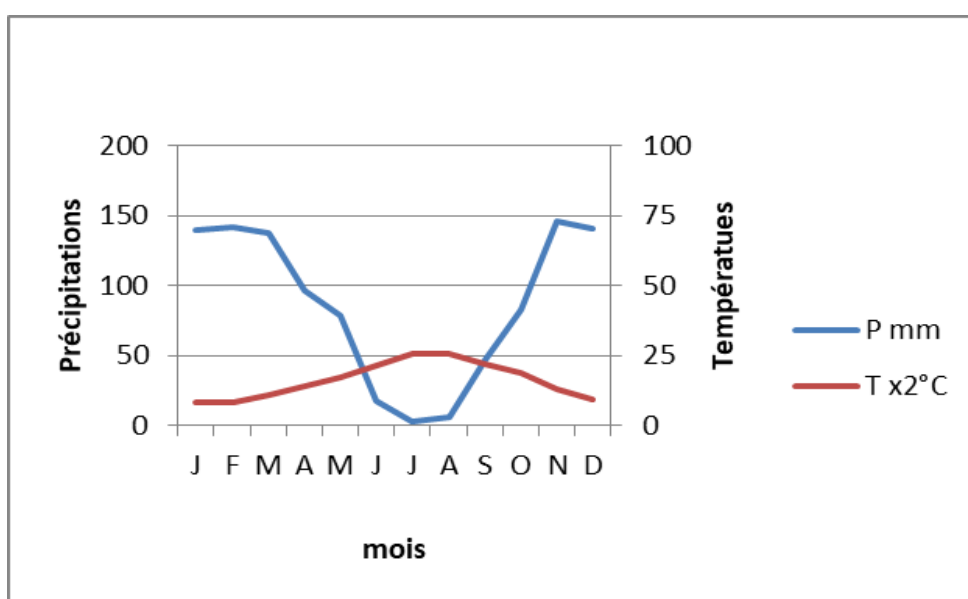


Figure 12 : diagramme ombrothermique de la station de Tala n Tazert de la wilaya de Tizi-Ouzou.

D'après ce diagramme, la période sèche de la station de Tala n Tazert est de 3 mois et demi. Elle commence au début du mois juin jusqu'à mi-septembre.

3. Echantillonnage sur le terrain

La collecte des échantillons constitués des feuilles de *calicotome spinosa* a été faite pendant le mois de juin 2021 au niveau du village Tala n Tazert, dans la région de Ath Yenni, wilaya de Tizi-Ouzou.

L'échantillonnage des feuilles s'est porté sur 10 sujets qui ont été choisis aléatoirement. Le choix a concerné des sujets qui sont en bon état phytosanitaire. Pour chaque arbre choisi, 10 feuilles saines / arbres sont cueillies tout autour de l'arbre et à différentes hauteurs. Une fois récoltées, les feuilles doivent être maintenues à l'état frais,

elles sont ainsi mises dans des sacs en papier puis dans un sac en plastique et transportées ensuite au laboratoire. Il est recommandé de laisser un temps très court entre la récolte des feuilles et le début des mises en culture au laboratoire (24 h à 36 h au maximum), pour éviter la pourriture des feuilles qui provoque l'installation des souches pathogènes (Gallo et *al.*, 2008).

3.1. Mise en culture des feuilles

3.1.1. Stérilisation superficielle

La stérilisation superficielle est appliquée dans le but d'éliminer les microorganismes épiphytes qui se trouvent au-dessus des feuilles. Pour cela, nous avons adopté le protocole de Helander et son équipe (1995) qui est donné comme suit :

- 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 03 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.

Une fois stérilisée, les parties centrales des trois folioles de chaque feuille sont coupées à l'aide d'un bistouri stérilisé entre deux bords bunsens pour éviter les risques de toute contamination venant de l'extérieur. Les fragments de folioles obtenus sont ensemencés sur les milieux de culture PDA.

3-1-2- Mise en culture

Parmi les milieux de culture adoptés pour l'ensemencement des champignons endophytes nous avons utilisé le milieu semi-synthétique PDA (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.

3.1.2.1. Préparation et stérilisation

Les pommes de terre sont pelées, lavées et coupées en petits dés. Elles sont ensuite cuites dans 200 ml d'eau pendant 15 à 20 mn. Le mélange obtenu est filtré. Le filtrat est versé dans un erlen meyer d'un litre placé sur un agitateur chauffant. On rajoute au filtrat le glucose et l'agar-agar, puis on complète le volume à 1000 ml. L'erlen meyer est retiré de la plaque lorsque le milieu est homogène et clair.

Le milieu prêt est versé dans des flacons pour la stérilisation à l'étuve à une température de 120°C et durant 20 minutes. Quelques grammes d'antibiotiques (amoxicilline) sont ensuite incorporés au milieu préparé. Après refroidissement du milieu, ce dernier est coulé dans des boîtes de Pétri sous une hôte entre deux becs bunsen.

Dix feuilles par sujets sont choisies pour la mise en culture. Les fragments centrales de folioles sont déposés sur ce milieu, à raison de 3 explants/boîte de Pétri. Au total, 300 explants sont répartis sur le milieu de culture PDA. Toutes ces manipulations se font entre deux becs bunsens sous une hotte. Les désinfectants (eau savonneuse, hypochlorite de sodium et alcool) sont utilisés pour éviter les risques de contamination venant de l'extérieur. L'incubation s'effectue à température ambiante au laboratoire.

Après l'ensemencement, un contrôle quotidien et minutieux est effectué sur les cultures fongiques, afin d'observer l'installation et le développement des colonies et noter l'évolution des champignons au niveau des boîtes ensemencées.

3.2. Identification des isolats fongiques

Les champignons sont identifiés par la méthode morphologique ou bien génotypique (moléculaire) (Wiss et *al.*, 2004 ; Arnold et Lutzoni, 2007). Nous avons identifié nos isolats fongiques par la méthode morphologique. Elle consiste en une identification macroscopique et une autre microscopique.

3.2.1. Identification macroscopique

L'examen macroscopique des cultures est le premier examen effectué à partir de l'isolement après incubation pour qualifier une souche microbienne. L'aspect des colonies dépend du milieu utilisé de la durée et de la température de l'incubation.

L'identification se fait à l'œil nue, observé directement sur la gélose après purification, elle se base essentiellement sur les caractères suivants : couleur, contours, relief, consistance,

transparence, aspect de la surface et taille de la colonie. Après observation macroscopique, les souches, qui se ressemblent, sont placées ensemble.

3.2.2. Identification microscopique

Les études microscopiques sont faites à partir d'un échantillon monté entre lame et lamelle dans une goutte de gélatine glycinée afin d'être observé au microscope optique.

Les critères d'identification microscopique sont : le thalle (septé ou siphonné), l'aspect, la forme et la taille des spores et la présence ou l'absence des formes protectrices (les chlamydospores) (Ghourri, 2015).

3.3. Analyse statistique

Concernant les abondances des genres recensés au niveau des feuilles des différents sujets de *Calicotome spinosa* du village Tala n Tazart.

Un calcul des abondances selon la formule suivante :

$$A(\%) = Vg/Vt.$$

A : Abondance des genres.

Vg : Nombre de fois que le genre est recensé chez un sujet.

Vt : Ensemble des répétitions d'un sujet ayant fructifié par rapport à l'ensemble des boites considérées.

Une analyse en composante principale (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.

Une matrice de corrélation été aussi réalisée pour montrer les différentes interactions entre les différents genres identifiés.

1. Diversité et abondance de l'ensemble des mycoendophytes recensés

1.1. Résultats

Après deux mois d'incubation sur milieu PDA et à température ambiante des fragments de feuilles de *Calicotome spinosa* échantillonnées dans la région de Tala n Tazart de la wilaya de Tizi Ouzou. Nous avons procédé à l'identification des différents taxons de mycoendophytes recensés. La détermination de ces genres de champignons s'est basée sur des caractéristiques morphologiques macroscopiques (forme, aspect et couleur de la colonie) et microscopiques (filaments mycéliens et spores), avec l'utilisation des clés d'identification, puis leurs classifications selon le phylum, ordre et famille (**Tableau 7**).

Au total nous avons identifié neuf genres de champignons endophytes. *Neoscytalidium*, *Trichphyton*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Rhodotorula*, *Verticillium*, *Phoma*, *Chaetomium* et *Rhizoctonia* (**Figure 13**). Les mycoendophytes identifiés et recensés appartiennent à deux phylums différents, 70% d'entre eux font partie des Ascomycota et 20% sont des Basidiomycota et 10% SNI (**Figure 14**) (**Tableau 7**).

Sur la base du total des isolats fongiques identifiés les genres *Neoscytalidium* avec 27,27%, *Trichphyton* avec 25,87%, *Cladosporium* avec 15,3 % et *Penicillium* avec 8,03 % dominant au niveau de la feuille du *Calicotome spinosa*, vient par la suite les genres à faibles abondances, *Rhodotorula* avec 6,58 %, *Verticillium* avec 1,5%, *Phoma* avec 1,46%, *Chaetomium* avec 0,44% et enfin *Rhizoctonia* avec 0,5 %. Plusieurs champignons endophytes qui montrent des structures mycéliennes et des spores mal reconnues à notre niveau ont été observés chez les feuilles de *Calicotome spinosa*. Ces formes fongiques difficiles à identifier morphologiquement représentent 12,64% des isolats endophytes recensés (**Tableau 7**).

Tableau 7 : classification des différents genres de mycoendophytes isolés à partir des feuilles de *Calicotom spinosa* de la station Tala n Tazart dans la Wilaya de Tizi-Ouzou.

Genres de champignons	Abondance (%)	Phylum	Ordre	Famille
<i>Chaetomium</i>	0.44	Ascomycota	Sordariales	Chaetomiacées
<i>Cladosporium</i>	15.3	Ascomycota	Capnodiales	<i>Daridiellacées</i>
<i>Neoscytalidium</i>	27.27	Ascomycota	Botryosphaeriales	<i>Botryosphaeriacees</i>
<i>Penicillium</i>	8.03	Ascomycota	Plesosporales	<i>Plesosporacées</i>
<i>Phoma</i>	1.46	Ascomycota	Sphaeropsidales	<i>Sphaeroidacées</i>
<i>Rhodotorula</i>	6.58	Bsidiomycota	Sporidiobolales	<i>Sporidiobolacées</i>
<i>Rhizoctonia</i>	0.5	Bsidiomycota	Cantharellales	<i>Ceratobasidiacées</i>
<i>Trichophyton</i>	25,87	Ascomycota	Onygenales	<i>Arthrodermatacées</i>
<i>Verticillium</i>	1.5	Ascomycota	Glomerellales	<i>Plectosphaerellacées</i>
<i>SNI</i>	12,64	/	/	/

