

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI TIZI-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques

Département Ecologie et environnement



Mémoire en vue d'obtention du diplôme de Master 2

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Biodiversité et Ecologie Végétale

Thème

**Diversité des mycoendophytes des rhizomes de la
posidonie : *Posidonia oceanica* de la région de
Tigzirt (Tizi-Ouzou) Algérie**

Présenté par : BELHOCINE Chabha

Le : 27 /09/2022

Devant le jury composé de :

Président : M^{me} GHAZI-YAKER A.

MAA à l'UMMTO.

Promotrice : M^{me} SAADOUN N.

Professeur à l'UMMTO.

Co-promotrice : M^{elle} MECHIAH F.

Doctorante à l'UMMTO.

Examineur : M^{elle} OUZID Y.

MCB à l'UMB Boumerdes.

2021/2022

Remerciements

Au terme de cette étude, je tiens d'abord et avant tous de remercier le dieu tout puissant de m'avoir guidé et pour le courage, la patience, la santé et la volonté pour pouvoir accomplir ce modeste travail.

Mes sincères remerciement à ma promotrice, le professeur SAADOUN N., directrice du laboratoire « Ressources Naturelles » de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour m'avoir proposé ce sujet et d'accepter de m'encadrer. J'ai l'honneur et le grand plaisir de travailler sous votre direction.

Ma sincère gratitude pour ma Co-promotrice, M^{elle} MECHIAH F., de m'avoir dirigé et pour sa disponibilité, ses fructueux conseils, ses encouragements et sa guidance qui m'a permis de réaliser ce travail et découvrir avec elle le monde des champignons de plus près. Nos sincères reconnaissances pour elle.

Je tiens à remercier aussi Madame M^{me} GHAZI-YAKER A. d'avoir accepté de présider le jury de soutenance et d'examiner mon travail.

Je remercie également Mademoiselle M^{elle} OUZID Y. d'avoir accepté de faire partie du jury afin d'examiner ce travail.



Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour.

*Au premier Homme de ma vie, mon précieux bijou qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect mon chère père **BELHOCINE Brahim**.*

*À la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse, mon adorable mère **MEZIANE Yamina***

*À mes chères sœurs **Yamina, Ghenima, Lydia et Thanina** que dieu renforce notre fraternité, vous protège et vous offre la chance et le bonheur du monde.*

À mon fiancé qui n'a pas cessé de m'encourager de me soutenir, que le bon dieu te protège, et t'offre la chance et le bonheur.

*À mes Grands-mères **Ghenima et Dahbia** que dieu vous donne une longue et joyeuse vie.*

À toute ma famille mes oncles et mes tantes, mes cousines et cousins.

À ma belle famille .

*À mes amies **Kathia et Fatiha** je leur souhaite toute la réussite du monde.*

*À toute la promotion de **B.E.V** 2021 /2022.*

À la mémoire de mes défunts :

*Mon premier accompagnant à l'école mon Grands- père **BELHOCINE Salem**, paix à son âme.*

*Ma deuxième maman, ma chère tante **MEZIANE Ghenima** qui nous a quitté si tôt, paix à son âme.*

Chahha



Liste des figures

- Figure n° 1.** Multiplication végétative (en haut du schéma), et le cycle monogénétique halophasique du *Mucor* en bas du schéma) (Roland et Vian, 1985).6
- Figure n° 2.** Classification à jour du niveau de phylu des champignons (Tedesoo et Aberkanov, 2018).8
- Figure n°3.** Représentation de l'association des mycoendophytes avec leurs hôtes. (A) différents localisation des mycoendophytes dans les tissus végétaux (B) la localisation des différentes classes d'endophytes (Kusari et pitler, 2012).12
- Figure n° 4.** Cycle de vie du champignon endophyte *Neotyphodium* transmis verticalement (Repussard et *al.*, 2013).13
- Figure n°5.** Cycle de vie d'un champignon endophyte foliaire chez une plante tropicale transmis horizontalement (Herre et *al.*, 2007).14
- Figure n°6.** Répartition de *Posidonia oceanica* le long des côtes méditerranéennes (Wanggeluwe, 2007).20
- Figure n° 7.** Rhizomes plagiotopes de *p.oceanica* dont partent vers le haut deux rhizomes orthotropes vers le bas des racines. Chaque rhizome porte un faisceau de feuilles (Boudouresque et Meinsz, 1982).21
- Figure n° 8.** Fruit de posidonie (olive de mer). (A) début de fructification, (B) fruit mûrs (Lafabrie, 2007).22
- Figure n°9.** Images satellites montrant la localisation de l'îlot de Tizirt et la situation des points des lieux d'échantillonnage (Google Earth, 2022).27
- Figure n° 10.** Présentation de diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson pour la région de Tizirt (2006-2020).29
- Figure n° 11.** Position de la région de Tizirt dans le climagramme d'Emberger (2006-2020).30

Figure n°12. Coullage des milieux de cultures boites de Pétri (photos personnelles).	32
Figure n°13. Mise en culture des fragments de rhizomes de posidonie (photos personnelles).	33
Figure n° 14. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre <i>Cladosporium</i>	37
Figure n° 15. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre <i>Phoma</i>	38
Figure n°16. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre <i>Neoscytalidium</i>	39
Figure n° 17. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre <i>Penicillium</i>	39
Figure n° 18. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre <i>Aspergillus</i>	40
Figure n° 19. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre <i>Rhizoctonia</i>	41
Figure n°20. Abondances des genres mycoendophytes recensés dans les rhizomes de la posidonie.	41
Figure n°21. Analyse composante principale représentant les genres de champignons endophytes des prélèvements des rhizomes de <i>Posidonia oceanica</i> de la région de Tizirt....	46
Figure n° 22. Analyse composante principale globale représentant les genres de champignons épiphytes et endophytes des prélèvements des rhizomes de <i>Posidonia oceanica</i> de la région de Tizirt.	49

Liste des tableaux

Tableau n° 1. Températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la région de Tizirt enregistrée durant la période allant de 2006 à 2020.	28
Tableau n° 2. Précipitations moyennes mensuelles et annuelles pour la région de Tizirt enregistrés durant la période allant de 2006 à 2020.	28
Tableau n°3. Donnés et variables calculées et utilisées dans la classification bioclimatique de la zone d'étude (Tizirt).	30
Tableau n°4. Classification des mycoendophytes isolés des rhizomes de <i>Posidonia oceanica</i>	36
Tableau n° 5. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA).	44
Tableau n° 6. Récapitulatif des interactions entre les genres mycoendophytes des rhizomes de <i>Posidonia oceanica</i> de la région de Tizirt.....	45
Tableau n°7. Récapitulatif de matrice de corrélation entre les champignons épiphytes et endophytes recensés.	48

Liste des figures

Liste des tableaux

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre 1.Généralités sur les Champignons	4
1. Introduction	5
2. Mode de vie	5
2.1. Saprophytisme	5
2.2. Parasitisme	5
2.3. Symbiose	5
4. Reproduction chez les champignons.....	6
4.1. Reproduction asexuée	7
4.2. Reproduction sexuée.....	7
5. Systématique des champignons	7
5.1. Chytridiomycota.....	8
5.2. Mucoromycota.....	9
5.3. Glomeromycota	9
5.4. Dikarya.....	9
6. Champignons endophytes	10
6.1. Introduction	10
6.2. Biodiversité des champignons endophytes	11
6.3. Classification des champignons endophytes	11
6.4. Mode de transmission	13

6.5.	Relation plante-endophyte.....	14
6.6.	Ecologie des mycoendophytes	15
6.7.	Rôles des mycoendophytes	15
7.	Champignons des milieux marins.....	16
7.1.	Introduction	16
7.2.	Diversité des champignons marins	16
Chapitre 2. La posidonie <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile		18
1.	Introduction	19
2.	Systématique.....	19
3.	Répartition géographique	19
4.	Description de la posidonie	20
4.1.	Racines.....	21
4.2.	Rhizomes.....	21
4.3.	Feuilles	21
4.4.	Fleurs.....	22
4.5.	Fruits	22
4.6.	Matte	23
5.	Cycle de vie	23
5.1.	Reproduction sexuée.....	23
5.2.	Reproduction asexuée	23
6.	Ecologie de la posidonie	24
6.1.	Luminosité.....	24
6.2.	Température.....	24
6.3.	Hydrodynamisme	24
7.	Champignons endophytes de la Posidonie	24

Chapitre 03. Matériel et méthodes	26
1. Description de la zone d'étude	27
2. Bioclimat	27
2.1. Températures.....	27
2.2. Précipitations	28
2.3. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).....	29
2.4. Climagramme d'Emberger (1955).....	29
3. Echantillonnage sur terrain.....	31
4. Préparation du milieu de culture.....	31
4.1. Composition	31
4.2. Préparation.....	31
4.3. Stérilisation superficielle des rhizomes.....	32
4.4. Mise en culture des fragments des rhizomes.....	32
5. Identification des souches fongiques	33
5.1. Identification macroscopique	33
5.2. Identification microscopique	33
6. Analyse statistique	34
6.1. Abondance des genres.....	34
6.2. Analyse de la variance (ANOVA).....	34
6.3. Analyse en composantes principales (ACP)	34
Chapitre 4. Résultats et discussion	35
1. Inventaire des genres fongiques identifiés	36
2. Description macroscopique et microscopique de quelques genres recensés	37
2.1. <i>Cladosporium</i>	37
2.2. <i>Phoma</i>	38

2.3. <i>Neoscytalidium</i>	38
2.4. <i>Penicillium</i>	39
6.4. <i>Aspergillus</i>	40
2.5. <i>Rhizoctonia</i>	40
3. Abondance des genres recensés.....	41
4. Analyse de la variance	43
5. Analyse en composantes principales (ACP)	44
6. Analyse en composant principale globale (Endophytes-Epiphytes)	47
Conclusion générale	51
Références bibliographiques	54

Introduction générale

Introduction générale

Les champignons constituent une des lignées les plus diverses des eucaryotes (Blackwell, 2011). Ils sont perçus comme l'un des groupes les plus importants, en raison de leur fonction vitale dans les écosystèmes (Muller et Schimt, 2007). Ils se retrouvent sur tous les continents, à toutes les latitudes et prolifèrent dans tous les écosystèmes terrestres et aquatiques (Roy-Bolduc, 2012).

Plusieurs travaux scientifiques ont prouvé que les champignons peuvent coloniser les plantes (Kouadria et *al.*, 2018), en les aidant à survivre dans des conditions environnementales extrêmes en sécrétant des métabolites secondaires bénéfiques. Parmi plus de trois cent mille plantes sur terre, ou presque toutes les espèces végétales avaient divers champignons endophytes dans leurs tissus (Strobel, 2003).

Les milieux marins sont caractérisés par une pléthore de microorganismes encore méconnus. Une grande partie de cette diversité microbienne est constituée de champignons marins (Panno et *al.*, 2011). Ces organismes vivent aux dépens de substrats organiques, dont ils tirent l'énergie grâce à un arsenal d'enzymes, tout comme leurs homologues terrestres (Liberra et Lindquist, 1995). Ce sont des organismes extrêmement importants d'un point de vue écologique englobant les saprotrophes, les parasites, les mycophycobiontes et les endophytes (Panno et *al.*, 2011). La diversité fongique marine a été estimée à plus de 10000 espèces (Jones, 2011; Jones et Pang, 2012), et environ 1 250 espèces ont été décrites (Raghukumar, 2017).

Selon Stanely (1992), ces organismes établissent des interactions importantes avec les plantes vasculaires marines. Parmi ces plantes on cite : *Posidonia oceanica* (L.) Delile, une des espèces endémiques méditerranéennes les plus importantes par ses prairies, qui forment des écosystèmes précieux et qui offrent une grande variété de services écosystémiques, à la fois écologiques et socio-économiques (Blanco-Murillo et *al.*, 2022), en fournissant de la nourriture, un substrat et un abri pour d'autres espèces (Vassallo et *al.*, 2013), ainsi qu'une mycoflore très riche, qui peut jouer un rôle écologique important dans les milieux marins, mais peut également être très utile dans différents domaines biotechnologiques (Panno et *al.*, 2013).

Introduction générale

Afin de mettre en évidence la présence, ainsi que la composition et l'abondance des mycoendophytes de la posidonie de la région de Tizirt, nous avons choisi ses rhizomes comme matériel végétal pour notre étude. L'objectif de ce présent travail est d'établir un inventaire des champignons endophytes des rhizomes de la posidonie: *Posidonia oceanica* de la région de Tizirt (Tizi Ouzou). Aucune étude ne s'est intéressée à cet aspect dans notre pays. Ce travail rentre dans le cadre des thèmes de recherche du laboratoire Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.

Après une introduction générale, nous avons subdivisé ce travail en 4 chapitres :

- Chapitre 1 : il comporte une synthèse bibliographiques sur les champignons en général et marins en particulier.
- Chapitre 2 : S'intéresse à la description de la Posidonie (*Posidonia oceanica*).
- Chapitre 3 : il décrit le matériel et les méthodes utilisées dans ce travail.
- Chapitre 4 : il présente les résultats obtenus avec leur discussion.

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

Chapitre 1. Généralités sur les Champignons

Chapitre 1. Généralités sur les champignons

1. Introduction

Les champignons présentent l'un des plus importants groupes d'organismes (Muller et Schimt, 2007). Ils constituent un ensemble très diversifié que l'on estime, bien que les chiffres soient approximatifs à un million d'espèces ; seulement 14% de ces organismes ont été découverts (Hawksworth, 2004).

Anciennement, ils ont été considérés comme des végétaux, mais aujourd'hui ils constituent un règne autonome à part, appelé Mycota (Reboux et *al.*, 2010). Ils sont uni ou pluricellulaires, dépourvus de chlorophylle, ce qui les distingue nettement du règne végétal (Chabasse et *al.*, 2002). Ils incluent des espèces macroscopiques (Macromycètes) et d'autres microscopiques (micromycètes), d'aspect filamenteux et ramifié (Lüttge et *al.*, 2002).

2. Mode de vie

Selon Robert et Catesson (2000), les champignons sont dépourvus de plastes et incapables de réaliser la photosynthèse. Ils sont hétérotrophes, ils dépendent d'autres êtres vivants pour la satisfaction de leurs besoins nutritifs, suivant leur mode de vie. On peut les classer en saprophytes, parasites et symbiotes.

2.1. Saprophytisme

Les espèces saprophytes se développent au dépens des substances mortes d'origine animales ou végétales (Bouchet et *al.*, 1999). Selon Marouf et Reynaud (2007), les espèces saprophytes jouent un rôle essentiel au sein des cycles biologiques, en « minéralisant les matières végétales ou animales mortes ». On rencontre les champignons saprophytes dans tous les milieux terrestres, les eaux douces et les eaux marines (Robert et Catesson, 2000).

2.2. Parasitisme

D'après Roland et *al.* (2008) et Halary (2009), le parasitisme se définit comme une interaction dans laquelle l'un des partenaires se développe au détriment de l'autre. Les parasites prélèvent les molécules organiques dont ils ont besoin, sur des organismes vivants animaux ou végétaux. Le parasitisme est généralement nuisible et souvent nocif (Bouchet et *al.*, 1999).

2.3. Symbiose

Selon Durrieu (1993), la symbiose est une association à bénéfices réciproques. Raven et *al.* (2000) et Marouf et Reynaud (2007) définissent la symbiose comme une association étroite et durable entre les organismes d'espèces différentes, pouvant appartenir à des règnes

Chapitre 1. Généralités sur les champignons

différents, en équilibre les uns avec les autres et tirant les bénéfices de cette union, mais pouvant vivre séparément.

3. Appareil végétatif

Le thalle est unicellulaire (levure) ou filamenteux, formé de filaments tubulaires cylindriques, ramifiés ou non, à croissance linéaire apicale, dont le diamètre varie selon les espèces de 1 à 2 micromètres, jusqu'à plus de 50 micromètres. L'ensemble des filaments (appelé hyphes) forme le mycélium. Ce dernier est dit « septé », lorsque des cloisons (septa) transversales s'y forment régulièrement, dans les parties actives du mycélium. Ces cloisons sont percées d'un pore central. En absence de cloisons, le mycélium est dit (coenocytique) également nommé siphon (Damous et *al.*, 2008).

4. Reproduction chez les champignons

Les champignons se reproduisent principalement par l'intermédiaire des spores qui sont des structures uni ou multicellulaire, avec diverses formes et tailles capables de reproduire l'espèce parentale après germination. Les spores peuvent se former à travers une voie asexuée ou à travers une voie sexuée (Bouzi, 2015) (Figure n°1).

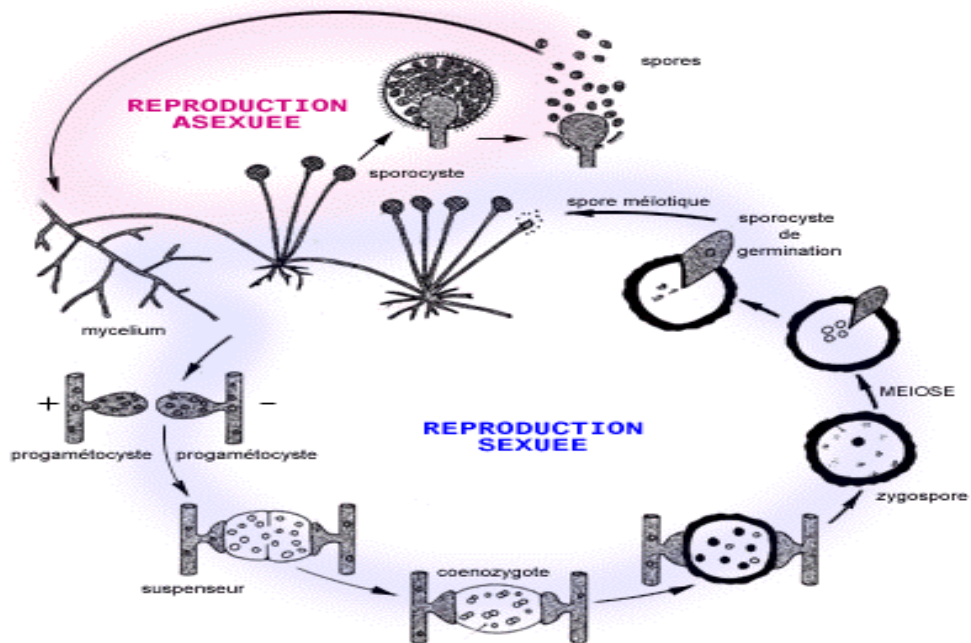


Figure n° 1. Multiplication végétative (en haut du schéma), et le cycle monogénétique halophasique du *Mucor* (en bas du schéma) (Roland et Vian, 1985).

Chapitre 1. Généralités sur les champignons

4.1. Reproduction asexuée

Les spores représentent le mode de reproduction asexuée le plus commun chez les champignons. Elles sont produites soit par les sporocystes, soit à partir des cellules d'hyphes appelées cellules conidiogènes (Raven et *al.*, 2000) .

4.2. Reproduction sexuée

C'est une reproduction qui permet la recombinaison des caractères héréditaires (Larpen et Larpen, 1985). Les organes de reproduction sexuée sont les gamétocystes, à l'intérieur desquels se différencie les gamètes (Amirouche et *al.*, 2009). Le cycle sexuel des champignons se déroule en trois étapes : plasmogamie, caryogamie et méiose (Jennings et Lysk, 1996). La plasmogamie correspond à la fusion cellulaire entre deux cellules haploïdes, la cellule résultante est appelé dicaryon, car elle possède deux types de noyaux haploïdes. Les deux noyaux vont fusionner lors de la caryogamie, puis la méiose va convertir une cellule diploïde en quatre cellules haploïdes (Carlile et Watkinson, 1994).

5. Systématique des champignons

Les champignons représentent le règne le plus riche en espèces de la biosphère (Cordier, 2012). Ce règne est rangé en une dizaine de phyla dont les Chytridiomycota, les Zygomycota, les Glomeromycota, les Basidiomycota et les Ascomycota. Ces deux derniers (classés dans le sous règne des Dikarya) rassemblent la grande majorité des espèces décrites (Laughin et *al.*, 2009 ; Blackwell, 2011). La classification est régulièrement revue et mise à jour. Tedersoo et Abarenkov (2018) ont proposé un schéma de classification de niveau supérieur, actualisé pour les champignons et un arbre de la classification prenant en compte la phylogénie, les temps de divergence et les critères de monophylie (Figure n° 2).

