

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

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Biologiques



En vue de l'obtention du diplôme de Master II
En Ecologie et Environnement
Spécialité : Biodiversité et Ecologie Végétale

**Diversité des mycoendophytes racinaires de l'ortie (*Urtica Dioïca*) de la
région de Mâatkas (Tizi-Ouzou)**

Présenté par :

M^{lle} ZAMOUM Salima

Le : 29/09/2022

Devant le jury :

Président : Mme GHAZI-YAKER A.....MAA à L'UMMTO

Promotrice : Mme SADDOUN N Professeur à L'UMMTO

Co-promotrice: Melle MECHIAH F Doctorante à L'UMMTO

Examinatrice: Melle OUZID Y..... MCB à UMBB

Promotion : 2021 /2022

Remerciements

Avant toute chose, je remercie DIEU, le tout puissant, pour m'avoir donné le courage et la patience d'achever ce travail

Je remercie tout d'abord **Mme SADOUN Noria**, Professeur à l'université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, qui m'a encadrée durant tout mon mémoire, pour son aide, ses conseils pour réaliser et améliorer ce modeste travail, pour sa patience et sa compréhension.

Qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude et de mon respect.

Ma Co-promotrice, **Mlle MECHIAH Fahima**, pour m'avoir dirigé tout au long de ce travail, pour son dévouement, sa disponibilité. Son aide permanente, son soutien et ses encouragements ont été plus que précieux.

Mes sincères reconnaissances pour elle.

Mme GHAZI-YAKER A. pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance et d'examiner ce modeste travail.

Je tiens à remercier également **Melle OUZID Y** d'avoir accepté, d'examiner mon travail

Je remercie également les membres du laboratoire Ressources Naturelles de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou où j'ai effectué mon mémoire.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail accompagné d'un profond amour :

*À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre, à cette source de tendresse, de patience et de générosité, à celle qui m'a arrosé d'espoirs, à ma très chère maman **Malika** . Tu mérites tout l'amour du monde pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte, Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour ses enfants*

*À mon père **Amar**, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, et le respect que j'ai pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consenti pour mon éducation et ma formation.*

Que Dieu vous protège et vous garde pour nous.

*Au meilleur frère au monde **Hanine**, Qui est toujours présent à mes côtés, je te souhaite la réussite dans ta vie.*

*A ma très jolie petite sœur **Hana** je te souhaite tous le bonheur du monde*

*A mes très chers tantes et oncles merci d'avoir été toujours là pour moi, de m'avoir comblé de bonheur, d'amour et de tendresse en particulier **Nora***

A mes grands parents

A toute ma famille, et toutes personnes que j'aime

*A mes très chers amis ; **Thanina**(Bichou), **Amel** (yelis n chikh ali), **Souad**, **Sonia**, **Amel Y**, **Linda**, **Lydia**, **Baya**, **Lina**, **Sarah**, **Meriem**, **Cilia**, **Sabira***

A Tous mes amis d'enfance et du long parcours scolaire et universitaire

Et à ma personne préférée ♥

Salima "Dihya"

Liste des figures

Figure n°1: Cycle de vie et mode de transmission (verticale et horizontale) des champignons endophytes (Saikkonen et <i>al.</i> , 2004)	9
Figure n°2: Mode de croissance des champignons endophytes dans les tissu des plantes hôtes (Kusari et <i>al.</i> , 2012).....	10
Figure n°3 : Planche botanique d' <i>Urtica dioïca</i> (Reaume, 2010).....	14
Figure n°4 : Racines d' <i>Urtica dioïca</i> (Reaume, 2010).....	16
Figure n°5 : Tige dressée d' <i>Urtica dioïca</i> (Moutsie, 2008)	17
Figure n°6 : Feuille d' <i>Urtica dioïca</i> (Schaffner, 1992).....	18
Figure n°7 : Fleurs d' <i>Urtica dioïca</i> A) fleurs male, B) fleurs femelle (Moutsie, 2008)	18
Figure n°8 : Diagramme florale d' <i>Urtica dioïca</i> (Ghediraet <i>al.</i> , 2005) (Fleur mâle à droite, fleur femelle à gauche)	19
Figure n°9 : Fruit d' <i>Urtica dioïca</i> (Reaume, 2010)	19
Figure n°10 : Situation géographique de la région d'étude (Mâatkas) (GoogleEarth, 2022).....	22
Figure n°11 : Moyennes mensuelles des précipitations de la région de Tizi-Ouzou pendant lapériode (2005-2016) (ONM, Tizi-Ouzou)	23
Figure n°12 : Moyenne des températures mensuelles de la région de Tizi-Ouzou pendant la période (2005-2016) (ONM, Tizi-Ouzou).....	24
Figure n°13 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour la région de Tizi-Ouzou période (2005-2016).....	25
Figure n°14 : Position de la région de Mâatkas dans le climagramme d'Emberger pour la période (2005-2016)	26
Figure n° 15 : Spectre général des fréquences des phyla fongiques des racines de l'ortie	30

Figure n° 16 : Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre <i>Aspergillus</i>	33
Figure n° 17 : Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre <i>Penicillium</i>	34
Figure n° 18 : Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre <i>Rhizoctonia</i>	35
Figure n° 19 : Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre <i>Fusarium</i>	36
Figure n° 20 : Analyse en composantes principales des champignons endophytes des racines d'ortie de la région de Mâatkas	39

Liste des tableaux

Tableau n° 1: Position systématique de l'espèce <i>Urticadioica</i> (APGIII, 2009).....	15
Tableau n° 2 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles pour la région de Tizi-Ouzou pendant la période (2005-2016)	23
Tableau n° 3 : Températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la région d'étude pendant la période (2005-2016) (O.N.M)	24
Tableau n° 4 : Données climatiques et quotient pluviométrique de la région de Mâatkas calculé pour la période (2005-2016).....	26
Tableau n° 5: Classification des genres fongiques recensée des racines d'ortie.....	31
Tableau n° 6 : Matrice des corrélations de Pearson	36
Tableau n° 7 : Résultats de l'analyse de variance (ANOVA)	37

Signification des abréviations

- DSE = dark septate endophyte ou champignons septes foncés
- PDA = potato-dextrose-agar
- P = phosphore
- C = carbone
- S = soufre
- O.N.M = office national de météorologie de Tizi-Ouzou
- ACP = analyse des composantes principales
- ANOVA = analyse des variances
- °C = Degré Celsius
- % = Pourcentage

Sommaire

Introduction générale	2
Chapitre 1 Mycoendophytes	4
1. Introduction	4
2. Origine et évolution	4
3. Taxonomie et diversité des mycoendophytes	4
3.1. Chytridiomycota	5
3.2. Zygomycota	5
3.3. Glomeromycota	5
3.4. Ascomycota	6
3.5. Basidiomycota	6
Transmission des mycoendophytes	8
4.1. Croissance végétative des hyphes	8
4.2. Croissance par le biais des spores	9
5. Facteurs influençant la diversité des mycoendophytes	9
6. Interactions entre la plante hôte et les mycoendophytes	10
7. Rôles des champignons endophytes	11
7.1. Nutrition	11
7.2. Croissance	12
7.3. Production des enzymes	12
7.4. Rôles écologiques	13
Chapitre 2 L'Ortie	14
1. Introduction	14
2. Etymologie	15
3. Position systématique	15
4. Description morphologique	16
4.1. Partie souterraine (racine et rhizomes)	16
4.2. Tige	17
4.3. Feuilles	17
4.4. Fleurs	18
4.5. Fruit et graine	19
5. Reproduction d' <i>Urtica dioica</i>	19

6. Réparation géographique	20
7. Exigences écologiques	20
8. Utilisations de la plante.....	20
8.1. Usage médicinal	20
8.2. Usage alimentaire	21
Chapitre 3 Matériel et méthode	22
1. Description de la zone d'étude	22
2. Bioclimat	22
2.1. Précipitations	23
2.2. Températures	23
2.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	24
2.4. Climagramme d'Emberer.....	25
3. Echantillonnage sur terrain	27
3.1. Manipulation au niveau du laboratoire.....	27
3.1.1. Préparation des fragments racinaires à mettre en culture	27
3.2.1. Mise en culture des fragments de racines	27
3.1.2.1. Stérilisation superficielle	27
3.1.2.2. Préparation du milieu de culture.....	27
3.2. Identification des souches fongiques	28
3.2.1 Etude macroscopique	28
3.2.2. Etude microscopique.....	28
4. Analyse statistique	29
4.1. Abondance des genres.....	29
4.2. Abondance de variance ANOVA	29
4.2. Abondance des genres.....	29
Chapitre 4 Résultats et discussion	30
1. Diversité et abondances des genres fongiques des racines de l'ortie	30
2. Description de quelques genres identifiés.....	31
2.1. <i>Aspergillus</i>	31
2.2. <i>Penicillium</i>	32
2.3. <i>Rhizoctonia</i>	33
2.4. <i>Fusarium</i>	34

3. Analyse statistique	35
3.1. Analyse de variance (ANOVA).....	35
3.2. Matrice de corrélation.....	37
4. Analyse en composantes principales des mycoendophytes	38
Conclusion générale.....	40
Références bibliographiques	42

Introduction

Les champignons endophytes sont des micro-organismes qui colonisent les tissus internes des plantes pendant au moins une partie de leur cycle de vie, sans causer aucun symptôme apparent (Petrini, 1991). Les endophytes peuvent coloniser leur hôte dans les différents organes y compris les feuilles, tiges, écorces, racines, fruits, fleurs et graines (En pierre et *al.*, 2004). Dans cette relation symbiotique les champignons reçoivent la nutrition et la protection de la plante hôte et, en retour, ils améliorent la compétitivité ainsi que la résistance de celle-ci aux différents agents pathogènes tels les bactéries, champignons, parasites, insectes... ainsi qu'aux différents types de stress abiotiques (Saikkonen et *al.*, 1998).

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

La phytothérapie est utilisée avec succès dans le monde par environ 75 à 80% de la population mondiale, principalement dans les pays en développement (Sayed-ahmad et *al.*, 2014). Aujourd'hui, l'utilisation des produits à base de plantes dans le traitement des maladies a fait l'objet d'attention de plusieurs études en raison de leur valeur médicinale qui réside dans la présence de certaines substances chimiques appelées métabolites secondaires qui ont une action physiologique certaine sur le corps humain. Les plus importants de ces constituants bioactifs des plantes sont les alcaloïdes, les tanins, les flavonoïdes et les acides phénoliques (Sadegh et *al.*, 2014 ; Sayed-ahmad et *al.*, 2014).

Notre choix est porté sur « *Urtica dioïca* L. », très répandue en Algérie et largement utilisée en médecine traditionnelle. C'est l'espèce la plus commune de la famille des Urticacées, communément appelée "Ortie". C'est une plante herbacée vivace à une longue histoire d'utilisation pour divers types de problèmes de santé (Esposito et *al.*, 2019).

L'utilisation de l'ortie dans la phytothérapie pour les préparations médicinales reste l'alternative la plus sérieuse pour traiter ou contrôler de nombreux problèmes de santé et d'infections, en tant qu'antioxydant, anti-inflammatoire, immunostimulant, hépatoprotectrice,

anticancéreuse, analgésique et antimicrobien etc... grâce à sa richesse en molécules bioactives, une meilleure acceptabilité culturelle, une meilleure compatibilité avec le corps humain et peu d'effets secondaires (Sayed-ahmad *et al.*, 2014 ; Moussouni *et al.*, 2019).

Dans le cadre des activités de recherche du laboratoire Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO), notre travail a pour but la contribution à l'étude de la biodiversité des champignons endophytes de la racine d'ortie de la région Mâatkas (Tizi-Ouzou, Algérie).

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la diversité et à la fréquence de colonisation de ces champignons par la mise en culture des racines d'ortie « *Urtica dioica* L. ». Notre mémoire comporte 4 chapitres :

Le chapitre 1 concerne la description des mycoendophytes, leur écologie et leur diversité

Le chapitre 2 concerne la description générale de l'ortie (*Urtica dioica*)

Le chapitre 3 présente le matériel et les méthodes utilisées dans ce travail ;

Le chapitre 4 présente les résultats obtenus et leur discussion.

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

Chapitre 1 :

Mycoendophytes

1. Introduction

Le terme «endophyte» a été introduit par De Barry (1866) (Selvanathan et *al*, 2011). Il a été d'abord appliqué aux organismes existant dans une plante, au moins pendant une partie ou la totalité de leurs cycle de vie (Toofanee et Dulymamode, 2002). Il est caractérisé comme un stade asymptomatique d'un microorganisme, qui est alors symbiotique pendant une partie de sa colonisation (Hamilton et *al.*,2012). Les mycoendophytes sont omniprésents dans la nature (Arnold et *al.*,2003 ; Hyde et Soyong, 2008 ; Ghimire et *al.*, 2011). Ils sont une partie intégrante du microbiome de la plante ; ils infectent et colonisent tous les végétaux (Suryanarayanan et *al.*, 2012), sans déclencher de symptômes visibles de maladies (Errasti et *al.*, 2010 ; Al Mahi et *al.*, 2013 ; Lakshman et Kurandawad, 2013).

« Mycoendophytes » est le nouveau terme proposé pour les champignons vivant dans les plantes (Rodriguez et *al.*, 2009 ; Rai et *al.*, 2012). Ils envahissent les différentes parties des plantes et résident dans les tissus internes ou entre les cellules végétales vivantes (Rai et *al.*, 2012).

2. Origine et évolution

L'évidence de l'association des microorganismes avec les plantes est confirmée par leur présence dans les tissus fossilisés des tiges et des feuilles. En effet, les associations endophytes-plantes hôte, ont pu évoluer depuis que les plantes sont apparues sur terre (Zhang et *al.*, 2006). Ces symbioses datent probablement depuis l'émergence des plantes vasculaires (Rodriguez et Redman, 1997 in Zhang et *al.*,2006). L'ubiquité des mycoendophytes chez les plantes et au sein de leur tissus démontre que les champignons ont été associés avec les plantes depuis la première colonisation de la terre et que les plantes semblent en partager une longue et intime histoire (Heckman et *al.*,2001). Selon Krings et *al.* (2007), les interactions symbiotiques entre les plantes hôtes et les mycoendophytes existent depuis 400 millions d'années environ. Les chercheurs dans ce domaine estiment que ces interactions sont parmi les plus importantes étapes de l'évolution qu'ont connu les végétaux pour passer de la vie aquatique à la vie terrestre (Selosse et le Tacon, 1998 ; Heckman et *al.*, 2001).

3. Taxonomie et diversité des mycoendophytes

Les champignons forment un règne à part représentant le deuxième règne le plus riche en espèces de la biosphère. Ils constituent un vaste groupe diversifié, estimé à environ 1500000 espèces (Cordier, 2012).

Les champignons sont des organismes ubiquistes, retrouvés dans tous les écosystèmes et dotés d'activités biologiques bénéfiques (Hawksworth, 2004 ; Musavi et Balakrishnan, 2014). Ce règne est rangé en une dizaine de phyla dont les Chytridiomycota, les Zygomycota, les Glomeromycota, les Basidiomycota et les Ascomycota (Blackwell, 2011 *in* Benfodil, 2015).

3.1. Chytridiomycota

Ils regroupent les espèces fongiques produisant des spores uniflagellées (zoospores), constituant la lignée évolutive la plus ancienne des champignons et ils témoignent d'une vie majoritairement aquatique (James et *al.*, 2006 *in* Cordier, 2012).