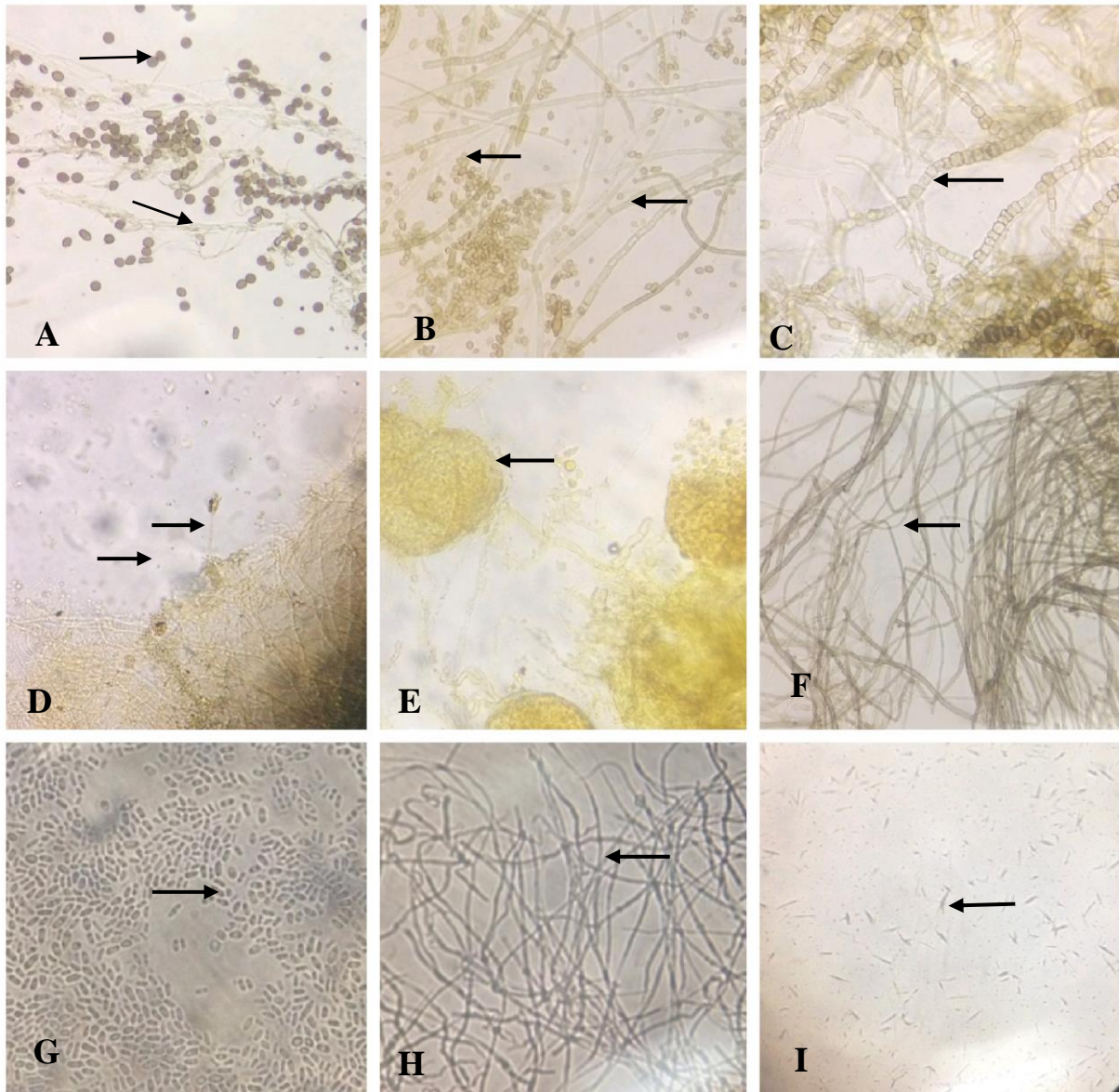


Figure 13 : photos des genres fongiques recensés des feuilles de *Calicotome spinosa* observés sous le microscope optique au grossissement (Gr x 400). **A-** filaments mycéliens et spores de *Chaetomium* ; **B-** filaments mycéliens et spores de *Cladosporium* ; **C-** filaments mycéliens de *Neoscytalidium* ; **D-** filaments mycéliens et conidophores de *Penicillium* ; **E-** Cleistothèces de *Phoma* ; **F-** filaments mycéliens de *Rhizoctonia* ; **G-** cellules de levure de *Rhodotorula* ; **H-** Hyphe mycéliens de *Trichophyton* ; **I-** conidophores verticillés de *Verticillium*.

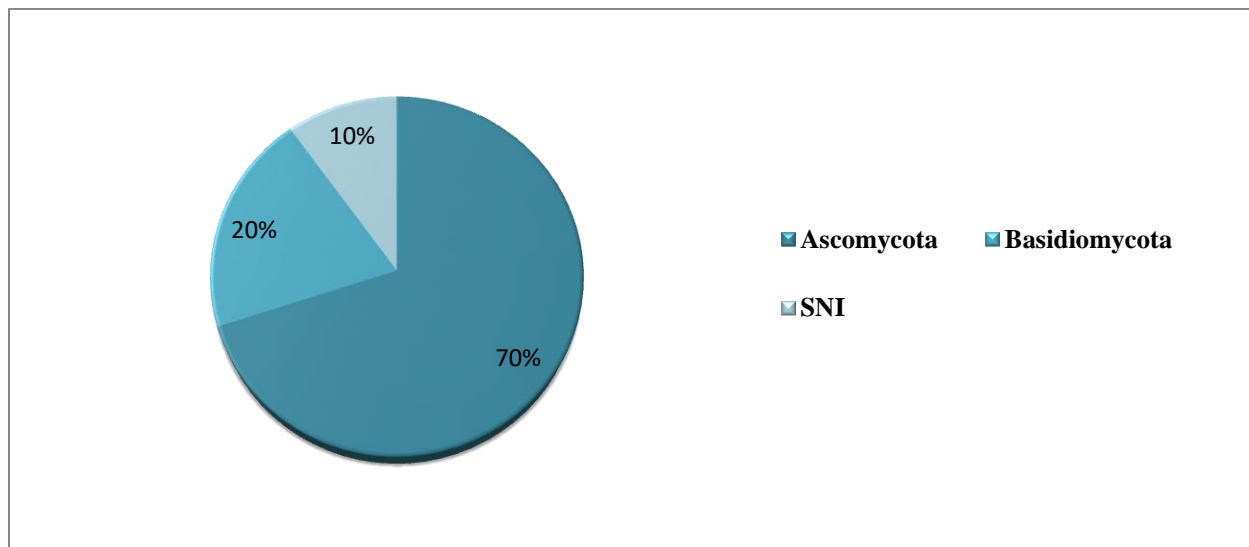


Figure 14 : composition des mycoendophytes des feuilles du *Calicotome spinosa* selon le phylum.

1.2. Discussion

Les communautés de champignons endophytes associées à différents hôtes sont diverses (Arnold et *al.*, 2007 ; Koukol et *al.*, 2012). Une diversité riche en mycoendophytes est recensée au niveau des feuilles de *Calicomtome spinosa*. Ces résultats sont renforcés par les résultats de Lodge et *al.* (1996), Rodriguez et *al.* (2009) et Nisa et *al.* (2015), qui montrent que les champignons endophytes sont très diversifiés, même dans une seule feuille. Les plantes ne sont pas seulement une matière végétale mais un assemblage complexe d'organisme (Porras-Alfaro et Bayman, 2011). Le nombre et la diversité des endophytes isolés des différentes parties des hôtes varient en fonction de la partie de la plante échantillonnée. Dans la plupart des études réalisées, la partie hôte principale est la feuille. Comme les feuilles des hôtes présentent une grande diversité et sont faciles à manipuler par rapport aux autres parties, il est évident que plus de 35 % des études réalisées portaient sur les endophytes foliaires de l'hôte (Kumar et Hyde, 2004).

La dominance des Ascomycota a été rapportée dans presque toutes les études sur les champignons endophytes sans exception (Porras-Alfaro et Bayman, 2011 ; Selvanathan et *al.*, 2011; Selim et *al.*, 2012 ; Del Olmo-Ruiz et Arnold, 2014 ; Zhang et Yao, 2015). La plupart des champignons endophytes appartiennent à la division Ascomycota (Arnold et *al.*, 2007 ; Koukol et *al.*, 2012 ; Stephenson et *al.*, 2013 ; Tan et *al.*, 2018), suivi de Basidiomycota. Le phylum Ascomycota, le plus grand phylum de champignons, implique une

population très diversifiée et joue un rôle essentiel dans la génétique (Wallen et Perlin, 2018), l'écologie (Belnap et Lange, 2005) et la phylogénie (López-Giráldez et al., 2009).

Dans le cas de Basidiomycota, moins de 10% des espèces fongiques endophytes ont été rapportées comme endophytes (Zhang et Yao, 2015). Ces résultats confirment les nôtres, car seuls deux genres *Rhizoctonia* et *Rhodotorula* isolés à partir de la feuille de *Calicotome spinosa* appartiennent aux Basidiomycota.

Neoscytalidium, *Trichphyton*, *Cladosporium* et *Penicillium*, ces quatre genres de champignons endophytes sont cosmopolites et peuvent se développer à des températures élevées.

Neoscytalidium montre une activité antifongique très élevée (Abdel-Motaal et al., 2010). Il appartient à la famille des Botryosphaeriaceae, étant un genre récemment créé Crous et al. (2006), Slippers et Wingfield. (2007) et Jami et al. (2013) notent que plusieurs membres de la famille des Botryosphaeriaceae sont des pathogènes latents qui vivent en tant qu'endophytes dans leurs hôtes asymptomatiques pendant de longues périodes et qui provoquent des maladies dans des conditions de stress, dans notre cas l'aspect vert des feuilles du *Calicotome spinosa* montrent un bon état phytosanitaire de ces dernières, ainsi des conditions propices et sans stress pour la plante du *Calicotome spinosa*.

Le genre *Trichophyton* très répandu dans les feuilles de *Calicotome spinosa*, est timidement étudié chez les plantes. Cependant, il a été isolé comme endophyte chez *Symphytum officinale*, ou il présente une activité antagoniste contre le phytopathogène *Sclerotinia sclerotiorum*, agent de la pourriture blanche (sclérotiniose), maladie affectant diverses plantes dont le colza, le tournesol, la carotte etc... (Rocha et al., 2009)

Les *Cladosporium* ont une croissance lente à rapide sur tous les milieux de culture (Ogórek et al., 2012), ce qui peut justifier leur haute abondance dans notre étude. Ils sont également toujours isolés à partir de plantes dans les déserts et les terres salines (Petrini et Fisher, 1986 ; Muhsin et Booth, 1987). Une production élevée de pigment est caractéristique de ces champignons (Leach, 1971). Ces résultats suggèrent que ces champignons dématiacés pigmentés habitent universellement les halophytes et qu'ils sont considérés comme jouant un rôle écologique important dans la résistance au stress chez ces plantes (Carlos et al., 2008).

Les pigments contribuent aux activités biologiques exhibées par les champignons (dos Reis Celestino et al., 2014). Il existe une variété de pigments produits par les champignons, y compris les caroténoïdes, les mélanines, les flavines, les phénazines et les quinos (Mapari et al., 2010 ; Dufossé et al., 2014). Ces pigments sont attribués à des activités biologiques telles

que les activités antibactériennes, antifongiques et herbicides (Geweely, 2011 ; Premalatha et *al.*, 2012 ; Teixeira et *al.*, 2012).

Penicillium est le genre fongique le plus communément signalé comme endophyte (Chauhan et *al.*, 2019 ; Fan et *al.*, 2020). Les espèces de *Penicillium* sont connues par la production d'un grand nombre de métabolites secondaires tels que les stéroïdes, les terpénoïdes, les esters, les quinoléines, les polykétides, les alcaloïdes de l'ergot, les peptides dicétopipérazines, les quinazolines, le chamazulène, l'azétidine et de nombreux autres composés non identifiés (Ghareeb et *al.*, 2018 ; Singh et *al.*, 2020). Certains de ces composés sont des agents antibactériens, antifongiques, antiviraux, antioxydants, anticancéreux, antidiabétiques, immunosuppresseurs, agents hypocholestérolémiant, anti Alzheimer, ils ont également été utilisés pour le traitement de l'épilepsie et de la toxocariose, et comme agents anti-leishmania et anti-inflammatoires (Singh et *al.*, 2020).

Certains isolats de champignons endophytes sont très faiblement répandus, tels que *Chaetomium*, *Phoma*, *verticilium*, *Rhodotorula*, et *Rhizoctonia*, de nombreuses études ont montré que plusieurs champignons sont incapables de se développer sur des milieux synthétiques (Tao et *al.*, 2008), ou peuvent être négligés par des champignons à croissance rapide en raison d'une croissance lente (Zhu et *al.*, 2008 ; Toofane et Dalymamode, 2002), ou nécessitent certains nutriments spécifiques pour leur croissance (Jeewon et *al.*, 2017 ; Van Wyk et *al.*, 2007).

Un concept émergent dans le domaine de la biologie du microbiome est celui d'un microbiome "central" ou "rare". Selon ce modèle, les membres de la communauté microbienne peuvent être désignés comme centraux, ce qui indique une abondance élevée ou une présence constante au sein de la communauté du microbiome, dans l'espace, dans le temps, ou chez divers hôtes et espèces (Shade et Handelsman, 2012). Par ailleurs, les membres de la communauté peuvent être rares, c'est-à-dire peu communs au sein de la communauté microbienne d'un seul hôte, ou peu communs parmi les hôtes dans l'espace et le temps. Cependant, si ces définitions des membres "essentiels" et "rares" du microbiome sont largement utilisées et discutées, elles ne sont pas toujours cohérentes. Par exemple, on suppose généralement que le microbiome central joue un rôle fonctionnel important pour l'hôte ; cependant, les tests expérimentaux des rôles fonctionnels sont moins courants que les études descriptives de la composition des communautés. En outre, le microbiome rare peut encore avoir une importance écologique, incompatible avec sa faible abondance. Certains endophytes peuvent être rares à un moment donné, mais leur abondance et leur importance

augmentent ensuite avec l'évolution des conditions environnementales (Shade et *al.*, 2014). Bien que les concepts de microbiomes principaux et rares soient généralement appliqués aux communautés bactériennes chez les hôtes, les mêmes principes peuvent être appliqués aux champignons endophytes chez les plantes (c'est-à-dire l'endophytome).

Les espèces de *Rhizoctonia* sont des champignons ubiquistes et variables dans la nature, ils peuvent être des agents de lutte biologique utiles contre les maladies des plantes Ornementales et d'autres sont des endophytes d'orchidée importantes pour le développement des plantes (Baruch et *al.*, 1996).

Les espèces du genre *Phoma* sont omniprésentes dans l'environnement et occupent de nombreuses niches écologiques. Plusieurs espèces sont des saprophytes inoffensives (Aveskamp et *al.*, 2005). Ce genre également isolé à partir de *Dendrobium thyrsiflorum*, *D.devonianum* et *D.loddigesii* présente des activités antibactériennes et antifongiques fortes, ainsi que des activités de promotion de production végétale (Chen et *al.*, 2012 ; Deshmukh et *al.*, 2018) .