Chapitre 1. Généralités sur les champignons

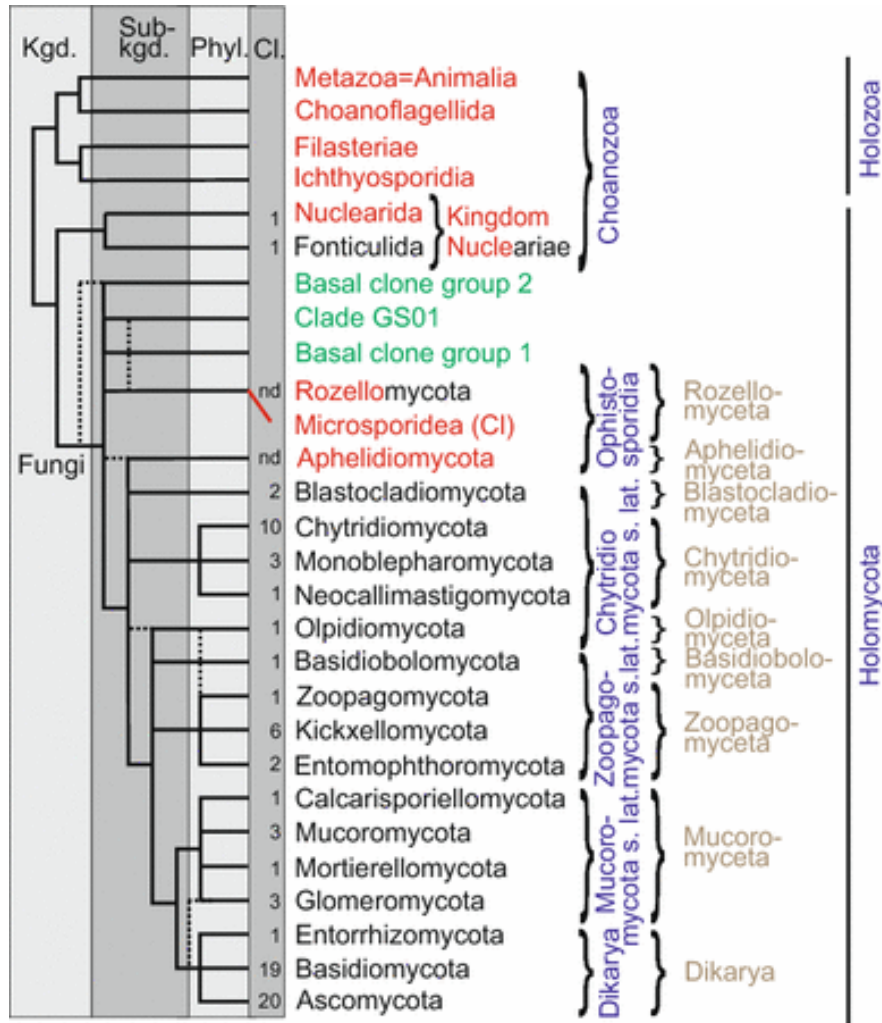


Figure n° 2. Classification des phyla de champignons (Tedesoo et Aberkanov, 2018).

1. Les nombres derrière les branches indiquent le nombre de classe incluses.
2. Les noms en rouge indiquent les taxons traditionnellement considérés dans la nomenclature zoologique.
3. Les noms en vert indiquent les noms non officiels de grands clades non décrit.
4. Les noms en bleu indiquent les anciennes classifications et super et sous-banques taxonomiques.
5. Les noms en marron indiquent les noms des taxons correspondant au rang de sous domaine.

5.1. Chytridiomycota

Ce phylum comprend approximativement 1000 espèces décrites (James et *al.*, 2006). D'après Jennings et Lysk (1996), les organismes de ce phylum sont les seuls champignons à posséder des spores uniflagellés (zoospores). C'est la lignée évolutive la plus ancienne des champignons (James et *al.*, 2006). Elle constitue un clade polyphétylique (Bar-Hen et *al.*, 2008). Les positions basales de ce phylum n'ont jamais pu être clairement établies de façon robuste. La présence des spores flagellés semble restreindre ces organismes au milieu

Chapitre 1. Généralités sur les champignons

aquatique et dans les sols humides (James et *al.*, 2000). Les organismes de ce phylum sont souvent microscopiques, mais peuvent aussi produire le mycélium. La plupart des chytrides sont saprothrophes, aérobies ou anaérobies. Ils sont capable de dégrader un grand nombre de substrats (Shearer et *al.*, 2007).

5.2. Mucoromycota

Ils constituent un groupe ancien de champignons, ayant divergé après les Chytridiomycota (James et *al.*, 2006 ; Bar-Hen et *al.*, 2008). Ce sont des champignons microscopiques, à mycélium siphonné, de diamètre irrégulier, pourvu de noyau non séparé par des cloisons. Ils se présentent sous forme de moisissures (Bouchet et *al.*, 1999). Ils produisent des spores sans flagelles. La reproduction sexuée aboutit à la formation de zygospores (Chabasse, 2008).

Différent modes de vie sont retrouvés ; les plus connues étant le saprophytisme et le parasitisme (Hawksworth, 1991). Ce phylum regroupe approximativement 1065 espèces décrites (Ainsworth et *al.*, 2008).

5.3. Glomeromycota

Historiquement, les organismes de ce phylum étaient placés au sein des Zygomycota, dans l'ordre des Glomérales, un groupe de champignons mycorhiziens à arbuscules (Morton et Benny, 1990). Une analyse phylogénétique du gène codant de l'ARNr 18S a démontré la morphologie l'ensemble des champignons mycorhiziens à arbuscules ce qui a permis d'ériger un nouveau phylum : les Glomeromycota (Schüßler et *al.*, 2001). Les espèces le composant présentent un mode de vie symbiotique. Elles établissent une association par mycorhize arbusculaire avec l'hôte. Elles sont décrites exclusivement capables de reproduction asexuée. Cependant, de récentes études mettent en lumière de nombreux gènes impliqués dans le mécanisme de la méiose conservés dans leur gènes (Halary et *al.*, 2011). Ils sont subdivisés en 3 classes : Archaeosporomycètes, Glomeromycètes et Paraglomeromycètes et 5 ordres : Archaeosporales, Diversisporales, Gigasporales, Glomerales et Paraglomerales. 15 familles et 38 genres ont été décrits. Les espèces les plus connues appartiennent à la famille des Glomeraceae, dont le genre *Glomus* est le plus utilisé dans les travaux d'expérimentation (Mechiah, 2015).

5.4. Dikarya

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

Chapitre 1. Généralités sur les champignons

5.4.1. Ascomycota

Ce phylum est composé d'environ 6400 espèces décrites (Ainsworth et *al.*, 2008). C'est l'un des phyla les plus divers et omniprésents des Eucaryotes et constituent la quasi-totalité des champignons capables de former des associations lichéniques (Hibbett et *al.*, 2018). Les champignons de ce phylum possèdent des thalles unicellulaires ou pluricellulaires filamenteux septés et forment en cas de reproduction sexuée, des cellules différenciées appelées asques, qui, après caryogamie, puis méiose, produisent des ascospores (Botton et *al.*, 1990).

D'un point de vue taxonomique, les Ascomycota sont subdivisés en subphyla : Thaphrinomycotina, Saccharomycotina et Pezizomycotina (Stajich et *al.*, 2009). Ce sont des champignons ubiquistes, retrouvés aussi bien au niveau des sols, des environnements aquatiques et marins. En milieu marin, ils se retrouvent en tant que saprophyte de matière végétale en décomposition, ou en tant que parasite d'algues et d'animaux marins (Kohlmeyer et Kohlmeyer, 1979).

5.4.2. Basidiomycota

Les Basidiomycota représentent près de 35% de champignons décrits, soit près de 22000 à 30000 espèces (Taylor et *al.*, 2004). Ils sont caractérisés par la production de spores sexuées, appelés basidiospores, formées par bourgeonnement à l'apex de cellules allongées. Les Basidiomycota ont un thalle cloisonné, avec présence de « boucles » au niveau des cloisons (Chabasse et *al.*, 2002). Leur mode de vie est principalement saprophyte (Hibbett et Donoghue, 2001).

Les Basidiomycota sont répartis en 3 subphyla : Pucciniomycotina, Ustilaginomycotina et Agaricomycotina (Stajich et *al.*, 2009). Bien que la majorité de ces microorganismes soient retrouvés en milieu terrestre, certaines espèces, principalement des levures, sont retrouvés en milieu marin (Bass et *al.*, 2007).

6. Champignons endophytes

6.1. Introduction

Le terme « endophyte », initialement introduit par De Bary en 1866, concerne tous les organismes qui se reproduisent dans les tissus végétaux, distincts des épiphytes, qui vivent à la surface des plantes, («endo» signifie à l'intérieur ; «phyte» est dérivé du mot Grec « phyto », qui signifie plante) (Rodriguez, 1996).

Chapitre 1. Généralités sur les champignons

Carroll (1988) a défini les endophytes comme suit « les endophytes mutualistes sont des champignons qui colonisent les parties aériennes des tissus végétaux vivants et ne provoquent pas de symptômes de maladie ». Petrini (1991) a proposé une extension de la définition pour inclure « tous les organismes vivants dans les organes végétaux, qui à un certain moment de leur vie, peuvent coloniser les tissus végétaux internes, sans causer de dommages apparent à l'hôte ».

Wilson (1995) a souligné que les endophytes sont des champignons ou des bactéries qui, pendant tout ou une partie de leur cycle, envahissent les tissus de plantes vivantes et provoquent des infections inapparentes et entièrement asymptomatique, dans les tissus végétaux, mais ne provoquent aucun symptôme de maladie. Par ailleurs, Bacon et White (2000) donnent une définition inclusive et largement acceptées des endophytes : « microbes qui colonisent les tissus internes vivants des plantes, sans causer des effets négatifs qui se manifestent immédiatement, ce qui inclut pratiquement tous les organismes à l'intérieur d'une plante hôte (Zhang et *al.*, 2009).

6.2. Biodiversité des champignons endophytes

La plupart des champignons endophytes appartiennent à l'embranchement des Ascomycota et plusieurs autres espèces peuvent être incluses dans l'embranchement des Basidiomycota, Zygomycota et Oomycota (Fröhlich et *al.*, 2000 ; Huang, 2004), avec une estimation de 1,5 millions d'espèces (Fernandes et *al.*, 2004), dont nous ne connaissons qu'environ 7% (Hawksworth, 2004) et une moyenne d'environ 50 espèces d'endophytes par espèce de plante. Ils ont été isolés à partir des grands arbres (Oses et *al.*, 2008), de palmier (Fröhlich et *al.*, 2000), des Graminées marines (Alva et *al.*, 2002) et même à partir des lichens (Li et *al.*, 2007), mais aussi, à partir de plantes poussant dans les forêts, aussi bien tropicales, tempérées que boréales (Stone et *al.*, 2004). Plus de 90% d'espèces de champignons endophytes ne sont pas décrites (Shipunov et *al.*, 2008).

6.3. Classification des champignons endophytes

Les champignons endophytes se divisent en deux grand groupes, différents par leurs taxonomie, hôtes, mode de transmission et colonisation, spécificités tissulaires et fonctions écologiques : les endophytes Clavicipitaceae et non-Clavicipitaceae. Ces deux groupes sont à leur tour divisé en 4 classes (Rodriguez et *al.*, 2009) (Figure n°3).

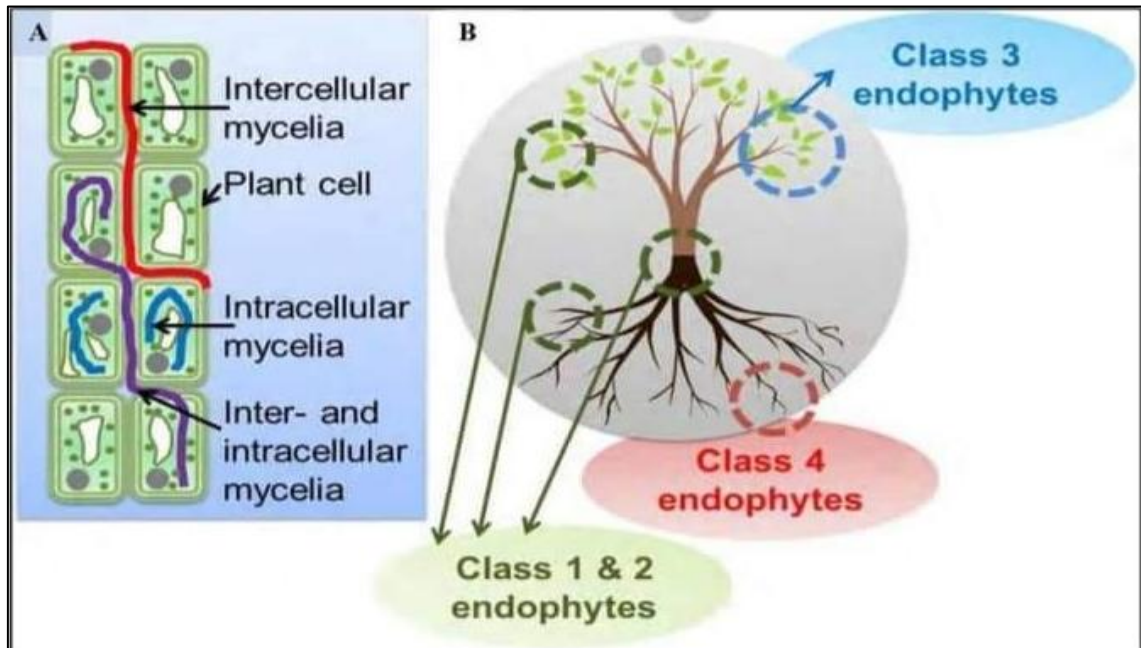


Figure n°3. Représentation de l'association des mycoendophytes avec leurs hôtes. (A) différentes localisations des mycoendophytes dans les tissus végétaux (B) localisation des différentes classes d'endophytes (Kusari et Spitler, 2012).

6.3.1. Endophytes Clavicipitaceae (classe 1)

Cette classe inclut un petit nombre de champignons apparentés phylogénétiquement, appartenant aux Ascomycota, tels que *Balanica*, *Neotyphodium*, *Epichloe* et *Claviceps*. Ils se développent de façon systématique à l'intérieur des cellules des Graminées et des carex et se transmettent verticalement, à travers les graines (Rodriguez et al., 2009).

6.3.2. Endophytes non Clavicipitaceae

C'est 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 leur hôtes (Rodriguez et al., 2009).

6.3.2.1. 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 dans les plantes (Hardoim et al., 2015 ; Mishra et al., 2015).

Chapitre 1. Généralités sur les champignons

6.3.2.2. 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 plante hôte, englobant les plantes non vasculaires, les conifères et les Angiospermes des régions tropicales, boréales, arctiques et antarctiques (Rodriguez et *al.*, 2009).

6.3.2.3. 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 microsclérotés), mélanisés intra et/ou intercellulaires, dans les racines de divers plantes, appartenant à des écosystèmes très diversifiés (Rodriguez et *al.*, 2009).

6.4. Mode de transmission

Les endophytes possèdent deux modes de transmission : Verticale et horizontale.

6.4.1. Transmission verticale

Elle se fait par la croissance végétative des hyphes qui est complètement interne ; ainsi, les hyphes du champignon sont transmis de la plante infectée vers la descendance, via les graines (Saikkonen et *al.*, 2010) (Figure n°4).

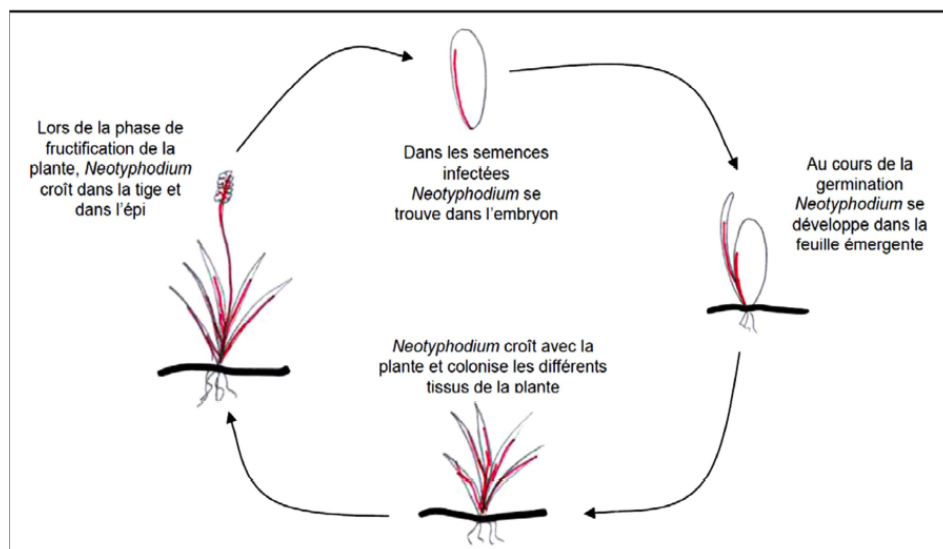


Figure n °4. Cycle de vie du champignon endophyte *Neotyphodium* transmis verticalement (Repussard et *al.*, 2013).

Chapitre 1. Généralités sur les champignons

6.4.2. Transmission horizontale

Elle se fait via les spores ; ce groupe de champignons se transmet horizontalement c'est à dire le champignon peut être transmis par les spores sexuées ou asexuées pour infecter d'autres plantes. Pour les endophytes non systématiques des plantes ligneuses, la transmission se fait horizontalement provoquant généralement des infections locales très limitées, mais ils peuvent être trouvés dans les graines et les glandes, mais la transmission verticale est rare (Saikkonen et *al.*, 1998) (Figure n°5).

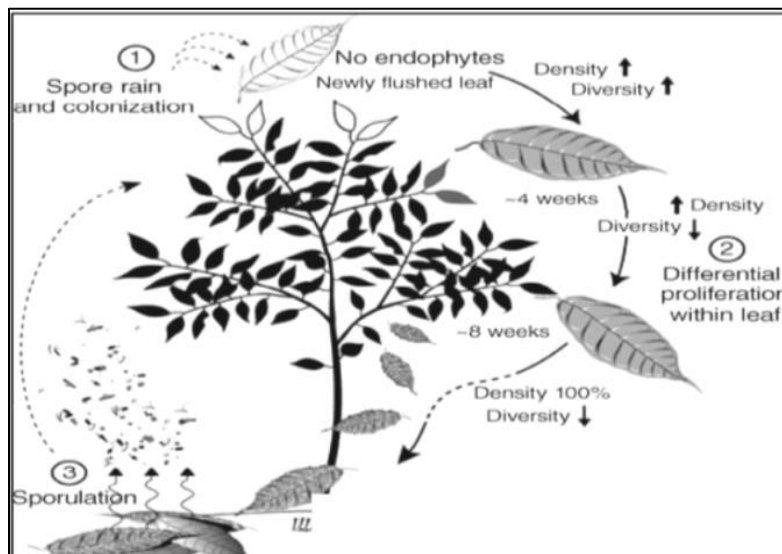


Figure n°5. Cycle de vie d'un champignon endophyte foliaire chez une plante tropicale transmis horizontalement (Herre et *al.*, 2007).

6.5. Relation plante-endophyte

Les endophytes sont caractérisés par différents mode de vie, selon les espèces de champignons et les plantes hôtes. L'interaction plante-endophyte peut aller de l'antagonisme au mutualisme (Zabalgoeazcoa, 2008).

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

Les effets de cette interaction peuvent se manifester par une promotion de la croissance, une protection via l'induction de l'ISR (Inoluced systemic resistance) ou une résistance systématique induite et /ou une action antagoniste directe sur les agents pathogènes (He et *al.*, 2009).

Chapitre 1. Généralités sur les champignons

N'importe quelle interaction plante-champignon endophyte est précédée par un contact physique entre la plante et le champignon, suivie par plusieurs barrières physiques et chimiques, qui doivent être surmontées pour établir une association réussie (Kusari et Spiteller, 2012).

6.6. Ecologie des mycoendophytes

Les champignons endophytes sont extrêmement ubiquitaires. Il a été conclu que la majorité des espèces végétales dans les écosystèmes naturels, si ce n'est pas la totalité, hébergent des champignons endophytes (Rodriguez et *al.*, 2009).