3.2. Zygomycota

Ils constituent un assemblage de champignons zygosporiques écologiquement hétérogènes. Ce sont des champignons terrestres, dont les hyphes ne sont cloisonnés que dans les organes reproducteurs (Raven et *al.*, 2007). Ils sont considérés comme une lignée primitive (James et O'Donnel, 2004). Ils regroupent de nombreux saprophytes du sol et parasites d'insectes (Cordier et *al.*, 2012) et des champignons pathogènes facultatifs pour la plante, l'animal, l'homme et même d'autres champignons. Ce sont des champignons ubiquistes omniprésents dans diverses interactions dans le milieu naturel (White et *al.*, 2006).

3.3. Glomeromycota

Ils constituent le groupe de champignons symbiotiques et biotrophes stricts de plantes qui forment des mycorhizes à arbuscules (AM) avec les racines de l'ordre des deux tiers de toutes les espèces végétales (Fitter et *al.*, 2011). Il est relativement le groupe le plus petit (Kirk et *al.*, 2008 *in* Lee et *al.*, 2012). Contrairement aux Zygomycota, ils sont décrits comme exclusivement capables de reproduction asexuée. Cependant, de récentes études mettent en lumière de nombreux gènes impliqués dans le mécanisme de la méiose et conservés dans leur génome, ce qui soutiendrait la persistance d'une reproduction sexuée cryptique (Halary, 2011). Composés d'environ 200 espèces décrites, ils représentent une petite part de la diversité des champignons, mais jouent un rôle écologique très important : l'ordre des Glomérales par exemple établit une relation symbiotique par endomycorhize avec plus de 90% des espèces de plantes terrestres (Fitter et *al.*, 2011).

3.4. Ascomycota

Ce phylum est le plus grand groupe de champignons microscopiques. Ils comptent 64163 espèces décrites. Il inclue les saprophytes, les parasites et constitue la quasi-totalité des champignons capables de former des associations lichéniques (Lutzoni et *al.*, 2004 ; Tabuc, 2007), y compris les espèces modèles importantes telles que *Saccharomyces cerevisiae* (Lutzoni et *al.*, 2004), utilisées en agroalimentaire ou en pharmacologie comme *Penicillium chrysogenum* (Le Calvez, 2009) et *Neurospora crassa* (Lutzoni et *al.*, 2004), des espèces pathogènes pour l'homme et les animaux (levures) ascospores ou champignons filamenteux, comme les *Aspergillus* (Tabuc, 2007). Ce sont des champignons caractérisés par un appareil végétatif sous forme d'un mycélium septé, un asque formé au cours de la reproduction sexuée, renfermant un nombre défini d'ascospores et représente un important critère d'identification. Souvent les asques sont produits en grand nombre dans des structures de fructification, nommées ascocarpes, divisées en 3 catégories : les cléistothèces de forme globuleuse et close ; les périthèces en forme de bouteille et les apothécies en forme de coupe portant des asques en surface (Botton et *al.*, 1990 ; Sutton et *al.*, 1998). Au sein de ce phylum, des champignons imparfaits (Deutéromycètes) ont été distingués, ces champignons englobent toutes les espèces pour lesquelles la reproduction sexuée n'est pas connue. Ils sont unicellulaires ou à thalle filamenteux septé. Les Deutéromycètes sont divisés en 3 classes : les Blastomycètes qui réunissent des levures ; les Hyphomycètes qui sont des champignons filamenteux, stériles ou produisant des spores directement sur les hyphes ou sur des conidiophores et les Coelomycètes, champignons auxquels les conidies sont produites dans des structures de protection (Botton et *al.*, 1990 ; Sutton et *al.*, 1998).

3.5. Basidiomycota

Ils rassemblent la majorité des champignons mycorrhiziens à carpophores, mais aussi des parasites des plantes et des levures (Jones et *al.*, 2011 in Cordier, 2012). Leur mode de vie est principalement saprophyte : ce sont d'ailleurs les organismes fongiques ayant les capacités de dégrader les matériaux ligno-cellulolytiques les plus élaborées. Ce sont des champignons terrestres, dont les hyphes sont perforés ; des cloisons complètes isolent les structures reproductrices. La reproduction sexuée implique la formation de basides : la méiose s'y déroule et sur elle se forme les basidiospores (Raven et *al.*, 2007). Unis par la possession d'hyphes cloisonnées et une étape de la vie dicaryotique, mais différents dans la structure impliquée dans la méiose et la sporulation (Lutzoni et *al.*, 2004).

Les espèces de mycoendophytes font partie pour la plupart des Ascomycota. Ils sont usuellement classés en Clavicipitaceae (colonisateurs des herbes) et non Clavicipitaceae (généralement colonisateurs des ligneux) (Hyde et Soyong, 2008). Ces deux groupes sont répartis en quatre classes selon la biodiversité, la transmission, le mode de colonisation et les bénéfices mutuels, ainsi que la nature de la plante hôte (Rodriguez et *al.*, 2009) :

➤ **Clavicipitaceae (C)**

Ce groupe comprend les Ascomycota, colonisateurs des bourgeons et rhizomes de Poacées. Cette colonisation par les endophytes se déroule en saison chaude et froide (Schulz et Boyle, 2005 ; Rodriguez et *al.*, 2009). Il est décrit en une seule classe : la classe 1. Les mycoendophytes rangés dans cette classe font partie des champignons téléomorphes, tels les genres *Epichloë* et *Balansia*, correspondant respectivement aux anamorphes *Neotyphodium* et *Ephelis*. Ils induisent des infections intercellulaires systémiques le long de la surface de la plante, transmis verticalement par les graines (Kuldau et Bacon, 2008).

➤ **Non Clavicipitaceae (NC)**

Ce groupe a été isolé à partir des bourgeons et/ou des racines de presque toutes les plantes échantillonnées. La plupart d'entre eux sont des Ascomycota (Petrini, 1996 ; Saikkonen et *al.*, 2009). Les mycoendophytes de ce groupe sont largement diversifiés au sein des embranchements des Ascomycota et Basidiomycota (Arnold et Lutzoni, 2007 ; Rodriguez et *al.*, 2009). On y trouve les classes 2, 3 et 4.

• **Classe 2**

Les mycoendophytes de cette classe appartiennent aux Basidiomycota. Ce sont des membres des Agaricomycotina et Pucciniomycotina (Rodriguez et *al.*, 2009), mais aussi aux Ascomycota, tels les Pezizomycotina comme *Phoma*, *Arthrobotys* (Newsham, 1994 ; Lopez Lorca et *al.*, 2006 in Linares, 2010), *Fusarium*, *Colletotrichum* et *Curvularia* (Rodriguez et *al.*, 2009). Ils colonisent les tiges, les racines et les feuilles et forment des infections au sein de la plante hôte. Ils sont transmis verticalement et horizontalement, via les graines et/ou les rhizomes. Possédant une faible abondance dans la rhizosphère, ils colonisent extensivement les faces supérieures et inférieures des tissus de la plante. Cependant, les plantes hébergeant ce groupe de mycoendophytes sont limitées (Rai et *al.*, 2012).

- **Classe 3**

La majorité de ces endophytes sont des membres des Dikaryomycota (Ascomycota ou Basidiomycota), avec une concentration particulière dans le groupe des Ascomycota ; les Saccharomycotina sont bien représentés (Higgins et *al.*, 2007). Ils se reproduisent soit par fragmentation des hyphes et/ou par production des spores sexuées ou asexuées (Herre et *al.*, 2005 in Rodriguez et *al.*, 2009). Les mycoendophytes de cette classe sont caractérisés par une hyper-diversité associée aux feuilles des arbres tropicaux, des conifères, des ligneux et des Angiospermes herbacées, dans les biomes des forêts tropicales à boréales et les communautés végétales de l'arctique et l'antarctique. Cependant, ils ont une localisation restreinte au niveau des bourgeons et résident au sein d'une gamme diversifiée de plantes hôtes (Arnold et *al.*, 2003; Higgins et *al.*, 2007). Cette classe regroupe toutes les espèces fongiques colonisatrices des feuilles des arbres, dont les plus fréquents sont *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Phoma*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Epicoccum*, *Chaetomium*, *Rhizoctonia*, *Scedosporium*, *Xylaria*, *Acremonium* et *Fusarium* (Zuccaro et *al.*, 2004; Khan et *al.*, 2012 ; Zareb, 2014 ; Zhou et *al.*, 2015).

- **Classe 4**

C'est le groupe de mycoendophytes comprenant principalement les Ascomycota conidiales (formation de conidies) ou bien stériles. Ces endophytes associés aux racines est communément appelée dans la littérature anglo-saxonne Dark Septate Endophytes ou DSE (O'Dell et *al.*, 1993). Ils forment des structures mélanisées, telles que les hyphes et les microsclérotés inter et intracellulaires à l'intérieur des racines (Rodriguez et *al.*, 2009). Ils colonisent les racines d'une gamme large et diversifiée de plantes (Jumpponen et Trappe, 1998 ; Wilson et *al.*, 2004).

4. Transmission des mycoendophytes

Les endophytes possèdent deux modes de transmission (Figure 1):

4.1. Croissance végétative des hyphes

Elle est accompagnée par une transmission verticale, la croissance se fait à l'intérieur des tissus de la plante hôte et le passage et la transmission des hyphes des champignons de la plante vers la descendance sont effectués par le biais de la graine (Selosse et Schardl, 2007).

4.2. Croissance par le biais des spores

La transmission dans ce cas est horizontale, c'est-à-dire que le champignon est transmis par les spores sexuées ou asexuées et va donc infecter les autres plantes (Arnold et *al.*, 2003 ; Gallery et *al.*, 2007). La majorité des plantes étudiées à ce jour sont infectées horizontalement par plusieurs groupes de mycoendophytes (Higgins et *al.*, 2007).

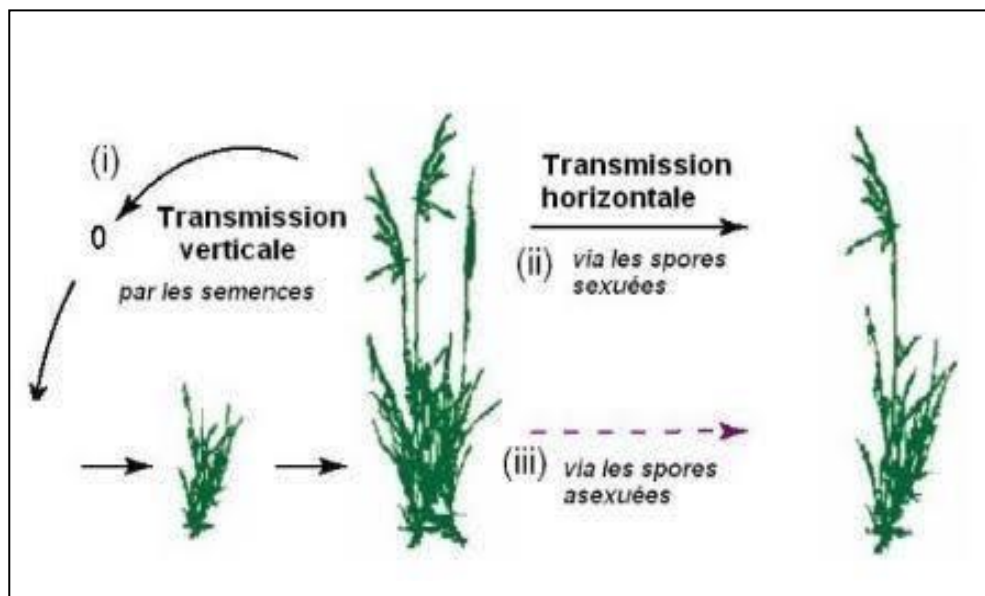


Figure 1 : cycle de vie et mode de transmission (verticale et horizontale) des champignons endophytes (Saikkonen et *al.*, 2004).

5. Facteurs influençant la diversité des mycoendophytes

Les mycoendophytes sont distribués en fonction des facteurs environnementaux et physiologiques de la plante (Khan et *al.*, 2010), tels l'emplacement géographique (Collado et *al.*, 1999), l'âge et la spécificité des tissus de la plante hôte (Khan et *al.*, 2010 ; González et Tello, 2011). Ils occupent toutes les niches sur terre, ceci inclut les sédiments rocheux profonds, les déserts et les environnements marins (Strobel, 2003). Les mycoendophytes cohabitent avec les saprophytes et les pathogènes. Une seule espèce fongique peut développer différents modes de vie, en raison de l'influence des variations de l'environnement sur le génome fongique (Albrechtsen et *al.*, 2010 ; Botella et Diez, 2011). Parmi les facteurs qui font que les champignons sont génétiquement très diversifiés, nous pouvons citer la latitude, la température moyenne, les précipitations annuelles (Arnold et Lutzoni, 2007), le degré de perturbation subi dans une communauté végétale et l'état phytosanitaire de la plante hôte (Gamboa et Bayman, 2001 ; Arnold et *al.*, 2003).

6. Interactions entre la plante hôte et les mycoendophytes

Des recherches ont confirmé qu'une seule espèce d'endophyte peut former des relations avec deux ou plusieurs plantes hôtes connexes, mais montrent une préférence pour un hôte en particulier. Ce phénomène est défini comme la sélectivité que manifeste l'endophyte envers la plante hôte (Cohen, 2006 *in* Selim et *al.*, 2012). La colonisation par les endophytes peut être intracellulaire et limitée à des cellules individuelles, intercellulaire ou bien à la fois inter et intracellulaire (Figure 2).

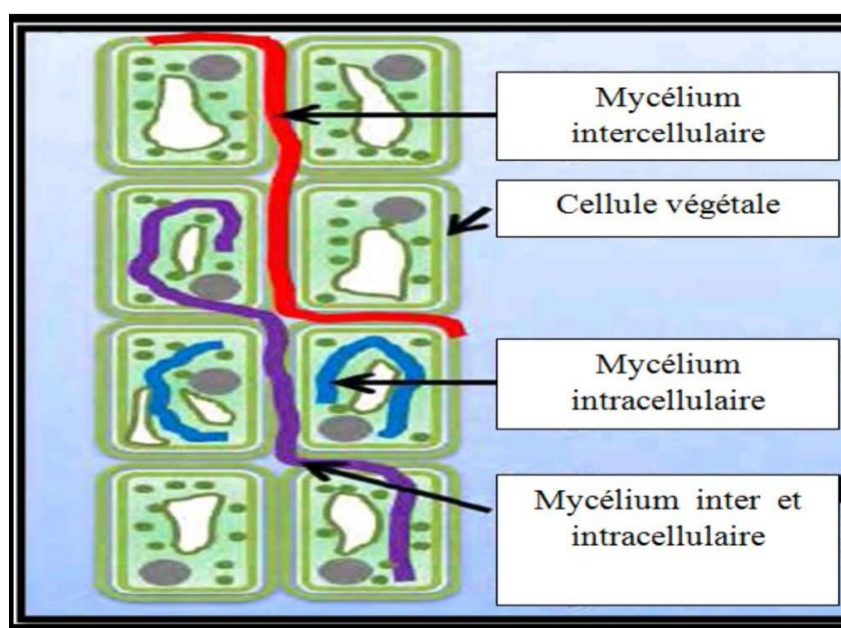


Figure 2 : mode de croissance des champignons endophytes dans les tissus des plantes hôtes (Kusari et *al.*, 2012)

Les endophytes sont rencontrés dans une large variété de types tissulaires des plantes (Hoff et *al.*, 2004 ; Ravirajain Zhang et *al.*, 2006). Moricca et Ragazzi (2008) ont indiqué que le type d'interactions regroupant les mycoendophytes aux plantes hôtes est contrôlé par les gènes des deux partenaires (plante et champignons) et modelé par l'environnement. «L'endophytisme» est décrit comme bénéfique pour la plante et pour le champignon colonisateur (Strobel, 2002 *in* Zhang et *al.*, 2008). Pour Schulz et Boyle (2005), la colonisation asymptomatique des plantes par les endophytes est une interaction antagoniste équilibrée entre les deux partenaires. Les endophytes étudiés à ce jour secrètent des exoenzymes nécessaires pour pénétrer au sein de la plante hôte, même si certains d'entre eux expriment une pathogénicité envers celle-ci, mais d'une manière latente. La majorité produit des mycotoxines, c'est-à-dire avec des métabolites de défense préformés et induire les

réponses de défenses mécaniques et des réponses latentes et rapides. Le fait qu'aucun des deux partenaires ne l'emporte sur l'autre au sein de l'interaction n'explique pas l'inefficacité de l'un d'eux ou tous les deux ensembles, mais cela signifie plutôt une « stratégie de survie », par exemple :

- les champignons quiescents localisés au niveau inter ou intra-cellulaire attendant la sénescence de la plante hôte, continuent à croître en son sein en tant que saprophytes ;
- les DSE colonisent systématiquement les racines souvent comme les symbiotes mutualistes ;
- les agents pathogènes latents à faible degré de virulence produisent lentement une forte biomasse induisant une importante virulence, alors que certains endophytes sont adaptés spécifiquement à leurs hôtes respectifs, d'autres sont des opportunistes accessoires.