Le genre *Rhodotorula* on les trouve dans des sources environnementales très variées, allant des climats extrêmes des événements des grands fonds marins aux déserts froids de l'Arctique (Margesin et *al.*, 2007 ; Zalar et Gunde-Cimerman, 2014) dans le sol, l'air ou comme organismes associés aux plantes. *Rhodotorula sp* associée aux plantes semble avoir plusieurs effets bénéfiques sur l'hôte plutôt que des effets délétères. La souche WP1 de *Rhodotorula graminis* a été isolée à partir de peuplier comme une levure productrice d'auxine (Xin et *al.*, 2009), ayant des effets significatifs de promotion de la croissance des plantes (PGP) (Knoth et *al.*, 2014). *Rhodotorula mucilaginosa* (anciennement *Rhodotorula rubra*) TG-1 a été signalée comme présentant une forte activité de biocontrôle contre les champignons et bactéries pathogènes lors de l'inoculation de la tige du riz (Nailya, 2013).

Par conséquent, la probabilité de ne pas isoler de nombreux champignons endophytes par les approches traditionnelles est élevée (Guo et *al.*, 2001, Hyde et Soyong, 2008 ; Hyde et *al.*, 2018). Par conséquent, ces types de biais dans les méthodologies peuvent ne pas fournir une image réelle de la diversité des communautés endophytes (Torres et *al.*, 2011). C'est le cas des nombreuses structures non identifiées recensées dans ce travail.

2. Analyse en composantes principales (ACP)

Nous avons réalisé une analyse en composantes principales (A.C.P) à l'aide du logiciel Stat Box 6.40, elle nous fournit des indications sur la nature, la force et la pertinence des liens entre les différents sujets et entre les différents genres de mycoendophytes identifiés à partir de la feuille de *Calicotome spinosa* (Figure 15).

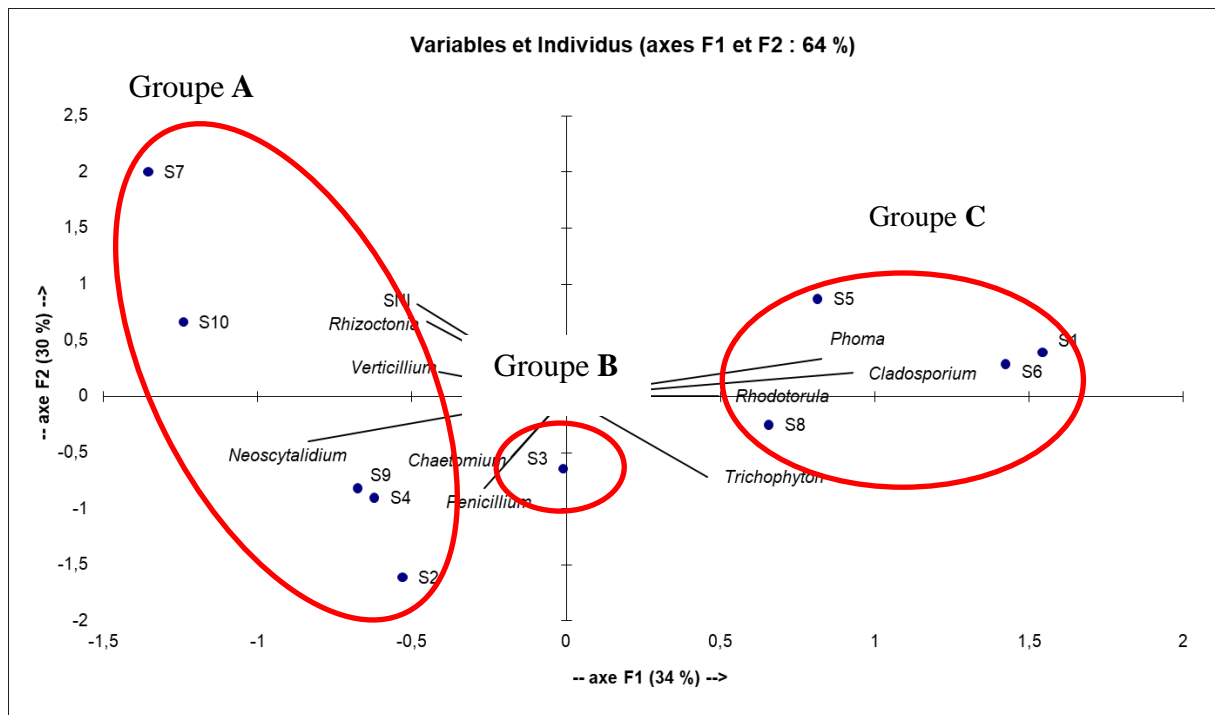


Figure 15 : représentation de l'analyse en composantes principales (ACP) des genres de champignons endophytes recensés au niveau des feuilles des différents sujets de *Calicotome spinosa* échantillonnés dans la station de Tala n Tazart de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Le plan 1-2 de l'analyse en composantes principales (ACP) explique 64% du phénomène avec 34% pour l'axe 1, et 30% pour l'axe 2 de l'inertie totale.

Selon l'axe 1, nous observons la formation de trois groupes (A, B et C), le groupe A comporte les champignons endophytes recensés des feuilles échantillonnées des sujets 2, 4, 7, 9 et 10. Le groupe B quant à lui comporte les champignons endophytes recensés des feuilles échantillonnées du sujet 3 uniquement, enfin le groupe C comporte les champignons endophytes recensés des feuilles échantillonnées des sujets 5, 6 et 8.

Concernant les mycoendophytes, le groupe A se caractérise par la dominance du genre *Neoscytalidium*.

Le groupe B est dominé par le genre *Penicillium*.

Le groupe C présente une co-dominance entre *Cladosporium* et *Trichophyton*, nous notons les deux genres *Cladosporium* et *Phoma* qui présentent des interactions de synergie.

De nombreuses études (Saikkonen et al., 2004) ont démontré que l'adaptation de la communauté de champignons endophytes repose principalement sur l'adaptation des plantes hôtes à l'environnement écologique. Cela implique que les plantes hôtes influencent considérablement la colonisation et la distribution des communautés de champignons endophytes. L'interaction entre le champignon et la plante hôte est souvent considérée comme dynamique où l'orientation est déterminée par de subtiles différences dans l'expression des gènes du champignon en réponse à l'hôte ou, inversement, par la reconnaissance et la réponse du champignon par l'hôte. Ainsi, de légères différences génétiques dans les deux génomes contrôlent la symbiose (Moricca et Ragazzi, 2008). Les champignons endophytes dépendent de l'environnement interne de la plante pour leur croissance, on suppose que l'identité de la plante joue un rôle particulièrement décisif dans la colonisation fongique des tissus internes (Martin et al., 2017). Les plantes peuvent recruter le microbiote en libérant des signaux moléculaires spécifiques et les microorganismes capables de reconnaître ces signaux pourraient coloniser préférentiellement et avec succès les différentes niches des organes végétaux (Hacquard et al., 2015 ; Xiong et al., 2020). Par ailleurs, les plantes exercent une pression de sélection et un effet de filtrage par le biais du système immunitaire et de la fourniture de nutriments et de types d'habitats spécialisés (Beckers et al., 2017 ; Cordovez et al., 2019).

3. Matrice de corrélation

Pour essayer de comprendre les différentes interactions qui existent entre les différents genres de mycoendophytes recensés au niveau des feuilles de *Clicotome spinosa*, nous avons fait une matrice de corrélation (**Tableau 8**). Cette dernière donne des coefficients de corrélation entre les genres de champignons endophytes pris deux à deux. Parmi les corrélations significatives certaines 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 8 : matrice de corrélation entre les genres fongiques des tissus foliaires de *Clicotome spinosa* dans la Wilaya de Tizi-Ouzou.

	Chaetomium	Cladosporium	Neoscytalidium	Penicillium	Phoma	Rhodotorula	Rhizoctonia	Trichophyton	Verticillium	SNI
Chaetomium	1	-0,29	0,22	0,27	-0,22	-0,26	-0,11	0,45	-0,11	-0,22
Cladosporium	-0,29	1	-0,94	-0,33	0,75	0,42	-0,29	0,23	-0,29	-0,28
Neoscytalidium	0,22	-0,94	1	0,46	-0,72	-0,42	0,05	-0,05	0,28	0,02
Penicillium	0,27	-0,33	0,46	1	-0,69	0,10	-0,44	0,28	-0,06	-0,56
Phoma	-0,22	0,75	-0,72	-0,69	1	0,23	-0,22	0,25	-0,22	-0,11
Rhodotorula	-0,26	0,42	-0,42	0,10	0,23	1	-0,26	-0,14	0,02	-0,38
Rhizoctonia	-0,11	-0,29	0,05	-0,44	-0,22	-0,26	1	-0,53	-0,11	0,84
Trichophyton	0,45	0,23	-0,05	0,28	0,25	-0,14	-0,53	1	-0,65	-0,72
Verticillium	-0,11	-0,29	0,28	-0,06	-0,22	0,02	-0,11	-0,65	1	0,22
SNI	-0,22	-0,28	0,02	-0,56	-0,11	-0,38	0,84	-0,72	0,22	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,05 (test bilatéral)

A partir du tableau (4) des corrélations positives sont notées comme celles entre *Cladosporium* et *Phoma* (0,75), ainsi que d'autres corrélations négatives entre *Cladosporium* et *Neoscytalidium* (-0,94), *Phoma* et *Neoscytalidium* (-0,72), *Phoma* et *Penicillium* (-0,69), *Trichophyton* et *Verticillium* (-0,65).

Le microbiote fongique colonise son hôte végétal pour s'adapter à l'environnement de la plante ; les symbiotes ont donc évolué ensemble pendant des millions d'années (Hassani et al., 2018). Les microorganismes ont aussi une certaine limite de leur plasticité phénotypique et sont adaptés aux conditions environnementales dans lesquelles ils se sont développés. Un changement brutal des conditions de vie au cours de la croissance implique souvent un moins bon fitness des microorganismes (Wilson et Lindow, 1993).

L'établissement de relations mutualistes particulières entre champignons et plantes peut conférer une thermotolérance, une résistance à la sécheresse et une multitude de capacités fonctionnelles qui améliorent la survie, la productivité primaire et la structure de la communauté des plantes (Massimo et al., 2015 ; Sangameshet al., 2018 ; Hosseyni et al., 2021). Les assemblages multi-espèces ne vivent généralement pas de manière isolée mais établissent des relations interactives par le biais de connexions mutualistes ou compétitives (He et al., 2017). Ces connexions interactives aboutissent finalement à la construction de réseaux inter-espèces complexes qui maintiennent la structure d'une communauté écologique et les fonctions de l'écosystème (Fuhrman, 2009).

L'étude réalisée dans la région Tala n Tazart à Tizi-Ouzou a porté sur la diversité des mycoendophytes des feuilles de *Calicotome spinosa*. L'échantillonnage a concerné 10 arbres qui ont été choisis d'une manière subjective. 10 feuilles de chaque arbre ont été prélevées et conservées au frais pendant une petite période de temps, avant de subir une mise en culture sur milieu P.D.A.

La mise en culture a dévoilé une richesse considérable en divers taxons fongiques. Concernant la composition générale de la trame fongique inventoriée et identifiée, elle se trouve rangée principalement au phylum Ascomycota, qui sont représenté par les genres *Neoscytalidium*, *Trichphyton*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Verticillium*, *Phoma* et *Chaetomium*. La majorité des genres recensés sont cosmopolites. Une analyse en composante principale (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. Nous observons la formation de trois groupes (A, B et C), le groupe A comporte les champignons endophytes recensés des feuilles échantillonnées des sujets 2, 4, 7, 9 et 10. Le groupe B quant à lui comporte les champignons endophytes recensés des feuilles échantillonnées du sujet 3 uniquement, enfin le groupe C comporte les champignons endophytes recensés des feuilles échantillonnées des sujets 5, 6 et 8.

La présence des genres peu abondants dépend du genre dominant. Il semble que chaque genre se caractérise par son propre cortège fongique. En effet, une matrice de corrélation a montré les différentes interactions qui existent entre les différents genres de champignons recensés. Les assemblages des différents genres de champignons ne vivent généralement pas de manière isolée mais établissent des relations interactives par le biais de connexions mutualistes ou compétitives.

Plusieurs interactions de l'ordre de domination, d'antagonisme ou de synergie ont été observées. Ces relations caractérisent les différents groupes taxonomiques et reflètent la capacité de ces mycètes à réagir devant différentes situations et exigences de vie, dont les stress biotique et abiotique que subissent les plantes qu'ils colonisent. L'établissement de relations mutualistes particulières entre champignons et plantes peut conférer une thermotolérance, une résistance à la sécheresse et une multitude de capacités fonctionnelles qui améliorent la survie, la productivité primaire et la structure de la communauté des plantes ainsi que l'établissement d'un équilibre écologique et une bonne fonction de l'écosystème.

Conclusion et Perspectives

Dans une certaine mesure, la grande majorité des champignons endophytes sont des microorganismes mystérieux dont les valeurs potentielles doivent être découvertes encore. Au terme de cette étude, nous fixons certains points en perspectives. Nos travaux sont une étape préliminaire pour des études plus larges, plus approfondies et plus accomplies qui visent principalement à identifier d'avantage les différents genres de champignons endophytes présents sur les feuilles de *Clicotome spinosa*, et à confirmer les données actuellement obtenues par d'autres méthodes tel que l'approche moléculaire. Il serait intéressant aussi d'essayer d'approfondir les connaissances concernant l'interaction mycoendophyte-plante hôte ainsi que d'avoir une meilleure compréhension des synergies et des interactions qui peuvent exister entre les champignons endophytes et leur capacité à cohabiter ensemble chez la même plante.