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. La diversité des espèces, la fréquence et l'abondance des endophytes dépendent des conditions climatiques et édaphiques, ainsi que l'hétérogénéité des habitats et des niches occupés par leurs hôtes (Sieber, 2002).

Les variations géographiques sont les facteurs qui contribuent le plus souvent à la diversité des champignons endophytes. Ces derniers tendent à changer d'une zone géographique à une autre (Colladon et *al.*, 1999). Dans le même contexte géo-climatique, les endophytes semblent être plus divers dans les zones tropicales que dans les zones tempérées, ou froides du monde (Arnold et Lutzoni, 2007).

L'âge de la plante hôte influe aussi sur la diversité des champignons endophytes, il apparaît que les plantes âgées hébergent plus d'endophytes dans leur tissus que les plantes jeunes (Arnold et *al.*, 2003).

6.7. Rôles des mycoendophytes

Les endophytes fongiques peuvent fournir plusieurs bénéfices aux plantes, tels que la protection contre les maladies (Redman et *al.*, 2001), la production de métabolites secondaires efficaces contre les agents pathogènes de l'hôte, la protection contre des insectes ravageurs (Liu et *al.*, 2001). Il a été rapporté également que les endophytes ont une action sur la stimulation de la croissance végétale (Ernst et *al.*, 2003). Ils peuvent améliorer l'absorption du phosphore par l'hôte (Sieber, 2002).

Chapitre 1. Généralités sur les champignons

7. Champignons des milieux marins

7.1.Introduction

Plusieurs définitions ont été données évoluant au cours du temps, se basant sur des critères physiologiques et /ou écologiques (Matallah-Boutiba, 2009).

Kohlmeyer (1963) considère qu'un champignon est marin, s'il est capable de se développer et de se reproduire en milieu marin, il exclut alors ceux qui se développent normalement sur terre et dont des propagules peuvent se retrouver en milieu marin, sans pour autant s'y être développés. Kohlmeyer et kohlmeyer (1979) affinent cette définition et considèrent qu'il n'est pas possible de définir les champignons marins, en se basant sur les critères physiologiques.

Il a été démontré que les champignons marins ne peuvent être défini seulement par leur physiologie, puisque d'autres types de Mycètes peuvent partager les mêmes caractéristiques et habitats ; l'environnement doit être pris en considération pour la définition (Kohlmeyer et Kohlmeyer, 2000).

Selon Matallah et Boutiba (2009), est considéré comme « marin », tout champignon isolé d'un prélèvement prévenant du milieu marin et capable de se développer et sporuler au laboratoire, dans les conditions proches de celle rencontrées dans l'environnement marin.

7.2. Diversité des champignons marins

Le nombre actuel d'espèces marines obligatoire de champignons supérieurs est de 549 dont 54 seulement décrites après l'an 2000. Près de 450 d'entre elles sont des Ascomycota, les autres étant des anamorphes ou des Basidiomycota. La plus grande partie de ces espèces sont lignicole dans les zones tempérées et dans les mangroves tropicales (Jones, 2011). Les algues représentent le second réservoir d'espèces de champignons marins (Bugni et Ireland, 2004). Il a été également trouvé des espèces fongiques saprophytes ou endophytes, sur des plantes marine (exemple *Spartina*, *Posidonia*) en milieu tropical ou tempéré (Gao et *al.*, 2008).

Bien que la plupart des groupes soient représentés, les Ascomycota et sont les plus largement présents. Leur prédominance est probablement due à leur capacité à produire une large palette d'enzymes ligno-cellulotiques, entraînant la pourriture lente de la matière ligneuse en mer et dont les Basidiomycota sont démunis (Gareth-Jones, 1998). D'après Khudyakova et Pivkin (2000), 98% des espèces fongiques trouvés dans le milieu marin sont

Chapitre 1. Généralités sur les champignons

marines facultatives, représentées surtout par les genres *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Wardomyces*, *Chrysosporium* et *Chaetomium*.

**Chapitre 2. La posidonie *Posidonia*
oceanica (L.) Delile**

Chapitre 02. La posidonie *Posidonia oceanica*

1. Introduction

La posidonie (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) est une plante à graine marine, endémique de la Méditerranée (Den Hartog, 1970 ; Boudouresque et *al.*, 1982). Elle constitue sur la plupart des côtes méditerranéennes des peuplements denses nommés des herbiers (Giraud et *al.*, 1979 ; Harmelin et Laborel, 1976). Ces herbiers sont des formations caractéristiques du littoral méditerranéen et occupent une surface comprise entre 25000 et 50000 km² (Gobert et *al.*, 2005).

Posidonia oceanica constitue l'une des espèces les plus importantes et les plus étudiées de l'étage infralittoral de la Méditerranée. Endémique de cette mer, la posidonie revêt un rôle de premier ordre au niveau écologique et économique (Boudouresque et *al.*, 2006).

2. Systématique

Selon Kuo et Den Hartog (2001), la classification de la posidonie (*Posidonia oceanica*) se présente ainsi :

Règne : Plantae

Phylum : Chlorophyta

Classe : Liliopsida

Sous classe : Alismalidea

Ordre : Potamogetonales

Genre : *Posidonia*

Espèce : *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile.

3. Répartition géographique

Posidonia oceanica est présente dans toute la Méditerranée. À l'ouest, elle disparaît un peu avant le détroit de Gibraltar, vers Calaburras au nord et Mellila au sud (Condepoales, 1989). À l'est, elle est absente des côtes d'Égypte (à l'est du Delta du Nil), de Palestine, d'Israël et du Liban (Por, 1978). Elle ne pénètre pas en mer de Marmara, ni en mer noire. Elle est rare ou absente dans l'extrême nord de l'adriatique (Zalokar, 1942 ; Gamulin-Brida et *al.*, 1973 ; Gamulin-Brida, 1974) et le long des côtes languedociennes, entre la Camargue et la Nouvelle (Boudouresque et Meinesz, 1982).

Chapitre 02. La posidonie *Posidonia oceanica*

Selon Den Hartog (1970), Philips et Meinesz (1988), *Posidonia oceanica* colonise les côtes européennes (France, Corse, Sardaigne, Italie, Yougoslavie, Grèce et Turquie) et les côtes Africaines (Egypte, Tunisie, Libye et Algérie) (Figure n°6).

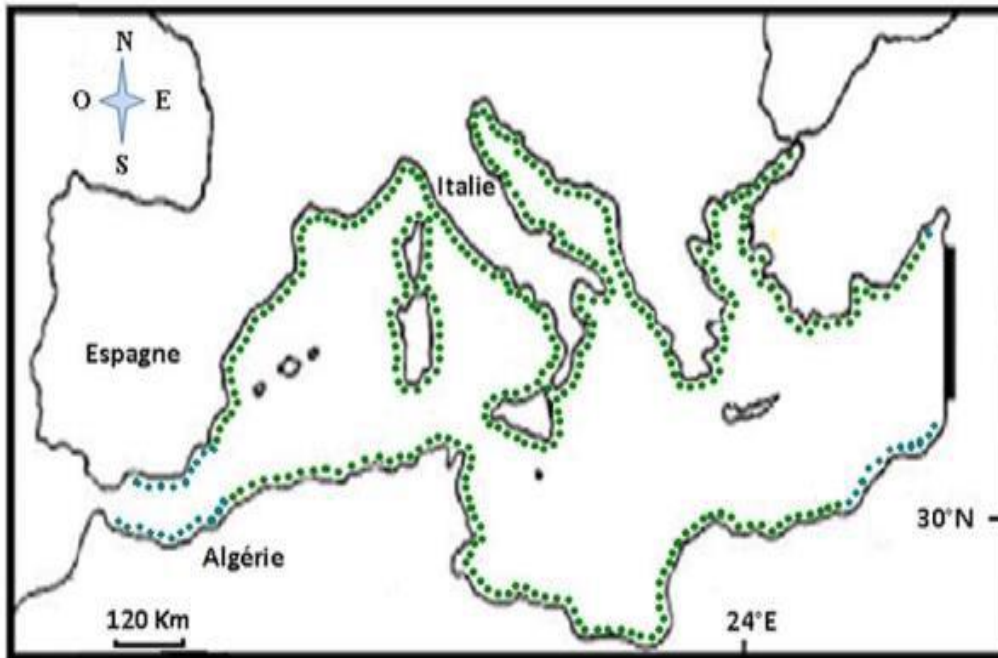


Figure n°6. Répartition de *Posidonia oceanica* le long des côtes méditerranéennes (Wang Geluwe, 2007).

4. Description de la posidonie

La posidonie est une plante à fleurs. En effet, elle est composée de racines, de rhizomes, de feuilles, de fleurs et de fruits. Elle constitue de plus ce qu'on appelle de la matte (Ipek, 2020) (Figure n°7).

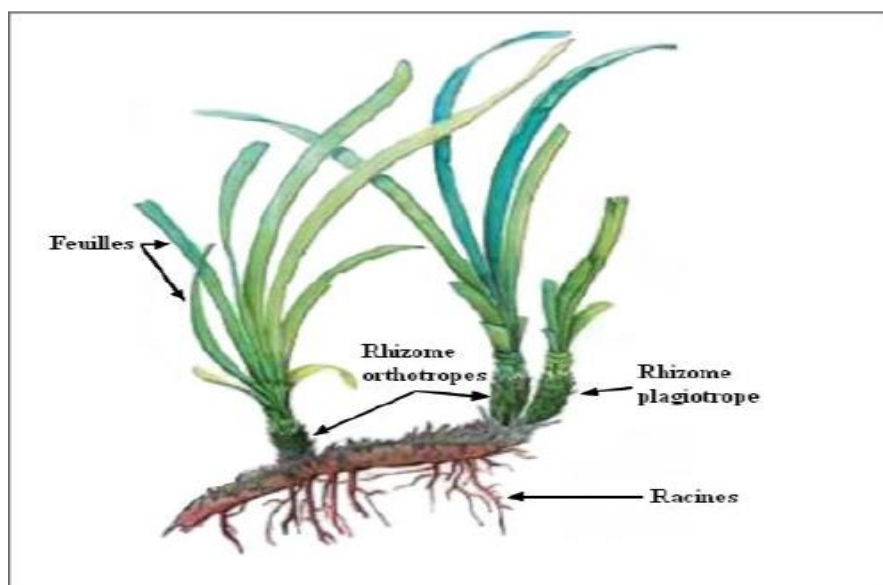


Figure n° 7. Rhizomes plagiotopes de *p.oceanica* dont partent vers le haut deux rhizomes orthotropes vers le bas des racines. Chaque rhizome porte un faisceau de feuilles (Boudouresque et Meinsz, 1982).

4.1. Racines

D'après Giraud et *al.* (1979) et Boudouresque et Meinsz (1982), les racines sont portés par les rhizomes et elles peuvent descendre jusqu'à 70 cm dans le sédiment. Son avantage principal d'avoir des racines est de s'ancrer sur le territoire sur lequel elle se trouve et ainsi coloniser et empêcher les autres plantes marines et algues de se fixer dans ces zones (Ipek, 2020).

4.2. Rhizomes

Les tiges de *Posidonia oceanica*, vont partiellement souterraines. Elles sont généralement désignées sous le nom des rhizomes ; ces rhizomes peuvent être plagiotropes (horizontaux) ou orthotropes (verticaux) ; la différenciation n'est pas irréversible : un rhizome plagiotrope peut se transformer en rhizome plagiotrope et vice versa (Caye, 1980).

Les rhizomes plagiotropes permettent à la posidonie d'être fixé aux racines et de conquérir de vastes espaces dans la mer. Les rhizomes orthotropes vont absorber facilement l'énergie venant du soleil, ainsi que les nutriments (Ipek, 2020).

4.3. Feuilles

Les rhizomes se terminent par des groupes de 4-8 feuilles (faisceaux), larges de 8-11 mm et longues de 20-80 cm, cette longueur peut toutefois atteindre 156 cm. De nouvelles

Chapitre 02. La posidonie *Posidonia oceanica*

feuilles se forment toute l'année. Elles vivent entre 5 et 8 mois, plus rarement jusqu'à 13 mois. La zone de croissance des feuilles est située à leurs bases. On nomme les feuilles juvéniles les feuilles de moins de 5 cm de longueur et feuilles intermédiaire les feuilles de plus de 5 cm, sans gaine basale. Lorsque la croissance est terminées, une gaine basale se met en place : la feuille est alors dite adulte (Giraud 1979 ; Ott, 1980 ; Théllin et Boudouresque, 1983).

4.4. Fleurs

A la différence des algues, les posidonies sont des plantes à fleurs (Phanérogames). A la fin de l'été (août-septembre), ou plus généralement en automne (octobre-novembre), elles fleurissent. Les fleurs sont hermaphrodites, 4 à 10 fleurs sont groupées en une inflorescence au sommet d'un pédicule de 10 à 30 cm de long. La floraison ne se produit pas tous les ans, surtout dans les eaux relativement froides du nord de la Méditerranée occidentale (Boudouresque et Meinesz, 1982).

4.5. Fruits

La maturation du fruit de *Posidonia oceanica* nécessite 6 à 9 mois. Entre mai et juillet, ils se détachent et flottent un certain temps, selon l'orientation des courants sur les plages. Ces fruits ont la forme d'une olive ; leur couleur est vert foncé avec une seule graine (Den Hartog, 1970 ; Boudouresque et Meinesz, 1982) (Figure n°8).



Figure n ° 8. Fruit de posidonie (olive de mer).(A) début de fructification, (B) fruit mûrs (Lafabrie, 2007).

Chapitre 02. La posidonie *Posidonia oceanica*

4.6. Matte

Les rhizomes de *Posidonia oceanica* croissent verticalement et constituent une des caractéristiques essentielles de l'espèce : elle explique l'édification de la matte, terme désignant le lacis serré de rhizomes et de racines (morts ou vivants), dont les interstices sont comblés par des sédiments (Molinier et Picard, 1952).

5. Cycle de vie

Le cycle de vie de *Posidonia oceanica* est annuel. La reproduction peut être asexuée ou plus rarement sexuée. En cas de conditions défavorables à la germination, les graines entrent en hibernation.

5.1. Reproduction sexuée

En Méditerranée sud occidentale et plus particulièrement en Algérie, d'anciennes floraisons de *Posidonia oceanica* ont été citées (Semroud, 1991 in Boumaza, 1995). La floraison semble induite par des températures printanière et/ou estivales élevées et par une température avoisinant les 20°C en octobre (Caye et Meinesz 1984 ; Pergent et al., 1989 ; Stoppelli et Peirano, 1996).

La fécondation donne naissance à des fruits qui se détachent de la plante à maturité (6 à 9 mois de maturation). Selon l'orientation des courants, ils s'échouent sur la plage où ils s'ouvrent libérant la graine qui coulera vers le fond, où elle germera, sans période d'hibernation si les conditions du substrat sont favorables (Den Hartog, 1970 ; Boudoureque et Meinesz, 1982 ; Caye et Meinesz, 1984).

5.2. Reproduction asexuée

La maturation des graines semble relativement rare et la reproduction de *Posidonia oceanica* se fait essentiellement de façon asexuée (Molinier et picard, 1952) par multiplication végétative, elle consiste en une fragmentation naturelle des rhizomes de la plante, terminés par un faisceau vivant à la suite de température ou de courants marins (Meinesz et Lefevre, 1984).

Ce mode de multiplication nécessite des contraintes pour l'importation des boutures. La multiplication végétative de *Posidonia oceanica* se produit essentiellement par multiplication et accroissement et la croissance des rhizomes orthotropes et plagiotropes. Ce processus est particulièrement lent ; les rhizomes orthotropes croient d'environ 1cm au cours

Chapitre 02. La posidonie *Posidonia oceanica*

d'un an et le rhizome plagiotrope augmente de 3,5 cm à 7,5 cm par an (Caye et Meinesz, 1984 ; Cinelli *et al.*, 1995b) .

Une autre forme de reproduction végétative par pseudo-viviparité a été observée en mai 2004 aux îles Baléares (Ballesteros *et al.*, 2005). Des plantules végétatives se forment directement sur les inflorescences et remplacent les organes de reproduction sexuée cette stratégie contribue à une dispersion à courte distance (Khodja, 2013).

6. Ecologie de la posidonie

6.1. Luminosité

Comme l'ensemble des phanérogames marines *Posidonia oceanica* est très sensible en dessous de 10 à 16% de l'irradiance de surface (Alcoverro *et al.*, 2001 ; Ruiz et Romero, 2001). La lumière constitue l'un des facteurs les plus importants pour la croissance de répartition et la densité des herbiers à *Posidonia oceanica* (Ballesta *et al.*, 2000 ; Elkalay *et al.*, 2003).

6.2. Température

Posidonia oceanica est présente dans les eaux qui présentent des températures situées entre 10,5 et 30°C ; sa croissance optimale se fait entre 17 et 20°C (Den Hartog, 1970).

6.3. Hydrodynamisme

Posidonia oceanica craint un hydrodynamisme intense, puisque les tempêtes peuvent arracher des faisceaux, dont certains constituent des boutures, elle peut éroder la matrice, soit directement, soit en vidant de son sédiment ce qui la fragilise (Boudouresque *et al.*, 2006).

7. Champignons endophytes de la Posidonie

La posidonie est l'une des plantes les plus importantes de la Méditerranée. Elle est menacée par plusieurs facteurs de régression. Elle a été l'objet de quelques travaux qui ont mis en évidence la présence des champignons endophytes à l'intérieur de l'appareil végétatif de cette dernière (Panno *et al.*, 2013; Poli *et al.*, 2020). Dans ces études, la composition qualitative et quantitative de la mycoflore associée à *Posidonia oceanica* montre que la mycoflore est très riche, tant en nombre qu'en nombre d'espèces. Les résultats de Poli *et al.* (2020) ont montré que les Phanérogames marins, de même que leurs homologues terrestres, inscrivent des microbiomes distincts dans différentes régions (phylloplan, rhizoplan, etc...).

Chapitre 02. La posidonie *Posidonia oceanica*

Cette distribution sélective semble augmenter la résistance des plantes aux pathogènes et aux prédateurs, en produisant des chimio-attractants et des composés antimicrobiens. Selon Panno *et al.* (2013), les genres tels que *Penicillium*, *Cladosporium*, *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Arthriniium*, *Phialophora* et *Trichoderma* sont considérés comme des habitants communs des milieux marins, car ceux-ci sont adaptés aux conditions chimiques et physiques particulières. Ils effectuent d'importantes fonctions écologiques, principalement dans la décomposition des matières organiques et dans le recyclage des éléments (Panno *et al.*, 2013).

Chapitre 03. Matériel et méthodes

Chapitre 3. Matériel et méthodes

1. Description de la zone d'étude

Tigzirt est une ville côtière de la Kabylie. Elle se situe à 30km au nord du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou et à 125 km à l'est d'Alger. Cette ville est limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la région d'Iflissen, au sud Boujima et Timizert et à l'ouest par la forêt de Mizrana. Elle s'étend sur une superficie de 45 Km² et une longue façade de 12 Km.

Cette commune est caractérisée par son Îlot (dit Tigzirt en tamazight), qui se situe à 150 m au nord-ouest du port de Tigzirt. Il s'étend sur une superficie de 3428 m², c'est aux alentours de ce dernier que le prélèvement de nos échantillons ont été effectués (Figure n°9).



Figure n°9. Images satellites montrant la localisation de l'îlot de Tigzirt et la situation des points des lieux d'échantillonnage (Google Earth, 2022).

2. Bioclimat

2.1. Températures

La température est l'un des facteurs majeurs qui contrôlent l'ensemble des phénomènes métaboliques de la totalité des espèces d'êtres vivants et conditionne de ce fait leur répartition dans la biosphère (Ramade, 1994).

Les valeurs de températures mensuelles enregistrées au niveau de la zone de Tigzirt pour la période (2006-2020) sont regroupées dans le tableau n°1.

Chapitre 3. Matériel et méthodes

Tableau n° 1. Températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la région de Tizirt enregistrée durant la période allant de 2006 à 2020.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jlt	A	S	O	N	D
(m) (°C)	9,3	7,7	11,7	12,5	14,5	18,1	21	21,9	20,4	17,2	14	11,1
(M) (°C)	16,1	13,7	19,2	19,8	22	26,2	28,7	29,8	27,8	25,3	21	17,9
M+m/2(°C)	12,7	10,7	15,4	16,1	18,2	22,1	24,8	25,8	24,1	21,2	17,5	14,5

(Office National de Météorologie/ Tizi-Ouzou)

m : les températures minimales en degrés Celsius.