Le commensalisme et le mutualisme exigent un équilibre entre les réponses défensives reflétées par la plante et la demande en nutriments nécessaires pour le champignon endophyte (Kogel et *al.*, 2006).

7. Rôles des champignons endophytes

Dans les écosystèmes terrestres, la plupart des plantes vivent en symbiose avec des mycoendophytes. Cette symbiose assure la tolérance à plusieurs stress qui pourraient limiter la croissance des plantes (Ellouz, 2011).

7.1. Nutrition

Les mycoendophytes sont d'importants colonisateurs des racines de plantes dans les écosystèmes (Khidir et *al.*, 2010). Leurs interactions aux plantes ont été considérées largement comme mutualistes, car ils confèrent des bénéfices à leurs hôtes à travers l'amélioration de l'absorption des nutriments (Mandyam et Jumpponen, 2005 ; Dupont, 2007). Les modes d'absorption et de nutrition chez les champignons ont conduit à l'évolution et à la sécrétion d'une batterie d'enzymes, qui catabolise des complexes de polymères organiques dans l'environnement en petits constituants, absorbés ensuite par leurs cellules pour le métabolisme (Suryanarayan et *al.*, 2012).

Le phosphore (P) est un macroélément essentiel à la croissance et au développement biologique. Le phosphore soluble est souvent l'élément nutritif limitant de la production de la

biomasse dans les écosystèmes naturels. *Piriformospora indica* est un mycoendophyte colonisateur de la racine qui permet aux plantes de pousser dans un stress extrême en éléments nutritifs. Il contient des quantités substantielles d'une phosphatase acide, qui a le potentiel de solubiliser les phosphates dans le sol et les remettre à la plante hôte, améliorer l'absorption de nitrates et réguler le métabolisme du carbone (C) et du soufre (S). D'autres endophytes solubilisant les phosphates ont été rapportés également par Fitter et *al.*(2011).

Le fer est un cofacteur nécessaire à de nombreuses réactions enzymatiques et donc un élément nutritif essentiel pour pratiquement tous les organismes. De nombreux producteurs de sidérophores par les endophytes de différentes plantes ont été signalés, contributifs de la croissance végétale dans les environnements à faible nutrition (Fitter et *al.*, 2011). Ces sidérophores, chélateurs de fer à faible masse moléculaire, augmentent l'absorption dans les habitats pauvres et améliorent les performances d'hôte dans une variété de contextes (Harman et *al.*, 2004 ; Harman, 2006 ; Hamilton et *al.*, 2012). La concentration en azote dans les racines est aussi significativement affectée par *Phialocephala fortinii* et *Scytalidium vaccinii* (Alberton et *al.*, 2010).

7.2. Croissance

Les mycoendophytes offrent dans leurs associations symbiotiques avec les plantes un renforcement de la croissance végétative (Rakotoniriana et *al.*, 2007), par la production de phytohormones qui sont des molécules essentielles pour la croissance, le développement et la défense des plantes. Les cytokinines et les gibbérellines sont impliquées dans une multitude de procédés de développement chez la plante, tels que la croissance cellulaire, dominance apicale, tropismes, initiation des racines adventives et latérales, différenciation cellulaire vasculaire, développement des étamines et résistance aux stress biotiques et abiotiques. Certains endophytes produisent des auxines pour améliorer la croissance de la plante hôte (Li et *al.*, 2012).

7.3. Production des enzymes

Les enzymes de mycoendophytes trouvent probablement de nombreuses applications dans les domaines de la santé, la production alimentaire, l'énergie et l'environnement, bien que l'avènement de la chimie combinatoire a déplacé l'accent loin de la recherche des produits naturels, des mycoendophytes continuent à servir de source pour de nouveaux médicaments (Berdy, 2005 ; Mitchell et *al.*, 2008 ; Suryanarayanan et *al.*, 2009) et de produits naturels pour

la synthèse combinatoire (Suryanarayanan et *al.*, 2009). Récemment, 23 nouveaux médicaments obtenus à partir de plantes et de microorganismes pour le traitement de différentes maladies humaines, telles que le cancer, les troubles neurologiques, les maladies infectieuses et cardiovasculaires, les maladies métaboliques, troubles immunologiques et génétiques ont été mis sur le marché (Chin et *al.*, 2006 ; Suryanarayanan et *al.*, 2009). Les mycoendophytes associés aux plantes médicinales utilisées traditionnellement pourraient être une source importante de métabolites fonctionnels (Huang et *al.*, 2008 ; Suryanarayanan et *al.*, 2009). À cet égard, l'association endophytes-plante pourrait également être exploitée pour améliorer la production de métabolites utiles à la plante hôte (Khidir et *al.*, 2010).

7.4. Rôles écologiques

Le rôle des endophytes dans la décomposition des litières est également important, mais peu d'études ont été réalisées sur cet aspect écologique (Purahong et Hyde, 2011). Le nouveau point de vue considère les endophytes comme agents écologiques importants, dont le partenariat avec les plantes photosynthétiques a été déterminant pour l'évolution de la flore terrestre (Moricca et Ragazzi, 2008). Mandyam et Jumpponen (2005) suggèrent que les champignons mélanisés assurent la protection de la plante contre les températures extrêmes. Bien que les mécanismes ne soient pas bien définis, ils pensent que la présence constante et omniprésente de ces DSE, indique qu'ils jouent un rôle important dans l'écologie et l'évolution de ces écosystèmes. Selon Guo et *al.* (2008), les mycoendophytes jouent un rôle important au niveau écologique dans le but de :

- diminuer l'ampleur de la dégradation de l'environnement ;
- diminuer la perte de la biodiversité ;
- diminuer la détérioration des terres et de l'eau causée par l'utilisation excessive des insecticides organiques toxiques, eaux usées et de gaz toxiques ;
- utiliser ces endophytes dans la lutte biologique s'est révélée comme une méthode efficace, largement utilisée dans l'assainissement de l'environnement.

Chapitre 2

L'Ortie

1. Introduction

La grande ortie, *Urtica dioïca* L.,(Figure 3) fait partie des plantes que nous apprenons très tôt à reconnaître, sa pique douloureuse laissant un souvenir désagréable. Mais il ne faut pas se fier à cette première impression. Nos ancêtres l'avaient bien compris, puisqu'ils l'utilisaient déjà pour se soigner, ainsi que pour d'autres usages. Elle tomba cependant peu à peu dans l'oubli pour réapparaître au milieu du XXème siècle. De nombreuses études ont été menées ces dernières années afin de mieux comprendre ses vertues, ainsi que ses mécanismes d'action (Julien, 2015).

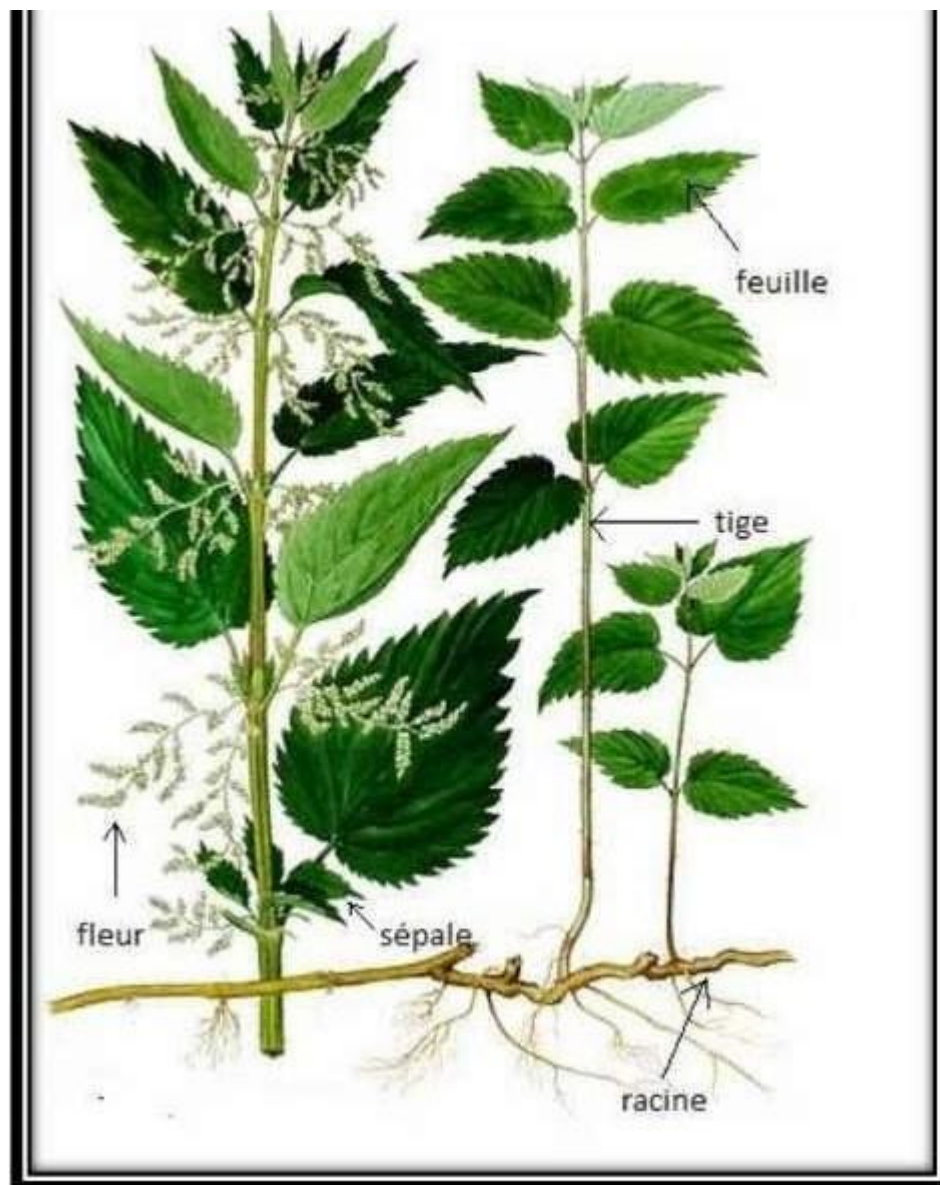


Figure 3. Planche botanique d'*Urtica dioïca* (Reaume, 2010).

2. Etymologie

Le terme « *Urtica* » vient du mot latin “urere” qui signifie « brûler » et qui fait allusion à ses poils urticants dont le contact est très irritant. Le terme « *dioïca* » donne le mot dioïque qui vient du grec « dis » qui signifie deux fois et « oikos » qui signifie maison, ce terme désigne les fleurs mâles et les fleurs femelles qui se trouvent sur des pieds séparés (Hailemeskel et Fullas, 2015). Selon Bertrand (2002), plusieurs noms vernaculaires sont attribués à cette plante :

- appellation française : ortie piquante, ortie commune, ortie dioïque ;
- appellation anglais : Stingingnettle ;
- appellation arabe : Harayig ;
- appellation berbère : Azegtouf.

3. Position systématique

Selon la classification phylogénétique établie par l'Angiosperm sphylogeny group (APGIII, 2009), nous avons la systématique donnée dans le tableau 1 :

Tableau 1 : position systématique de l'espèce *Urtica dioïca* (APGIII, 2009).

Règne	Plantae
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicots
Ordre	Rosales
Famille	Urticaceae
Genre	<i>Urtica</i>
Espèce	<i>Urtica dioïca</i>

Le genre *Urtica* est représenté par plus d'une cinquantaine d'espèces, dont une trentaine en région tempérée (Fennane et al., 1999). Les principales espèces du genre *Urtica* sont les suivantes :

- *Urtica dioïca* L. (ortie commune ou ortie dioïque) ;
- *Urtica urens* L. (ortie brûlante ou petite ortie) ;
- *Urtica pilulifera* L. (ortie romaine ou ortie à pilules) ;
- *Urtica cannabina* L. (ortie à feuille de chanvre) ;
- *Urtica atrovirens* Req. (ortie noirâtre, ortie de dodart) ;
- *Urtica membranacea* Poire (ortie douteuse ou ortie à membranes).

4. Description morphologique

Urtica dioïca est une plante herbacée. Elle est l'espèce la plus répandue dans le genre *Urtica*, dont la tige dressée peut atteindre 2 m de haut. La floraison de la grande ortie a lieu de juin à septembre (Cecchini et *al.*, 2008). Par ailleurs, Upton (2013) a montré que la grande ortie constitue un excellent exemple de plante dioïque, chez laquelle existe des pieds mâles et d'autres femelles et donc, portant des fleurs unisexuées. Elles sont anémophiles et anémochores, c'est-à-dire que le vent assure le transport du pollen et la dispersion des graines.

4.1. Partie souterraine (racine et rhizomes)

L'ortie présente de longues racines, qui lui permettent de former des colonies d'ortie, d'où son pouvoir envahissant (Ruzickova, 2012). Les rhizomes rampants mesurent de 1 à 5mm d'épaisseur, jaunâtres et sont pourvus d'un chevelu de fines racines adventives qui développent chaque année de nouvelles pousses (Langlade, 2010) (Figure 4)

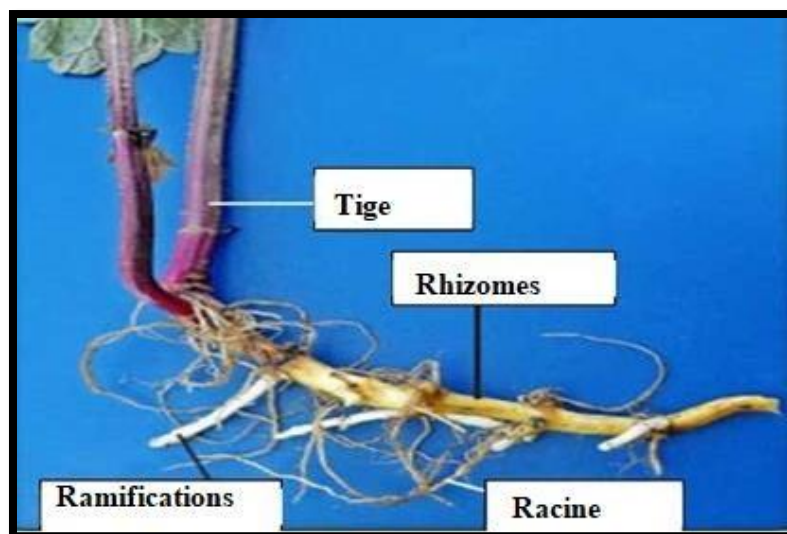


Figure 4 : la partie souterraine de l'appareil végétatif d'*Urtica dioïca* (Reaume, 2010)

4.2. Tige

La tige de l'ortie est robuste, dressée et carrée, pleine, à section quadrangulaire, pouvant atteindre 2m de hauteur. Elle est recouverte de poils courts et de poils urticants unicellulaires (Wichtlet Anton, 2003) (Figure 5).

