

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'Ecologie et Environnement

Mémoire de fin d'étude

En Vue de l'Obtention Du Diplôme de Master 2

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Biodiversité et Ecologie Végétale

Thème :

Inventaire des champignons endophytes des feuilles de la
posidonie : *Posidonia oceanica* de la région de Tizirt (Tizi-
Ouzou)

Présenté par:

Le : 17/10/2022

M^{elle} BOUAINÉ Amel

Devant le jury composé de :

Président : M ^{elle} BERRACHED R.	MCB	à	UMMTO
Promotrice: M ^{me} SAADOUN N.	Pr	à	UMMTO
Examinatrice: M ^{elle} ZAREB A.	MCB	à	UMMTO

Remerciement

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant, de m'avoir illuminé et ouvert les portes de savoir, de m'avoir donné la santé, la volonté, le courage et les moyens, afin de pouvoir accomplir ce modeste travail. C'est grâce à lui que j'ai atteint ce niveau.

La réalisation d'un projet de fin d'études est une expérience inoubliable pleine d'apprentissage et de rencontre. On consacre les lignes qui suivent aux personnes qui nous ont accompagnés durant ces.

Tout d'abord, je tiens à exprimer nos plus vifs remerciements et toute nos reconnaissances l'égard de :

Notre promotrice :

M^{me} SAADOUN N

Mme SAADOUN N.: réaliser ce petit projet avec vous n'était pas seulement un projet de fin d'étude, mais une toute nouvelle expérience dans laquelle j'ai acquis de nouvelles connaissances et perspectives à la fois académiques et personnelles. Madame, vous étiez un guide pour moi et j'ai tellement appris de vous ; ce fut une aventure inoubliable. Je tiens à vous adresser mes sincères remerciements pour votre soutien moral, pour votre humanité et pour les nombreux conseils que vous m'avez donnés tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Je remercie aussi très sincèrement l'ensemble des membres de jury représentés par :

Présidente : M^{me} BERRACHED R, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury et de juger ce modeste travail et me faire profiter de ses connaissances et remarques constructives, qu'elle soit assurée de ma profonde reconnaissance .

Examinatrice: M^{lle} ZAREB A, d'avoir examiné ce modeste travail et me faire profiter de ses connaissances et remarques constructives, qu'elle soit assurée de ma profonde reconnaissance.

*Un spécial remerciement à tous les membres du laboratoire Ressources naturelles de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, où j'ai fait toute mon expérimentation. Ils m'ont été d'une véritable aide : ZEMRAK Nassima pour le temps que vous nous avez consacré pour moi, pour votre aide et votre assistance ;
Melles ZAREB Amina et MECHIAH Fahima, Merci pour vos conseils et bienveillance.*

Je tiens à remercier le département des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université de TIZI-OUZOU, administration et enseignants, et surtout ceux qui nous ont

*accompagné durant la spécialité : Mme SAADOUN, Mme GUECHAOUI, Mlle
MECHIAH, Mlle ZAREB ? Mme BOUDIAF (paix à leur âme), Mr SMAIL, Mr
LIMANE....*

*« Biologie, écologie, science, maison, biodiversité, vie, êtres vivants, interaction,
relation, terre, nature, naissance, mort, régénération, continuité, adaptation,
connexion, coexistence... ».*

*Enfin, je remercie ma famille et toutes les personnes qui ont contribué de près ou
de loin et qui m'ont ouvert une fenêtre sur un monde qui m'est spirituel.*

Dédicaces

À mes chers parents, ma mère et mon père, pour leur patience, leur amour, leur éducation et leurs sacrifices, que le bon dieu les protège et leur accorde une longue vie pleine de bonheur et de santé.

À ma sœur, Nabila, qui est toujours à mes côtés, merci d'être toujours là, à me soutenir. Merci d'avoir cru en moi.

À tous mes amis(es) Sonia, Nacéra, Farida, Fatiha. et Adlen. Et à tous les membres de la promotion de Master II BEV, pour tout ce que nous avons partagé, échangé ensemble. Que dieu nous réserve de très belles surprises dans la vie.

À toutes les personnes de près comme de loin qui ont contribué à l'élaboration de ce travail

Amel.

Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Liste des abréviations.....	I
-----------------------------	---

Liste des figures	II
-------------------------	----

Liste des tableaux	IV
--------------------------	----

Introduction générale	02
-----------------------------	----

Chapitre01. Les champignons.....	05
---	-----------

1. Introduction	05
-----------------------	----

2. Condition de croissance	05
----------------------------------	----

3. Organisation de l'appareil végétatif	07
---	----

4. Reproduction	08
-----------------------	----

5. Classification.....	09
------------------------	----

6. Champignon marin	11
---------------------------	----

7. Champignon endophyte.....	12
------------------------------	----

7.1. Introduction.....	12
------------------------	----

7.2. Diversité des mycoendophytes	13
---	----

7.3. Mode de transmission des champignons endophytes	14
--	----

7.4. Classification des mycoendophytes.....	15
---	----

7.5. Rôles des mycoendophytes.....	17
------------------------------------	----

Chapitre 02. La posidonie.....	20
---------------------------------------	-----------