Extraire et étudier les effets des métabolites secondaires synthétisés par ces populations microbiennes .

Comprendre l'écologie, l'évolution et l'importance des champignons endophytes est un enjeu majeur en raison du nombre important d'espèces fongiques capables de former des associations de type endophytique et leur caractère unique par rapport aux autres microorganismes associés aux plantes.

Résumé- La plupart des plantes étudiées dans les différents écosystèmes naturels se trouvent infestées par des champignons microscopiques appelés mycoendophytes. Ces derniers vivent à l'intérieur des tissus végétaux sans provoquer de symptômes de maladies à leurs hôtes. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de la diversité des champignons endophytes au niveau des feuilles de *Calicotome spinosa* de la région de Tala n Tazart de la wilaya de Tizi-Ouzou. L'espèce étudiée est très commune en Algérie et affiche une très grande résistance aux conditions climatiques. L'échantillonnage a concerné 10 sujets sains choisis de manière subjective, 10 feuilles sont prélevées de chacun et un fragment centrale est prélevé de chaque foliole de chaque feuille. Afin de les mettre en culture dans un milieu PDA, ensuite les incubent pendant 2 mois à température ambiante. L'isolement et l'identification des champignons avec l'utilisation des traits macroscopiques et microscopiques, ont permis de donner 9 genres de champignons endophytes, il s'agit de : *Neoscytalidium*, *Trichphyton*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Rhodotorula*, *Verticillium*, *Phoma*, *Chaetomium* et *Rhizoctonia*, le calcul des abondances de ces champignons montre que les genres *Neoscytalidium*, *Trichphyton*, *Cladosporium*, *Penicillium* sont les plus dominants. L'ACP a montré la répartition des différents genres de champignons endophytes selon les différents sujets échantillonnés. Trois groupes (A, B et C) sont obtenus, le groupe A comporte les sujets 2, 4, 7, 9 et 10. Le groupe B quant à lui comporte le sujet 3 uniquement, enfin le groupe C comporte les sujets 5, 6 et 8. Le groupe A se caractérise par la dominance du genre *Neoscytalidium*, le groupe B est dominé par le genre *Penicillium*, et le groupe C présente une co-dominance entre *Cladosporium* et *Trichphyton*. Des corrélations parfois positives et pour d'autres négatives sont décrites entre la majorité des genres fongiques inventoriés. Ces résultats montrent qu'il existe une forte relation symbiotique entre les feuilles de *Calicotome spinosa* et les champignons endophytes. Ceci permet de maintenir cette espèce dans les conditions climatiques difficiles.

Mot-clés: mycoendophytes foliaires, *Calicotome spinosa* Desf, diversité fongique, Tala n Tazart, Tizi-Ouzou, Algérie.

Abstract- Most plants studied in different natural ecosystems are infested by microscopic fungi called mycoendophytes. These fungi live inside plant tissues without causing disease symptoms to their hosts. In this work, we were interested in the study of the diversity of endophytic fungi in the leaves of *Calicotome spinosa* from the region of Tala n Tazart in the wilaya of Tizi-Ouzou. The studied species is very common in Algeria and shows a very high resistance to climatic conditions. The sampling concerned 10 healthy subjects chosen in a subjective way, 10 leaves are taken from each one and a central fragment is taken from each leaflet of each leaf. In order to put them in culture in a PDA medium, then incubate them for 2 months at room temperature. The isolation and identification of fungi with the use of macroscopic and microscopic features, allowed to give 9 genera of endophytic fungi, they are : *Neoscytalidium*, *Trichphyton*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Rhodotorula*, *Verticillium*, *Phoma*, *Chaetomium* and *Rhizoctonia*, the calculation of abundances of these fungi shows that the genera *Neoscytalidium*, *Trichphyton*, *Cladosporium*, *Penicillium* are the most dominant. PCA showed the distribution of the different genera of endophytic fungi according to the different subjects sampled. Three groups (A, B and C) are obtained, group A includes subjects 2, 4, 7, 9 and 10. Group B includes subject 3 only, and group C includes subjects 5, 6 and 8. Group A is characterized by the dominance of the genus *Neoscytalidium*, group B is dominated by the genus *Penicillium*, and group C shows a co-dominance between *Cladosporium* and *Trichphyton*. Correlations sometimes positive and for others negative are described between the majority of the inventoried fungal genera. These results show that there is a strong symbiotic relationship between the leaves of *Calicotome spinosa* and the endophytic fungi. This allows the maintenance of this species in difficult climatic conditions.

Key words: leaf mycoendophytes, *Calicotome spinosa* Desf, fungal diversity, Tala n Tazart, Tizi-Ouzou, Algeria.

ملخص- تم العثور على معظم النباتات التي تمت دراستها في النظم البيئية الطبيعية المختلفة مصابة بفطريات مجهرية تسمى الفطريات الفطرية. تعيش هذه الأخيرة داخل أنسجة النبات دون التسبب في أعراض المرض لمضيفها. في هذا العمل، كنا مهتمين بدراسة تنوع الفطريات الداخلية في أوراق *Calicotome spinosa* من منطقة Tala n Tazart بولاية تيزي وزو. الأنواع المدروسة شائعة جدًا في الجزائر وتتميز بمقاومة عالية جدًا للظروف المناخية. اشتمل أخذ العينات على 10 شجيرات صحية تم اختيارها ذاتيًا، وأخذ 10 أوراق من كل منها وأخذ جزء مركزي من كل ورقة من كل ورقة. من أجل استزراعها في وسط PDA، تم احتضانها لمدة شهرين في درجة حرارة الغرفة. عزل وتعريف الفطريات باستخدام الخصائص العيانية والميكروسكوبية، سمح بإعطاء 9 أجناس من الفطريات الداخلية، وهي: *Neoscytalidium*، *Trichphyton*، *Cladosporium*، *Penicillium*، *Rhodotorula*، *Verticillium*، *Phoma*، *Chaetomium* و *Rhizoctonia*، حساب وفرة هذه الفطريات تظهر أن الأجناس *Neoscytalidium* و *Trichphyton* و *Cladosporium* و *Penicillium* هي الأكثر انتشارًا. أظهر تحليل المكون الرئيسي توزيع الأجناس المختلفة للفطريات الداخلية وفقًا للمواضيع المختلفة التي تم أخذ عينات منها. يتم الحصول على ثلاث مجموعات (A و B و C)، تتألف المجموعة A من الموضوعات 2 و 4 و 7 و 9 و 10. وتتألف المجموعة B من جانبها من الموضوع 3 فقط، وتتألف المجموعة C أخيرًا من الموضوعات 5 و 6 و 8. المجموعة A تتميز بهيمنة جنس *Neoscytalidium*، ويسيطر على المجموعة B جنس *Penicillium*، وتشترك المجموعة C بين *Cladosporium* و *Trichphyton*. يتم وصف ارتباطات إيجابية في بعض الأحيان والبعض الآخر ارتباطات سلبية بين غالبية الأجناس الفطرية التي تم جردها. تظهر هذه النتائج أن هناك علاقة تكافئية قوية بين أوراق *Calicotome spinosa* والفطريات الداخلية. هذا يسمح بالحفاظ على هذا النوع في ظروف مناخية صعبة.

الكلمات المفتاحية: الفطريات الفطرية الورقية، *Calicotome spinosa* Desf، التنوع الفطري، Tala n Tazart، تيزي وزو، الجزائر.

Introduction générale

Chapitre I.
Mycoendophytes
foliaires

Chapitre II.

Description de l'espèce

Calicotome spinosa

Chapitre III.

Matériels et méthodes

Chapitre IV.

Résultats et discussion

Conclusion générale

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Abdel-Motaal FF., Nassar MS., El-Zayat SA., El-Sayed MA et al., 2010.** Antifungal activity of endophytic fungi isolated from Egyptian henbane *Hyoscyamus muticus* L. Pakistan Journal of Botany 424, 2883–2894.
- **Ainsworth GC., Hawksworth DL., Bisby GR., 2008.** Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi. (10ème édition), CAB International, 771 p.
- **Amin N. 2016.** Endophytic fungi to control of cocoa pod borer (*Conopomorpha cramerella*) on Cocoa plantation. Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci. 6:1496–1501.
- **Andreea C., Elena T. M., Cristina G. M., Matias R., Rhiannon M. F., Raimundo A C., 2016.** Endophytic Fungi Isolated from *Musa acuminata* 'Dwarf Cavendish' and their Activity against Phytopathogenic. Journal of Agriculture Biotechnology 1, 35–43.
- **Araújo WL., Lima AOS., Az evedo JL., Marcon J., Sobral JK., L acava PT., 2002.** Manual: Isolamento de microorganismos endofíticos. Piracicaba, ESA LQ.
- **Arnold AE., Maynard Z., et Gibert GS., 2001.** Fungal endophytes in dicotyledonous neotropical trees : patterns of abundance and diversity. Myco Res. 105(12) : 1502-1507.
- **Arnold AE., Mejía L. C., Kyllö D., Rojas E. I., Maynard Z., Robbins N. et Herre E. A., 2003.** Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 100 (26): 15649-15654.
- **Arnold AE., et Lutzoni F., 2007.** Diversity and host range of foliar fungal Endophytes:are tropical leaves biodiversity hotspots? Ecology, 88(3):541–549.
- **Arnold AE., Maynard Z., Gilbert G.S., Coley., P.D. et Kursar, T.A., 2000.** Are Tropical fungal endophytes hyperdiverse? Ecol Lett 3:267–274.
- **Arnold AE., Henk DA., Eells RL., Lutzoni F., Vilgalys R., 2007.** Diversity and phylogenetic affinities of foliar fungal endophytes in loblolly pine inferred by culturing and environmental PCR. Mycologia 99: 185-206
- **Arnold AE et Herre AE., 2003.** Canopy cover and leaf age affect colonization by tropical fungal endophytes: Ecological pattern and process in *Teobroma cacao* (Malvaceae). Mycologia 95: 388-398.
- **Arnold AE., Maynard Z., Gilbert GS., 2001.** Fungal endophytes in dicotyledonous neotropical trees: patterns of abundance and diversity. Mycological Research 105: 1502-1507.
- **Arnold AE. 2007.** Understanding the diversity of foliar endophytic fungi: progress, challenges, and frontiers. Fungal Biol Rev 21:51–66.

- **Aveskamp MM., De Gruyter J., et Crous PW., 2008.** Biology and developments in the systematics of *Phoma*, a complex genus of major significance. *Fungal Diversity*. 31 :1-18.
- **Baghdadi D., Faafaa M., Benardj A., Anteur D., et Hartani A., 2019.** Contribution to the phytodiversity study of the Ouled Sidi Abdelaziz (forest of Ouled Sidi Yahia) in north-west of Algeria. *Biodiversity Journal* 10(3):259-264.
- **Bamisile BS., Dash CK., Akutse KS., Keppanan R., Wang L.. 2018.** Fungal endophytes: Beyond herbivore management. *Front Microbiol.* 9:1–11.
- **Banerjee D. 2011.** Endophytic fungal diversity and tropical and subtropical plants. *Research Journal of Microbiology* 6: 54-62.
- **Baoming JI., Catherine A., Gehring., Gail WT., Wilson R., (2013).** Patterns of diversity and adaptation in Glomeromycota from three prairie grasslands. Department of Biological Sciences, Northern Arizona University, *Molecular Ecology* 22, 2573–2587.
- **Baruch S., Suha J.H., Stephen N., et Gerda D., 1996.** *Rhizoctonia* species : taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control. Springer-science business Media. B.V 481 :4597-3.
- **Bayman P., et Otero JT., 2006.** Microbial endophytes of Orchid roots. In: Schulz B., Boyle C., Sieber T. N. (eds.), *Microbial root endophytes, Soil microbiology*, Vol. 9., SpringerVerlag, Berlin Heidelberg, 107-153
- **Beckers B., Op De Beeck M., Weyens N., Boerjan W., Vangronsveld J., 2017.** Structural variability and niche differentiation in the rhizosphere and endosphere bacterial microbiome of field-grown poplar trees. *Microbiome*, 5, 25.
- **Belnap J., et Lange OL., 2005.** Lichens and microfungi in biological soil crusts: community structure, physiology, and ecological functions. *Mycology Series*. 23:117–138.
- **Beniston WS. 1984.** Fleur d'Algerie. Edition entreprise nationale du livre, Alger.
- **Bernstein ME., Carroll GC., 1977.** Microbial populations on Douglas fir needle surfaces. *Microbial ecology* 4, 41–52.
- **Biosecurity Queensland. 2016.** Weeds of Australia. Queensland Government. https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/calicotome_spinosa.htm.
- **Bonis A. 2008.** Actualité de la recherche en écologie des communautés végétales. Actes du quatrième colloque ECOVEG Rennes. Lavoisier ISBN : 978-2-7430-1111-6.
- **Bouchet, P., Guingnard, J., Madulo-Leblond, G., Gégli, P., 2000.** Les champignons. Mycologie fondamentale et appliquée. 2^{ème} édition Masson : 18-23.
- **Brader G., Compant S., Vescio K., 2017.** Ecology and genomic insights on plant-pathogenic and nonpathogenic endophytes. *Annual Review of Phytopathology* 55: 31-323.