. Les poils urticants comprennent de longues cellules dont la base est renflée et enfoncée dans une petite excroissance des tissus épidermique et sous-épidermique. La paroi de la cellule principale est imprégnée de silice et sa partie effilée peut facilement se rompre au moindre contact, libérant alors un liquide urticant contenant du formiate de sodium, de l'acétylcholine, de la sérotonine et de l'histamine (Laglande, 2014)



Figure 5 : tige d'*Urtica dioïca* (Moutsie, 2008)

4.3. Feuilles

Les feuilles de l'ortie sont de couleur vert foncé, alternes ou opposées deux à deux, ovales à lancéolées, cordiformes et se terminant en pointe, simples, charnues. Elles sont en général deux fois plus longues que larges, environ 1,5-20 cm de long par 0,6-12cm de largeur. Elles sont bordées de fortes dents triangulaires. Les nervures sont proéminentes sur la face inférieure (Julien, 2015) (Figure 6). Les cellules épidermiques renferment des corpuscules calcifiés appelés cystolithes. La forme plus ou moins allongée des cystolithes est un caractère propre aux Urticacées (Reaume, 2010 ; Upton, 2013). Ces cystolithes correspondent à des amas de cristaux de carbonate de calcium, qui sont portés par un pédicelle relié à l'épiderme de certaines feuilles ou situés également à la base de poils tecteurs (Botineau, 2010).

Selon Ghedira et *al.*(2009), le limbe et le pétiole sont couverts de trois sortes de poils : poils urticants ; les poils tecteurs non urticants qui sont longs, coniques unicellulaires, dont la partie basilaire fortement renflée contient des cristaux de carbonates de calcium, et poils glandulaires courts, constitués par un court pédicelle. Ces poils glandulaires sont surtout localisés à la face supérieure du limbe.



Figure 6 : feuille d'*Urtica dioïca* (Schaffner, 1992)

4.4. Fleurs

Les fleurs sont unisexuées, minuscules et réunies en grappes mâles et femelles, sur des pieds différents. Les grappes femelles sont tombantes, les grappes mâles dressées. (Figure 7). La fleur femelle est formée de 4 sépales, dont deux beaucoup plus gros, enveloppant un ovaire uniloculaire. La fleur mâle comporte 4 sépales et 4 étamines recourbées dans le bouton et se redressant de manière élastique à l'anthèse, en projetant au loin un petit nuage de pollen (Fennane et *al.*,1999) (Figure 8).

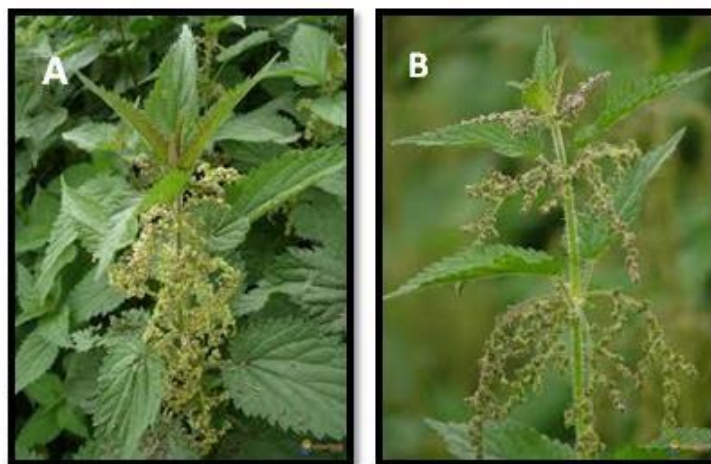


Figure 7 : fleurs d'*Urtica dioïca* A) fleurs mâles, B) fleurs femelle, (Moutsie, 2008).

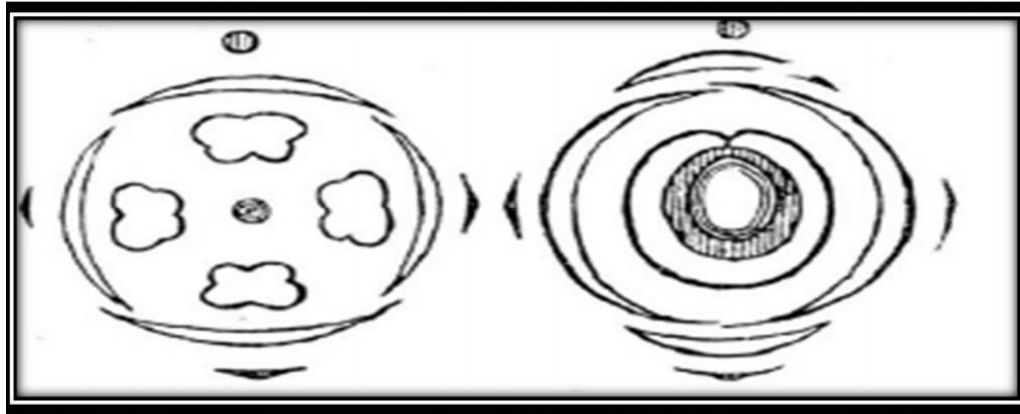


Figure 8 : diagrammes florale d'*Urtica dioïca* (Ghedira et *al.*, 2005), (fleur mâle à droite, fleur femelle à gauche).

4.5. Fruit et graine

Le fruit d'*Urtica dioïca* L. est un akène ovale, de couleur jaune-brun. Il est entouré d'un calice persistant et reste enveloppé dans deux gros sépales accrescents, larges et ovales. Il contient une graine unique, albuminée, à embryon droit (Wichtlet Anton, 2003 ; Ghedira et *al.*, 2009) (Figure 9)

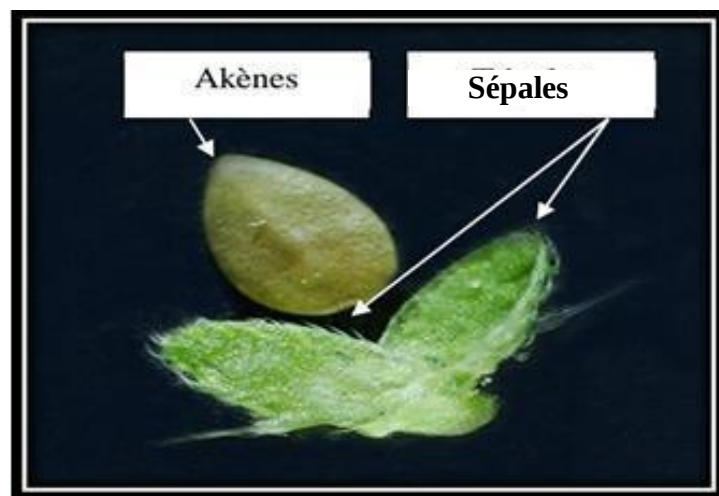


Figure 9 : fruit d'*Urtica dioïca* (Reaume, 2010).

5. Reproduction d'*Urtica dioïca*

L'ortie dioïque peut se multiplier de deux façons (Fleurentin, 2008).

- Par reproduction sexuée faisant intervenir les fleurs mâles et femelles portées par des pieds différents. La pollinisation est anémophile (par le vent), grâce à des anthères explosives, qui projettent le pollen.
- Par reproduction asexuée, en produisant des clones à partir de stolons (tiges rampantes formant des nœuds, qui donnent naissance à de nouvelles plantes) ou de rhizomes.

6. Répartition géographique

Parmi les espèces du genre *Urtica*, *Urtica dioica* L. est la plus grande et la plus répandue. Elle est présente dans presque toutes les régions du monde : de l'Europe et l'Afrique du Nord à l'Asie, ainsi qu'en Amérique du Nord et du Sud et en Afrique du Sud. Elle est présente jusqu'à 2400 m d'altitude. (Bertrand, 2002).

En Algérie, elle est relativement commune dans les ravins des montagnes de Kabylie et dans les régions de Skikda et Annaba. Elle est moins fréquente dans l'Atlas Blidéen (Baba Aïssa, 2000).

7. Exigences écologiques

Elle peut pousser sur tous les types de terrains, argileux ou sablonneux, calcaires ou siliceux. Ces terrains doivent toutefois être riches en azote (plante nitrophile), et humides (plante hydrophile). Elle résiste toutefois bien à la sécheresse. La grande ortie est une plante

« rudérale » très envahissante, ce qui signifie qu'elle affectionne particulièrement les terrains « pollués » et le voisinage de l'homme, qui lui fournit les éléments nécessaires à sa croissance. C'est pourquoi on la retrouve dans les jardins, les terrains abandonnés en friche, sur les chemins, dans les haies, les fossés, près des maisons, dans les ruines et les décombres (Mor, 2014).

8. Utilisations de la plante

8.1. Usage médicinal

L'ortie dioïque est une espèce largement utilisée comme une plante médicinale, pour ses propriétés thérapeutiques depuis l'antiquité, tel que les propriétés anti-diabétiques (hypoglycémiantes) (Bnouham, 2003) et anti-oxydantes (Özen et Korkmaz, 2003). Elle est utilisée aussi contre l'anémie, l'insuffisance cardiaque, le rhume des foins (Gülçin et *al.*, 2004) et réduit la chute des cheveux (Mueen et *al.*, 2014). C'est une plante nutritive,

diurétique, astringente, tonique, antiasthmatique, stimulante et dépurative (Wichtl et Anton, 2003 ; Chrubasik et *al.*, 2007). L'ortie soulage également les douleurs arthritiques et rhumatismales, agit contre l'inflammation des voies urinaires et en prévention des calculs rénaux (Dizaye, 2013). Elle traite les maladies de la peau comme l'eczéma, le psoriasis, l'acné et les infections (Orčica et *al.*, 2014). *Urtica dioica* possède également un effet anti-ulcéreux, anti-analgésique, traite la prostatite bactérienne chronique (amélioration de l'efficacité de la prulifloxacin chez des patients présentant une telle pathologie) (Ghedira, 2009).

8.2. Usage alimentaire

Ce sont uniquement les jeunes feuilles qui se consomment, car avant la maturité les poils ne sont pas urticants et ne posent donc pas de problème. Il existe de nombreuses recettes à base d'ortie comme les soupes, les cakes, les gâteaux, etc.... avec la chlorophylle extraite, il est également possible de fabriquer des colorants alimentaires (Allais, 2009 ; Ebrahimzadeh et *al.*, 2015). L'ortie améliore la conservation et la qualité organoleptique de certains aliments tels que le chocolat (Belščak et *al.*, 2015). Elle est utilisée dans l'industrie fromagère, où l'on utilise des toiles en fibre d'ortie (dont les propriétés antiseptiques durant longtemps) pour égoutter et pour présurer les fromages, grâce à sa propriété agglutinante (Didier Beguin, 2010).

Chapitre 3

Matériel et méthode

1. Description de la zone d'étude

La commune de Mâatkas est située dans la partie sud de la wilaya de Tizi-Ouzou. D'une superficie de 40 km², elle est limitée par la commune de Betrouna au nord, Beni Zmenzer à l'est, les communes de Mechras et Boghni au sud et Draa Ben Khedda à l'ouest. Elle est constituée d'un ensemble d'agglomérations, situées presque toutes sur les crêtes. Parmi elles figurent Bouhemdoune, Melbane et Igaridene situés respectivement à 700 m, 650 m et 670 m d'altitude (Figure 10)

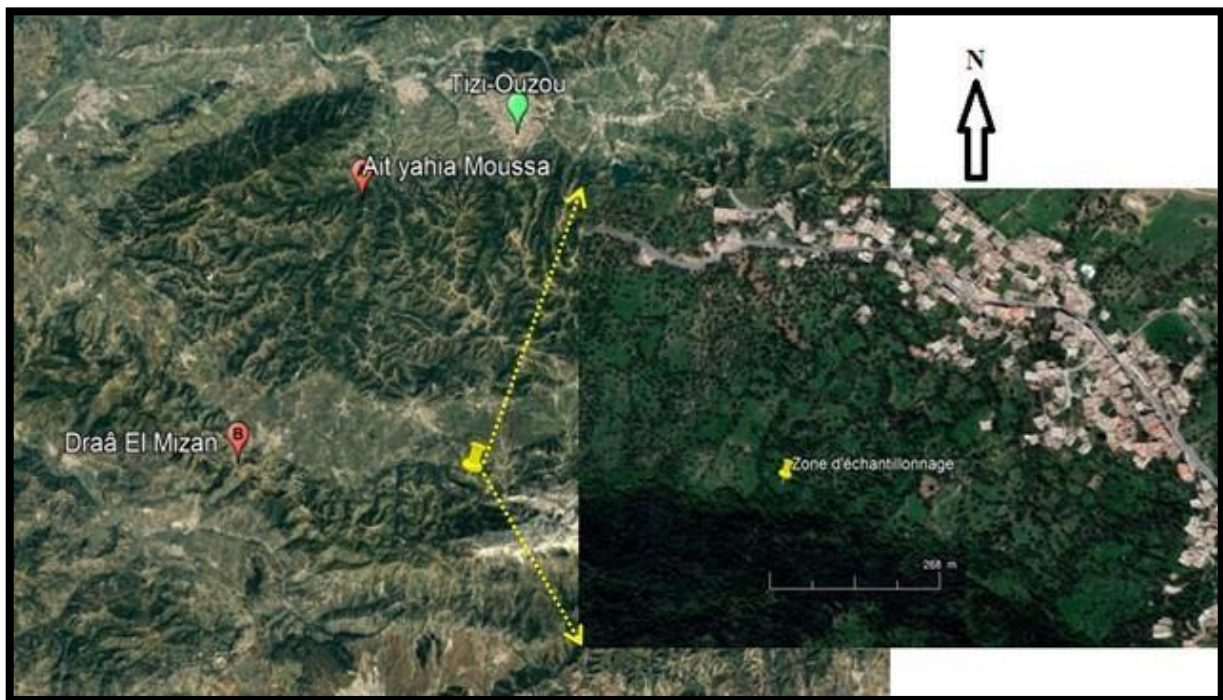


Figure 10 : situation géographique de la région d'étude (Mâatkas) (Google Earth, 2022).

2. Bioclimat

La nature du climat joue un rôle essentiel dans l'ajustement des caractéristiques écologiques des écosystèmes (Ramade, 1993). Le bioclimat dans la commune de Maâtkas est typiquement méditerranéen, il est sec et chaud en été, froid et pluvieux en hiver. Ainsi, il est conditionné par la nature du relief caractérisé par une morphologie nuancée, voire contrastée (Pdau, 2012).