M : les températures maximales en degrés Celsius.

Selon le tableau des températures de la région de Tizirt, le mois le plus chaud de l'année est le mois d'août, avec une température maximale de 29,8°C. Le mois le plus froid de cette période est le mois de février, avec une température minimale de 7,7°C.

2.2. Précipitations

La pluviométrie constitue un élément écologique d'une importance fondamentale (Ramade, 1994). Les précipitations en millimètres enregistrées dans la région de Tizirt pour la période (2006-2020) sont regroupées dans le tableau n°2.

Tableau n° 2. Précipitations moyennes mensuelles et annuelles pour la région de Tizirt enregistrés durant la période allant de 2006 à 2020.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jlt	A	S	O	N	D	Cumul
Précipitations (mm)	119,8	64,8	60,8	56,6	44,2	14,1	2,6	9,8	45,1	83,9	145,7	114,5	761,9

(Office National de Météorologie/ Tizi-Ouzou)

D'après le tableau, la pluviométrie annuelle de la région de Tizirt est égale à 761,9 mm pendant la période 2006-2020. Le mois le plus pluvieux est le mois de novembre, avec 145,7 mm, suivi par le mois de janvier avec 119,8 mm. Le mois le plus sec le mois de juillet avec 2,6mm.

Chapitre 3. Matériel et méthodes

2.3. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (1953)

Les données climatiques sont représentées en diagramme. Selon Bagnouls et Gausсен (1953), ce diagramme consiste à placer les mois en abscisse et en ordonnées les températures à droite et les précipitations à gauche. On obtient ainsi deux courbes une qui donne les variations thermiques et l'autre les variations de précipitations (Ramade, 1994).

D'après le diagramme, notre région est caractérisé par une saison sèche qui s'étale sur une période de 4 mois (mai – septembre) (Figure n°10).

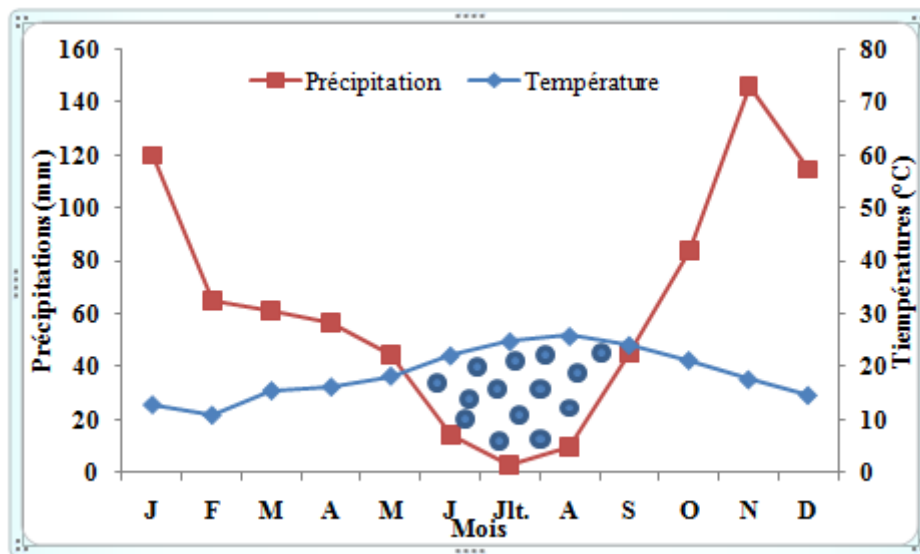


Figure n° 10. Présentation du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен pour la région de Tigzirt (2006-2020).

2.4 Climagramme d'Emberger (1955)

Le système d'Emberger (1955) a été largement utilisé en Algérie pour établir les différents étages bioclimatique. Pour classer notre région d'étude nous avons calculé le quotient pluviothermique qui est déterminé par la formule suivante :

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

P: Précipitations

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

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

Chapitre 3. Matériel et méthodes

L'interprétation de ce quotient nécessite l'emploi du climagramme qui permet de classer une station donnée dans l'une des 54 combinaisons bioclimatiques du climat Méditerranéen (Meddour, 2010).

Tableau n°3. Données et variables calculées et utilisées dans la classification bioclimatique de la zone d'étude (Tigzirt).

Données	P(mm)	M (°K)	m (°K)	M ² -m ²	2000P	Q ²	Etage bioclimatique et variante
Tigzirt	761,9	302,8	280,7	12895,35	1523800	118,2	Subhumide à hiver doux

Le climagramme d'Emberger nous indique que notre station d'étude est classé dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver doux.

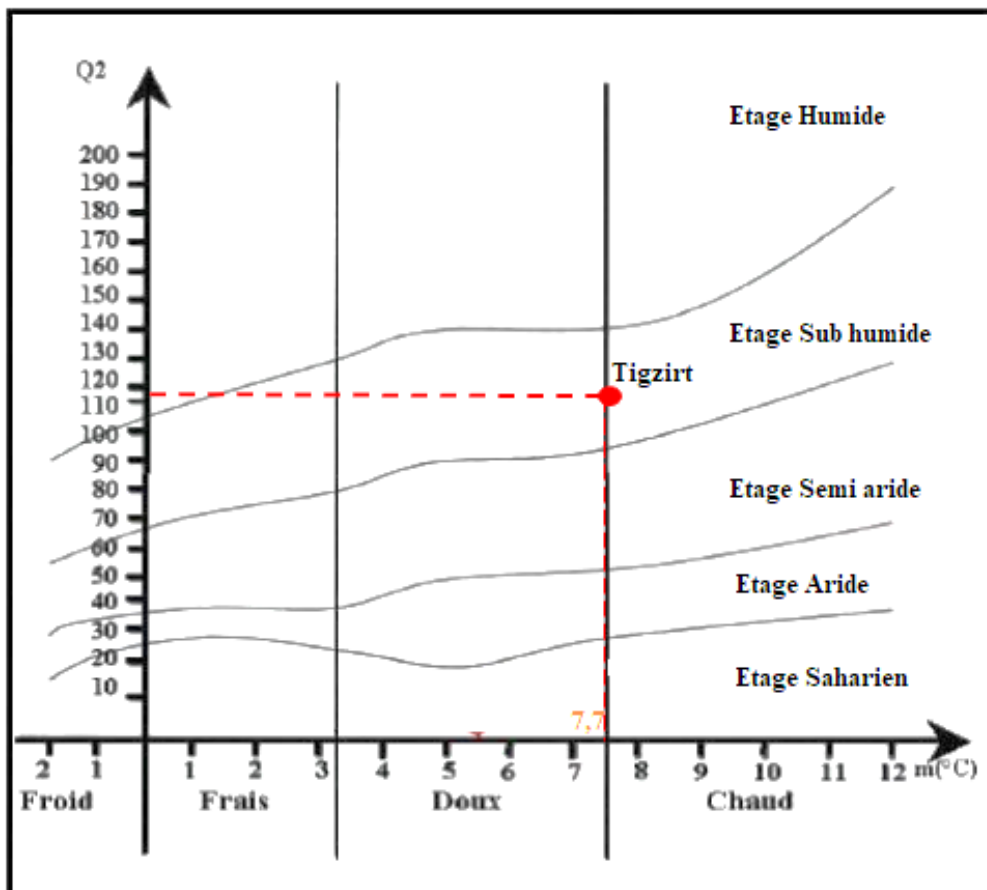


Figure n° 11. Position de la région de Tigzirt dans le climagramme d'Emberger (2006-2020).

Chapitre 3. Matériel et méthodes

3. Echantillonnage sur terrain

Cinq prélèvements ont été effectués sur un tapis de posidonie (*Posidonia oceanica*), à Tizirt tout autour de l'îlot, à une profondeur de 3 à 4 m, le 16 mai 2022. Les prélèvements ont été placés dans des bocaux qui contiennent de l'eau de mer. Ces bocaux sont ensuite acheminés au laboratoire Ressources Naturelles de l'UMMTO. L'expérimentation a commencé dans les 24 heures qui suivent le prélèvement.

4. Préparation du milieu de culture et mise en culture

Le milieu de culture utilisé dans notre étude est le milieu PDA (Potato-dextrose-agar), qui a la composition suivante :

4.1. Composition

- 200g de pommes de terre ;
- 20g de glucose ;
- 20 g d'agar-agar ;
- eau distillée.

4.2.Préparation

- Peler les pommes de terre, les laver, puis les couper en petits cubes.
- Peser 200 g de pommes de terre et les mettre dans une casserole et ajouter 200 ml d'eau distillée et laisser cuire pendant 15 à 20 min.
- Le mélange obtenu est filtré à l'aide d'un Coton à fromage.
- Prendre un Erlen Meyer d'un litre et verser le filtrat récupéré en ajoutant 20 g d'agar agar et 20g de glucose, puis on complète avec de l'eau distillée jusqu'au volume de 1000 ml.
- Enfin, mettre l'Erlen Meyer sur un agitateur, il est retiré de la plaque lorsque le milieu est homogène.
- Verser le milieu dans des bouteilles pour la stérilisation à l'étuve, à une température de 120°C pendant 30min.
- Rajouter quelques milligrammes d'antibiotique a fin d'éviter l'apparition de bactéries.

Chapitre 3. Matériel et méthodes

- Verser le milieu dans des boîtes de pétri entre deux becs de Bensen (Figure n°12)



Figure n°12. Coullage des milieux de cultures boîtes de Pétri.

4.3. Stérilisation superficielle des rhizomes

Une stérilisation superficielle est appliquée pour éliminer les microorganismes épiphytes, qui se trouvent à la surface des rhizomes. Pour cela, nous avons utilisé le protocole de Helander *et al.* (1994).

- Traitement à l'éthanol 96% pendant 2min.
- Rinçage à l'eau distillée stérilisée.
- Traitement à l'eau de javel diluée à 50% pendant 3min.
- 2^{ème} rinçage à l'eau distillée stérilisée.
- Traitement à l'éthanol 96% pendant 30s.
- 3^{ème} rinçage à l'eau distillée stérilisée.
- Une fois stérilisé, les différents fragments des prélèvements sont séchés en utilisant du papier essuie-tout stérilisé.

4.4. Mise en culture des fragments des rhizomes

Pour la mise en culture de notre matériel végétal, on prend 5 rhizomes des 5 prélèvements. Nous les coupons en petits fragments de 0,5cm à l'aide des ciseaux stérilisées. Les fragments sont déposés sur le milieu PDA, dans des boîtes de Pétri, à savoir 4 fragments par boîte. Cette opération est réalisée entre deux becs Benzen, pour éviter tout risque de

Chapitre 3. Matériel et méthodes

contamination. Au total 100 fragments ont été ensemencés dans 25 boîtes de Pétri (5 répétitions pour chaque prélèvement) (Figure n°13).



Figure n°13. Mise en culture des fragments de rhizomes de posidonie

5. Identification des souches fongiques

5.1. Identification macroscopique

L'observation des critères macroscopiques est basée sur plusieurs aspects distinctifs à l'œil nu (Dufresne, 2021) :

- Texture :
 - laineuse : mycélium aérien abondant ;
 - duveteuse : mycélium aérien court ;
 - poudreuse : mycélium aérien produisant conidies créant une surface d'apparence poudreuse semblable à du sucre ou de la farine ;
 - glabre : mycélium peu abondant avec surface lisse.
- Topographie : plane, surélevée, cérébriforme avec stries radiales.
- Couleur : surface, revers, pigment, diffusible, brun, gris, noir (champignon dématié), blanc ou autre couleur (rouge, vert, jaune, mauve, etc...) (champignon hyalin).

5.2. Identification microscopique

Après l'observation macroscopique, nous procédons au prélèvement des colonies à l'aide d'un bistouri stérilisé et on met une gouttelette de gélatine glycéinée entre lame et lamelle et nous passons à l'observation au microscope à différents grossissements. Pour

Chapitre 3. Matériel et méthodes

l'identification des genres fongiques nous nous sommes référés aux différents articles et clés de détermination. Pour l'examen des structures il y'a lieu de s'intéresser aux :

- hyphes : septés, non septés, larges ($> 4 \mu\text{m}$), étroits ($< 4 \mu\text{m}$) ;
- conidiospores : absents, simple, ramifiés ;
- cellules conidiogènes : annélides, phialides,
- conidies : uni-ou pluricellulaire, ramas ou en chaînes, forme (ronde, ovale, en massue...).
- organe de fructification : périthèces cleistotéces (sexué), pyramides (asexué).

6. Analyse statistique

6.1. Abondance des genres

Afin d'estimer la diversité fongique, des abondances des différents genres identifiés pour les cinq prélèvements concernant les mycoendophytes des rhizomes ont été calculées suivant la formule suivante : $(A\%) = (Ng / Nt) / 100$.

A : Abondance des genres.

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

Nt : Ensemble de répétition ayant fructifiées.

6.2. Analyse de la variance (ANOVA)

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

6.3. Analyse en composantes principales (ACP)

Une ACP est réalisée en vue de mettre en évidence la distribution spatiale des différents genres de mycoendophytes en fonction des sujets échantillonnés.

Une ACP de synthèse et aussi réalisée, afin de comparer les cortèges fongiques épiphytiques réalisé en parallèle sur les même échantillons dans un autre mémoire de Master (Abboud, 2022) et endophytique, présents au niveau des rhizomes de *Posidonia oceanica* de la région de Tigzirt. Ces ACP ont été faites grâce au logiciel Stat Box 6.40.

Chapitre 4. Résultats et discussion

Chapitre 4. Résultats et discussion

1. Inventaire des genres fongiques identifiés

L'étude macroscopique et microscopique des souches fongiques isolées des rhizomes de la posidonie nous a permis d'identifier 12 genres de mycoendophytes à savoir : *Aspergillus*, *Candida*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Humicola*, *Monilia*, *Neoscytalidium*, *Penicillium*, *Phoma*, *Rhizoctonia*, *Trichoderma* et *Trichophyton* (Tableau n°4). Ces résultats montrent que la plupart des champignons identifiés appartiennent au phylum des Ascomycota et seulement un genre appartenant au phylum des Basidiomycota.

Tableau n°4. Classification des mycoendophytes isolés des rhizomes de *Posidonia oceanica*.

Genre	Phyla	Ordre	Famille
<i>Aspergillus</i>	Ascomycota	Euroliales	Trichomaceae
<i>Candida</i>	Ascomycota	sacchaomycetales	Saccharomycetaceae
<i>Cladosporium</i>	Ascomycota	capmodiales	Davdiellaceae
<i>Fusarium</i>	Ascomycota	Hypocerales	Necteriaceae
<i>Humicola</i>	Ascomycota	Sordariales	Chaetomiaceae
<i>Monilia</i>	Ascomycota	Helotiales	sclerotiniaceae
<i>Neoscytalidium</i>	Ascomycota	Helotiales	Chaelomiaceae
<i>Penicillium</i>	Ascomycota	Pleosporales	Pleosporaceae
<i>Phoma</i>	Ascomycota	Sphaeropsidales	Sphaeropsidaceae
<i>Rhizoctonia</i>	Basidiomycota	Cantharellales	Ceratobasidiaceae
<i>Trichoderma</i>	Ascomycota	Hypocerales	Hypocreaceae
<i>Trichophyton</i>	Ascomycota	Omygenales	Artrodermataceae

Nos résultats confirment ceux obtenus par Hyde *et al.* (2000), qui ont noté la dominance des Ascomycota dans les écosystèmes marins. Les Basidiomycota semblent moins présents (Burgaud, 2011). Panno *et al.* (2013) ont révélé que les rhizomes de la posidonie présentaient la charge fongique la plus élevée. Parmi les 88 taxons recensés, 34 genres étaient présents dans les rhizomes. Ce nombre de genres recensés est du à divers facteurs, tels que la différence entre les protocoles d'isolement, les différentes températures d'incubation et

Chapitre 4. Résultats et discussion

l'utilisation de milieux de cultures distincts. De plus, les endophytes possèdent différents modes de vie, donnant différentes interactions qui sont variables d'un endophyte à un autre et d'un hôte à un autre, Ils dépendent des facteurs abiotiques, des interactions avec d'autres espèces, de la géographie et de la phylogénie (Zabalgozcoa, 2008).

2. Description macroscopique et microscopique de quelques genres recensés

2.1. *Cladosporium*

Cladosporium est un champignon Ascomycota. Il est l'un des champignons les plus répandues des Hyphomycètes (Flamnigan, 2001). Sa croissance se déroule dans des habitats humides, en raison de la nécessité en eau pour survivre (Bogack, 2008 in Ogórek et al., 2012). Plusieurs études ont montré son potentiel d'endophytisme avec les plantes (Larran et al., 2001 ; Cao et al., 2002 ; Zhou et al., 2015).

La colonie du genre *Cladosporium* est verte, veloutée, compacte, avec une texture floconneuse surélevée, à revers brun-noir. Le champignon *Cladosporium* possède des conidiophores formés latéralement, sur des filaments, brun-vert à brun pâle, conidies elliptiques ou cylindriques et généralement unicellulaires brun-olivacé (Gravesen et al., 1994) (Figure n°14).

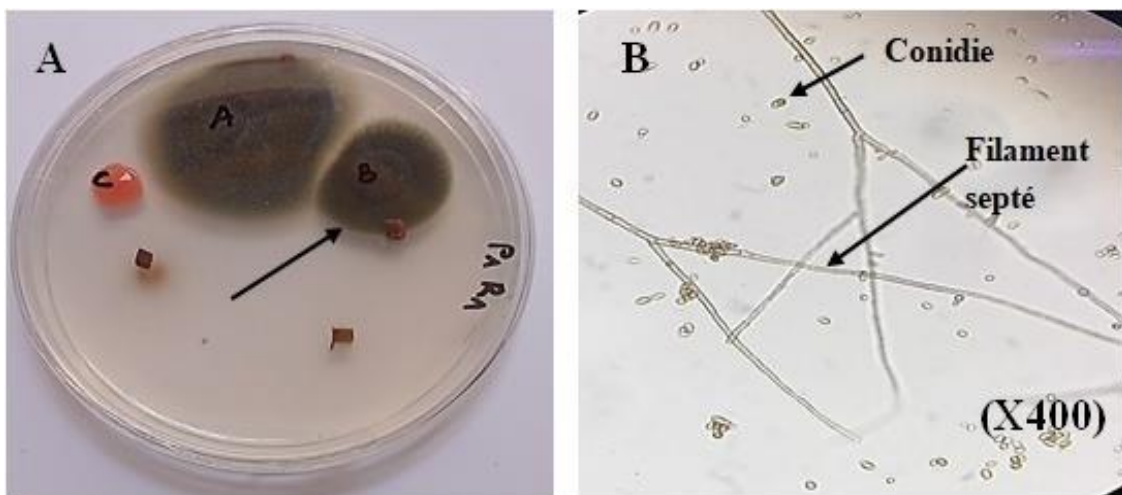


Figure n° 14. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre *Cladosporium*.

Chapitre 4. Résultats et discussion

2.2. *Phoma*

Phoma est un mycoendophyte très fréquent des Ascomycota. Plus de 220 espèces sont actuellement reconnues. Ce champignon occupe de nombreuses niches écologiques, il est largement distribué géographiquement (Aveskamp et *al.*, 2008). Il infecte principalement les feuilles et les tiges (Zhang et *al.*, 2009). Les espèces de ce genre sont des champignons Coelomycètes des plus fascinants, grâce à leur grande diversité écologique (Aveskamp et *al.*, 2008).

Les colonies mycéliennes sont duveteuses et étalées. Elles sont de teinte grise au début et deviennent rapidement verdâtres à marron foncé. Une bande plus claire est souvent présente à la périphérie. Le genre *Phoma* se caractérise par la présence de pycnides globuleuses plus ou moins rondes, contenant des masses de spores (conidies) unicellulaires, elles sont incolores, foncées, brunes ou noires (Samson et *al.*, 2004) (Figure n°15).