- **Brundrett MC. 2009.** Mycorrhizal Associations and Other Means of Nutrition of Vascular Plants: Understanding the Global Diversity of Host Plants by Resolving Conflicting Information and Developing Reliable Means of Diagnosis. *Plant Soil*, 320, 37-77.
- **Bush AE. 2015.** Botryosphaeria canker and dieback of trees and shrubs in the landscape. USA: Virginia Tech and Virginia State University.
- **Cao R., Liu X., Gao K., Mendgen K., Kang Z., Gao J., Dai Y et Wang X., 2009.** Mycoparasitism of endophytic fungi isolated from seed on soilborne phytopathogenic fungi and production of cell wall-degrading enzymes in vitro. *Current Microbiology*, 59: pp 584-592.
- **Cardinale M., Lanza A., Bonni ML., Marsala S., Puglia AM., et Quatrini P., 2008.** Diversity of rhizobia nodulating wild shrubs of Sicily and some neighboring islands. *Archives of Microbiology* 190:461-470.
- **Carlile M.J., et Watkinson SC., 1994.** *The Fungi*, Academic Press, London.
- **Carlos PT., Marcelo BS., Joshua DN., Luiz RT., 2008.** Melanin as a virulence factor of *Paracoccidioides brasiliensis* and other dimorphic pathogenic fungi, a minireview. *Mycopathologia* 165, 331–339, DOI 10.1007/s11046–007–9061–4.
- **Chen J., Wang H., et Guo SS., 2012.** Isolation and identification of endophytic and mycorrhizal fungi from seeds and roots of *Dendrobium* (Orchidaceae). *Mycorrhiza*. 22 :297-307.
- **Christian N., Sullivan C., 2016.** Plant host and geographic location drive endophyte community composition in the face of perturbation. *Microb. Ecol.* 2016, 72, p. 621–632
- **Christian NS., Whitaker BK., Clay K., 2017.** A novel framework for decoding fungal endophyte diversity. (Chapter 5). In: *The Fungal Community: its Organization and Role in the Ecosystem* (fourth ed.), John Dighton, James F. White (Eds.). CRC Press Taylor & Francis Group. pp: 63–78.
- **Clay K., Cheplick GP., Wray SM., 1989.** Impact of the fungus *Balansinhenningiana* on the grass *Panicum agrostoides*: Frequency ofinfection, plant growth and reproduction and resistance to pests.*Oecologia*, 1989, 80: 374—380.
- **Clay K., et Schardl C., 2002.** Evolutionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. *American Naturalist* 2002; 160 Suppl 4: S99-S127.
- **Cohen Y., Wang W., Ben-Daniel B. H. et Ben-Daniel Y., 2006.** Extracts of *Inula viscosa* control downy mildew of grapes caused by *Plasmopora viticola*. *Phytopathology*, 96 (4): 417424.
- **Cordier T. 2012.** Structure des assemblages fongiques de la phyllosphère des arbres forestiers et effet potentiel du changement climatique. Thèse de doctorat en Sciences

et Environnements, option : Ecologie évolutive, fonctionnelle et des communautés. Université Bordeaux France 1. 103p.

- **Cordovez V., Dini-Andreote F., Carrión VJ., Raaijmakers JM., 2019.** Ecology and evolution of plant microbiomes. *Annu. Rev. Microbiol.* **2019**, *73*, 69–88.
- **Crous PW., Slippers B., Wingfield M J., Rheeder J., Marasas WFO., Philips A J L., et Groenewald JZ., (2006).** Phylogenetic lineages in the Botryosphaeriaceae. *Studies in Mycology*, *55*, 235-253.
- **Damerdji A. 2008-2009.** Diversity and bioecological outline of malacological fauna associated to *Calycotome spinosa* in the vicinity of Tlemcen (Algeria). *Mesogee* 64-65:47-57.
- **Damerdji A. 2012.** Les Orthoptéroïdes sur différentes plantes dans la région de Tlemcen (Algérie). *Afr. Sci.* 08(3):82-92.
- **Damerdji A., et Djeddid A., 2012.** Les orthoptéroïdes associés à une plante xérophile (*Calycotome spinosa* L. (Link) (Fabacees) dans la région de tlemcen (nord-ouest algérien) Université Aboubekr Belkaid-Tlemcen. (Algerie). 111 – 123
- **Damerdji, A. 2011.** Diversité orthoptérologique sur trois plantes Xérophiles (diss – doum - genêt) dans les environs de Tlemcen (Algérie nord - occidentale). *Rev. Ivoir. Sci. Technol.* *17*: 67–78.
- **Dastogeer KMG., Li H., Sivasithamparam K., Jones MGK., Wylie SJ., 2017.** Host species of endophytic mycobiota of wild *Nicotiana* plants from arid regions of Northern Australia. *Microbial Ecology* *75*: 74-87.
- **De Bary A. 1866.** Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten. *Diversity*, *33*: 61-75.
- **Del Olmo-Ruiz M., et Arnold AE., 2014.** Interannual variation and host affiliations of endophytic fungi associated with ferns at La Selva, Costa Rica. *Mycologia* *106*:8–21.
- **Djeddi S., Djahoudi AG., Benchalia N., Himour H., 2015.** Antimicrobial activity of *Calycotome villosa* (Poiret) Link extracts. *Rev. Fac. Med. Ann.* *3*(1):13-18
- **Döring M. 2013.** Overview about the research of endophytes as biocontrol agents against phytopathogens. In Schneider C; Leifert C; Feldmann F (Eds), *Endophytes for plant protection: The state of the art*, 333 p.
- **Dos Reis Celestino J., de Carvalho LE., da Paz Lima M., Lima AM., Ogusku M M., et de Souza JVB., 2014.** Bioprospecting of Amazon soil fungi with the potential for pigment production. *Proc. Biochem.* *49*, 569–575.
- **Dreyfuss MM et Chepla IH., 1994.** Potential of Fungi in The Discovery of Novel, Low Molecular Weight Pharmaceuticals. In Gullo, V.P. (Ed). *The Discover of Natural Products with Therapeutic Potential*. Butter WorthHeineemann London, U.K. pp 49-80.

- **Dufossé L., Fouillaud M., Caro Y., Mapari SA., et Sutthiwong N., 2014.** Filamentous fungi are large-scale producers of pigments and colorants for the food industry. *Curr. Opin. Biotechnol.* 26, 56–61. doi: 10.1016/j.copbio.2013.09.007.
- **Dutta D., Puzari KC., Gogoi R. et Dutta P., 2014.** Endophytes: Exploitation as a Tool in Plant Protection. *Brazilian archives of Biology and Technology* 57: 621-629.
- **Eriksson OE., et al., 2003.** Eds., *Outline of Ascomycota 2003*, Myconet, <http://www.umu.se/myconet/M9.html>.
- **Eyssartier G., et Roux P., 2017.** *Le guide des champignons. France et Europe.* Belin. 1152 p.
- **Fan B, Dewapriya P, Li F, Blümel M, Tasdemir D., 2020.** Pyrenosetins A-C, new decalinoylspirotetramic acid derivatives isolated by bioactivity-based molecular networking from the seaweed-derived fungus *Pyrenochaetopsis* sp. FVE-001. *Mar Drugs.* 18:47.
- **Firakova S., Sturdikova M., Muckova M., 2007.** Bioactive secondary metabolites produced by microorganisms associated with plants. *Biologia.* 62:251-257.
- **Fitter AH., Helgason T., et Hodge A., 2011.** Nutritional exchanges in the arbuscular mycorrhizal symbiosis : Implications for sustainable agriculture. *Fungal biology reviews.* 25 :68-72
- **Fuhrman JA., 2009.** Microbial community structure and its functional implications. *Nature,* 459, 193–199.
- **Gallo MBC., Guimaraes DO., Momesso LS. et Pupo MT., 2008.** In: Saikia R., Bezbaruah, R. L., Bora, T. C.(eds). *Natural products from endophytic fungi.* Microbial Biotechnology. New India Publishing Agency, New Delhi, India; pp. 139-168.
- **Garon D., Gueguen JC., 2015.** Biodiversité et évolution du monde fongique France : EDP Sciences . 220pp.
- **Geweely, N. S. 2011.** Investigation of the optimum condition and antimicrobial activities of pigments from four potent pigment-producing fungal species. *J. Life Sci.* 5, 697–711.
- **Ghareeb MA, Hamed MM, Saad AM, Abdel-Aziz MS, Hamed AA, Refahy LA. 2019.** Bioactive secondary metabolites from the locally isolated terrestrial fungus, *Penicillium* sp. SAM16-EGY. *Phcog Res.*11:162-70.
- **Ghourri S., 2015.** Isolement des microorganismes possèdent une activité anti *Fusarium*. Thèse de doctorat. Université Frère Mentouri. Algérie.
- **Gimenez C., Cabrera R., Reina. M et González-Coloma A., 2007.** Fungal Endophytes and their Role in Plant Protection.*current organic* 28006.
- **Göre ME., Bucak C., 2007.** Geographical and seasonal influences on the distribution of fungal endophytes in *Laurus nobilis*. *Forest Pathology* 37: 281-288.

- **Greenberg BM., Huang XD., Gerwing P., Yu XM., Chang P., Wu SS., 2008.** Phytoremediation of salt impacted soils: Greenhouse and the field trials of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) to improve plant growth and salt phyto-accumulation. In: Proceeding of the 33rd AMOP Technical Seminar on Environmental Contamination and Response. Ottawa: Environment Canada; 2008. pp. 627-637
- **Groves RH., Boden R., et Lonsdale WM., 2005.** Jumping the Garden Fence: Invasive garden plants in Australia and their environmental and agricultural impacts. World Wide Fund for Nature - Australia, Ultimo, Australia. 173 pp.
- **Guerin P. 1898.** Sur la présence d'un champignon dans l'ivraie. J Bot.
- **Guo LD. 2001.** Advances of researches on endophytic fungi. Mycosystema in Chinese, 20: 148—152
- **Guo LD., Hyde KD., Liew ECY., 2001.** Detection and taxonomic placement of endophytic fungi within frond tissues of *Livistona chinensis* based on rDNA sequences. Molecular Phylogenetics and Evolution 20, 1–13.
- **Hacquard S., Garrido-Oter R., Gonzalez A., Spaepen S., Ackermann G.; Lebeis S., McHardy AC., Dangl JL., Knight R., Ley R., 2015.** Microbiota and host nutrition across plant and animal kingdoms. *Cell Host Microb.* 17, 603–616.
- **Hamayun M., Khan SA., Iqbal I., Na CI., Khan AL., Hwang YH., 2009.** *Chrysosporium pseudomerdarium* produces gibberellins and promotes plant growth. Journal of Microbiology. 47:425-430.
- **Hamlat I., Hadji., 2017.** Effets insecticides, mycocides et bactericides de l'asphodèle (*Asphodelus microcarpus*) et du calycotome (*Calycotme spinosa*). UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – Bouira .Algerie. P : 8
- **Han HS., et Lee KD., 2006.** Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant Soil Environ.* 52, 130–136.
- **Hardoim PR., Overbeek LSV., Berg G., 2015.** The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 79: 293-320.
- **Hartley SE., Eschen R., Horwood JM., Gange AC., et Hill EM., 2015.** Infection by a foliar endophyte elicits novel arabinoside-based reactions in its host, *Cirsium arvense*. *New Phytol.* 205, 816–827.
- **Hartwell JL., 1982.** Plants Used Against Cancer. A survey, USA7. Lawrence, MA: Quarterman Publications.