2.1. Précipitations

Les moyennes mensuelles de la pluviométrie enregistrées pour la région de Tizi-Ouzou, durant la période d'étude sont représentées dans le tableau 2 et la figure 11.

Tableau 2 : précipitations moyennes mensuelles et annuelles pour la région de Tizi- Ouzou pendant la période (2005-2016).

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

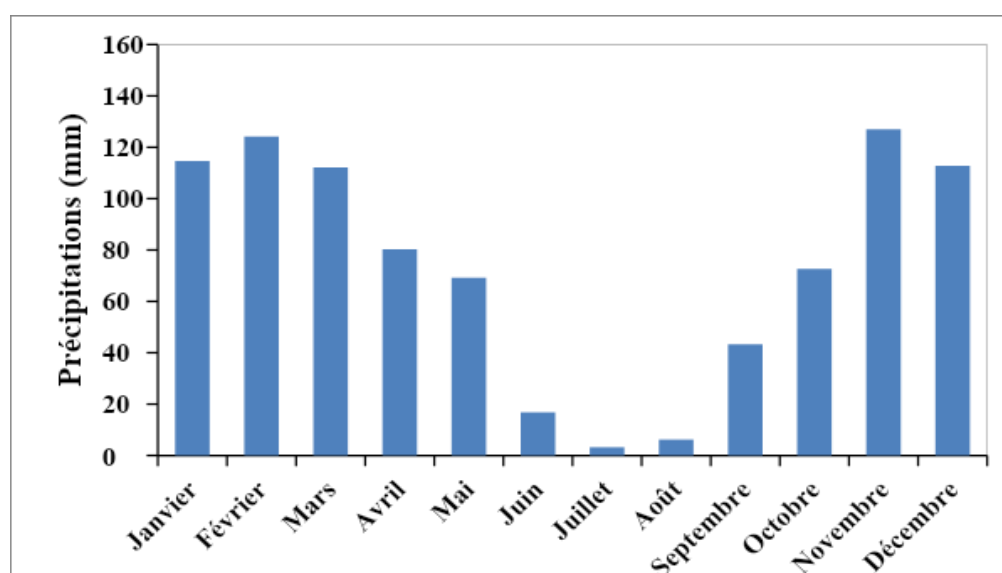


Figure 11: moyennes mensuelles des précipitations de la région de Tizi-Ouzou pendant la période (2005-2016) (ONM, Tizi-Ouzou).

2.2. Températures

Les températures moyennes mensuelles enregistrées pour la région de Tizi-Ouzou durant la période d'étude (2005-2016) sont représentées dans le tableau 3 et la figure 12.

Tableau 3: températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la région d'étude pendant la période (2005-2016) (O.N.M).

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

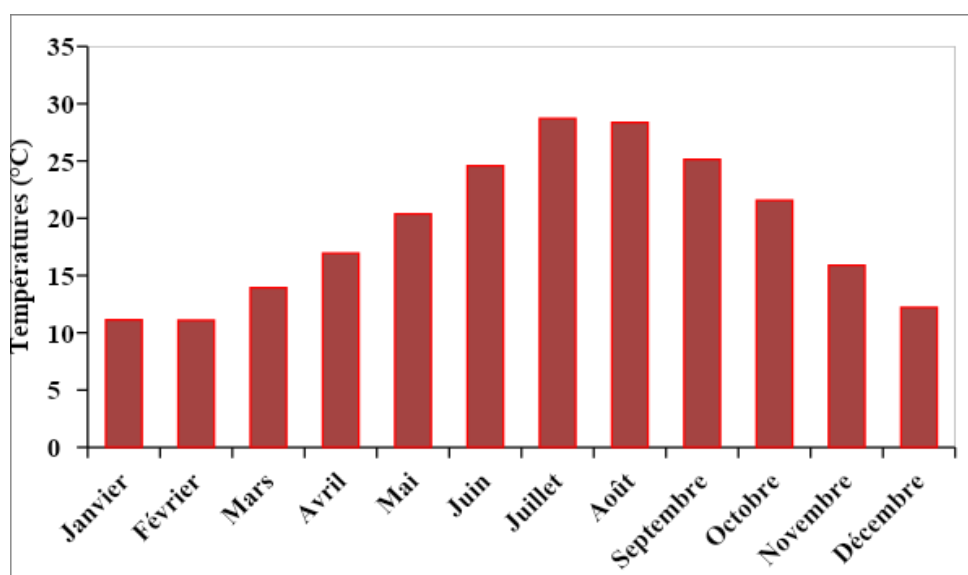


Figure12: moyennes des températures mensuelles de la région de Tizi-Ouzou pendant la période (2005-2016) (ONM, Tizi-Ouzou).

2.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

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

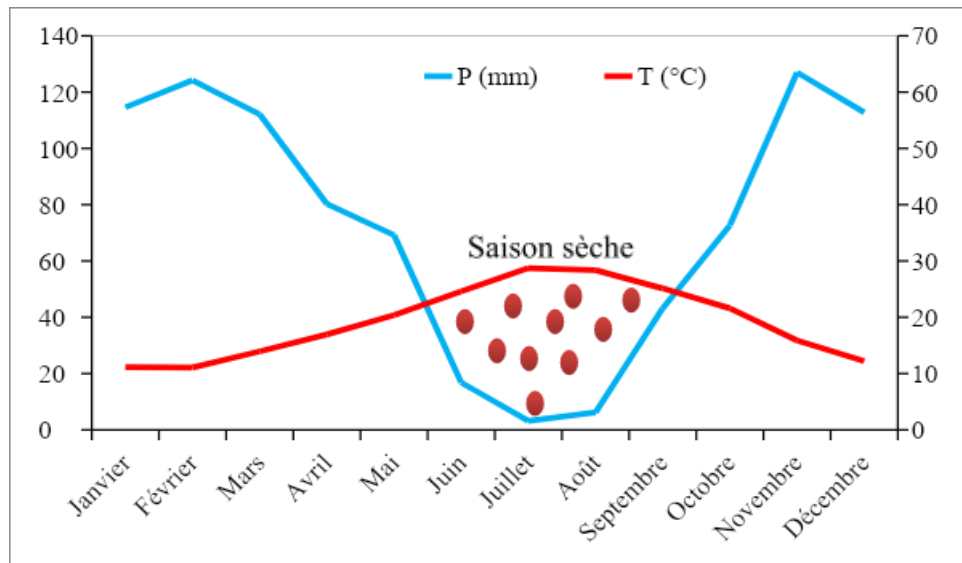


Figure 13 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour la région de Tizi-Ouzou période (2005-2016).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de Tizi-Ouzou, pour la période 2005-2016 montre le contraste important entre la saison des pluies et la saison sèche. Il révèle l'existence de deux périodes à forte pluviosité (Saison humide), l'une en automne avec un maximum au mois de novembre, et l'autre en hiver avec un maximum au mois de février. La période sèche reçoit moins de pluie, elle débute au mois de juin et s'achève en septembre.

2.4. Climagramme d'Emberger

Le climagramme d'Emberger permet la classification des différents types de climat méditerranéen et détermine l'étage bioclimatique d'une région donnée. Emberger propose une formule qui tient compte de la variation annuelle de la pluviométrie et qui nous permet la classification de notre région d'étude dans le climagramme d'Emberger:

$$Q_2 = 2000P / (M^2 - m^2)$$

P: Précipitations

M: moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K)

m: moyenne des minima du mois le plus froid (°K) avec ($1^\circ\text{K} = T^\circ + 273$).

Tableau4 : Données climatiques et le quotient pluviométrique de la région de Tizi-Ouzou calculé pour la période (2005-2016).

Données	P(mm)	M (°K)	m (°K)	M ² -m ²	2000P	Q ²	Etage bioclimatique et variante
Tizi-Ouzou	882,3	309,06	279,45	17425,78	1764600	101,3	Subhumide à hiver doux

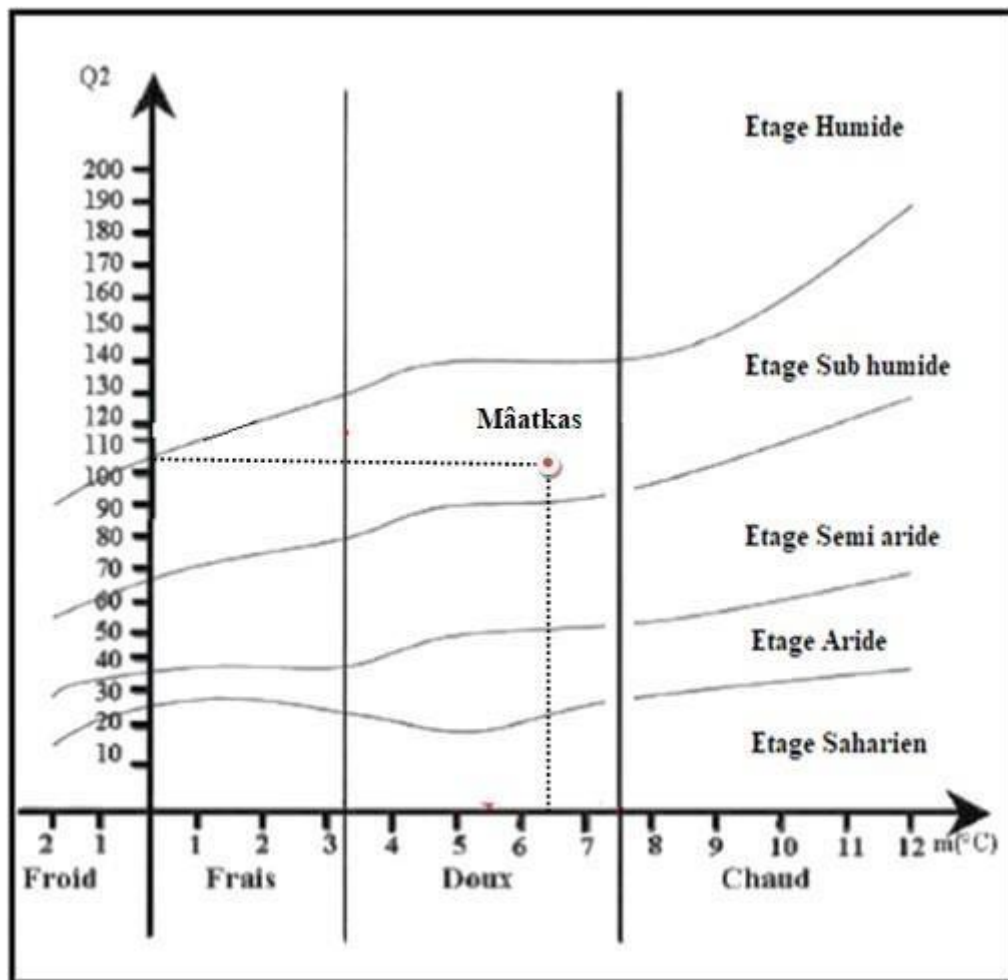


Figure14 : Position de Tizi-Ouzou dans le climagramme d'Emberger pour la période 2005-2016.

Le quotient Q_2 calculé pour une période de 11 ans (2005- 2016) a permis de situer notre zone d'étude dans l'étage bioclimatique subhumide, à hiver doux (Figure 14).

3. Échantillonnage sur terrain

L'échantillonnage a eu lieu en avril 2022 dans la région de Mâatkas. Le choix a concerné dix sujets en bon état phytosanitaire. A l'aide d'une pioche, nous avons creusé sur une profondeur de 15 à 20 cm, selon le système racinaires des sujets. Nous avons prélevé les échantillons de radicelles, en essayant d'avoir une quantité assez importante de racines fines, accompagnées d'un peu de sol, pour les garder à l'état frais. Ces échantillons sont ainsi mis dans des sachets en papier, puis transportés au laboratoire.

3.1. Manipulations au niveau du laboratoire

3.1.1. Préparation des fragments racinaires à mettre en culture

Une fois arrivées au laboratoire, les racines sont débarrassées de la terre à l'aide d'une petite brosse, puis nous avons sélectionné les racines fines en bon état, ayant un diamètre de 0,5mm, mesurées à l'aide d'un pied à coulisse. Au total 200 fragments de un centimètre sont nécessaires pour les cultures dans 50 boîtes de Pétri.

3.1.2. Mise en culture des fragments de racines

3.1.2.1. Stérilisation superficielle

Le but de la stérilisation superficielle est d'éliminer les organismes épiphytes qui peuvent se retrouver à la surface des racines. Pour cela, nous avons adopté le protocole de Helander *et al.* (1994).

- Traitement à l'éthanol 95% pour une durée de 01 minute ; Traitement à l'eau distillée stérilisée;
- Traitement à l'eau de javel pour une durée de 02 minutes; Traitement à l'eau distillée stérilisée.

Une fois stérilisées, les racines sont séchées en utilisant du papier buvard stérile. Elles sont ensuite coupées à l'aide d'un bistouri stérilisé, pour avoir les fragments de chaque sujet (quatre fragments / boîte de Pétri). Les fragments racinaires obtenus sont ensemencés en suite sur les milieux de culture PDA (potato-dextrose-agar).

3.1.2.2. Préparation du milieu de culture

Un milieu semi-synthétique PDA (Potato-dextrose-agar) a été utilisé, la préparation se fait comme suit.

- Faire bouillir 200g de pomme de terre tranchée dans 200ml d'eau, pendant 30min, puis

laisser décanter le bouillon obtenu en le filtrant ;

- Ajouter 20 g de glucose et autant d'agar-agar en poudre, ajouter de l'eau distillée pour obtenir un volume final d'un litre. Stérilisation à l'étuve à 120 °C pendant 20min ;
- Laisser la solution refroidir et ajouter un antibiotique, avant de verser la préparation dans les boîtes de Pétri ; après refroidissement et lorsque le milieu de culture durci, les boîtes de Pétri sont prêtes pour l'inoculation, dans un milieu stérile.

3.2. Identification des souches fongiques

L'identification des souches fongiques fait essentiellement appel aux caractères cultureux (identification macroscopique) et morphologique (identification microscopique).

3.2.1. Etude macroscopique

L'observation des critères macroscopiques est basée sur plusieurs aspects distinctifs à l'œil nu :

- L'aspect des colonies: les champignons filamenteux forment des colonies duveteuses avec une texture épaisse, laineuses, floconneuses, ou veloutées.
- Le relief des colonies : elle peut être plane, surélevée ou striée.
- La taille des colonies : elle peut varier en fonction des genres fongiques.
- La couleur des colonies : les couleurs les plus fréquentes sont vert-olive, brunes ou noires, blanches, jaunes ou rouges. Les pigments sont localisés soit au niveau du mycélium ou bien diffusés dans le milieu de culture.

3.2.2. Etude microscopique

Pour l'identification microscopique certains manuels d'identification ont été utilisés, des articles à ce sujet ainsi que les clés d'identification des Deutéromycètes de Morelot et Kiffer (1977). L'identification des genres fongiques a été réalisée selon des caractères tels que la structure du mycélium (cloisonnement), du type du conidiophores, du type de formation des conidies et leurs formes, couleur et ornementation etc...

4. Analyse statistique

4.1. Abondance des genres

Les moyennes d'abondance sont calculées selon la formule suivante :

$$A(\%) = (N_g / N_t) * 100$$

A: abondance des genres (%);

N_g : nombre de fois que le genre est recensé chez un sujet ;

N_t : ensemble des répétitions ayant fructifiées.

4.2. Analyse de variance ANOVA

Une ANOVA concernant les abondances des genres recensés est faite, ainsi qu'une comparaison multiple des moyennes, grâce au logiciel Stat Box 6.40.