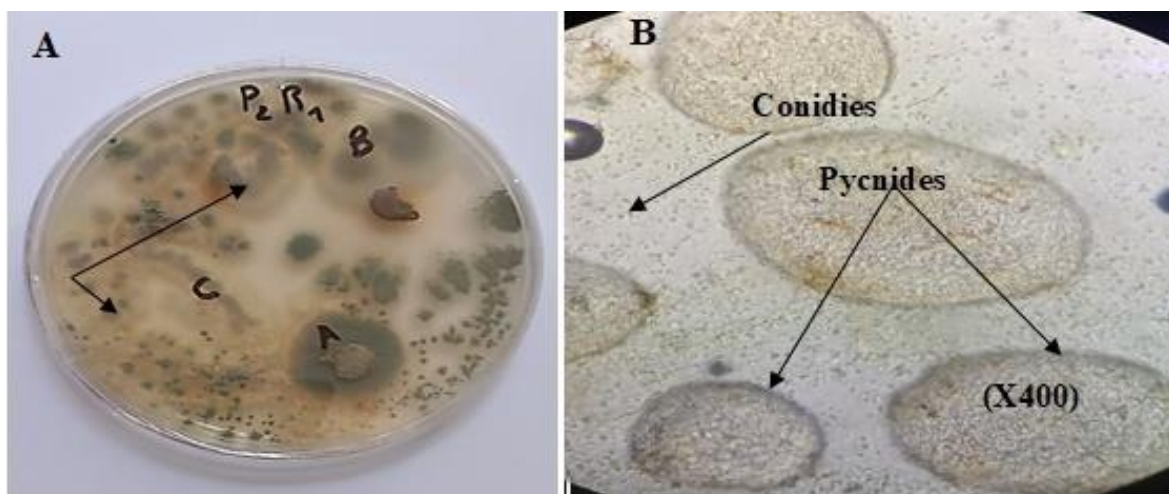


Figure n° 15. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre *Phoma*.

2.3. *Neoscytalidium*

Ces champignons sont connus comme des phytopathogènes qui parasitent des plantes dans les zones tropicales et subtropicales où ils prédominent, bien que leur aire de distribution soit plus large. Ils survivent dans le sol (Maslin, 2002).

Ce champignon produit des hyphes sinueux et irréguliers et se caractérise par des colonies à croissance rapide, qui sont profondément touffues, d'un mycélium aérien dense, de couleur sombre et filandreux. Les cultures se développent rapidement, initialement de couleur claire et devenant brun foncé, puis noir avec l'âge (Dionne, 2015). Ce genre est caractérisé

Chapitre 4. Résultats et discussion

par des hyphes cloisonnés et ramifiés hyalins à brun foncé, avec parfois des arthroconidies uni- ou bicellulaires (Machouart et *al.*, 2012) (Figure n°16).

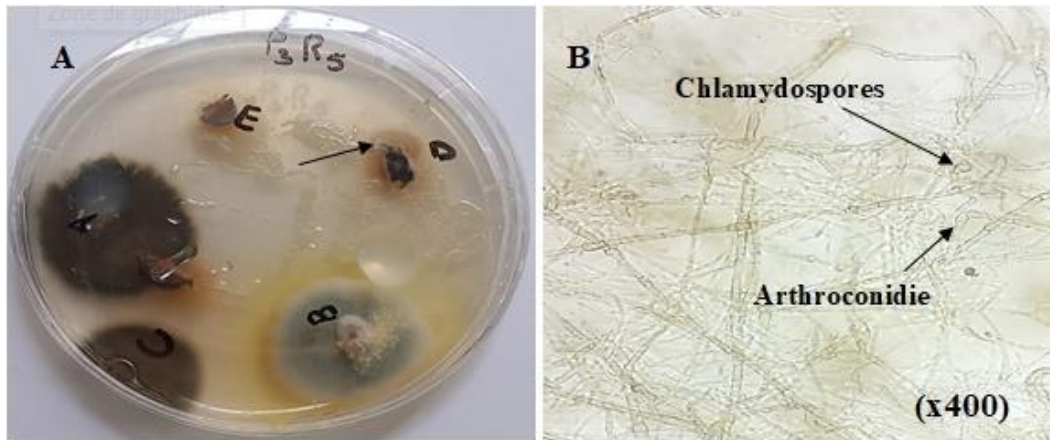


Figure n°16. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre *Neoscytalidium*.

2.4. *Penicillium*

C'est un champignon ubiquiste, dont le développement se fait à partir des substances organiques ou végétales en décomposition. Par ses microcolonies naissent de multiples spores qui sont dispersées dans l'air (Patterson et *al.*, 2009).

Ses colonies sont plates, veloutées, denses, d'un aspect en moquette et de couleur bleu-vert foncé, avec diffusion de pigment jaune. Ce champignon présente des filaments hyalins et septés. Les conidiophores ramifiés ou non donnent naissance à des métules. Ces métules forment elles-mêmes des phialides cylindriques, organisées en pinces, qui produisent des conidies, qui peuvent être lisses ou rugueuses, rangées en chaînes non ramifiées (Patterson et *al.*, 2009) (Figure n°17).

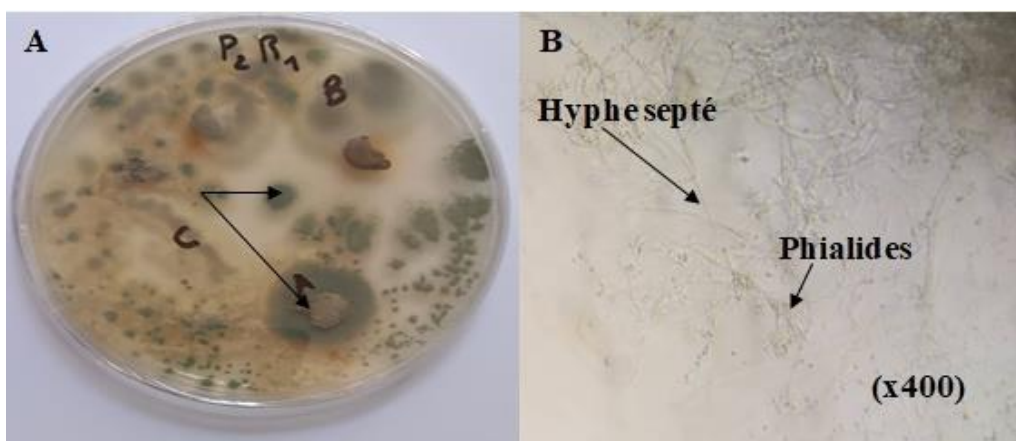


Figure n° 17. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre *Penicillium*.

Chapitre 4. Résultats et discussion

6.4. *Aspergillus*

Aspergillus est un champignon cosmopolite, appartenant au phylum des Ascomycota. (Roquebert, 1998). C'est l'un des genres les plus anciennement décrits (Ross, 1951). 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).

Les colonies d'*Aspergillus* prennent des caractéristiques diverses par rapport au stade de développement ou au milieu d'isolement utilisé. Certaines espèces sont de couleur blanche aux stades précoces de leur cycle de vie, puis prennent des couleurs qui peuvent aller du jaune doré, vert, marron foncé ou noir. La texture des colonies peut être glabre ou veloutée. *Aspergillus* se reconnaît par un conidiophore porté sur un mycélium septé, hyalin, les têtes conidiales portent des phialides mono ou bisériées, pouvant être hyalines et granuleuses. Les conidies peuvent être globulaires ou d'un rond non régulier (Eltemet *al.*, 2004 *in* Ould Ahmed, 2019).

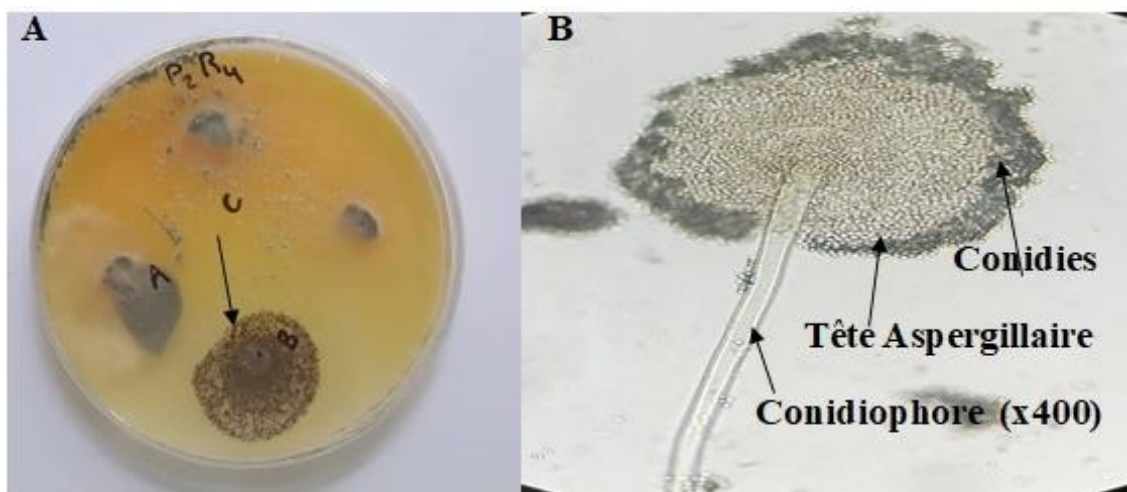


Figure n° 18. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre *Aspergillus*.

2.5. *Rhizoctonia*

C'est un champignon Basidiomycota, c'est l'un des principaux agents pathogènes fongiques, qui attaque de nombreuses plantes, il se développe sous une gamme importante de température et provoque des dégâts considérables lorsque les conditions ne sont pas favorables à une levée rapide, comme c'est le cas dans les sols froids et humides (Perou, 1990).

Chapitre 4. Résultats et discussion

La colonie de ce genre est de couleur blanche rougeâtre. *Rhizoctonia* ne produit pas de conidies et ne produira qu'occasionnellement des spores sexuées (basidiospores) (Ceresini, 1999). Le thalle est de couleur blanc à marron foncé, à croissance rapide (Bouladjraf, 2017) (Figure n°19).

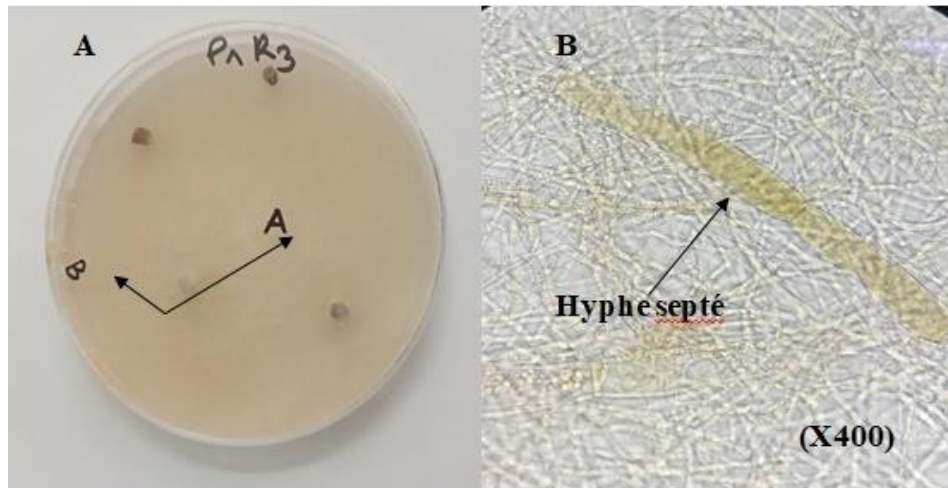


Figure n° 19. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) du genre *Rhizoctonia*.

3. Abondance des genres recensés

Les abondances des mycoendophytes recensés au niveau des rhizomes de la posidonie ont été calculées et présentées dans la figure n°20.

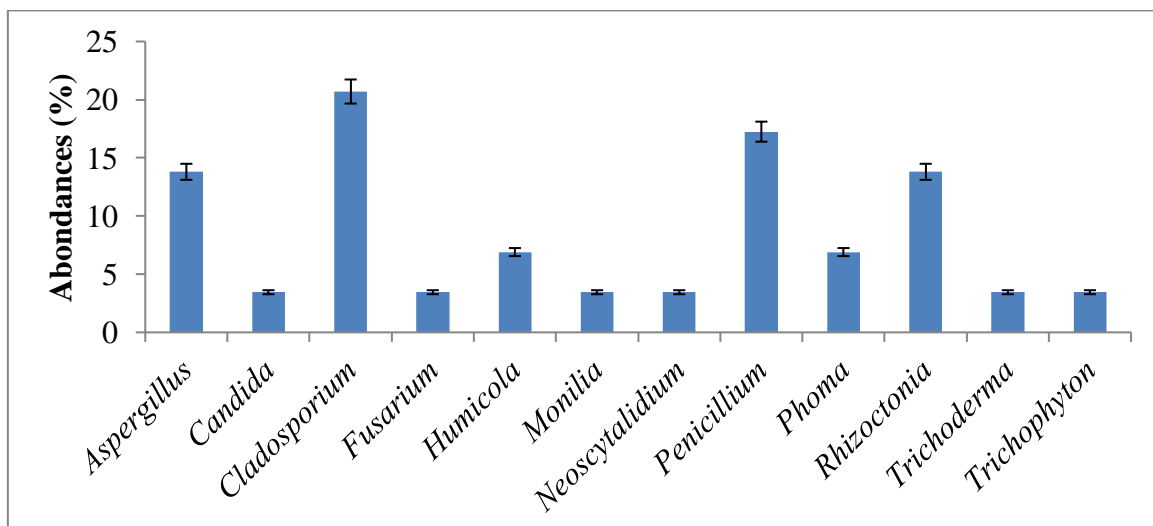


Figure n°20. Abondances des genres mycoendophytes recensés dans les rhizomes de la posidonie.

Chapitre 4. Résultats et discussion

Selon les résultats présentés dans la figure n°20 nous déduisons que la diversité au niveau des rhizomes de *Posidonia oceanica* est très intéressante. Les champignons sont classés du plus abondant au moins abondant comme suit : *Cladosporium* (20,70%), suivi de *Penicillium* avec (17,25%), *Rhizoctonia* et *Aspergillus* avec (13,80 %) pour chacun, *Phoma* et *Humicola* avec (6,90%) pour chacun, *Candida*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Trichophyton*, *Neoscytalidium* et *Monilia*, avec (3,45 %) pour chacun.

A partir de ces résultats nous constatons que le genre *Cladosporium* est le plus abondant. Il est suivi de *Penicillium*. A l'instar de travaux de Panno et *al.* (2011) sur la biodiversité des champignons marins associés à l'herbier de posidonie, ces deux genres étaient les plus importants parmi toutes les espèces de champignons identifiés. Les valeurs les plus élevées de charge fongique et d'espèces ont été trouvées dans les rhizomes. Ces genres sont considérés comme des habitants communs des milieux marins, car ceux-ci sont adaptés aux conditions chimiques et physiques particulières. Ils effectuent d'importantes fonctions écologiques, principalement dans la décomposition des matières organiques et dans le recyclage des éléments (Panno et *al.*, 2013). Ils jouent aussi un rôle dans la synthèse des composés humiques, par la production d'enzymes actives dans des conditions extrêmes, souvent non produites par des analogues terrestres (Hyde et *al.*, 1998 ; Raghukumar et *al.*, 1999).

D'autres champignons ont été signalés par d'autres auteurs comme associés à *Posidonia oceanica* (Cuomo et Vanzanella, 1985 ; Panno et *al.*, 2011). Ils n'ont pas été trouvés dans notre étude. Il s'agit des genres *Acremonium*, *Cremasteria*, *Mycosphaerella*, *Myrmecridium*, *Phaeocryptopus*, *Pycnidiophora*, *Sporobolomyces* et *Wallemia* à l'exception du genre *Candida*. Ce résultat pourrait s'expliquer compte tenu de la saison des prélèvements (printemps) et le site de prélèvement ainsi que le stade phénologique de la plante.

Nous pouvons expliquer la dominance du genre *Cladosporium* par son activité antimicrobienne contre les bactéries et les champignons pathogènes, ainsi il favorise la croissance des plantes à travers une variété de mécanismes, car les métabolites qu'il produit fournissent une variété d'aptitudes aux plantes hôtes, en augmentant leur résistance aux stress biotiques et abiotiques, ainsi qu'en améliorant la croissance des plantes (Fontana et *al.*, 2021).

Chapitre 4. Résultats et discussion

Nous citons aussi que les rhizomes proches du sol, et les espèces de ce genre sont fréquemment isolés du sol et les matières organiques (Bensch et *al.*, 2012).

Penicillium est un champignon ubiquiste, dont le développement se fait à partir de substances organiques ou de végétaux en décomposition. Il est l'un des genres prédominants dans les milieux marins (Le et *al.*, 2021). Ce genre a été isolé en tant qu'endophyte pour différentes algues ; les chercheurs ont révélé une cytotoxicité et des activités inhibitrices contre les pathogènes fongiques (Gonçalves et *al.*, 2019).

Concernant les espèces fongiques présentes en faible proportion, Toofane et Dalymamode (2002) ont montré que plusieurs taxons peuvent être récupérés de façon sporadique, suggérant qu'il est possible que les facteurs environnementaux ne soient pas propices à leur croissance ou que des endophytes plus compétitifs ont déjà atteint une colonisation importante du tissu de l'hôte.

4. Analyse de la variance

Pour tester la différence significative qui existe entre les composantes du cortège de mycoendophytes des rhizomes de la posidonie de la région de Tizirt, un test ANOVA a été appliqué pour chaque genre. La probabilité (p) est comparé à un seuil de signification $\alpha = 0,05$. (Tableau n°5).

Chapitre 4. Résultats et discussion

Tableau n° 5. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA).

Genres	Probabilité	Comparaison	Signification
<i>Aspergillus</i>	0,47	0,47 > 0,05	non significative
<i>Candida</i>	0,46	0,46 > 0,05	non significative
<i>Cladosporium</i>	0,53	0,53 > 0,05	non significative
<i>Fusarium</i>	0,43	0,43 > 0,05	non significative
<i>Humicola</i>	0,56	0,56 > 0,05	non significative
<i>Monilia</i>	0,43	0,43 > 0,05	non significative
<i>Neoscytalidium</i>	0,06	0,06 > 0,05	non significative
<i>Penicillium</i>	0,32	0,32 > 0,05	non significative <
<i>Phoma</i>	0,41	0,41 > 0,05	non significative
<i>Rhizoctonia</i>	0,48	0,48 > 0,05	non significative
<i>Trichoderma</i>	0,57	0,57 > 0,05	non significative
<i>Trichophyton</i>	0,43	0,43 > 0,05	non significative

Les résultats du tableau révèlent qu'il n'y a pas de différence significative entre les prélèvements pour les différents composants du cortège des mycoendophytes des rhizomes de la posidonie de la région de Tizirt. Cela pourrait être expliqué par l'effet favorable du milieu de culture (PDA) sur la sporulation et la croissance mycélienne des espèces fongiques. Selon Attrassi et *al.*, (2005), les milieux de culture utilisés dans son expérimentation ont permis une bonne croissance mycélienne. Le milieu de culture PDA est considéré parmi les plus favorables à toutes les espèces étudiées, du fait que ce milieu est le plus utilisé par plusieurs chercheurs comme milieu nutritif de base. Ceci pourrait être expliqué aussi par la répartition homogène de ces mycoendophytes au niveau des rhizomes de tous les échantillons.

5. Analyse en composantes principales (ACP)

Afin de comprendre les interactions qui existent entre les genres de mycoendophytes recensés au niveau des rhizomes de la posidonie de la région de Tizirt, nous avons fait une matrice de corrélation entre les champignons endophytes pris deux à deux. Il existe des

Chapitre 4. Résultats et discussion

corrélations non significatives entre les genres endophytes et des corrélations significatives qui sont pour certaines positives (ce qui signifie que les variables varient dans le même sens), et pour d'autres négatives, ce qui signifie que les variables varient dans des sens opposés.

Tableau n° 6. Récapitulatif des interactions entre les genres mycoendophytes des rhizomes de *Posidonia oceanica* de la région de Tigzirt.

	<i>Candida</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Humicola</i>	<i>Trichoderma</i>
<i>Monilia</i>	1,00	ns	ns	ns	ns
<i>Neoscytalidium</i>	ns	ns	1,00	ns	ns
<i>Penicillium</i>	ns	-0,94	ns	ns	ns
<i>Phoma</i>	ns	ns	ns	1,00	ns
<i>Trichophyton</i>	ns	ns	ns	ns	0,91

D'après le tableau n°6, des interactions importantes sont décrites entre les différents genres fongiques, des corrélations positives et fortes sont notés comme suit : entre les genres *Monilia* et *candida* (1), *Neoscytalidium* et *Fusarium* (1), *Phoma* et *Humicola* (1) et entre *Trichophyton* et *Trichoderma* (0,91). Cela peut s'expliquer par la nécessité d'exister ensemble, pour chaque paire la présence de l'un favorise la présence de l'autre, autrement dit l'absence de l'un limite la présence de l'autre (c'est une synergie). Une autre corrélation qui est négative et forte a été notée entre les genres *Penicillium* et *Cladosporium* (-0,94), cela peut être expliqué par une forte relation antagoniste (certains champignons limitent la présence d'autres champignons sur le même substrat).