- **Hassan WA., Haleem RA., et Hassan PH., 2011.** Effect of heat-stress predisposition on the development of sooty canker caused by *Neoscytalidium dimidiatum* (Penz.) Crous & Slippers. *Acta Agrobotanica*, 64(4), 207-212.
- **Hassani MA., Duran P., Hacquard S., 2018.** Microbial interactions within the plant holobiont. *Microbiome* . 6, 58.
- **He C., Wang W., et Hou J., 2020.** Plant performance of enhancing licorice with dual inoculating dark septate endophytes and *Trichoderma viride* mediated via effects on root development. *BMC Plant Biol.* 20:325.
- **He D., Shen W., Eberwein J., Zhao Q., Ren L., Wu QL., 2017.** Diversity and co-occurrence network of soil fungi are more responsive than those of bacteria to shifts in precipitation seasonality in a subtropical forest. *Soil Biol. Biochem.* 115, 499–510.
- **Helgason T., Fitter AH., 2009.** Natural selection and the evolutionary ecology of the arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota). *Journal of Experimental Botany*, 60, 2465– 2480
- **Herre EA., Knowlton N., 1999.** The evolution of mutualisms: exploring the paths between conflict and cooperation. *Trends Ecol. Evol.* 14, p. 49–53
- **Herrera J., Khidir HH., Eudy DM., 2010.** Shifting fungal endophyte communities colonize *Bouteloua gracilis*: effect of host tissue and geographical distribution. *Mycological* 102: 1012-1026
- **Hoff BA., Klopfenstein NB., McDonald GI., Tonn JR., Kim MS., Zambino PJ., Hessburg PF., Rogers JD., Peever TL., Carris LM., 2004.** Fungal endophytes in woody roots of Douglas –fir (*Pseudotsuga menziesii*) and ponderosa pine (*Pinus ponderosa*). *For. Path.* Vol(34):255-271.
- **Hoffman MT., et Arnold AE., 2008.** Geographic locality and host identity shape fungal endophyte communities in cupressaceous trees. *Mycological Research*, 112 (3): 331-344.
- **Holliday P. 1998.** *A Dictionary of Plant Pathology.* Cambridge. University Press, Cambridge, UK.
- **Hosseyni Moghaddam MS., Safaie N., Soltani J., Hagh-Doust N., 2021.** Desert-adapted fungal endophytes induce salinity and drought stress resistance in model crops. *Plant Physiol. Biochem.* 160, 225–238.
- **Howell C., et JWD., Sawyer., 2006.** *New Zealand Naturalized Vascular Plant Checklist.* New Zealand Plant Conservation Network, Wellington, New Zealand. 60 pp.
- **Huang WY., Cai YZ., Hyde KD., Corke H., 2008.** Biodiversity of endophytic fungi associated with 29 traditional Chinese medicinal plants. *Fungal diversity* 36, 69–88.

- **Hussain SS., Mehnaz S., KHM S., 2018.** Harnessing the plant microbiome for improved abiotic stress tolerance. In: Egamberdieva D, Ahmad P, editors. Plant Microbiome: Stress Response. Singapore: Springer Nature. pp. 21-43.
- **Hyde KD., et Soytong k., 2008.** The endophytic fungi dilemma. Fungal diversity 33:163-173.
- **Hyde KD., Norphanphoun C., Chen J., Dissanayake AJ ., 2018.** Thailand's amazing diversity, up to 96% of fungi in northern Thailand may be novel. Fungal Diversity 93, 215–239.
- **Iserin P. 2001.** Encyclopedia of Medicinal Plants (2nd Edition). Larousse-Bordas pour l'édition originale en langue française ISBN: 2-03-560252-1
- **Jami, F., Slippers, B., Wingfield, M. J., et Gryzenhout, M. 2013.** Greater Botryosphaeriaceae diversity in healthy than associated diseased Acacia karroo tree tissues. Australasian Plant Pathology, 42(4), 421-430.
- **Jeewon R., Wanasinghe DN., Rampadaruth S., Puchooa D et al., 2017.** Nomenclatural and identification pitfalls of endophytic mycota based on DNA sequence analyses of ribosomal and protein genes phylogenetic markers: A taxonomic dead end? Mycosphere 8, 1802–1817.
- **Johnson JM., Alex T., Oelmuller R., 2014.** *Piriformospora indica*: The versatile and multifunctional root endophytic fungus for enhanced yield and tolerance to biotic and abiotic stress in crop plants. Journal of Tropical Agriculture. 52:103-122
- **Kandel SL., Joubert PM., 2017.** Bacterial endophyte colonization and distribution within plants. Microorganisms , 5, p. 77–103.
- **Khan AL., Hussain J., Al-Harrasi A., Al-Rawahi A., Lee IJ., 2015.** Endophytic fungi: Resource for gibberellins and crop abiotic stress resistance. Critical Reviews in Biotechnology. 35:62-74.
- **Khan AL., Waqas M., Hussain J., Al-Harrasi A., Lee IJ., 2014.** Fungal endophyte *Penicillium janthinellum* LK5 can reduce cadmium toxicity in *Solanum lycopersicum* (Sitiens and Rhe). Biology and Fertility of Soils. 50:75-85.
- **Khan R. 2007.** Isolation, identification and Cultivation of Endophytic Fungi From Medicinal Plants for the Production and characterisation of fungal Bioactive Fungal Metabolites. Thèse de doctorat en phylosophie du Departement of Microbiology University of Karachi Pakistan : 75-270.
- **Kinkel LL. 1997.** Microbial population dynamics on leaves. Annual Review of Phytopathology 35 : 327-347.
- **Kirk P M., Cannon PF., Minter DW., et Stalpers, AJ., 2008.** Dictionary of The Fungi. 10th edition. Cromwell Press. Trowbridge. UK.

- **Knoth JL., Kim SH., Ettl GJ., Doty SL., 2014.** Biological nitrogen fixation and biomass accumulation within poplar clones as a result of inoculations with diazotrophic endophyte consortia, *New Phytol.*, 201, 599–609.
- **Koukol O., Kolarík M., Kolárová Z., et Baldrian P., 2012.** Diversity of foliar endophytes in wind-fallen *Picea abies* trees. *Fungal Divers.* 54, 69–77.
- **Kumar DSS., Hyde KD., 2004.** Biodiversity and tissue–recurrence of endophytic fungi in *Tripterygium wilfordii*. *Fungal Diversity* 17, 69–90.
- **Kusari S., et Spiteller M., 2012.** Metabolomics of endophytic fungi producing associated plant secondary metabolites: progress, challenges and opportunities. In *Metabolomics*, U. Roessner, ed. (Rijeka, Croatia: InTech), 241-266.
- **Laib DE., Lombarkia N., Bensaci O., 2015.** Utilisation des filtrats du champignon endophyte *Fusarium* sp de *Nerium oleander* L. dans la lutte biologique contre *Sitophilus zeamais* en Algérie. *Revue Agriculture* 10, 38 – 43.
- **Larit F., Benyahla S., Benayache S., Benayache F., Leon F., Brouard I., Bermijo J., 2012.** Flavonoïdes Fromcalycotomespinosal. *Lnk.Int. J. Med.Arom. Plants.*, 2(1): 3437.
- **Leach CM. 1971.** Effects of visible light and ultra violet light on fungi. In C. Booth, Editor, *Methods Microbiol* Vol. 4, Academic Press, London, 609–664.
- **Iecellier A. 2013.** Caractirisation et identification des champignons filamenteux par spectroscopie vibrationnelle. Thèse de doctorat. Université de Reims Champagne-Ardenne. P :16.
- **Lentini F., Aleo M., et Amenta R., 1993.** L’uso popolare delle piantenelle Isole Egadi (Sicilia). *Giorn Bot Ital.* 127 (3): 702.
- **Li X., Guo Z., Deng Z., Yang J., Zou K., 2015.** A new α -Pyrone derivative from endophytic fungus *Pestalotiopsis microspora*. *Records of Natural Products.* 2015;9:503-508
- **Lodge DJ., Fisher PJ., Sutton BC., 1996.** Endophytic fungi of Manikara bidentate leaves in Puerto Rico. *Mycologia* . 88, 733–738.
- **Longcore JE., Pessier AP., et Nichols DK., 1999.** *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., a chytrid pathogenic to amphibians. *Mycologia*: 219-227.
- **López-Giráldez F., Crous PW., Rauhut A., Hewitt D., Kauff F., Untereiner W., Hoog GSD., Townsend JP., Wang Z., Johnston PR., 2009.** The Ascomycota tree of life: a phylum-wide phylogeny clarifies the origin and evolution of fundamental reproductive and ecological traits. *Systematic Biology.* 2009;58:224–239. doi: 10.1093/sysbio/syp020.
- **Lu H., Zou W X, Meng JC., 2000.** New bioactive metabolites produced by *Colletotrichum* sp., an endophytic fungus in *Artemisia annua* .*Plant Sci*, 2000, 151: 67—73.

- Lyons P C, Evans J J, Bacon C W. Effects of the fungal endophyte *Acremonium coenophialum*
- **Macqueron G., 2016.** Le genre *Cytisus* Le genre *Cytisus* G Macqueron.
- **MAF Biosecurity New Zealand. 2012.** Importation of Seed for Sowing (Standard 155.02.05). Ministry of Agriculture and Forestry, Biosecurity New Zealand, Wellington, New Zealand. 156 pp.
- **Malinowski DP., Belesky DP., 1999.** Tall fescue aluminum tolerance is affected by *Neotyphodium coenophialum* endophyte. *J Plant Nutr.* 22: 1335—1349
- **Malinowski DP., Belesky DP., 2000.** Adaptations of Endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: Mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Crop Science.* 40:923-940. DOI: 10.2135/cropsci2000.404923x
- **Mapari S. A., Thrane U., et Meyer., AS., 2010.** Fungal polyketide azaphilone pigments as future natural food colorants? *Trends Biotechnol.* 28, 300–307.
- **Margesin R., Fonteyne PA., Schinner F., Sampaio JP., 2007.** *Rhodotorula psychrophila* sp. nov., *Rhodotorula psychrophenolica* sp. nov. and *Rhodotorula glacialis* sp. nov., novel psychrophilic Basidiomycetous yeast species isolated from alpine environments, *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 57, 2179–84.
- **Martel A., Spitzenvan der Sluijs A., Blooi M., Bert W., Ducatelle R., Fisher M.C., Woeltjes A., Bosman W., Chiers K. & Bossuyt F., 2013.** *Batrachochytrium salamandrivorans* sp. nov. causes lethal chytridiomycosis in amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 (38):15325-15329.
- **Martin F. 2014.** Tous les champignons portent-ils un chapeau, 2^edition Quae, ISBN 9782759221745.
- **Martin FM., Uroz S., Barker DG., 2017.** Ancestral alliances: Plant mutualistic symbioses with fungi and bacteria. *Science* , 356, eaad4501.
- **Martins F., Pereira JA., Bento A., Baptista P., 2013.** Potentialities of endophytic fungi of olive tree as biological control agents against *Colletotrichum acutatum* and *Verticillium dahlia*. In Schneider C; Leifert C; Feldmann F (Eds), *Endophytes for plant protection: The state of the art*, 333 p.
- **Mandyam K., et Jumpponen A., 2005.** Seeking the elusive function of the root-colonising dark septate endophytic fungi. *Stud. Mycol.* 53, 173–189.
- **Massimo NC., Nandi Devan MM., Arendt KR., Wilch MH., Riddle JM., Furr SH., Arnold AE., 2015.** Fungal endophytes in aboveground tissues of desert plants: Infrequent in culture, but highly diverse and distinctive symbionts. *Microb. Ecol.* 70, 61–76.

- **Masumi S., Mirzaei S., Zafari D., Kalvandi R., 2015.** Isolation, identification and biodiversity of endophytic fungi of *Thymus*, Progress in Biological Sciences, Vol. 5, Number 1, 43-50.
- **Mazaris AD., Tzanopoulos J., Kallimanis AS., Matsinos YG., 2008.** The contribution of common and rare species to plant species richness patterns: the effect of habitat type and size of sampling unit. Biodiversity and Conservation 17, 3567–3577.
- **Mazurek, H., et F. Romane., 1986.** Dynamics of young *Pinus pinaster* vegetation in a Mediterranean area: diversity and niche-strategy. Vegetatio 66:27-40.
- **Mebirouk-Boudechiche L., Boudechiche L., Chemmam M., Djaballah S., Bouzouraa I., Cherif C., 2015.** An estimate of the foliar biomass accessible as forage produced by *Pistacia lentiscus* and *Calycotome spinosa*, two shrub species found in Algerian cork oak forests. FOURRAGES 221:77-83
- **Mebirouk-Boudechiche L., Cherif M., Boudechiche L., et Sammar F., 2014.** Teneurs en composés primaires et secondaires des feuilles d'arbustes fourragers de la région humide d'Algérie Revue Méd. Vét. 165, 11-12, 344-352
- **Meddour R., Mellal H., Meddour O., Derridj A., 2009.** La flore médicinale et ses usages actuels en kabylie (wilaya de Tizi-Ouzou, Algérie) : quelques résultats d'une étude ethnobotanique, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri, TiziOuzou, Algérie Revue des Régions Arides, n° Spécial, pp :181-201.
- **Mishra M., Prasad R., Varma A., 2015.** Endophytic fungi: biodiversity and functions. Int J Pharm Bio Sci. 6: 18–36.
- **Mishra Y., Singh A., Batra A., Sharma MM., 2014.** Understanding the biodiversity and biological applications of endophytic fungi: a review. J Microb Biochem Technol. S8:004.
- **Moricca S., et Ragazzi A., 2008.** Fungal endophytes in Mediterranean oak forests: A lesson from *Discula quercina*. Phytopathology 98 : 380-386.
- **Mueller GM., Schmit JP., 2007.** Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict?.
- **Muhsin TM., Booth T., 1987.** Fungi associated with halophytes of an inland salt marsh, Manitoba, Canada. Canadian Journal of Botany 65, 1137–1151.
- **Murray TR., Frank DA., Gehring CA., 2010.** Ungulate and topographic control of arbuscular mycorrhizal fungal spore community composition in a temperate grassland. Ecology, 91, 815–827
- **Nailya Akhtyamova RKS., 2013.** Endophytic yeast *Rhodotorula rubra* strain TG-1: antagonistic and plant protection activities, Biochem. Physiol., 2,