4.3. Analyse en composantes principales (ACP)

Une analyse en composantes principales (ACP) 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.

Chapitre 4

Résultats et discussion

1. Diversité et abondances des genres fongiques des racines de l'ortie

Dans cette étude, nous avons identifié 13 genres fongiques appartenant à deux phyla différents. 80,91% sont des Ascomycota. Ce phylum est représenté par 11 genres différents. Il est suivi par le phylum des Basidiomycota, avec 19,09% qui comprend 1 genre (Figure 15).

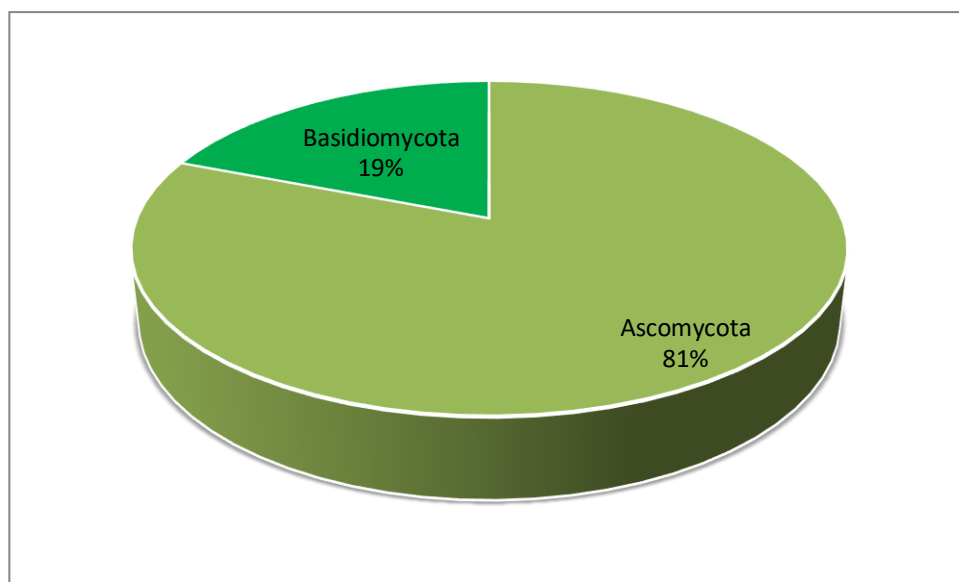


Figure 15 : diagramme circulaire général des fréquences des phyla fongiques des racines de l'ortie.

Les champignons sont fréquemment présents dans les racines des plantes, la plupart de ces champignons appartiennent au phylum des Ascomycota (Mandyam et Jumpponen, 2005 ; Rai et *al.*, 2012). Hawksworth (1991) a noté que les organismes de ce phylum sont les espèces les plus décrites.

Concernant les racines, un nombre important d'études a mis en évidence la présence des mycoendophytes dans leurs tissus. Selon que la plante soit physiologiquement active ou en phase de dormance, la colonisation est variée. Elle est sous forme d'hyphes et de microsclérotés (Jumpponen et Trappe, 1998 ; Barrow et Aaltonen, 2001 ; Wagg et *al.*, 2008 ; Rodriguez et *al.*, 2009 ; Rai et *al.*, 2012). Ce nombre important de mycoendophytes des racines d'ortie de notre site d'étude pourrait être expliqué par la période d'échantillonnage (mois d'avril). Le printemps, une saison favorable à la sporulation et la croissance des champignons. En effet, les températures modérées permettraient une plus grande viabilité des propagules fongiques et donc leurs succès dans la colonisation des tissus de la plante (Collado et *al.*, 1999).

L'identification des différentes espèces fongiques isolées est basée sur l'étude d'un ensemble de caractères morphologiques et culturels. Les résultats obtenus montrent que certains mycotaxons sont particulièrement abondants par rapport à d'autres. Les genres de mycoendophytes recensés au niveau des racines d'ortie sont classés dans le tableau 5

Tableau 5 : classification des genres fongiques recensés dans les racines d'ortie.

Genres	Phylum	Ordre	Famille	Abondances
<i>Acremonium</i>	Ascomycota	Hypocreales	Hypocreaceae	4,76
<i>Aspergillus</i>	Ascomycota	Eurotiales	Trichocomaceae	9,52
<i>Botrytis</i>	Ascomycota	Hylotiales	Sclerotiniaceae	4,76
<i>Candida</i>	Ascomycota	Saccharomycetales	Saccharomycetaceae	4,76
<i>Cladosporium</i>	Ascomycota	Capnodiales	Davidiellaceae	4,76
<i>Fusarium</i>	Ascomycota	Hyporeales	Nectriaceae	4,76
<i>Humicola</i>	Ascomycota	Sordariales	Chaetomiaceae	4,76
<i>Monilia</i>	Ascomycota	Hylotiales	Sclerotiniaceae	14,28
<i>Monodictys</i>	Ascomycota	-	-	4,76
<i>Pénicillium</i>	Ascomycota	Pleosporales	Pleosporaceae	14,28
<i>Rhizoctonia</i>	Basidiomycota	Cantharellales	Ceratobasidiaceae	19,09
<i>Trichoderma</i>	Ascomycota	Hypocreales	Hypocreaceae	4,76
<i>Trichophyton</i>	Ascomycota	Onygenales	Arthodermataceae	4,76

Ces résultats montrent que les champignons les plus abondants sont *Rhizoctonia*, *Penicillium* et *Monilia* avec une abondance de 19,09 %, 14,28% et 14,28% respectivement et une abondance moyenne d'*Aspergillus* avec 9,52%. Les autres genres sont faiblement recensés telle que *Acremonium*, *Botrytis*, *Candida*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Humicola*, *Monodictys*, *Trichoderma* et *Trichophyton* avec une abondance de 4,76%.

2. Description de quelques genres identifiés

2.1. *Aspergillus*

Aspergillus est l'un des genres fongiques les plus anciennement décrits. Plus de 250 espèces appartenant à ce genre fongique ont été répertoriées à partir de différentes zones géographiques dans le monde (Samson et Pitt, 2000). La plupart sont ubiquitaires et sont

communément isolées à partir du sol et des pourritures des fruits, suite à leur capacité à dégrader les parois cellulaires des plantes (Hazwani et Zainol, 2018).

Les colonies d'*Aspergillus* prennent des caractéristiques diverses par rapport au stade de développement ou du milieu d'isolement utilisé. Certaines espèces sont de couleur blanche aux stades précoces de leur cycle de vie, puis prennent des couleurs qui peuvent être jaune doré, vert, marron foncé ou noir. La texture des colonies peut être glabre ou veloutée (Eltemet *al.*, 2004) (Figure 16 A)

Le genre *Aspergillus* se reconnaît par un conidiophore porté sur un mycélium, hyalin les têtes conidiales portent des phialides mono ou bisériées pouvant être hyalines, granuleuses. Les conidies peuvent être globulaires ou d'un rond non régulier (Eltem et *al.*,2004). (Figure 16 B)

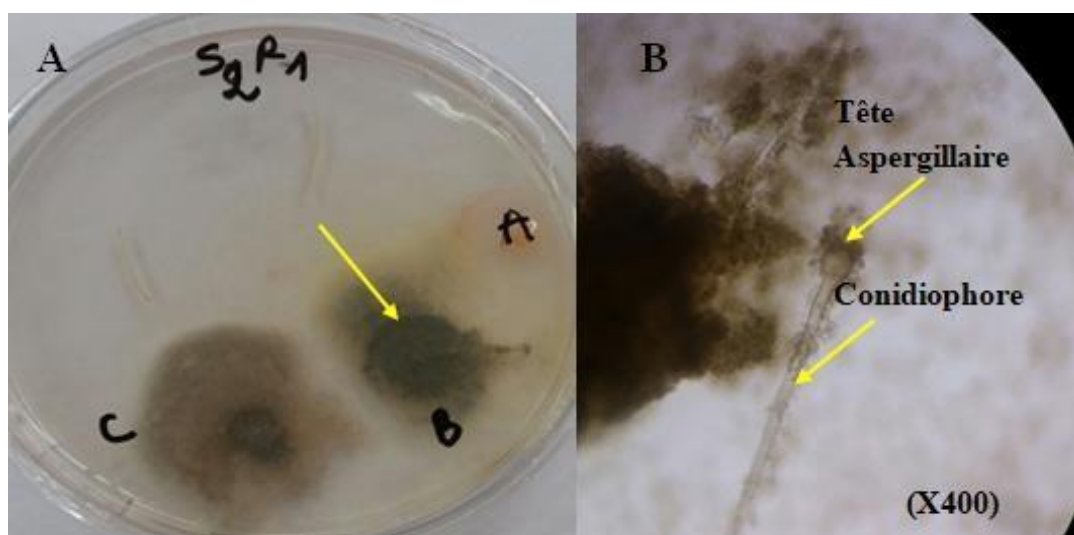


Figure 16 : aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre *Aspergillus*.

2.2. *Penicillium*

Penicillium est un champignon ubiquiste, dont le développement se fait à partir de substances organiques ou de végétaux en décomposition. De ses micro-colonies naissent de multiples spores, qui sont dispersées dans l'air ambiant (Al-Doory et *al.*,1984).

Les *Penicillium* se développent rapidement et facilement sur les milieux de culture utilisés et se développent à des températures modérées de l'ordre de 20-27°C. Après 3-4 jours d'incubation, la sporulation va conférer aux colonies leur teinte, le plus souvent dans les tons vert, vert bleu, vert-gris, vert jaune, gris-bleu (Tabuc, 2007) (Figure 17 A).

Sur le plan microscopique, il s'agit d'un champignon dont les filaments sont hyalins et septé. Les conidiophores ramifiés ou non, donnent naissance à des métules. Ces métules forment elles-mêmes des phialides cylindriques organisées en pinceaux, qui produisent les conidies (spores qui peuvent être lisses ou rugueuses), rangées en chaînes non ramifiées (Patterson et *al.*, 2009) (Figure 17 B).

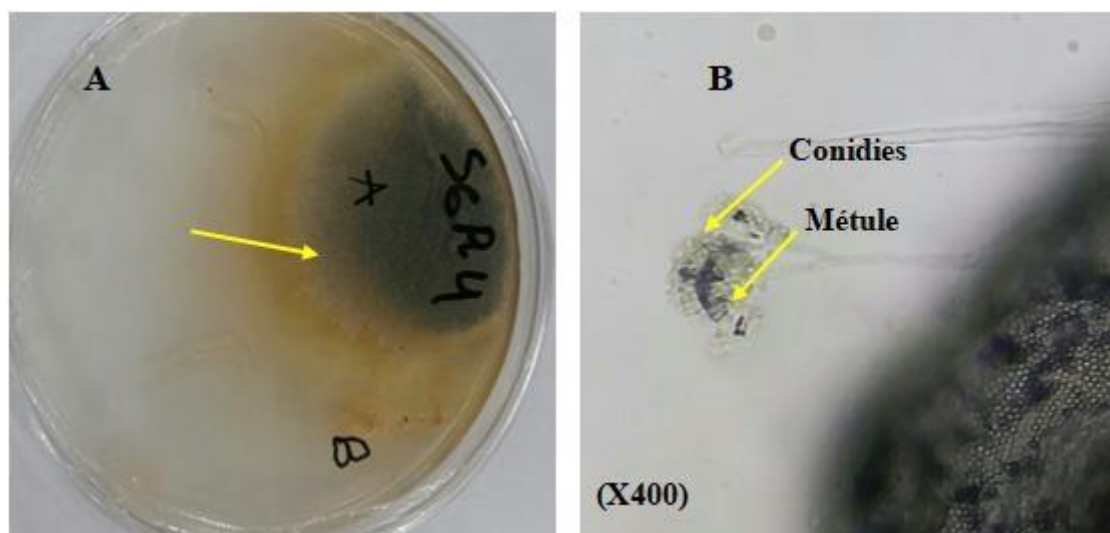


Figure 17 : aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre *Penicillium*

2.3. *Rhizoctonia*

Rhizoctonia regroupe des espèces de champignons Basidiomycota, de l'ordre des Cantharellales et de la famille des Ceratobasidiaceae (Kühn, 1858). Dans la nature, les espèces appartenant au genre *Rhizoctonia* se reproduisent de façon asexuée et existent principalement sous forme de mycélium et/ou de sclérotés végétatifs (Ceresini, 1999).

Ce champignon constitue un ensemble d'espèces comprenant des groupes génétiquement distincts, appelés groupe d'anastomose. *Rhizoctonia* ne produit pas de spores asexuées (conidies) et ne produira qu'occasionnellement des spores sexuées (basidiospores) (Ceresini, 1999) (Figure 18 A).

Le champignon en culture apparaît sous forme d'un thalle blanc à marron foncé, à croissance rapide, mycélium sclérotique et moniliforme, de diamètre 30 μm . On trouve de fréquentes constriction au niveau des septa et des ramifications. Les ramifications forment des angles de 45° à 90° qui sont souvent coenocytiques (Sneh et *al.*, 1991) (Figure 18 B).

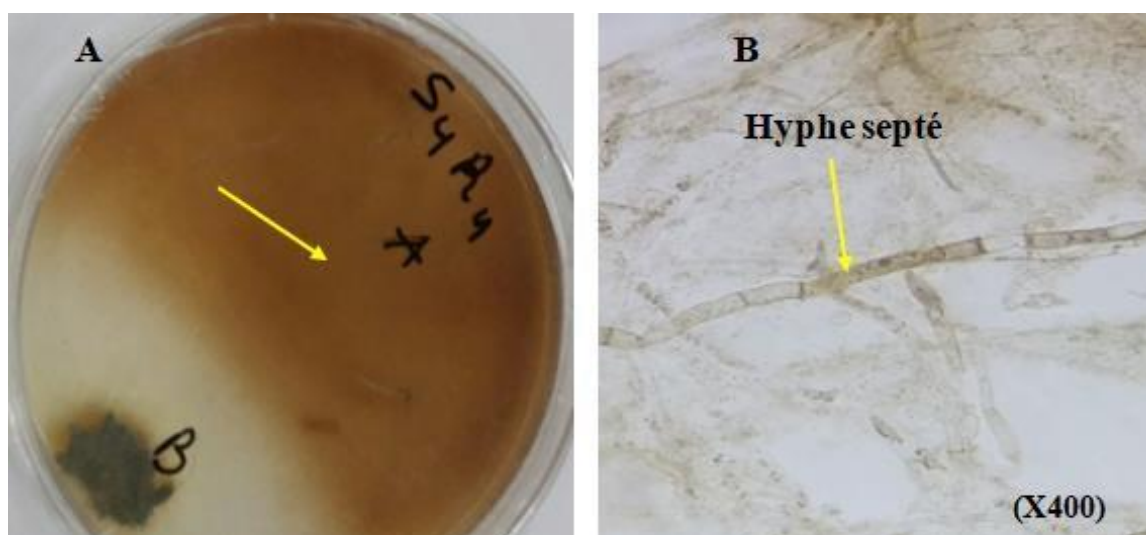


Figure 18 : aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre *Rhizoctonia*.

2.4. *Fusarium*

Le genre *Fusarium* appartient aux Ascomycota . C'est un champignon cosmopolite, qui peut infecter les sols et les substances organiques. On le trouve dans les zones tropicales, les régions tempérées, les zones désertiques, montagneuses et même arctiques (Bani, 2011). Les espèces de ce genre regroupent beaucoup d'espèces phytopathogènes, susceptibles d'attaquer beaucoup espèces végétales (Debourgogne, 2013).