Une analyse en composantes principales est réalisée (Figure n°21). Cette ACP nous a fourni des indications sur la nature, la force et la pertinence des liens entre les différents prélèvements et les mycoendophytes recensés. Le plan 1-2 de l'ACP explique 67% du phénomène, avec pour l'axe 1, 36% et pour l'axe2, 31%.

Chapitre 4. Résultats et discussion

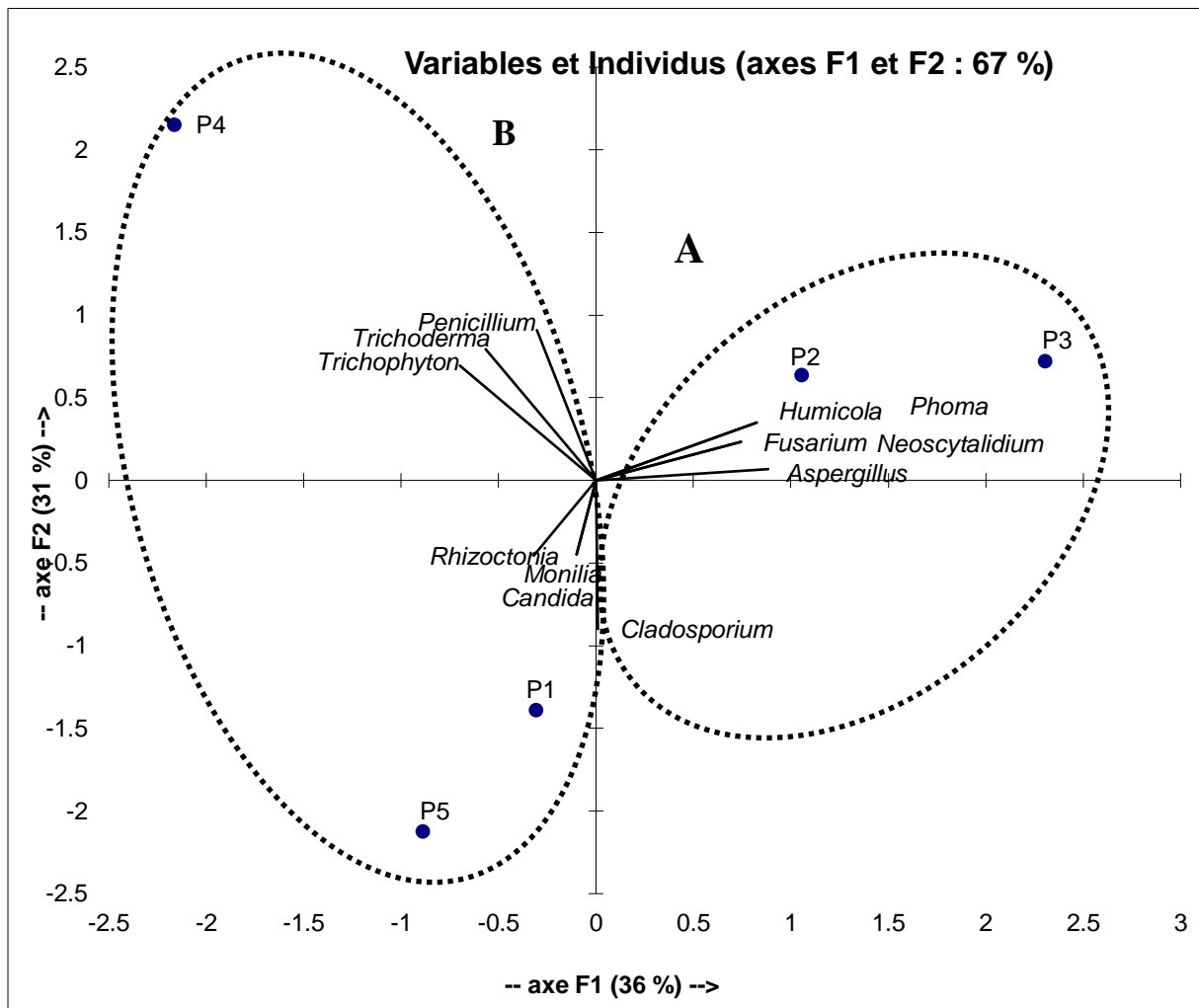


Figure n°21. Analyse en composantes principales représentant les genres de champignons endophytes des prélèvements des rhizomes de *Posidonia oceanica* de la région de Tigzirt.

A partir de la figure n°21, nous pouvons noter la présence de deux groupes. Le premier groupe (A) comporte les prélèvements P3 et P2, où le genre *Cladosporium* est prédominant suivi des genres *Humicola*, *Phoma*, et des genres *Neoscytalidium*, *Aspergillus* et *Fusarium*. Le second groupe (B) comprend les prélèvements P1, P4, P5 où le genre *Penicillium* est dominant suivi des genres *Rhizoctonia*, *Monilia*, *Candida*, *Trichophyton* et *Trichoderma*.

Dans les deux groupes formés, nous remarquons parfaitement les interactions de synergiques qui existent entre les genres du groupe 1 (entre *Monilia* et *Candida*, *Trichophyton* et *Trichoderma*), et celle qui existent entre les genres du groupe 2 (*Phoma* et *Hmicola*, *Neoscytalidium* et *Fusarium*) où les corrélations sont positivement fortes. Nous notons aussi

Chapitre 4. Résultats et discussion

l'interaction antagoniste qui existe entre les deux genres *Cladosporium* et le genre *Penicillium* où les corrélations sont négativement fortes. Cela peut s'expliquer par les rôles différents que peuvent jouer ces deux champignons, lorsqu'ils sont en interaction avec la plante.

Arnold (2007) a estimé que des interactions se créent entre les mycoendophytes d'une part et entre les mycoendophytes et la plante hôte d'une autre part. Le type d'interactions regroupant les mycoendophytes aux plantes est contrôlé par les gènes des deux partenaires (plante et champignons) et il est modelé par l'environnement (Morrice et Ragazzi, 2008). La forte présence des genres *Cladosporium* et *Penicillium* est expliquée par la facilité de dispersion de leurs conidies. Ils présentent aussi un large spectre écologique (Christensen, 1981). Ils remplissent des fonctions écologiques importantes, principalement dans la décomposition des matières organiques et dans le recyclage des éléments (Raghukumar, 1999), comme ils représentent une source prolifique de substances biologiquement actives du métabolisme secondaire (Imhoff, 2011). En effet, *Cladosporium* est pourvu de multiples activités antibactériennes et antifongiques (Bensch et al., 2012) et *Penicillium* aussi possède des activités de cytotoxicité et des activités inhibitrices contre les pathogènes fongiques (Gonçalves et al., 2019). Ces deux genres montrent une relation antagoniste comme cela a été démontré dans l'ACP et la matrice de corrélation. Cela pourrait être expliqué par les rôles différents que peuvent jouer lorsqu'ils sont en interaction avec la plante.

6. Analyse en composant principale globale (Endophytes-Epiphytes)

Afin de comprendre les interactions qui existent entre les genres fongiques épiphytes et endophytes recensé au niveau des rhizomes de la posidonie, nous avons fait une matrice de corrélation entre les genres fongiques des champignons endophytes et épiphytes pris deux à deux. Il y a lieu de préciser qu'un inventaire des champignons épiphytes a été fait sur les mêmes prélèvements par Abboud (2022), l'étude a permis d'identifier les genres fongiques suivants : *Alternaria*, *Arthrotrichum*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Candida*, *Paecilomyces*, *Paraphaeosporium* et *Penicillium*.

Chapitre 4. Résultats et discussion

Tableau n°7. Récapitulatif de matrice de corrélation entre les champignons épiphytes et endophytes recensés.

	<i>Candida</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Humicola</i>	<i>Paecilomyces</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Trichoderma</i>
<i>Neoscytalidium</i>	ns	ns	1,00	ns	ns	ns	ns
<i>Paecilomyces</i>	0,65	ns	ns	ns	1	ns	ns
<i>Paraphaeospharia</i>	ns	ns	ns	ns	0,77	ns	ns
<i>Penicillium</i>	ns	-0,74	ns	ns	ns	1	ns
<i>Phoma</i>	ns	ns	ns	1,00	ns	ns	ns
<i>Rhizoctonia</i>	-0,66	ns	ns	ns	-0,76	ns	ns
<i>Trichoderma</i>	ns	ns	ns	ns	ns	0,74	1
<i>Trichophyton</i>	ns	ns	ns	ns	ns	0,76	0,92

D'après le tableau n°7, des interactions importantes sont décrites entre les différents genres fongiques endophytes et épiphytes. Des corrélations significatives positives et fortes sont notées exclusivement entre les mycoendophytes comme suit : *Neoscytalidium* et *Fusarium* (1,00), *Phoma* et *Humicola* (1,00), *Trichophyton* et *Trichoderma* (0,92), entre les genres exclusivement épiphytes : *Paraphaeospharia* et *Paecilomyces* (0,77). Il a été noté aussi des corrélations positives entre deux genres fongiques, où l'un est exclusivement endophyte *Trichophyton* et *Penicillium* à la fois endophyte et épiphyte (0,74), de même pour *Trichoderma* uniquement endophyte et *Penicillium* endophyte et épiphyte(0,74), des corrélations positives fortes sont notées entre deux genres fongiques l'un exclusivement épiphytes *Paecilomyces* et *Candida* à la fois endophyte et épiphyte(0,65). D'autres corrélations significatives négatives fortes ont été noté entre les genres exclusivement endophyte *Trichoderma* et *Paecilomyces* qui est exclusivement épiphyte (-0,76), et entre endophyte et épiphyte à la fois : *Penicillium* et *Cladosporium* (-0,74) et enfin *Rhizoctonia* exclusivement endophyte et *Candida* endophyte et épiphyte (-0,66).

Afin de comprendre le fonctionnement du cortège fongique en révélant la sélectivité fongique dans les différents compartiments végétaux et de déterminer les principaux moteurs

Chapitre 4. Résultats et discussion

qui façonnent à la fois les épiphytes et les endophytes chez *Posidonia oceanica* de la région de Tizgirt, une ACP a été établie entre les champignons épiphytes et endophytes.

Le plan de 1-2 de l'analyse explique 47% du phénomène avec pour l'axe 1, 29% et pour l'axe 2, 19% de l'inertie totale (Figure n°22).

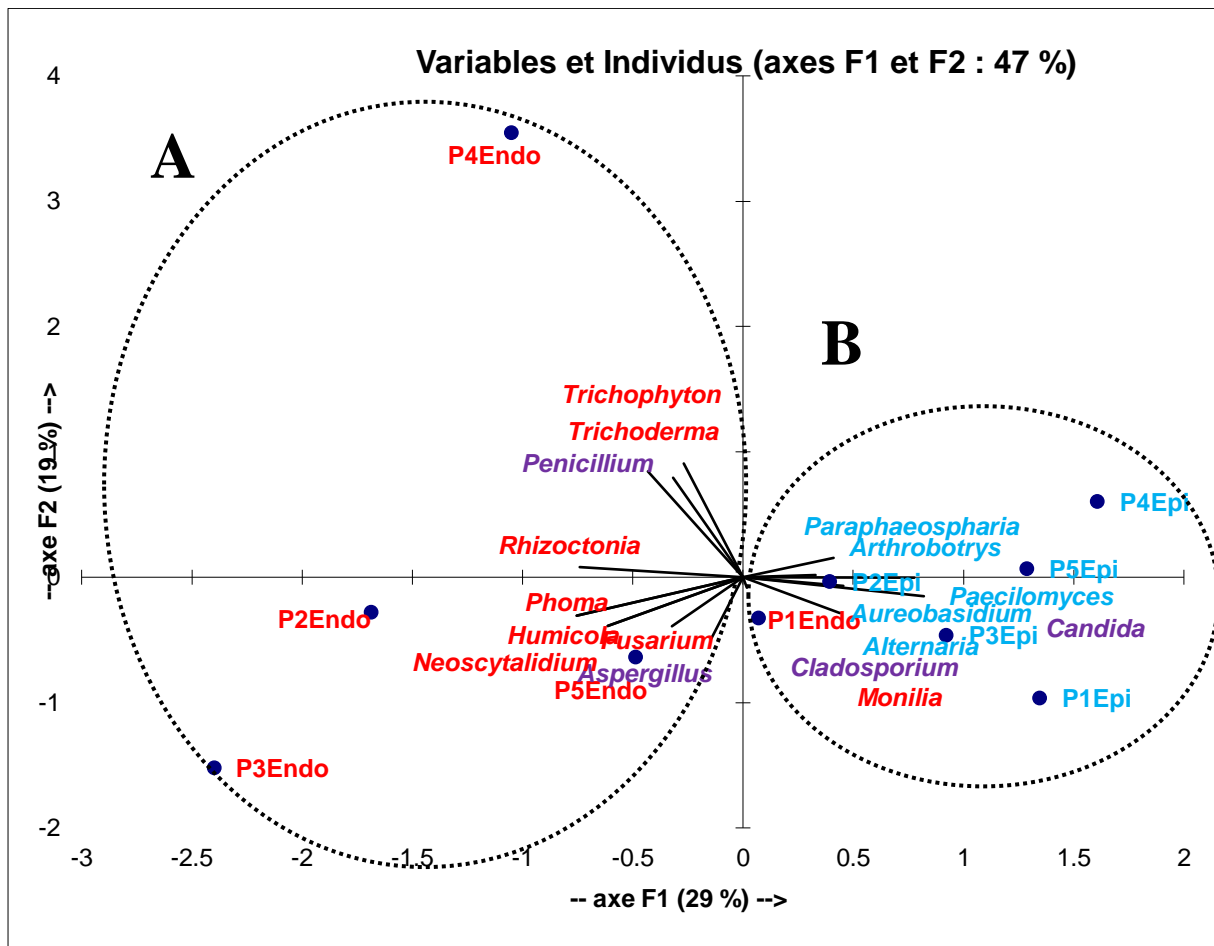


Figure n° 22. Analyse en composantes principales globale représentant les genres de champignons épiphytes et endophytes des prélèvements des rhizomes de *Posidonia oceanica* de la région de Tizgirt.

Nous avons obtenus dans cette ACP deux groupes A et B. Le premier A comprend les genres : *Trichophyton*, *Trichoderma*, *Rhizoctonia*, *Phoma*, *Humicola*, *Fusarium*, *Neoscytalidium*, *Phoma* qui sont des endophytes exclusifs et les deux genres *Penicillium* et *Aspergillus* qui se présentent comme endophytes et épiphytes, et composé aussi de prélèvements P2 Endo, P3 Endo, P4 Endo, P5 Endo au niveau desquels sont recensés ces champignons.

Le deuxième groupe B comprend les genres *Arthrobotrys*, *Aureobasidium*, *Alternaria*, *Paecilomyces*, *Paraphaeospharia*, qui sont des épiphytes exclusifs, et les prélèvements

Chapitre 4. Résultats et discussion

P1 Epi, P2 Epi, P3 Epi, P4 Epi et P5 Epi au niveau desquels sont recensés ces champignons, et les genres *Candida* et *Cladosporium* qui se présentent comme des endophytes et des épiphytes. Ce groupe comprend aussi le genre *Monilia* qui est exclusivement endophyte et le prélèvement P1 Endo où il se trouve.

Les résultats de l'ACP entre les champignons des deux compartiments des rhizomes de *Posidonia oceanica* montrent une similitude entre le cortège fongique des épiphytes et endophytes. Cela pourraient être expliqués par les relations qui existent entre les épiphytes et les endophytes (Ouzid, 2018). Des études suggèrent qu'il existe un chevauchement entre les communautés fongiques épiphytes et endophytes (Kembel et Mueller, 2014). Malgré la similarité de quelques genres entre les deux micro-communautés, on note aussi une différence dans cette composition fongique des rhizomes. Les champignons épiphytes et endophytes sont à la fois des populations qui ne poussent qu'à quelques millimètres d'intervalle, mais diffèrent grandement dans leur composition (Kharwar et al., 2010). Certaines études ont révélé que l'identité des plantes influence significativement sur la richesse des champignons endophytes, mais pas celle des champignons épiphytes (Yao et al., 2019) et cela est dû aux différents environnements dans lesquels ces deux populations vivent. Petrini (1991) a suggéré que les communautés endophytiques contiennent souvent une variété d'espèces classiques épiphytiques. *Penicillium* et *Cladosporium* sont considérés comme des colonisateurs primaires communs de plantes et sont essentiellement épiphytiques. La plante sélectionne les mycoendophytes qui vont entrer dans ses tissus internes, alors ils vont être affectés par les divers caractères physiques. Par contre, les champignons épiphytes vivent entièrement à l'extérieur de l'hôte et subissent des facteurs abiotiques extrêmes. Cette différence dans leurs modes de vie va façonner leur composition et leur abondance (Yao et al., 2019).

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude a permis l'identification des mycoendophyte des rhizomes de *Posidonia oceanica* de la région de Tigzirt (Tizi-Ouzou). Cette étude rentre dans le cadre des travaux de recherche du laboratoire « Ressources naturelles», de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

L'échantillonnage a concerné 5 prélèvements de *Posidonia oceanica* échantillonnés tout autour de l'îlot de Tigzirt, pendant le mois de mai 2022. Les rhizomes prélevés ont été stérilisés et mises en culture au laboratoire, sur milieu PDA.

L'identification macroscopique et microscopique des souches prélevées a montré la présence de 12 genres fongiques. Il s'agit des genres : *Aspergillus*, *Candida*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Humicola*, *Monilia*, *Neoscytalidium*, *Penicillium*, *Phoma*, *Rhizoctonia*, *Trichoderma* et *Trichophyton*. Le genre *Cladosporium* apparaît dominant au sein du cortège mycoendophytique.

Les résultats de l'ANOVA révèlent qu'il n'y a pas de différence significative entre les prélèvements pour les différentes composantes du cortège des mycoendophytes des rhizomes. La matrice de corrélation a montré différentes interactions positives et négatives entre les mycoendophytes, mais la relation la plus marquante est celle entre le genre *Cladosporium* avec le genre *Penicillium*, qui est une relation fortement antagoniste. L'analyse en composantes principales illustre les relations entre les mycoendophytes recensés. Ces relations peuvent jouer un rôle important dans la survie et l'aptitude de leurs plantes hôtes en plus de son potentiel rôle dans la protection et la persévérance de la plante, par la synthèse de divers métabolites secondaires.

Une seconde ACP a été réalisée pour comprendre les interactions entre champignons épiphytes et les mycoendophytes des rhizomes de *Posidonia oceanica*. Les résultats obtenus indiquent que certains genres sont communs aux deux compartiments et d'autres sont spécifiques soit au compartiment externe ou au compartiment interne du rhizome. Les genres les plus abondants, à savoir *Cladosporium* et *Penicillium* sont aussi bien épiphytes qu'endophytes.

Conclusion générale

Les résultats présentés contribuent à la compréhension du rôle écologique des champignons dans les milieux marins et en particulier dans les herbiers à *Posidonia oceanica*, espèce gravement menacée.

Cette étude est une simple initiation dans le domaine. Il est recommandé dans le future de réaliser des études plus approfondies qui visent principalement à :

- L'identification d'avantage de mycoendophytes de *Posidonia oceanica* ;
- La confirmation des données actuellement obtenues par d'autres méthodes ;
- L'étude du potentiel antifongique, antibactérien et antioxydant du genre *Cladosporium*.