- **Nisa H., Kamili AN., Nawchoo IA., Sha S., Shameem N., Bandh SA., 2015.** Fungal endophytes as prolific source of phytochemicals and other bioactive natural products: A review. *Microbial Pathogenesis* 82: 50-59.
- **NPGS. 2020.** Germplasm Resources Information Network (GRIN - Taxonomy). United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, National Plant Germplasm System. <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomydetail.aspx?id=8670>.
- **Obledo EN., Barragan-Barragan LB., Gutierrez-Gonzalez P., Ramirez-Hernandez BC., Ramirez JJ et Rodriguez-Garay B., 2003.** Increased photosynthetic efficiency generated by fungal symbiosis in *Agave victoria-reginae*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 74: pp 237-241.
- **Osono T., Mori A., 2004.** Distribution of phyllosphere fungi within the canopy of giant dogwood. *Mycoscience* 45: 161-168.
- **Ogórek R., Kozak B., Lejman A., Kalinowska K., Dyląg M., 2012.** Analiza genetyczna szczepów *Candida albicans* za pomocą techniki RFLP-PCR (molecular typing of *Candida albicans* isolates using RFLP-PCR) *Mikologia Lekarska*. 9(3):109–114.
- **Parsons WT., et Cuthbertson EG., 2001.** Noxious Weeds of Australia. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia. 698 pp.
- **Patil RH., Patil MP., Maheshwari VL., 2016.** Bioactive secondary metabolites from endophytic fungi: a review of biotechnological production and their potential applications. *Stud Nat Prod Chem*. 49:189–205.
- **Paula S., et Pausas JG., 2006.** Leaf traits and resprouting ability in the Mediterranean basin. *Functional Ecology* 20:941-947.
- **Paulus B., Kanowski J., Gadek P. et Hyde KD., 2006.** Diversity and distribution of saprobic microfungi in leaf litter of an Australian tropical rainforest. *Mycol. Res.*, 110: 1441–1454.
- **Paynter Q., Csurhes SM., Heard TA., Ireson J., Julien MH., Lloyd J., Lonsdale WM., Palmer WA., Sheppard WA., et van Klinken RD., 2003a.** Worth the risk? Introduction of legumes can cause more harm than good: an Australian perspective. *Australian Systematic Botany* 16:81-88.
- **PCIT. 2020.** Phytosanitary Export Database. United States Department of Agriculture, Phytosanitary Certificate Issuance & Tracking System.
- **Petrini O, Fisher PJ., 1986.,** Fungal endophytes in *Salicornia perennis*. *Transactions of the British Mycological Society* 87, 647–651.
- **Petrini O. 1991.** Fungal Endophytes of Tree Leaves. In: Andrews JH, and Hirano SS, Ed. *Microbial Ecology of Leaves*. New York: Springer-Verlag. 179-197 p.

- **Petrini O. 1986.** Taxonomy of endophytic fungi of aerial plant tissues. In: Fokkema NJ, Van den Huevel J (ed) *Microbiology of the Phyllosphere*. Cambridge University Press, England.; 175-187.
- **Porrás–Alfaro A., Bayman P., 2011.** Hidden fungi, emergent properties: endophytes and microbiomes. *Annual review of phytopathology* 49, 291–315.
- **Potshangbam M., Devi SI., Sahoo D., et Strobel G.A., 2017.** Functional characterization of endophytic fungal community associated with *Oryza sativa* L. and *Zea mays* L. *Front. Microbiol.* 8:325.
- **Premalatha B., Pradeep FS., Pradeep BV., et Palaniswamy M., 2012.** Production and characterization of naphthoquinone pigment from *Fusarium moniliforme* MTCC6985. *World. J. Pharm. Res.* 1, 1126–1142.
- **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.
- **Rameau JC., Mansion D., Dumé G., Gauberville C., Bardat J., Bruno E., Keller R., 2008.** Flore forestière française tome 3, région méditerranéenne: Guide écologique illustré région méditerranéenne .Institut pour le développement forestier- CNPPF.
- **Rapier S., Fons F., 2007.** Annales de la société d’horticulture et d’histoire naturelle de l’hérault. Le regne fongique pp 31.
- **Ravel F., Courty C., Coret A., 1997.** Beneficial effects of *Neotyphodiumloii* on the growth and the water status in perennial ryegrass cultivated under nitrogen deficiency or drought stress. *Agronomie.* 17:173—181.
- **Raven PH., Evert E., et Eichorn., 2007.** Biologie végétale 2 éme édition De Boeck et Larcier s.a. Editions de Boeck université.
- **Ravindra H., Patil, Vijay L., Maheshwari., 2021.** Endophytes :Potential Source of Compounds of Commercial and Therapeutic Applications.
- **Redecker D., Kodner R., Graham LE., 2000.** Glomalean fungi from the Ordovician. *Science* 289:1920–1921
- **Redman RS., Kim YO., Woodward CJ., Greer C., Espino L., Doty SL., 2011.** Increased fitness of rice plants to abiotic stress via habitat adapted symbiosis: A strategy for mitigating impacts of climate change. *PLoS One.* 2011;6:e14823.
- **Redman RS., Sheehan KB., Stout RG., Rodriguez RJ., Henson JM., 2002.** Thermotolerance eneredated by plant/fungal symbiosis. *Science.* 298:1581-1581
- **Rocha R., Eleutério Da Luz D., Engels C., Pileggi S.A.V., Jaccoud D.S., Matiello R.R. et Pileggi M., 2009.** Section on endophytic fungi from confrey (*Symphytum officinale* L.) for in vitro biological control of the phytopathogen *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) Braz *J Microbiol.* 40(1) :73-78.

- **Rodrigues KF. 1994.** The foliar fungal endophytes of the Amazonian palm *Euterpe oleracea*. *Mycologia* 376–385.
- **Rodriguez RJ., White JFJ., Arnold AE., Redman RS., 2009.** Fungal endophytes: Diversity and functional roles. *New Phytol.* 182, 314–330.
- **Roland J-C., El Maarouf-Bouteau H., Bouteau F., 2008.** Atlas Biologie Végétale, Organisation des plantes sans fleurs, algues et champignons ; 7e édition Paris : Dunod. 152pp.
- **Rosendahl S. 2008.** Communities, populations and individuals of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 178, 253–266.
- **Rungjindamai N., Pinruan U., Choeyklin R., Hattori T., Jones E.B.G., 2008.** Molecular characterization of Basidiomycetous endophytes isolated from leaves, rachis and petioles of the oil palm, *Elaeis guineensis*, in Thailand. Vol (33) : 139-161.
- **Sahashi N., Kubono T., Miyasawa Y., Ito S., 1999.** Temporal variations in isolation frequency of endophytic fungi of Japanese beech. *Canadian Journal of Botany* 77: 197-202.
- **Saikkonen K., Wäli P., Helander M., Faeth SH., 2004.** Evolution of endophyte-plant symbioses. *Trends in Plant Science.* 9:275–280.
- **Saikkonen K., Faeth SH., Helander M., et Sullivan TJ., 1998.** Fungal endophytes: A continuum of interactions with host plants. *Annual Review of Ecology and Systematics.* 29, 319-343.
- **Salmi A., Boulila F., Bourebaba Y., Le Roux C., Belhadi D., et de Lajudie P., 2018.** Phylogenetic diversity of *Bradyrhizobium* strains nodulating *Calicotome spinosa* in the northeast of Algeria. *Systematic and Applied Microbiology* 41:452-459.
- **Sandra Díaz-González., Patricia Marín., Roberto Sánchez ., Cristina Arribas., John Kruse., 2020.** Mutualistic Fungal Endophyte *Colletotrichum tofieldiae* Ct0861 Colonizes and Increases Growth and Yield of Maize and Tomato Plants. *Agronomy* 10(10), 1493.
- **Sangamesh MB., Jambagi S., Vasanthakumari MM., Shetty NJ., Kolte H., Ravikanth G., Nataraja KN., Shaanker RU., 2018.** Thermotolerance of fungal endophytes isolated from plants adapted to the Thar Desert, India. *Symbiosis* , 75, 135–147.
- **Schulz B., et Boyle C., 2005.** The endophytic continuum. *Mycol. Res.*, 109: 661-687.
- **Selim KA., Elbeih A., Abdel-Rahman TM., El-diwany AI., 2012.** Biology of Endophytic Fungi.
- **Selim KA., El-Beih AA., AbdEl-Rahman TM., El-Diwany AI., 2012.** Biology of endophytic fungi. *Current Research in Environmental and Applied Mycology* 21, 31–82.
- **Sellier Y., Valentine D., Daniel S., Gérald G., Gilles C., Carole H., Pascal H., Christian D., Raphaël H., Floriane L., Justine L., Bruno C., Didier H., Joseph G., Michel H., Alain G., Vincent L., Nicolas D., 2021.** Prise en compte de la fonge dans les espaces naturels.

Biologie, ressources documentaires, inventaires, suivis, analyses des données, bioindication, évaluation des impacts de gestion, intégration dans les plans de gestion. Réserves naturelles de France. ISBN : 978-2-490598-05-2.

- **Sélosse MA., Gibert A., 2011.** Des champignons qui dopent les plantes. La Recherche. Novembre : 72–5.

- **Sellosse MA. Dubois MP., et Alvarez N., 2009.** Do Sebaciniales commonly associate with plant roots as endophytes.

- **Selvanathan S., Indrakumar I., et Johnpaul M., 2011.** Biodiversity Of The Endophytic Fungi Isolated From *Calotropis Gigantea* (L.) R.BR. Recent Research in Science and Technology 3(4) : 94-100.

- **Senequier A., Canard B., 2016.** Les champignons endophytes : impact sur les écosystèmes et production.

- **Shade A., et Handelsman J., 2012.** Beyond the Venn diagram: The hunt for a core microbiome. Environmental Microbiology 14:4–12.

- **Shade A., Jones SE., Caporaso JG., Handelsman J., Knight R., Fierer N., et Gilbert JA., 2014.** Conditionally rare taxa disproportionately contribute to temporal changes in microbial diversity. mBio 5:e01371–14.

- **Shahzad R., Khan AL., 2018.** What is there in seeds? Vertically transmitted endophytic resources for sustainable improvement in plant growth. Front. Plant Sci. 2018, 9, p. 24.

- **Sieber TJ., 2002.** Endophytic fungi in forest trees: are they mutualists? Fungal Biology Reviews 21 : 75-89.

- **Singh P., Sharma A., Bordoloi M., Nandi SP., 2020.** Molecular identification of endophytic fungi isolated from medicinal plant. Biointerface Res Appl Chem. 10:6436–6443.

- **Slippers B., et Wingfield MJ., 2007.** *Botryosphaeriaceae* as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. Fungal Biology Reviews, 21(2), 90-106.

- **Stephenson Tsui., et Rollins., 2013.** Stephenson SL, Tsui C, Rollins AW. Methods for sampling and analyzing wetland fungi. Dordrecht: Springer Netherlands. pp. 93–121.

- **Stone JK., Polishook JD., White JF., 2004.** endophytic fungi . in Muller G.M., BillsG.F et Foster M.S. Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods.Elsevier Academic Press. Pp 241-269.

- **Sun B.T., Komivi S A., Xiao-Feng X., Jun-Hui Ch., Xin A., Yang T., Qian W., Bo-Wen F., Mark S. G ., Min-Sheng Y., 2018.** Endophytic effects of *Aspergillus oryzae* on radish (*Raphanus sativus*) and its herbivore *Plutellaxylostella*. Planta 3,705-714.

- **Suryanarayanan TS., Thirunavukkarasu N., Govindarajulu MB., et Gopalan V., 2012.** Fungal endophytes: an untapped source of biocatalysts. *Fungal Diversity* 54: 19–30.
- **Talley S., Coley P., et Kursar T., 2002.** The effects of weather on fungal abundance and richness among 25 communities in the Intermountain West. *BMC Ecology* 2 : 7.
- **Tamanreet K. 2020.** Fungal Endophyte-Host Plant Interactions: Role in Sustainable Agriculture. DOI: 10.5772/intechopen.92367
- **Tan X., Zhou Y., Zhou X., Xia X., Wei Y., He L., Tang H., Yu L., 2018.** Diversity and bioactive potential of culturable fungal endophytes of *Dyosma versipellis*; a rare medicinal plant endemic to China. *Scientific Reports*. 8:1–9.
- **Tao G., Liu ZY., Hyde KD., Lui XZ., 2008.** Whole rDNA analysis reveals novel and endophytic fungi in *Bletilla ochracea* Orchidaceae. *Fungal Diversity* 331, 101–112.
- **Teixeira MF., Martins MS., Da Silva JC., Kirsch LS., Fernandes OC., Carneiro AL., 2012.** Amazonian biodiversity: pigments from *Aspergillus* and *Penicillium* -characterizations, antibacterial activities and their toxicities. *Curr. Trends in Biotech. Pharm.* 6, 300–311.
- **Thays G., Oliveira L., Jadson D., Bezerra P., Iolanda R., da Silva., Cristina M., Souza-Motta et Oliane M.C., Magalhães., 2020.** Diversity of endophytic fungi in the leaflets and branches of *Poincianella pyramidalis*, an endemic species of Brazilian tropical dry forest. *Acta Botanica Brasilica* 34(4):755-764.
- **Tintjer T., Leuchtmann A., Clay K., 2008.** Variation in horizontal and vertical transmission of the endophyte *Epichloë elymi* infecting the grass *Elymus hystrix* .*New Phytol.* 179, 236-246.
- **Toofanee SB., Dulymamode R., 2002.,** Fungal endophytes associated with *Cordemoya integrifolia*. *Fungal Diversity* 111, 169–175.
- **Torres MS., Singh AP., Vorsa N., Gianfagna T., 2007.** Were endophytes pre-adapted for defensive mutualism. In, 6th International Symposium on Fungal Endophytes of Grasses.
- **Torres MS., Tadych M., White JF., Bills GF., et al., 2011.** Isolation and identification of fungal endophytes. Prospects and applications for plant associated microbes, A laboratory manual, Part B, *Fungi BioBien Innovations Paimio, Finland* 153–165.
- **Van Wyk M., Al Adawi AO., Khan IA., Deadman ML., et al., 2007.** *Ceratocystis manginecans* sp. nov., causal agent of a destructive mango wilt disease in Oman and Pakistan. *Fungal Diversity* 27, 213–230.
- **Wallen RM., Perlin MH., 2018.** An overview of the function and maintenance of sexual reproduction in dikaryotic fungi. *Frontiers in Microbiology*. 9:503–527.
- **Waller F., Achatz B., Baltruschat H., Fodor J., Becker K., Fischer M., 2005.** The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt stress tolerance, disease

resistance, and higher yield. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 102:13386-13391.