Les colonies de ce champignon peuvent être duveteuses ou cotonneuses. Elles sont de couleur variable selon l'espèce. Les colonies présentent souvent des nuances roses, jaunes, rouges ou violettes.

L'identification microscopique est basée sur l'aspect des conidies produites par des phialides ou cellules conidiogènes sans collerette. Le genre peut produire plusieurs types de spores incolores, divisées par plusieurs cloisons : les macroconidies, les microconidies, les mésoconidies ou blastoconidies et les chlamydospores. Certaines espèces produisent les quatre variétés, d'autres non. L'aspect de ces conidies, la présence ou l'absence de certaines d'entre elles sont les caractères essentiels d'identification des *Fusarium* (Lyatim, 2008) (Figure 19).

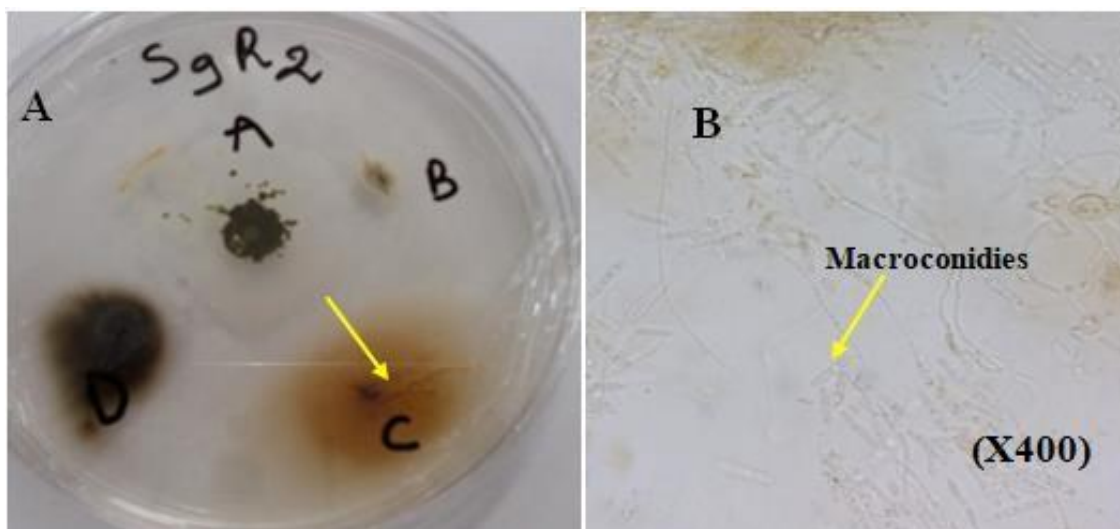


Figure 19 : aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre *Fusarium*

3. Analyse statique

3.1. Analyse de variance (ANOVA)

Le test ANOVA a été appliqué pour tester si une différence significative existe entre les sujets pour les différents composants du cortège des mycoendophytes des racines. p est comparé à un seuil de signification $\alpha = 0,05$. Si p est inférieur à $\alpha = 0,05$, il y'a une différence significative entre les prélèvements d'ortie de la région de Mâatkas. Si p est supérieur à $\alpha = 0,05$, ces différences ne sont pas statistiquement significatives.

Tableau 7 : Résultats de l'analyse de variance (ANOVA).

Genres	Probabilité (p)	comparaison	conclusion
<i>Acremonium</i>	0,02	0,02 < 0,05	Significative
<i>Aspergillus</i>	0,54	0,54 > 0,05	Non significative
<i>Botrytis</i>	0,46	0,46 > 0,05	Non significative
<i>Candidat</i>	0,14	0,14 > 0,05	Non significative
<i>Cladosporium</i>	0,46	0,46 > 0,05	Non significative
<i>Fusarium</i>	0,46	0,46 > 0,05	Non significative
<i>Humicola</i>	0,28	0,28 > 0,05	Non significative
<i>Monilia</i>	0,23	0,23 > 0,05	Non significative
<i>Monodictys</i>	0,46	0,46 > 0,05	Non significative
<i>Penicillium</i>	0,04	0,04 < 0,05	Significative
<i>Rhizoctonia</i>	0,45	0,45 > 0,05	Non significative
<i>Trichoderma</i>	0,46	0,46 > 0,05	Non significative
<i>Trichophyton</i>	0,19	0,19 > 0,05	Non significative

Le tableau ci-dessus montre que 11 genres fongiques ont une différence de distribution non significative, ceci pourrait être expliqué aussi par la répartition homogène de ces champignons au niveau de toutes les racines des sujets échantillonnés et qu'il n'y aurait aucun facteur particulier qui influence leur distribution dans notre station d'étude (Attrassi et *al.*, 2005).

Les différences sont significatives entre les prélèvements que pour les genres *Penicillium* et *Acremonium*. Cette différence significative pour ces champignons pourrait être expliquée par l'effet des facteurs biotiques et abiotiques récurrents au niveau de notre station d'étude (Bhatnagar et Bhatnagar, 2005).

La température est un autre paramètre qui joue un rôle prépondérant dans la croissance mycélienne, elle intervient également dans la sporulation et la germination des spores (Bourgoies, 1989).

3.2. Matrice de corrélation

Pour essayer de comprendre les différentes interactions qui existent entre les genres de mycoendophytes recensés au niveau des racines d'ortie, nous avons fait une matrice de corrélation (Tableau 6). Cette dernière donne des coefficients de corrélation entre les genres de mycoendophytes 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 6 : Matrice des corrélations de Pearson.

	<i>Acremonium</i>	<i>Botrytis</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Humicola</i>	<i>Monilia</i>	<i>Penicillium</i>
<i>Candida</i>	ns	0,78	ns	ns	ns	ns
<i>Monilia</i>	ns	ns	0,69	ns	ns	ns
<i>Monodictys</i>	1,00	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Trichoderma</i>	ns	ns	1,00	ns	0,69	ns
<i>Trichophyton</i>	ns	ns	ns	0,81	ns	-0,66

Des corrélations positives et très fortes sont notées comme celles entre *Acremonium* et *Monodictys* (1,00) et *Fusarium* et *Trichoderma* (1,00). D'autres sont positives mais, moins fortes telles que : *Botrytis* et *Candida* (0,78), *Fusarium* et *Monilia* (0,69), *Humicola* et *Trichophyton* (0,81), *Monilia* et *Trichoderma* (0,69). Les fortes corrélations positives entre deux genres mycoendophytes peut s'expliquer par la nécessité de ces deux champignons d'exister ensemble pour accomplir leurs rôles. Car l'absence de l'un limite la présence de l'autre (c'est une synergie).

Nous avons noté dans cette étude une forte corrélation négative significative entre *Penicillium* et *Trichophyton* (-0,66). Les corrélations négatives pourraient s'expliquer par les relations de dominance et d'envahissement. Ces relations sont notées chez certaines espèces dominantes, qui ont un grand pouvoir de contamination et d'envahissement contre d'autres espèces dites fragiles (Medjeber, 2019). Il existe d'autres corrélations négatives et positives non significatives entre les autres différents mycoendophytes.

4. Analyse en composantes principales des mycoendophytes

Nous avons réalisé une analyse en composantes principales (ACP). Elle nous fournit des indications sur la nature, la force et la pertinence des liens entre les différents sujets et entre les genres de mycoendophytes. Son objectif est donc de faciliter l'interprétation de ces synergies et d'identifier les tendances dominantes de l'ensemble des données.

Le plan 1-2 de l'analyse en composantes principales explique 46% du phénomène, avec pour l'axe 1, 24% et pour l'axe 2, 22% de l'inertie totale. Selon l'axe 1, deux groupes s'individualisent :

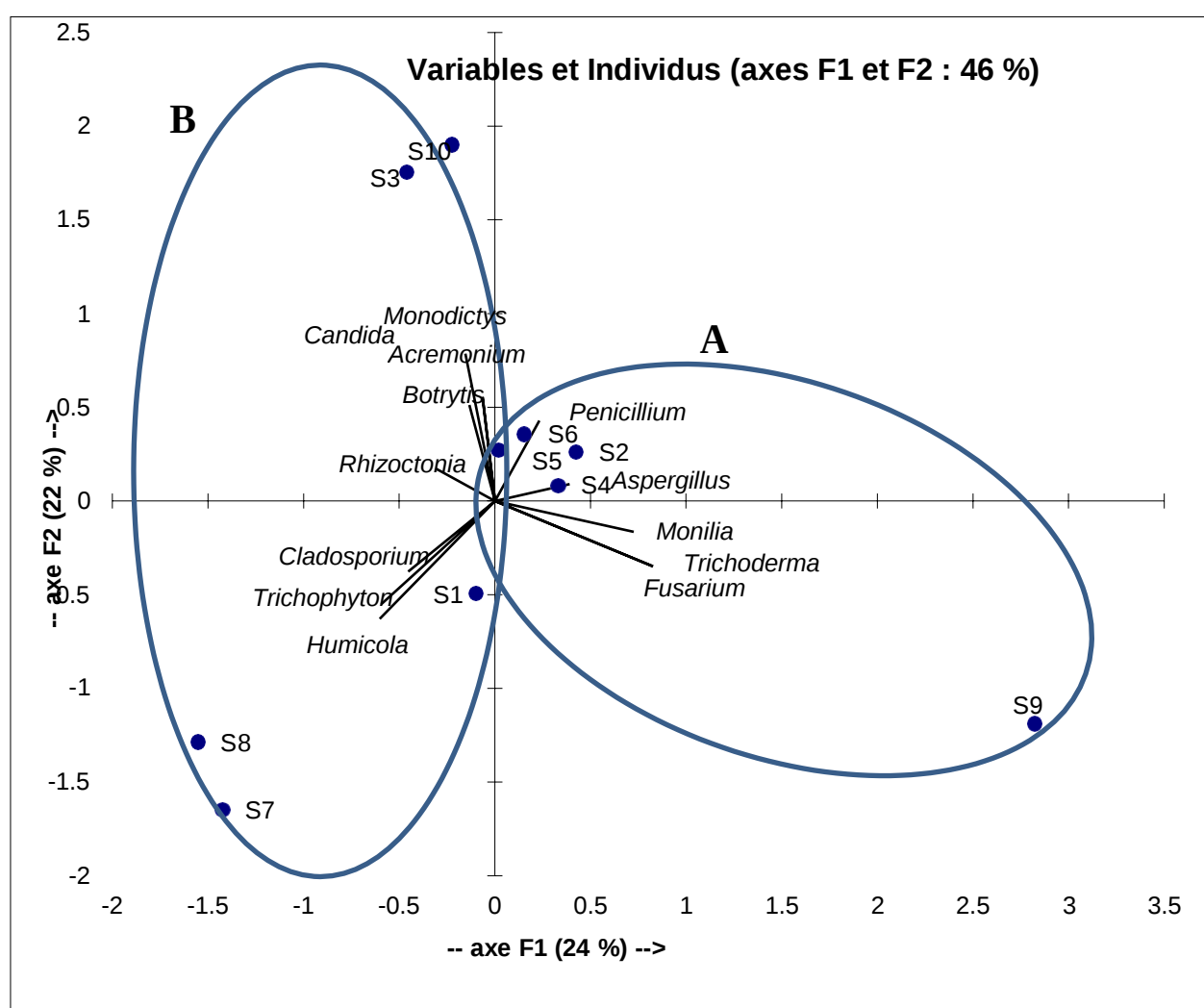


Figure 20 : analyse en composantes principales des champignons endophytes des racines d'ortie de la région de Mâatkas.

Le groupe A inclut les individus 2, 4, 5, 6 et 9. Ce groupe se caractérise par la présence et la dominance du genre *Monilia*, accompagné par les genres *Penicillium*, *Aspergillus*,

Fusarium et *Trichoderma*. Les sujets du groupe comportent aussi des mycoendophytes à forte corrélations positives entre eux tels *Fusarium* et *Trichoderma* (1,00), *Fusarium* et *Monilia* (0,69).

Le groupe B englobe les sujets 1, 3, 7, 8, et 10 qui montrent une dominance du genre *Rhizoctonia* en plus du reste des champignons recensés dans cette étude et présentant de corrélations positives, notamment entre *Acremonium* et *Monodictys* (1,00), *Botrytis* et *Candida* (0,78), *Humicola* et *Trichophyton* (0,81).

La distinction entre les deux groupes A et B est renforcé par les corrélations négatives significatives, en particulier la relation antagoniste entre *Trichophyton* et *Penicillium* (-0,66).

La présence des genres peu abondants dépend des genres dominants. Il semble que chaque genre se caractérise par son propre cortège fongique. En effet, la matrice de corrélation a montré les différentes interactions qui existent entre les différents genres de champignons recensés. Certains genres montrent des interactions synergiques, d'autres sont antagonistes. Les interactions entre ces mycoendophytes dépendent de l'habitat de la plante hôte (Rubini et al., 2005). Arnold (2007) a estimé que des interactions se créent entre les mycoendophytes d'une part et entre les mycoendophytes et la plante hôte d'autre part. Cette dernière interaction est contrôlée par les gènes des deux partenaires (plante et champignons) et est modelée par l'environnement (Morica et Ragazzi, 2008).

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

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

Conclusion générale

Notre présent travail a pour but d'inventorier les mycoendophytes racinaires de l'ortie de Mâatkas (wilaya de Tizi-Ouzou).

L'étude menée sur la mise en évidence des mycoendophytes a été menée sur des racines d'ortie échantillonnées en avril 2022 dans la région de Mâatkas. L'échantillonnage concerne 10 sujets prélevés en bon état phytosanitaire. Afin de montrer la présence et la diversité en champignons endophytes, une culture des fragments de racelles de l'ortie de Mâatkas sur un milieu PDA a été faite, suivie d'une isolation et d'une identification morphologique (macroscopique et microscopique), de genres de champignons endophytes apparus au niveau de ces cultures.

La détermination des souches fongiques sous microscope optique montre une diversité en champignons endophytes. 13 genres fongiques ont été déterminés au niveau des racines de l'ortie de Mâatkas. La majorité des genres recensés sont cosmopolites. Les genres dominants sont *Rhizoctonia*, *Penicillium*, *Monilia* et *Aspergillus*.

Ces résultats ont fait l'objet d'une analyse statistique par un test d'analyse de variance (ANOVA) suite auquel 11 genres sur 13 montrent une différence de distribution entre les sujets non significative à savoir *Aspergillus*, *Botrytis*, *Candida*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Humicola*, *Monilia*, *Monodictys*, *Rhizoctonia*, *Trichoderma*, et *Trichophyton* et 2 genres fongiques ont montré une différence de distribution significative, à savoir : *Acremonium* et *penicillium*.

L'interprétation de ces interactions nous permet de comprendre les liens entre ces différents sujets. L'ACP montre l'individualisation de deux groupes : Le groupe A, et le groupe B. Au niveau de chaque groupe, les mycoendophytes des racines de ses sujets sont corrélés positivement, alors que la distinction entre les deux groupes A et B est renforcée par les corrélations négatives significatives, en particulier la relation antagoniste entre *Trichophyton* et *Penicillium*

Enfin, pour une meilleure connaissance et identification des champignons au niveau des racines d'ortie, ce travail peut être poursuivi par :

- une extraction des métabolites secondaires de ces mycoendophytes ;

- étendre cette étude à différentes populations d'ortie présentes en Algérie et même en Afrique du Nord ;
- étudier l'interaction existant entre la plante et ces champignons et les avantages que peuvent offrir ces derniers à leurs hôtes.