Références bibliographiques

A

1. **Abboud k. 2022.** Diversité des épiphytes des rhizomes de la posidonie : *Posidonia oceanica* de la région de Tizirt (Tizi-Ouzou). Mémoire de Master II. Option Biodiversité et Ecologie Végétale. Faculté des Sciences Biologique et Agronomiques. Université Mouloud Mammeri Tizi-ouzou. 60p.
2. **Ainsworth GC., Hawksworth DL., Bisby GR. 2008.** Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi. (10ème édition). CAB International. 771p.
3. **Amirouche N., Bouguedoura N., et Hadj Arab H. 2009.** Botanique. édition : Houma-Alger. 91p.
4. **Alcoverro T., Cerbian E., Ballesteros E. 2001.** The photosynthetic capacity of the seagrass *P. oceanica*: influence of nitrogen and light. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 261: 107-120.
5. **Alva P., McKenzie EHC., Pointing SB., Pena-Muralla R., Hyde KD. 2002.** Do sea grasses harbour endophytes?. Fungal Diversity Research Series. 7: 167-178.
6. **Arnold AE., Mejía LC., Kylo D., Rojas EI., Maynard Z., Robbins N. et Herre EA. 2003a.** Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. Proceedings of the National Academy of Sciences. USA. 100 (26): 15649-15654.
7. **Arnold A. 2007.** Understanding the diversity of foliar endophytic fungi: Progress Challenges, and frontiers. Fungal Biology Reviews. 21:51-66.
8. **Arnold AE., Lutzoni F. 2007.** Diversity and host range of foliar fungal endophytes: are tropical leaves biodiversity hotspots?. Ecology. 88: 541-549.
9. **Attrassi B., Marabet L., Douira A., Ounine K., El Haloui N. 2005.** Etude de la valorisation agronomique des composts des déchets ménagers. Atelier biotechnologies au Maroc. Etat des lieux et domaines prioritaires. Settat .6p.
10. **Aveskamp MM., De Gruyter J., Crous PW. 2008.** Biology and recent development in the systematics of *Phoma*, a complex genus of major quarantine significance. Fungal Diversity. (31):1-18.

B

11. **Bacon CW., White JF. 2000.** Microbial Endophytes. Marcel Dekker Inc. NewYork, USA. Pp3-29.

12. **Ballesta L., Pergent G., Pasqualini V., and Pergent-Martini C.2000.** Distribution and dynamics of *Posidonia oceanica* eds along the Albères coastline.C.R. Academie Scientifique. Paris, Sciences de la vie. 323: 407- 414.
13. **Ballesteros E., Alcoverro T., Cebrian E., Font X., Garcia-Rubies A., Romero J.2005.** Pseudo viviparity, a new form of asexual reproduction in the seagrass *Posidonia oceanica*. Botanica Marina. 48: 175-177.
14. **Bar-Hen A., MaridassouM., Poursat MA., Vandenkournphyse P. 2008.** Influence function for robust phylogenetic reconstruction. Molecular. Biology and Evolution. 25:869-873.
15. **Bass D., Howe A., Brown N., Barton H., Demidova M., Michelle H., Li L., Sanders H., Watkinson SCC., Willcock S., Richards TAA. 2007.** Yeast forms dominate fungal diversity in the deep oceans. Proceedings of the Royal. Society B. 274: 3069-3077.
16. **Bensch K., Braun U., Groenewald JZ., Crous PW. 2012.** The genus *Cladosporium*. Studies in Mycology.72: 1–401.
17. **Blackwell M. 2011.** The fungi: 1, 2, 3...5.1Million species. American Journal of Botany. 98(3):426-438.
18. **Blanco-Murillo F., Fernández-Torquemada Y., Garrote-Moreno A., Sáez CA., Sánchez- Lizaso JL. 2022.** *Posidonia oceanica* L. (Delile) meadows regression: Long-termaffection may be induced by multiple impacts. Marine Environmental Research.174, 105557.
19. **Botton B., Breton A., fevre M., Gauthier S., Guy PH., Larpent JP., Reymond P., Sanglier JJ., Vayssier Y., et Veau P. 1990.** Moisissures utiles et nuisibles : importance industrielle. 2ème édition. Masson. Collection Biotechnologies. p : 34- 42.
20. **Bouchet P., Guingard JL., VillardJ. 1999.** Les champignons Mycologie fondamentale, Masson Paris. pp 109-111.
21. **Boudouresque CF., Meinesz A.1982.** Découverte de l’herbier de Posidonie. Cahier Parc nation. Port-Cros, Fr., 4: 1-79.
22. **Boudouresque CF., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., et Tunesi L. 2006.** Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub. 1-202.
23. **Bouladjraf N. 2017.** Etude in vitro et in vivo l’efficacité de l’extrait phénolique de *Salvia officinalis* sur *botryis cinerea* et *Rhizoctonia solani*. Mémoire de Master II en Sciences Agronomiques. Université d’Abdelhamid Ibn badis Mostaganem. 66p.

24. **Boumaza S.1995.** Phénologie, biomasse, lépidochronologie et production primaire de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile de l'anse de Kouâli. Tipaza (Algérie). Thèse de Magister. ISMAL. Alger. 125 p.
25. **Bouzid N.2015.** Les champignons et Pseudo-champignons pathogènes des plantes cultivées. L'INAT, 199p.
26. **Bugni TS., Ireland CM.2004.** Marine-derived fungi: a chemically and biologically diverse group of microorganismes. Natural Products Report. 21:143-163.
27. **Burgaud D., Arzur L., Durand MA., Cambon-Bonavita G. 2011.** Barbier Levures marines cultivables dans les sources hydrothermales profondes : richesse spécifique et association avec la faune Microbial. Ecology.73 : 121–133.

C

28. **Cao LX., You JL., Zhou SN. 2002.** Endophytic fungi from *Musa acuminata* leaves and roots in south china. World Journal of Microbiology and biotechnology. 94 (2): 295-310.
29. **Carlile MJ., Watkinson SC. 1994 .** The fungi. Academic Press Eds. Londre. 608p.
30. **Carroll G. 1988.** Fungal Endophytes in Stems and Leaves: From Latent Pathogen to Mutualistic Symbiont. Ecology. 69:2–9.
31. **Caye G. 1980.** Sur la morphogénèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Doctorat. Université Aix-Marseille II, France, 1-121.
32. **Caye G., Meinesz A. 1984.** Observations sur la floraison et la fructification de *Posidonia oceanica* dans la baie de Ville franche et en Corse du Sud. In : International Workshop on *Posidonia oceanica* beds. Boudouresque CF., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie pub. France, 1: 193-201.
33. **Ceresini P. 1999.** *Rhizoctonia solani*: Pathogen profile created by Paulo Ceresini as one of the requirements of the course. Soilborne plant pathogens. PP728.
34. **Chabasse D. 2008.** Classification des champignons d'intérêt médical. Encycl Méd Chir (Editions scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), Maladies infectieuses, 8-088-B-10, 9p.
35. **Chabasse D., Bouchara JP., Degentil L., Brun S., Climon B., Penn P. 2000.** Les moisissures d'intérêt médical. Cahier de formation n° 25, Bioforma. 59p.
36. **Christensen M. 1981.** Species diversity and dominance in fungal communities. In Wicklow DT., Carroll GC. (eds.) The Fungal Community. Its organization and role in the

ecosystem. Marcel Dekker Inc. New York. 201-232. (2008). Marine fungal biotechnology: An ecological perspective.

37. **Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C., Mucedola A., 1995a.** *Posidonia oceanica*: a contribution to the preservation of a major Mediterranean marine ecosystem. *Revista maritime publ. Roma.* 1-272.
38. **Cinelli F., Pardi G., Papi I. 1995b.** Plant biology. In: Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C., Mucedola A. edits. *La Posidonia oceanica.* *Revista Marittima Publ. Ital.* 12(Suppl.): 17-27.
39. **Collado J., Platas G., González I., Peláez F. 1999.** Geographical and seasonal influences on the distribution of fungal endophytes in *Quercus ilex*. *New Phytologist.* 144: 525-532.
40. **CondePoyales F. 1989.** Ficogeografía del mar de Alborán en el contexto del Mediterráneo occidental. *An Jardin Botanique. Madrid .* 46(1): 21-26.
41. **Cordier T., 2012.** Structure des assemblages fongiques de la phyllosphère des arbres forestiers et effet potentiel du changement climatique. Thèse de Doctorat. Ecole doctorale : Sciences et Environnements. Spécialité Ecologie évolutive, fonctionnelle et des communautés. Université Bordeaux 1. Pp: 3-16.
42. **Cuomo V., Vanzanella F. 1985.** Flore fongique de *Posidonia oceanica* et son importance écologique. *Transactions de la British Mycological Society.* 84: 35-40.
43. **Cuomo V., Jones EBG., et Grasso S. 1988.** Occurrence and distribution of marine fungi along the coast of the mediterranean sea. *Progress in Oceanography.* 21(2) : 189-200.

D

44. **Damous M., Laribi N., Rezzak L. 2008.** L'isolement des champignons entomopathogène à partir du sol .option Microbiologie. Faculté des sciences. Département de Biologie moléculaire. Université de Jijel. 49p.
45. **De Bary A. 1866.** *Morphologie and Physiologie der Pilze Flechten and Myxoceten,* Verlag von Engelmann, Leipzig.316p.
46. **Den Hartog C. 1970.** *The sea-grasses of the world.* North Holland publ. Co, Amsterdam, Pays-Bas.1-275.
47. **Dionne B. 2015.** Pulmonary Fungal Infection Caused by *Neoscytalidium dimidiatum*.
48. **Durrieu G. 1993.** *écologie des champignons.* Edition Paris. 207p.
49. **Dufresne PS. 2021.** Identification des champignons d'importance médicale. Institut national de Québec .55 p.

E

- 50. Elkalay K., Frangoulis C., Skliris N., Goffart A., Gobert S., Lepoint G., Hecq J.H., 2003.** A model of the seasonal dynamics of biomass and production of the seagrass *Posidonia oceanica* in the Bay of Calvi (Northwestern Mediterranean). *Ecological Modelling*. 167: 1-18.
- 51. Ernst M., Mendgen K.W., Wirsel S.G.R. 2003.** Endophytic fungal mutualists: seed-borne *Stagonospora* spp. enhances reed biomass production in axenic microcosms. *Molecular Plant Microbe Interactions*. 16: 580-587.

F

- 52. Fencial W., & Jensen P. 1997.** Marine fungi : A developing focus in marine natural products chemistry Euroconference on marine natural product Athens. November 2-6.
- 53. Fernandes P., Domitrovic T., Kao CM., Kurtaebach E. 2004.** Genomic expression pattern in *Saccharomyces cerevisiae* in response to high pressure . *FEBs letters*. 556:153-160.
- 54. Flammigan B., 2001.** Microorganisms in Home and Indoor Work Environments .fonctionnelle et des communautés. Université Bordeaux 1. P: 3-16.
- 55. Fontana DC., De Paula S., Torres AG., De Souza V., Pascholati SF., Schmidt D., & Dourado Neto D. 2021.**Endophytic Fungi: Biological Control and Induced Resistance to Phytopathogens and Abiotic Stresses. *Pathogens* (Basel, Switzerland). 10(5). 570p.
- 56. Fröhlich J., Hyde KD., and Petrini O. 2000.** Endophytic fungi associated with palms. *Mycological Research* 104: 1202-1212.

G

- 57. Gamulin-Brida H., Pozar A., Siminovic A., Span A. 1973.** Les conséquences biologiques de la pollution des eaux marines sur les biocénoses benthiques. Groupement des biocénoses benthiques de la mer Adriatique du point de vue de pureté des eaux. *AttiColl.internazion. Oceano geographic Mediterranean*. 5: 137-159.
- 58. Gamulin-Brida H. 1974.** Biocénoses benthiques de la mer Adriatique. *Acta Adriatica*.15 (9): 1-102.
- 59. Gao Z., Li B., Zhan C., Wang G .2008.** Molecular detection of fungal communities in the Hawaiian marine sponges *Suberites zeileki* and *Mycalarnata*. *Applied* 74:6091-6101.
- 60. Garteh-Jones EB. 1998.** Biofutur . Number special N°179. pp18-20.
- 61. Giraud G .1979.** Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bull Mus Hist Nat Marseille .Fr.* 39: 33-39.

- 62. Giraud G., Boudouresque CF., Cinnelli F., Fresi E., Mazzella. 1979.** Observations sur l'herbier de *Posidonia oceanica*(L.) Delile autour de l'île d'Ischia (Italie). Giornale Botanico italiano. 113(4): 261-274.
- 63. Gobert S., Lejeune P., Lepoint G., Bouquegneau JM. 2005.** C, N, P concentrations and requirements of flowering *Posidonia oceanica* shoots. Hydrobiologia.533:253-259.
- 64. Gold HS. 1959.** Distribution of some lignicolous ascomycetes and Fungi imperfecti vine stray (1963). Elisha michelle. Sciences sociale.75:25-28.
- 65. Gonçalves MFM., Santos L., Silva BMV., Abreu AC., Vicente TFL., Esteves AC., & Alves A. 2019.** Biodiversity of *Penicillium* species from marine environments in Portugal and description of *Penicillium lusitanum* sp. Nov., a novel species isolated from sea water. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 69(10): 3014-3021.
- 66. Gravesen S., Frisvad JC., et Samson RA. 1994.** Microfungi. 1ere Edition. 168 P.

H

- 67. Halary MS. 2009.** Etude des symbioses de mytilidés des écosystèmes marins profonds à base chimio synthétique par des techniques de FISH, de microscopie et de traitement d'images. Thèse de Doctorat. Université Pierre et Marie curie. p 213.
- 68. Halary S., Malik SB., Lildhar L., Slamovits CH., Hijri M., Corradi N .2011.** Conserved meiotic machinery in *Glomus spp.*, a putatively ancient asexual fungal lineage. Genome Biology and Evolution: 3(0): 950–8 14.
- 69. Hallmann J., Quadt-Hallmann A., Mahaffee WF. Et Kloepper JW. 1997.** Bacterial endophytes in agricultural crops. Canadian Journal of Microbiology. 43: 895-914.
- 70. Hardoim PR., Van Overbeek LS., Berg G, Pirttilä AM., Compant S., Campisano A., Döring M., Sessitsch A. 2015.** The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. Microbiology and Molecul Biology Reviews. 79: 293–320.
- 71. Harmelin JG., Laborel J. 1976.** Note préliminaire sur la morphologie de l'herbier profond de Posidonies *Posidonia oceanica* (Linné) Delile, à Port-Cros. Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, Fr., 2: 105-113.
- 72. Harmelin JG., Laborel J. 1979.** Note préliminaire sur la morphologie de l'herbier profond de posidinie *Posidonia oceanica* (Linné) Delile à port-Cros .Travaux scientifique parc nationale. Port-Cros .fr2 :105-113.

- 73. Hawksworth DL. 1991.** The fungal dimension of biodiversity: Magnitude significance and conservation .mycological research. 95:641-655.
- 74. Hawksworth DL. 2004.** Fungal diversity and its implications for genetic resource collections. Studies in Mycology. 50: 9–18.
- 75. He R., Wang G. Liu X. 2009.** Antagonistic bioactivity of an endophytic bacterium isolated from *Epimedium brevicornu* Maxim. African Journal of Biotechnology. 8 (2):191-195.
- 76. Helander ML., Sieber TN., Petrini O., et Neuvonen S. 1994.** Endophytic fungi in Scot's pine needles: spatial variation and consequences of simulated acid rain. Canadian Journal of Botany.72 : 1108-1113.
- 77. Herre EA., Mejia LC., Kylo DA., Rojas E., Maynard Z., Butler A., et Van Bael SA. 2007.** Ecological implications of anti-pathogen effects of tropical fungal endophytes and mycorrhizae .The Ecological Society of America. 88 (3):550–558.
- 78. Hibbett DS., Donoghue MJ. 2001.** Analysis of character correlations among wood decay mechanisms, mating systems, and substrate ranges in homobasidiomycetes. Systematic Biology. 50: 215-242.
- 79. Hibbett ., David S., Blackwell M., Timothy Y., James., Joseph W., Spatafora .,John W., Taylor ., Rytas V. 2018.** Définitions des taxons phylogénétiques pour les champignons, Dikarya, Ascomycota et Basidiomycota. Champignon IMA. 9 (2): 291–98.
- 80. Huang WY. 2004.** Distribution of endophytic fungi in *Trachelospermum jasminoides* and the bioactive metabolites from an endophyte .Unpublished M.Sc. thesis. Nanjing University.p232.
- 81. Hyde KD., Jones EBG., Leano E ., Pointing SB., Poonyth AD., Vrijmoed LLP . 1998.** Rôle des champignons marins dans les écosystèmes marins. Biodiversity and Conservation, 7 pp. 1147–1161.
- 82. Hyde KD., Sarma VV., & Jones E BG .2000.** Morphology and taxonomy of higher Marine fungi. Fungal Diversity Research Series. 1. 172-204.

I

- 83. Imhoff JF., Labes A., and Wiese J. 2011.** Bio-mining the microbial treasures of the ocean: new natural products. Biotechnol. Adv. 29, 468–482.

84. Ipek BU. 2020. l'encadrement du moullage en Méditerranée au regard de la protection de posidonie. Mémoire pour l'obtention du Master 2 Droit Maritime .Faculté de Droit et de Sciences Politiques. Université d'Aix Marseille.148p.

J

85. James TY., Porter D., Leander CA., Vilgalys R., Longcore JE. 2000. Molecular phylogenetics of the Chytridiomycota supports the utility of ultrastructural data in chytrid systematics. *Canadian Journal of Botany*. 78: 336-350.

86. James TY., Letcher PM., Longcore JE, Mozley-Standridge SE, Porter D, Powell MJ, et al. 2006. Molecular phylogeny of the flagellated fungi (Chytridiomycota) and description of a new phylum (Blastocladiomycota). *Mycologia* 98(6): 860–71 13.

87. Jennings DH., Lysek G. 1996. Biologie fongique:comprendre le mode de vie du monde fongique. Département de génétique et de microbiologie, Université de Liverpool, Liverpool, Royaume-Uni. 156 p.

88. Jones EBG. 2011. Are there more marine fungi to be described?. *Botanica Marina*. 54(4):343-354.

89. Jones EBG et Pang KL .2012. Champignons aquatiques tropicaux. *Biodivers. Conserv.* 21, 2403–2423. doi: 10.1007/s10531-011-0198-6.

90. Kembel SW., & Mueller RC. 2014. Plant traits and taxonomy drive host associations in tropical phyllosphere fungal communities. *Botany* 92(4): 303-311.

K

91. Kharwar R., Gond S., Kumar A., & Mishra A. 2010. A comparative study of endophytic and epiphytic fungal association with leaf of *Eucalyptus citriodora* Hook., and their antimicrobial activity. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 26:1941–1948.

92. Khodja A. 2013. Caractérisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) de la côte occidentale algérienne (Cap Blanc). Mémoire de Magistère : Sciences de l'Environnement. Option : Ecologie Marine. Université d'Oran.165p.

93. Khudayakova YV., Pivkin MV. 2000. Fungi in sediment of the sea japan and their biologicalyactive metabolites .*Microbiology*. 69(5):722-726.

94. Kohlmeyer K. 1963. The importance of fungi in the sea symposium of marine microbiologie, oppernheimer. C.H(ed). charles c. Thomas publ, springfield II(USA). pp300

95. **Kohlmeyer J., & Kohlmeyer E. 1979.** Marine mycology; the higher fungi. New York, USA. Academic Press.
96. **Kohlmeyer J., and Kohlmeyer VB .1991.** Illustrated key to the filamentous higher marine fungi. Institute of Marine Sciences. University of North Carolina at Chapel Hill Morehead City. North Carolina 25557. U.S.A. Botanica Marina .Vol. 34, pp. 1-61.
97. **Kohlmeyer J., kohlmeyer E. 2000.** lulwarthiales ,a new order of marine Ascomycota. Mycologia 92 (3):453-458.
98. **Kouadria R. 2018.** Contribution des champignons endophytes à la tolérance aux facteurs adverses (biotiques et abiotiques) des espèces cultivées : isolement des champignons endophytes et étude de leur contribution à la tolérance à la salinité ou à des polluants. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle. Domaine sciences Agronomiques. Spécialité: Production Agricole et Développement Agricole Durable. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. 195p.
99. **Kuo J., Den Hartog C. 2001.** Seagrass taxonomy and identification key. *In*: Short, Coles. Short edits. Global seagrass research methods. Elsevier publ. Amsterdam: 31-58.
100. **Kusari S., et Spitteller 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.