- **Walther BA., Moore JL., 2005.** The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography* 28 815–829.

- **Wang X., Pan Q., Chen F., Yan X., and Liao H., 2011.** Effects of co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on soybean growth as related to root architecture and availability of N and P. *Mycorrhiza* 21, 173–181.

- **Ważny R., Rozpądek P., Jędrzejczyk RJ., Śliwa M., Stojakowska A., Anielska T., 2018.** Does co-inoculation of *Lactuca serriola* with endophytic and arbuscular mycorrhizal fungi improve plant growth in a polluted environment? *Mycorrhiza* 28, 235–246.

- **Weeds Australia. 2011.** *Calicotome spinosa* (L.) Link. Centre for Invasive Species Solutions. <https://profiles.ala.org.au/opus/weeds-australia/profile/Calicotome%20spinosa>.

- **Weiss M., Selosse MA., Rexer KH., Urban A., Oberwinker F., 2004.** Sebacinales: a hitherto overlooked cosm of heterobasidiomycetes with a broad mycorrhizal potential. *Mycol. Res.* Vol(108) n°9: 1003-1010.

- **Wemheuer B., Thomas T., Wemheuer F., 2019.** Fungal endophyte communities of three agricultural important grass species differ in their response towards management regimes. *Microorganisms*. 7:1– 24.

- **Wilson D. 1995.** Endophyte- the evolution of a term and clarification of its use and definition.

- **Wilson M., et Lindow SE., 1993.** Interaction between the biological control agent *Pseudomonas fluorescens* strain A506 and *Erwinia amylovora* in pear blossoms. *Phytopathology* 83:117-123.

- **Xin G., Glawe D., Doty SL., 2009.** Characterization of three endophytic, indole-3-acetic acid-producing yeasts occurring in *Populus* trees, *Mycol. Res.*, 113, 973–80.

- **Xiong C., Zhu YG., Wang JT., Singh B., Han LL., Shen JP., Li PP., Wang GB., Wu CF., Ge AH., 2020.** Host selection shapes crop microbiome assembly and network complexity. *New Phytol.* 229, 1091–1104.

- **Yamaguchi S. 2008.** Gibberellin metabolism and its regulation. *Annual Review of Plant Biology*. 59:225-251. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092804.

- **Yan L., Zhao H., Zhao X., Xu X., Di Y., Jiang C., Shi J., Shao D., Huang Q., Yang H., Jin M., 2018.** Production of bioproducts by endophytic fungi: chemical ecology, biotechnological applications, bottlenecks, and solutions. *Appl Microbiol Biotechnol.* 102: 6279–6298.

- **Zabalgoeazcoa I. (2008).** Fungal endophytes and their interaction with plant pathogens, Spanish Journal of Agricultural Research, 6 (Special issue), 138-146.
- **Zalar P., et Gunde-Cimerman N. 2014.** Cold-adapted yeasts in arctic habitats. In: Buzzini P., Margesin R. Cold-adapted Yeasts: Biodiversity, Adaptation Strategies and Biotechnological Significance, Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, pp. 49–74.
- **Zareb A. 2014.** Contribution à l'étude des mycoendophytes foliaires du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) de dayate Aiat (Timzerth, Laghouat, Algérie). Mémoire de Magister. Spécialité : Sciences Agronomiques. Option : Sciences de la vigne et préservation des ressource phytogénétiques. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. UMMTO. 146p.
- **Zhang T., Yao YF., 2015.** Endophytic fungal communities associated with vascular plants in the high arctic zone are highly diverse and host–plant specific. PLoS One 106, e0130051.
- **Zhang HW., Song YC., et Tan RX., 2006.** Biology and chemistry of endophytes. Natural Product Reports, 23 : 753-771.
- **Zhu GS., Yu ZN., Gui Y., Liu ZY., 2008.** A novel technique for isolating orchid mycorrhizal fungi. Fungal Diversity 33, 123–137.
- **Zidat S. 2016.** Imyan n Tensawt - Plantes de Kabylie. Editions Innexsys, Luxembourg. ISBN 978-99959-0-205-6.
- **Zimmerman NB., Vitousek PM., 2012.** Fungal endophyte communities reflect environmental structuring across a Hawaiian landscape. Proceedings of the National Academy of Sciences 109, 13022–13027.
- **Zirar M. 2009.** Contribution à l'étude chimique et biologique de Calicotome spinosa L. Université Aboubekr Belkaid-Tlemcen. (Algerie)endophytic fungi associated with 29 traditional chinese medicinal plants. Fungal Endophytic Fungi. Current Research in Environmental & Applied Mycology. Vol (1) n° 2 : 31-61 on nitrogen accumulation and metabolism in tall fescue. Plant Physiol, 1990, 92: 726—732.

Résumé- La plupart des plantes étudiées dans les différents écosystèmes naturels se trouvent infestées par des champignons microscopiques appelés mycoendophytes. Ces derniers vivent à l'intérieur des tissus végétaux sans provoquer de symptômes de maladies à leurs hôtes. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de la diversité des champignons endophytes au niveau des feuilles de *Calicotome spinosa* de la région de Tala n Tazart de la wilaya de Tizi-Ouzou. L'espèce étudiée est très commune en Algérie et affiche une très grande résistance aux conditions climatiques. L'échantillonnage a concerné 10 sujets sains choisis de manière subjective, 10 feuilles sont prélevées de chacun et un fragment centrale est prélevé de chaque foliole de chaque feuille. Afin de les mettre en culture dans un milieu PDA, ensuite les incubent pendant 2 mois à température ambiante. L'isolement et l'identification des champignons avec l'utilisation des traits macroscopiques et microscopiques, ont permis de donner 9 genres de champignons endophytes, il s'agit de : *Neoscytalidium*, *Trichphyton*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Rhodotorula*, *Verticillium*, *Phoma*, *Chaetomium* et *Rhizoctonia*, le calcul des abondances de ces champignons montre que les genres *Neoscytalidium*, *Trichphyton*, *Cladosporium*, *Penicillium* sont les plus dominants. L'ACP a montré la répartition des différents genres de champignons endophytes selon les différents sujets échantillonnés. Trois groupes (A, B et C) sont obtenus, le groupe A comporte les sujets 2, 4, 7, 9 et 10. Le groupe B quant à lui comporte le sujet 3 uniquement, enfin le groupe C comporte les sujets 5, 6 et 8. Le groupe A se caractérise par la dominance du genre *Neoscytalidium*, le groupe B est dominé par le genre *Penicillium*, et le groupe C présente une co-dominance entre *Cladosporium* et *Trichphyton*. Des corrélations parfois positives et pour d'autres négatives sont décrites entre la majorité des genres fongiques inventoriés. Ces résultats montrent qu'il existe une forte relation symbiotique entre les feuilles de *Calicotome spinosa* et les champignons endophytes. Ceci permet de maintenir cette espèce dans les conditions climatiques difficiles.

Mot-clés: mycoendophytes foliaires, *Calicotome spinosa* Desf, diversité fongique, Tala n Tazart, Tizi-Ouzou, Algérie.

Abstract- Most plants studied in different natural ecosystems are infested by microscopic fungi called mycoendophytes. These fungi live inside plant tissues without causing disease symptoms to their hosts. In this work, we were interested in the study of the diversity of endophytic fungi in the leaves of *Calicotome spinosa* from the region of Tala n Tazart in the wilaya of Tizi-Ouzou. The studied species is very common in Algeria and shows a very high resistance to climatic conditions. The sampling concerned 10 healthy subjects chosen in a subjective way, 10 leaves are taken from each one and a central fragment is taken from each leaflet of each leaf. In order to put them in culture in a PDA medium, then incubate them for 2 months at room temperature. The isolation and identification of fungi with the use of macroscopic and microscopic features, allowed to give 9 genera of endophytic fungi, they are : *Neoscytalidium*, *Trichphyton*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Rhodotorula*, *Verticillium*, *Phoma*, *Chaetomium* and *Rhizoctonia*, the calculation of abundances of these fungi shows that the genera *Neoscytalidium*, *Trichphyton*, *Cladosporium*, *Penicillium* are the most dominant. PCA showed the distribution of the different genera of endophytic fungi according to the different subjects sampled. Three groups (A, B and C) are obtained, group A includes subjects 2, 4, 7, 9 and 10. Group B includes subject 3 only, and group C includes subjects 5, 6 and 8. Group A is characterized by the dominance of the genus *Neoscytalidium*, group B is dominated by the genus *Penicillium*, and group C shows a co-dominance between *Cladosporium* and *Trichphyton*. Correlations sometimes positive and for others negative are described between the majority of the inventoried fungal genera. These results show that there is a strong symbiotic relationship between the leaves of *Calicotome spinosa* and the endophytic fungi. This allows the maintenance of this species in difficult climatic conditions.

Key words: leaf mycoendophytes, *Calicotome spinosa* Desf, fungal diversity, Tala n Tazart, Tizi-Ouzou, Algeria.

ملخص- تم العثور على معظم النباتات التي تمت دراستها في النظم البيئية الطبيعية المختلفة مصابة بفطريات مجهرية تسمى الفطريات الفطرية. تعيش هذه الأخيرة داخل أنسجة النبات دون التسبب في أعراض المرض لمضيفها. في هذا العمل، كنا مهتمين بدراسة تنوع الفطريات الداخلية في أوراق *Calicotome spinosa* من منطقة Tala n Tazart بولاية تيزي وزو. الأنواع المدروسة شائعة جدًا في الجزائر وتتميز بمقاومة عالية جدًا للظروف المناخية. اشتمل أخذ العينات على 10 شجيرات صحية تم اختيارها ذاتيًا، وأخذ 10 أوراق من كل منها وأخذ جزء مركزي من كل ورقة من كل ورقة. من أجل استزراعها في وسط PDA، تم احتضانها لمدة شهرين في درجة حرارة الغرفة. عزل وتعريف الفطريات باستخدام الخصائص العيانية والميكروسكوبية، سمح بإعطاء 9 أجناس من الفطريات الداخلية، وهي: *Neoscytalidium*، *Trichphyton*، *Cladosporium*، *Penicillium*، *Rhodotorula*، *Verticillium*، *Phoma*، *Chaetomium* و *Rhizoctonia*، حساب وفرة هذه الفطريات تظهر أن الأجناس *Neoscytalidium* و *Trichphyton* و *Cladosporium* و *Penicillium* هي الأكثر انتشارًا. أظهر تحليل المكون الرئيسي توزيع الأجناس المختلفة للفطريات الداخلية وفقًا للمواضيع المختلفة التي تم أخذ عينات منها. يتم الحصول على ثلاث مجموعات (A و B و C)، تتألف المجموعة A من الموضوعات 2 و 4 و 7 و 9 و 10. وتتألف المجموعة B من جانبها من الموضوع 3 فقط، وتتألف المجموعة C أخيرًا من الموضوعات 5 و 6 و 8. المجموعة A تتميز بهيمنة جنس *Neoscytalidium*، ويسيطر على المجموعة B جنس *Penicillium*، وتشترك المجموعة C بين *Cladosporium* و *Trichphyton*. يتم وصف ارتباطات إيجابية في بعض الأحيان والبعض الآخر ارتباطات سلبية بين غالبية الأجناس الفطرية التي تم جردها. تظهر هذه النتائج أن هناك علاقة تكافئية قوية بين أوراق *Calicotome spinosa* والفطريات الداخلية. هذا يسمح بالحفاظ على هذا النوع في ظروف مناخية صعبة.

الكلمات المفتاحية: الفطريات الفطرية الورقية، *Calicotome spinosa* Desf، التنوع الفطري، Tala n Tazart، تيزي وزو، الجزائر.