Références bibliographiques

- **Albrechtsen B.R., Björkén L., Varad A., Hagner Å., Wedin M., Karlsson J., et Jansson S. 2010.** Endophytic fungi in European aspen (*Populus tremula*) leaves-diversity, detection, and a suggested correlation with herbivory resistance. *Fungal Diversity*. 41: 17-28.
- **Alberton O., Kuyper T.W., et Summerbell R.C. 2010.** Dark septate root endophytic fungi increase growth of Scots pine seedlings under elevated CO₂ through enhanced nitrogen use efficiency. *Plant Soil*. 328: 459-470.
- **Al-Doory Y., et Domson J.F. 1984.** Mould allergy. Ed Lea et Febiger. 27 - 40
- **Al-mahi I., Al-tahir I., et Idris E. 2013.** Antibacterial activity of endophytic fungi extracts from the medicinal plant *Kigelia africana*. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*..5(1): 1-9
- **Arnold A.E., et Lutzoni F., 2007.** Diversity and host range of foliar fungal Endophytes:are tropical leaves biodiversity hotspots? *Ecology*. 88(3): 541-549.
- **Arnold A.E., Maynard Z., Gilbert G.S., Coley., P.D., Kursar, T.A. 2000.** Are Tropical fungal endophytes hyperdiverse? *Ecology Letters*3: 267-274.
- **Arnold A.E., Mejia L.C., Kyllo D., Rojas E.I., Maynard Z., Robbins N., Herre E.A., 2003.** Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 100: 15649-15654.
- **Attrassi B., Marabet A., Douira K., Ounine., et El Haloui. 2005.** Etude de la valorisation agronomique des composts des déchets ménagers Atelier biotechnologies au maroc 2-5
- **Bhatnagar A., et Bhatnagar M. 2005.** Microbial diversity in desert ecosystems. *Current Science*. 89 :1-10.
- **Barrow J.R. 2003.** Atypical morphology of dark septate fungal root endophytes of *Bouteloua* in southwestern USA rangelands. *Mycorrhiza*. 13: 239-47.
- **Berbee M.L. 2001.** The phylogeny of plant and animal pathogens in the Ascomycota. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 59 : 165-187.

- **Dhanalakshmi R., Umamaheswari S., Sugandhi P., et Arvind Prasanth D. 2013.** Biodiversity of the endophytic fungi isolated from *Moringa oleifera* of yercaud hills. International journal of pharmaceutical sciences and research.4(3): 1064-1068.
- **Dupont J. 2007.** Etude des bases moléculaires de l'interaction symbiotique de champignons endophytes et de la plante hôte *cephalotaxus drupacea*.
- **Ellouz O. 2011.** Diversité des champignons endophytes mycorrhiziens et de classe II chez le pois chiche, et influence du génotype de la plante. Département de Sciences Biologiques. Thèse de Doctorat. Institut de recherche en biologie végétale. Faculté des Arts et des Sciences Université de Montréal. 113p.
- **Fitter A.H., Helgason T., et Hodge A. 2011.** Nutritional exchanges in the arbuscular mycorrhizal symbiosis : Implications for sustainable agriculture. Fungal biology reviews. 25: 68-72.
- **Gamboa M.A. et Bayman P. 2001.** Communities of endophytic fungi in leaf of tropical timber (*Guarea guidonia*) Meliaceae. Biotropica. 33 : 352-360.
- **Gasser I., Cardinale M., Müller H., Heller S., Eberl L., Lindenkamp N., Kaddor C., Steinbüchel A., Berg G. 2011.** Analysis of the endophytic life style and plant growth promotion of *Burkholderia terricola* ZR2-12. Plant Soil 347:125–136.
- **Ghimire S.R., Charlton N.D., Bell J.D., Krishnamurthy Y.L., et Craven, K.D. 2011.** Biodiversity of (*Panicum virgatum* L.) fungal endophyte communities inhabiting switch Grass growing in the native tall grass prairie of northern Oklahoma. Fungal Diversity 47: 19-27.
- **Hamilton C.E., Gundel P.E., Helander M., et Saikkonen K., 2012.** Endophytic mediation of reactive oxygen species and antioxidant activity in plants: a review. Fungal Diversity. 54: 1-10.
- **Harman G.E. 2000.** Myths and dogmas of biocontrol : changes in perceptions derived From research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant Dis. 84: 377-393.
- **Harman G.E., Howell C.R., Viterbo A., Chet I., et Lorito M. 2004.** *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology.2: 43-56.
- **Hawksworth D.L. 2001.** The magnitude of fungal diversity : the 1.5 million species Estimate revisited. Mycological Research.105: 1422-1431.

- **Heckman D.S., Geiser D.M., Eidell B.R., Stauffer R.L., Kardos N.L., Hedges S.S. 2001** Science. 293: 1129-1133.
- **Carroll G.C., et Carroll F.E. 1978.** Studies on the incidence of coniferous needle endophytes in the Pacific Northwest. Canadian Journal of Botany.56: 3034-3043.
- **Collado J., Platas G., Gonzalez I., et Pelaez F. 1999.** Geographical and seasonal influences on the distribution of fungal endophytes in *Quercus ilex*. New Phytol 14: 525-532
- **Higgins K.L., Arnold A.E., Miadlikowska J., Sarvate S.D., et Lutzoni F. 2007.** Phylogenetic relationships, host affinity, and geographic structure of boreal and arctic endophytes from three major plant lineages. Molecular Phylogenetics and Evolution.42 : 543–55.
- **Hoff B.A., Klopfenstein N.B., Mc Donald G.I., Tonn J.R., Kim M.S., Zambino P.J., Hessburg P.F., Rogers J.D., Peever T.L., Carris L.M. 2004.** Fungal endophytes in woody roots of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) and ponderosa pine (*Pinus ponderosa*). Forest Pathology.34 : 255-271.
- **Huang W.Y., Cai, Y.Z., Surveswaran S., Hyde K.D., Corke H., et Sun M. 2009.** Molecular phylogenetic identification of endophytic fungi isolated from three *Artemisia* species. Fungal Diversity. 36 : 69-88.
- **Hyde K.D., et Soyong k. 2008.** The endophytic fungi dilemma. Fungal diversity. 33: 163-173.
- **James T.Y., O'Donnell K. 2004.** Zygomycota Microscopic 'Pin' or 'Sugar' Molds A Phylogeny for kingdom fungi 872- 884 (13p)
- **Jones M.D.M., From I., Gadelha C., Egan M.J., Bas D., Massana R., Richards T.A. 2011.** Discovery of novel intermediate forms redefines the fungal tree of life. Nature. 474 : 200-203.
- **Jumpponen A., et Trappe J. 1998.** Dark septate endophytes : a review of facultative biotrophic root-colonizing fungi. New Phytologist.140 : 295-310.
- **Kiffer E., et Morellet M. 1997.** Les Deuteromycetes : classification et clés d'identification générique. Edition (INRA). Paris. France. 1-7p

- **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. Departement of Microbiology. University of Karachi Pakistan : 75-270.

- **Khidir H.H., Eudy D.M., Porras-Alfaro A., Herrera J., Natvig D.O., Sinsabaugh R.L. 2010.** A general suite of fungal endophytes dominate the roots of two dominant grasses in a semi arid grassland. *Journal of Arid Environments*. 74 : 35-42.

- **Kogel, K.H., Franken, P., et Hucklhoven R. 2006.** Endophyte or parasite-What decides ? *Current Opinion in Plant Biology*. 9 (4) : 358-363.

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

- **Lakshman H.C., et Kurandawad J.M. 2013.** Diversity of the endophytic fungi isolated from *Spilanthes acmella* L. a promising medicinal plant. *Int J Pharm Bio Sci* 4(2): 1259-1266.

- **Lee, H.B., Kim, K.M. et Jung, H.S. 2005.** *Paraphaeosphaeria recurvifoliae*, a new species causing leaf spots and necrosis on *Yucca recurvifolia*. *Fungal Diversity*. 20 : 71-81.

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

- **Linares D.R.A. 2010.** Characterization of tomato root-endophytic fungi and analysis of their effects on plant development, on fruit yield and quality and on interaction with pathogen *Verticillium dahlia*. Dissertation zur Erlangung des akademischen grades “doctor rerum naturalium” der Wissenschaftsdisziplin “biologie”. eingereicht an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam. 202 p.

- **Lopez-Quintero C.A., Atanasova I., Franco-Molano A.E., Grams W., Komon-Zelazowska M., Muller W.H., Boekhout T., Druzhinina I. 2013.** DNA barcoding survey of *Trichoderma* diversity in soil and litter of Colombian lowland Amazonian rainforest reveals *Trichoderma strigosellum* sp. nov. and other species. *Antonie van Leeuwenhoek*. 104 : 657-674.

- **Lutzoni F., Kauff F., Cox C.J., Mclaughlin D., Celio G., Bryn Dentinger, Mahajabeen Padamsee H.D. et al. 2004.** Assembling the fungal tree of life: progress, classification, and evolution of subcellular traits *American Journal of Botany*. 91(10) : 1446-1480.
- **Mandyam K., et Jumpponen A. 2005.** Seeking the elusive function of the root colonising dark septate endophytic fungi. *Studies in Mycology*. 53 : 173-189.
- **Marquez L.M., Redman R.S., Rodriguez R.J., Roossinck M.J. 2007.** A virus in a fungus in a Plant: Three-Way Symbiosis Required for Thermal Tolerance. *Science*. 315 : 513-515.
- **Mayerhofer M.S., Kernaghan G., et Harper K.A., 2012.** Harper The effects of fungal root endophytes on plant growth : a meta-analysis. *Mycorrhiza*. 23(2): 119-28.
- **Mitchell A.M., Strobel G.A., Hess W.M., Vargas P.N., Ezra D. 2008.** *Muscodor crispans*, a novel endophyte from *Anans ananassoides* in the Bolivian Amazon. *Fungal Diversity*. 31: 37- 43.
- **Moricca S., et Ragazzi A. 2008.** Fungal endophytes in Mediterranean oak forests: A lesson from *Discula quercina*. *Phytopathology*. 98 : 380-386.
- **Musavi S.F., et Balakrishnan R.M. 2014.** A Study on the Antimicrobial Potentials of an Endophytic Fungus *Fusarium oxysporum* NFX 06. *Journal of Medical and Bioengineering*. 3 : 162-166.
- **Petrini O. 1991.** Fungal endophytes of tree leaves. In : *Microbial Ecology of Leaves* (eds. I.A. Andrews and S.S. Hirano). Springer-Verlag, New York : 179-197.
- **Petrini O., Sieber T.N., Toti L., et Viret O., 1992.** Ecology, Metabolite Production, and Substrate Utilization in Endophytic Fungi. *Natural Toxins*. 1: 185-196.
- **Promptutha I., Lumyong S., Dhanasekaran V., McKenzie E.H.C., Hyde H.D., Jeewon R.A. 2007.** Phylogenetic evaluation of whether endophytes become saprotrophs at host senescence. *Microbial Ecology*. 53: 579-590.
- **Purahong W., et Hyde K.D. 2011.** Effects of fungal endophytes on grass and nongrass litter decomposition rates. *Fungal Diversity*. 47 : 1-7.
- **Rodriguez R.J., White J.F., Arnold A.E., et Redman R.S., 2009.** Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytologist*. 182 : 314-330.

- **Saikkonen K., Faeth S.H., Helander M., Sullivan T.J. 1998.** Fungal Endophytes: a continuum of interactions with host plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*.29 : 319-343.
- **Schulz B., Boyle C., Draeger S., Römmert A.K., et Krohn K. 2002.** Endophytic fungi: a source of novel biologically active secondary metabolites. *Mycological Research*. 106 : 9996-1004.
- **Seiber T.N. 2002.** Fungal root endophytes. In Waisel. Y ., Eshel A. et Kafkafi U. (eds). *Plant roots : the hidden half*. Marcel Dekkert Inc. 887-917.
- **Stone J.K., Polishook J.D., White J.F. 2004.** endophytic fungi .in Muller G.M., BillsG.F et Foster M.S. (eds). *Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods*. Elsevier Academic Press. 241-269.
- **Tabuc C. 2007.** Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse de Doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse. Université de Bucarest. Spécialité : Pathologie, Mycologie, Genetique et Nutrition UPSP de Mycotoxicologie, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse Laboratoire Biologie Animale. 190p.
- **White M.M., James T.Y., O'Donnell K., Cafaro M.J., Tanabe Y., Sugiyama J. 2006.** Phylogeny of the Zygomycota based on nuclear ribosomal sequence data. *Mycologia*. 98 (6) : 872-884.
- Wilson D. 1995.** Endophyte-the evolution of a term, and clarification of its use and definition. *Oikos*. 73: 274-276.
- **Zhang H.W., Song Y.C., et Tan R.X. 2006.** Biology and chemistry of endophytes. *Natural Product Reports*. 23 : 753-771.

Résumé

L'ortie (*Urticadioica* L.), est une plante herbacée de la famille des Urticacées, utilisée depuis des millénaires dans de nombreuses pathologies. Le présent travail est basé sur l'isolement et l'identification des mycoendophytes présents dans les racines de cette plante. Ces champignons vivent en interaction complexe avec les plantes où les deux partenaires tirent profit. L'échantillonnage a été fait dans la région de Mâatkas (Tizi-Ouzou) en mois d'Avril 2022 sur dix sujets. Des fragments de racines ayant un diamètre de 0,5 mm, sont ensemencés dans un milieu nutritif (PDA). Les analyses macroscopiques et microscopiques des souches isolées ont révélé que 81% de ces mycoendophytes sont rangés dans le phylum Ascomycota, alors que 19% sont des Basidiomycota. 13 genres fongiques sont identifiés à savoir *Acremonium*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Candida*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Humicola*, *Monilia*, *Monodictys*, *Penicillium*, *Rhizoctonia*, *Trichoderma*, *Trichophyton*. L'analyse statistique a révélé une dominance du genre *Rhizoctonia*. Les interactions existantes entre les différents taxons recensés ont un impact très important sur leur biodiversité au niveau des racines d'ortie.

Mots clés : *Urticadioica* L., mycoendophytes, racines, diversité, Mâatkas (Tizi-Ouzou).

Abstract

Urticadioica L., is an herbaceous plant belonging to the family of Urticaceae that has been used for centuries against a variety of diseases. The present work is based on the isolation and preliminary identification of endophytic fungi present in the roots of *Urtica dioica* but also to show the possible existing dominance those fungi live in a complex interaction with plants where both partners benefit. Sampling was done in the region of Maatkas (Tizi-Ouzou) on April 2022. Fragments of roots taken from ten selected subjects, and having a diameter included 0,5 mm, are seeded in a PDA medium in Petri dishes. Macroscopic and microscopic analyses revealed that 81% of these mycoendophytes are ranked in the phylum Ascomycota, while 19% are Basidiomycota, 13 fungal genera are identified as *Acremonium*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Candida*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Humicola*, *Monilia*, *Monodictys*, *Penicillium*, *Rhizoctonia*, *Trichoderma*, *Trichophyton*. Statistical analysis revealed a dominance of *Rhizoctonia*. The existing interactions between the different taxa identified have a very important impact on their biodiversity at the level of the nettle roots.

Key words : *Urticadioica* L., Endophytic fungi, roots, diversity, Mâatkas (Tizi-Ouzou)