L

101. **Lafabrie C.2007.** Utilisation de *Posidonia oenacia* (L)Delile comme bio indicateur de la contamination métallique . Thèse de Doctorat. Université corse. Fr :1-141.
102. **Larpen JP., et larpen-Gourgaud M. 1985.** éléments de microbiologie édition Herman. 464p.
103. **Larran S., Monaco C., Alippi H.E. 2001.** Endophytic fungi in leaves of *lycopersiconesculentum* Mill .World Journal of Microbiology and biotechnology. vol (17):181-184.
104. **Laughin MC., Hibett DJ., Lutzoni DS., Spatafora F., Vilgalys R. 2009.** The search for the fungal tree of life, trends in Microbiology 17: 488-497.
105. **Le VT., Bertrand S., Robiou du Pont T., Fleury F., Caroff N., Bourgeade-Delmas S., Gentil E., Logé C., Genta-Jouve G., Grovel O. 2021.** Untargeted Metabolomics Approach for the Discovery of Environment-Related Pyran-2-Ones Chemodiversity in a Marine-Sourced *Penicillium restrictum*. Marine Drugs 19(7): 378.

- 106. Li WC., Zhou J., Guo SY., and Guo LD. 2007.** Endophytic fungi associated with lichens in Baihua mountain of Beijing, China. *Fungal Diversity* 25: 69-80.
- 107. Liberra K., et Lindequist U. 1995.** Marine fungi –A prolific resource of biological lyactive natural products. *Pharmazie*, 50:583-588.
- 108. Lieu J., Wang L., Jiang L., Qiu J., Yan J., Lieu T., Duan Y. 2011 .** Nemonticidal activity of *Gymnoascus Meloidogyne incognita* .*African journal of Microbiology Research* .vol(5) n°18:2715-2719.
- 109. Liu CH., Zou WX., Lu H., et Tan RX. 2001.** Antifungal activity of *Artemisia annual* endophyte against phytopathogenic fungi. *Journal of Biotechnology*.88: 277-282.
- 110. Lüttge U., Kluge M., Bauer G. 2002.** La botanique 3ème édition. Lavoisier, Paris. 600p.
- 111. Lutzoni F., Khaff F., Cox, CJ., Laughlin MCD., Celio G., Bryn Dentinger. et al.,2004.** Assembling the fungal tree of life: progress, classification, and evolution of subcellular traits. *American Journal of botany*. 91(10): 1446- 1480.

M

- 112. Machouart M. 2012.** Scytalidium and scytalidiosis: What's new in 2012?. *Journal de Mycologie médicale*. 23:40-46.
- 113. Marouf A. et Reynaud J. 2007.** La botanique de A à Z. Edition : Paris. 342p.
- 114. Maslin J., Morand JJ. 2002.** Les scytalidioses (infection à scytalidium). *Médecine Tropicale*. 62 : 132-134.
- 115. Matallah-Boutiba A. 2009.** Inventaire des espèces fongiques des eaux marines du littoral occidental algérien. Thèse Doctorat. Université d'Oran. Algérie. 143p.
- 116. Mechiah F. 2015.** Approche des symbioses racinaires de de *Pistacia atlantica* Desf. de Dayate El Gouffa (Laghouat, Algérie). Option : Ecologie végétale Appliquée et Gestion de l'Environnement. Faculté des Sciences Biologique ; et Sciences Agronomiques. Département de Biologie animale et végétales. UMMTO.125p.
- 117. Meddour R. 2010.** Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et pré forestiers de la Kabylie djurdjurienne. Thèse de Doctorat d'état agronomique. Option foresterie .Département des sciences biologiques et agronomique .UMMTO. 396p.

- 118. Meinesz A., Lefevre JR. 1984.** Régénération d'un herbier à *Posidonia oceanica* quarante années après sa destruction par une bombe dans la rade de Villefranche (Alpes-Maritimes). In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, GIS Posidonie publ., Fr.1: 39-44.
- 119. Mishra M., Prasad R., Varma A. 2015.** Endophytic fungi: biodiversity and functions. International Journal of Pharmacy and Biological Science. 6: 18–36.
- 120. Molinier R., Picard J. 1952.** Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. Ann. Inst. Océanogr.27(3): 157-234.
- 121. Morricas., And Ragazzi. 2008.** Fungal endophytes in Mediterranean oak forests: a lesson from *Discula quercina*. Phytopathology. 98:380–386.
- 122. Morton JB., Benny GL. 1990.** Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon*. 37: 471-491.
- 123. Muller GM et Schimt JP. 2007.** Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict? Biodiversity and conservation, 182p.

O

- 124. Ogórek R., Lejman A., Pusz W., Miluch A., & Miodyńska, P. 2012.** Characteristics and taxonomy of *Cladosporium* fungi. Mikologia Lekarska, 19(2), 80-85.
- 125. Oses R., Valenzuela S., Freer J., Sanfuentes E., et Rodriguez J. 2008.** Fungal endophytes in xylem of healthy Chilean trees and their possible role in early wood decay. Fungal Diversity 33: 77-86.
- 126. Ott JA. 1980.** Growth and production in *Posidonia oceanic* (L.) Delile. Mar. Ecology Marina. 1(1): 47-64.
- 127. Ould Ahmed A. 2019.** Isolement et identification de champignons microscopique présents dans le sol d'un agrosystème de *punica granatum* L. variété Messad sous climat aride .mémoire Master .fillière biotechnologie .spécialité Biotechnologie et valorisation des plantes. département de science biologique et agronomique .UMMTO .57p.
- 128. Ouzid, Y. (2018).** Activités biologiques et diversité en mycoendophyte des feuilles de *Peganum harmala* L. de la région de Laghouat (Algérie) Thèse de doctorat LMD 3ème cycle en .sciences biologiques. option biochimie, microbiologie et sciences alimentaires. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. algérie. 162p.

P

- 129. Panno, L., Voyron, S., Anastasi, A. (2011).** Biodiversity of marine fungi associated with the seagrass *posidonia oceanica*: an ecological and biotechnological preselective. *Biologia Marina Mediterranea*. 18 (1): 85-88.
- 130. Panno, L., Bruno, M., Voyron, S., Anastasi, A., Gnani, G., Miserere, L., Varese, G.C. 2013.** Diversity, ecological role and potential biotechnological applications of marine fungi associated to the seagrass *Posidonia oceanica*. *New Biotechnology*. 10 p
- 131. Patterson TF., McGinnis MR. 2009.** The fungi: description. Site Doctor.Fungus. Mycoses Study Group.100: 205-226.
- 132. Pergent G., Ben Maiz N., Boudouesque CF., Meinesz A.1989.** The flowering of *Posidonia oceanic* over the past fifty years: a lepidochronological study. In: International workshop on *Posidonia* (.beds). Boudouesque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. edit.GIS Posidonie pub. France. 2: 69-76.
- 133. Perou I. 1990.** Les principales maladies nématodes de la pomme de terre.International potato centre. 96p.
- 134. Petrini O. 1991.** Fungal endophytes of tree leaves. In: Andrews, J.H., Hirano, SS. *Microbial Ecology of Leaves*. Springer-Verlag. New York.USA .Pp. 179-197.
- 135. Phillips RC., Meinse EG. 1988.** Sea grasses. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences* .No. 34. Smithsonian Institution Press. Washington, DC. 1-104.Pollution Bulletin. 75(1-2): 157-167.
- 136. Poli, A., Bovio, E., Ranieri, L., Varese, G. C., & Prigione, V. 2020.** Fungal Diversity in the Neptune Forest: Comparison of the Mycobiota of *Posidonia oceanica*, *Flabellia petiolata*, and *Padina pavonica*. *Frontiers in Microbiology*. 11 p.
- 137. Por FD.1978.** Lessepsian migrations. The influx of Red Sea biota into the Mediterranean by way of the Suez Canal. Springer Verlag publ., Berlin.1-228.

R

- 138. Ramade F. 1994.** Elément d'Ecologie. Ecologie fondamentale .Ed. Edscience internationale. paris. 579p.

- 139. Raghukumar C., D'Souza TM., Thorn RG, Reddy . 1999.** Enzymes modificatrices de la lignine de *Flavodon flavus*, un Basidiomycota isolé d'un environnement marin côtier .*Applied and Environmental Microbiology*, 65. pp 2103–2111.
- 140. Raghukumar S. 2017.** *Fungi in Coastal and Oceanic Marine Ecosystems: Marine Fungi*. Basel: Springer. Library of Congress Control Number: 2017937746.
- 141. Raven PE. 2000.** *Biologie végétale*. Paris. 944p.
- 142. Reboux G., Bellanger AP., Roussel S., Grenouillet F., Millon L. 2010.** Moisissures et habitat : risques pour la santé et espèces impliquées. *Revue des Maladies Respiratoires*. 27:169-179.
- 143. Redman RS., Dunigan DD., Rodriguez RJ. 2001.** Fungal symbiosis from mutualism to parasitism: who controls the outcome, host or invader ?. *New Phytologist*. 151: 705-716.
- 144. Repussard C., Zbib N., Tardieu D., and Guerre P. 2013.** Les champignons endophytes du genre *Neotyphodium* et leurs toxines : généralités et problématique française. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 164(12) : 583-606.
- 145. Robert D., et Catesson AM. 2000 .** *Organisation végétative*. Edition .Paris. P 356.
- 146. Rodriguez KF. 1996.** Fungal endophytes of palms. In: Redlin, S.C., Carris, L.M. (Eds.), *Endophytic Fungi in Grass and Woody Plants: Systematics. Ecology and Evolution*. APS Press. St. Paul. Minnesota. USA. Pp31-65.
- 147. Rodriguez R J., White JF., Arnold ANE., Redman RS. 2009.** Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytologist*. 182 (2): 314-330.
- 148. Roland JC. et Vian B. 1985.** *Atlas de Biologie végétale - Tome 1 : organisation des plantes sans fleurs*. Ed Masson. 136p.
- 149. Roland JC., Bouteau HEM., Bouteau UF. 2008.** *Atlas biologie végétale. Organisation des plantes sans fleurs, algues et champignons*, 7^{ème} édition Masson, Paris .139p.
- 150. Roquebert, MF. 1998.** Taxonomie des moisissures .Méthodes de culture et techniques d'observation ; Identification. in « Moisissures des aliments peu hydratés ». Ed. Tec & Doc. 39-95.
- 151. Roy-Bolduc A., Hijri M., Daspré Y. 2012.** L'univers des champignons Thématique Histoire et sciences humaines. Montréal: Presses de l'Université de Montréal.. édité par Jean Després. 131-54.
- 152. Ross CF. 1951.** A case of pulmonary aspergillosis. *Journal of Pathology and Bacteriology archives*. 63(3): 409-416.

153. Ruiz JM., Perez M., Romero J. 2001. Effects of fish farm loadings on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Marine Pollution Bulletin*. 42(9): 749-760.

S

154. Saikkonen K., Faeth S., Helander M. et Sullivan T. 1998. Fungal endophytes: A continuum of interactions with host plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 29: 319-343.

155. Saikkonen K., Saari S., Helander M. 2010. Defensive mutualism between plants and endophytic fungi?. *Fungal Diversity*. 41:101-113.

156. Samson RA., & Pitt JI. 2000. Integration of Modern Taxonomic for *Penicillium* and *Aspergillus* Classification. Amsterdam Harwood Academic Publishers. Pp 9-79.

157. Samson RA., Flannigan B., Flannigan ME., Verhoeff AP., Adan OCG., Hoekstra ES. 2004. Eds. Air Quality monographs. Elsevier Science B.V. Amsterdam. 10p.

158. Samson RA., Hoekstra ES., Frisvad JC. 2004. Introduction to Food-and Airborne Fungi, 7th edition.

159. Schüßler A., Schwarzott D., Walker C. 2001. A new fungal phylum. The Glomeromycota phylogeny and evolution. *Mycological Research*. 105: 1413-1421.

160. Shearer CA., Descals E., Kohlemeyer B., Kohlemeyer J., Marnova L et al., 2007. Fungal Biodiversity in aquatic habitats. *Biodiversity and conservation*. 16: 49-67.

161. Shipunov A., Newcombe G., Raghavendra AKH., Anderson CL. 2008. Hidden diversity of endophytic fungi in an invasive plant. *American Journal of Botany* 95: 1096-1108.

162. Sieber TN. 2002. Fungal root endophytes. In: *Plant Roots: The Hidden Half* 3rd ed., rev. and expanded (Waisel, Y., Eshel, A., Kafkafi, U. (eds). New York. Basel. Marcel Dekker. 887-917.

163. Stajich JE., Berbee ML., Blackwell M., Hibbett DS., James TY., Spataphora JW., Taylor JW. 2009. The fungi. *Current Biology*. 19:R840-R845.

164. Stanely SJ. 1992. Observations on the seasonal occurrence of marine endophytic and parasite fungi. *Symposium Editor*. 70:2089-2096.

- 165. Stone JK., White JF., and Polishook JD. 2004.** Endophytic fungi. In: Mueller G, Bills G and Foster M. (eds). *Measuring and Monitoring Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods.* Elsevier Academic Press. Boston. MA: Pp. 241-270.
- 166. Stoppelli N., Peirano A. 1996.** Continuous flowering of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Bay of Monterosso al Mare (SP) (Northwestern Mediterranean Sea). *Bollettino dei Musei degli. Institut de l'Université à Geneva.* 60: 31-40.
- 167. Strobel GA. 2003.** Endophytes as sources of bioactifs products ;*Microbe and infection* Vol (5):535-544.

T

- 168. Taylor JW., Spatafora J., O'íDonnell K., Lutzoni F., James T., Hibbett DS., Geiser D., Bruns TD., Blackwell M. 2004.** The Fungi. In: *Assembling the Tree of Life.* Cracraft J. and Donoghue M.J. eds. Pp. 171-174.
- 169. Tedersoo L., Abarenkov K. 2018.** High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. *Fungal Diversity* .1:135–159.
- 170. Théllin I., Boudouresque CF. 1983.** Longévité des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier de la baie de Port-Cros (Var, France). *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Exploration science Méditerranéenne.* 28(3): 115-116.
- 171. Toofanee, SB., Dulymamode R. 2002.** Fungal endophytes associated with *Cordemoyaintegrifolia*. *Fungal Diversity.* 11:169-175.

V

- 172. Vassallo P., Paoli, C., Rovere A., Montefalcone M., Morri, C., & Bianchi CN. 2013.** The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: A natural capital assessment. *Marine Pollution Bulletin.* 75(1-2): 157-167.

W

- 173. Wang G. 2007.** Effets de la transplantation sur la biométrie et sur la dynamique des nutriments du carbone et de la chlorophylle de *posidonia oceanica* (L) Delile .Thése Doctorat en Océanographie .Université Liége .Belgique .Pp196.
- 174. Wilson D. 1995.** Endophyte-the evolution of a term. a clarification of its use and definition. 73: 274-276.

175. Yao H., Sun X., He C., Maitra P., Li XC., & Guo LD. 2019. Phyllosphere epiphytic and endophytic fungal community and network structures differ in a tropical mangrove ecosystem. *Microbiome*. 7(1): 57.

Z

176. Zabalgogezcoa I. 2008. Fungal endophytes and their interaction with plant pathogens. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 6: 138-146.

177. Zalokar M. 1942. Les associations « sous-marines » de la côte adriatique au-dessous de Velebit. *Bulletin de la Société botanique. Genève*. 33: 171-195.

178. Zhang C , Yin L , Dai S. 2009. Diversity of root-associate d fungal endophyte in *Rhododendroom fortunei* in subtropical forrest of China . *Mycorrhuzza*. Vol(19):417-423.

179. Zhan GP., Zhou PP., Yu LJ. 2009b. An endophytic taxol-producing fungus from *Taxus media*. *Cladosporium cladosporioides* MD2. *Current Microbiology*. 59: 227–232.

180. Zhou SL., Yan SZ., Liu QS., Chen SL. 2015. Diversity of Endophytic fungi associated with the foliar tissue of a hemi-parasitic plant *Macrosolen cochinchinensis* . *current Microbiology*. Vol (70): 58-66.

Résumé

L'étude des champignons marins a toujours été d'une importance vitale pour la communauté scientifique où on note plusieurs études réalisées sur différents substrats qui compose cet écosystème. Plusieurs micromycètes marines vivent sur des algues et le bois et aussi différentes plantes marines telle que : *Posidonia oceanica*, une des espèces endémique de la mer méditerranéenne, parmi les plus importantes par ses prairies, en formant des écosystèmes précieux et en fournissant un large éventail de services qui sont à la fois écologiques et socio-économiques. C'est une plante connue aussi pour sa richesse en termes de charge fongique épiphytique et endophytique. Dans ce travail, notre intérêt s'est porté sur les champignons endophytes présents dans les rhizomes de *Posidonia oceanica* de la région de Tizirt (wilaya de Tizi Ouzou). L'échantillonnage a été réalisé durant le mois de mai 2022, dans, il a été effectué 5 prélèvements (autour de l'îlot). Un total de 12 genres fongiques ont été recensés à savoir : *Aspergillus*, *Candida*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Humicola*, *Monilia*, *Neoscytalidium*, *Penicillium*, *Phoma*, *Trichoderma* et *Trichophyton* qui appartiennent au phylum des Ascomycota et *Rhizoctonia* qui appartient au phylum des Basidiomycota. Marqué par la prédominance du genre *Cladosporium* suivi de *Penicillium*, ces genres considérés comme des habitants communs des milieux marins. Il y a lieu aussi de noter une relation d'antagonisme entre ces deux champignons. Ils jouent probablement un rôle dans la protection et la survie de la plante et cela par les diverses activités biologiques qu'ils possèdent.

Mots clé : *Posidonia oceanica*, champignons marins, mycoendophyte, rhizome, Tizirt (Tizi-Ouzou, Algérie).

ملخص:

لطالما كانت دراسة الفطريات البحرية ذات أهمية حيوية للمجتمع العلمي حيث توجد العديد من الدراسات التي أجريت على ركائز مختلفة تشكل هذا النظام البيئي. تعيش العديد من الفطريات البحرية الدقيقة على الطحالب والخشب، وهناك أيضاً أنواع مرتبطة بنباتات بحرية مختلفة مثل البوزيدونيا، من بين الأنواع النباتية المستوطنة في البحر الأبيض المتوسط، من أكثر الأنواع أهمية لمروجها، وتشكيلها لأنظمة بيئية قيمة وتوفيرها نطاقاً واسعاً. مجموعة من الخدمات البيئية والاجتماعية والاقتصادية. وهو نبات معروف أيضاً بثرائه من حيث الحمل الفطري سواء الخارجي أو الداخلي. في هذا العمل، ركز اهتمامنا على الفطريات الداخلية الموجودة في جذور هذا النبات، المتواجد في تيفزيرت بولاية تيزي وزو، تم أخذ العينات خلال شهر مايو، حيث تم تحديد 5 عينات (حول الجزيرة). *Aspergillus*, *Candida*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Humicola*, *Monilia*, *Neoscytalidium*, *Penicillium*, *Phoma*, *Trichoderma* et *Trichophyton*, *Rhizoctonia*.

المنتمية لشعبتي هذه، الأجناس تعتبر من السكان المشتركين تلبيها Ascomycota و Basidiomycota

الكلمات المفتاحية : الفطريات البحرية، الجزائر، تيزي وزو، نباتات البحر، فطريات الجذور، البوزيدونيا.

Abstract

The study of marine fungi has always been of vital importance to the scientific community where there are several studies carried out on different substrates that make up this ecosystem. Several marine microfungi live on algae and wood, there are also species that associate with different marine plants such as: *Posidonia oceanica*, one of the endemic species of the Mediterranean Sea, among the most important for its meadows, forming valuable ecosystems and providing a wide range of services that are both ecological and socio-economic. It is a plant also known for its richness in terms of epiphytic and endophytic fungal load. In this work, our interest focused on the endophytic fungi present in the rhizomes of *Posidonia oceanica* in the Tizirt region (wilaya of Tizi Ouzou). The sampling was carried out during the month of May, in, it identified 5 samples (around the island). A total of 12 fungal genera have been identified namely: *Aspergillus*, *Candida*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Humicola*, *Monilia*, *Neoscytalidium*, *Penicillium*, *Phoma*, *Trichoderma* and *Trichophyton* which belong to the phylum of Ascomycota and *Rhizoctonia* which belongs to the phylum of Basidiomycota. Marked by the predominance of the genus *Cladosporium* followed by *Penicillium*, genera considered to be common inhabitants of marine environments, it is worth noting an antagonistic relationship between these two fungi at the level of the correlation matrix.

Keywords: *Posidonia oceanica*, marine fungi, endophyte, rhizome, Tizirt (Tizi-Ouzou, Algeria).