1. Introduction	20
-----------------------	----

2. Systématique.....	21
----------------------	----

3. Distribution géographique	22
------------------------------------	----

4. Description morphologique	22
------------------------------------	----

5. Ecologie de <i>Posidonia oceanica</i>	26
--	----

6. Importance de l’herbier marin.....	28
7. Champignons endophytes de la posidonie	28
Chapitre 03. Matériel et méthodes.....	31
1. Zone d’étude.....	31
1.1. LA localisation.....	31
1-2 Bioclimat.....	31
Températures	32
Précipitations	32
Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussien	33
Climagramme d’Emberger	33
2. Echantillonnage sur terrain	34
3. Mise en culture des feuilles de posidonie	35
3.1. Stérilisation superficielle	35
3.2. Mise en culture des feuilles	36
4. Identification des champignons endophytes isolés.....	36
5. Analyse statistique.....	37
Chapitre 04. Résultats et discussion	40
1. Identification des genres recensés	40
2. Description de quelques genres recensés.....	42
3. Abondance des genres fongiques	48
4. Analyse de Variance(ANOVA).....	51
5. Matrice de corrélation.....	52
6. Analyse en composantes principales	52
Conclusion et perspectives.....	56
Références bibliographiques.	
Annexes.	
Résumé.	

Liste des abréviations

AW : Quantité d'eau dans le substrat.

PH : Potentiel hydrogène.

m : Température minimale en degré Celsius.

M : Température maximale en degré Celsius.

P : Précipitation.

P D A : Potato- dextrose-agar.

ANOVA: Analyse de variance.

A C P: Analyse en composantes principales.

K :kilo =mille

nm : nanometers

Ma : million d'années

Liste des figures :

Figure 1.1. Diverses formes de croissance de champignons (Webster et al., 2007) (a) Hyphe aseptée. (b) Hyphe ramifiée cloisonnée. Les septa sont indiqués par des flèches. (c) Cellules de levure se divisant par fission binaire. (d) Cellules de se divisant par bourgeonnement.	07
Figure 1.2. Principaux types de thalles fongiques ¹	08
Figure 1.3. Classification phylogénétique des champignons (Hibbet et al., 2007).....	09
Figure 1.4. Modes de croissance des champignons endophytes dans les tissus des plantes hôtes (Kusari et Spiteller, 2012).	13
Figure 1.5. Modes de transmission des endophytes (Saikkonen et al., 2004).....	15
Figure 1.6. Classes d'endophytes selon la localisation dans les tissus colonisés (Kusari et al., 2012)..	15
Figure 2.1. Répartition de <i>Posidoniaoceanica</i> le long des côtes méditerranéennes (les points verts) (Wangueluwe, 2007).	22
Figure 2.2. Morphologie générale de <i>P. oceanica</i> (Boudouresquet et al., 2006).....	23
Figure 2.3. a) Bloc diagramme montrant la structure d'une matre ; b) Un rhizome plagiotrope de <i>Posidonia oceanica</i> portant des racines ainsi que des rhizomes orthotropes avec des faisceaux de feuilles à leurs extrémités. (BOUDOURESQUE et al., 2006 ; modifié)	24
Figure 2.4. Section longitudinale d'une feuille de <i>P. oceanica</i> (Colombo et al., 1983).....	25
Figure 2.5. Inflorescences de <i>Posidoniaoceanica</i> (A). Fleurs de <i>Posidoniaoceanica</i> (B)	26
Figure 2.6. Fruit de <i>Posidoniaoceanica</i> . Début de fructification (A). Fruits mûrs (B) (Lafabri, 2007).	26
Figure 3.1. Image satellite montrant la localisation de l'îlot de Tizirt par rapport à la commune de Tizirt (Google earth, 2022).....	31
Figure 3.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Tizirt (2000-2013).....	33
Figure 3.3. Position de la région de Tizirt dans le climagramme d'Emberger (2000-2013)	34
Figure 3.4. Photographie de l'îlot de Tizirt (Lieu d'échantillonnage).	34
Figure 3.5. Feuilles de posidonie dans les bocaux au laboratoire	35
Figure 3.6. Opération de la mise en culture des feuilles de posidonie	36
Figure 4.1. Composition des mycoendophytes des feuilles de la posidonie <i>Posidoniaoceanica</i> selon le phylum.....	41
Figure 4.2. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique (C) du genre <i>Cladosporium</i> (x400)	43
Figure 4.3. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique (C) du genre <i>Rhizoctonia</i> (x400)	43

Figure 4.4. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique (C) du genre <i>Penicillium</i> (x400).....	44
Figure 4.5. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique (C) du genre <i>Alternaria</i> (x400).....	45
Figure 4.6. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique (C) du genre <i>Chaetomium</i> (x400).....	46
Figure 4.7. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique du genre <i>Neoscytalidium</i> (x400)	47
Figure 4.8. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique (C) du genre <i>Trichophyton</i> (x400).....	47
Figure 4.9. Abondance des champignons endophytes isolés à partir des feuilles de <i>Posidoniaoceanica</i> .	49
Figure 4.10. Analyse en composantes principales.....	53

Liste des tableaux :

Tableau 1.1. Critères utilisés pour caractériser les classes de mycoendophytes (Rodriguez et al., 2009)	16
Tableau 3.1 Températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la région d'étude pour la période 2000-2013	32
Tableau 3.2 Précipitations moyennes mensuelles et annuelles pour la région de Tizirt pendant la période allant de 2000 à 2013	32
Tableau 4.1. Classification des genres recensés.....	41
Tableau 4.2. Abondances des mycoendophytes foliaires recensés chez <i>Posidonia oceanica</i> de la région de Tizirt	48
Tableau 4.3. les résultats de l'ANOVA.....	52

Introduction générale

Introduction générale

Les plantes, en tant qu'éléments pionniers du fonctionnement des écosystèmes terrestres ou bien marins, vivent universellement en symbiose avec d'autres organismes microscopiques. Ces symbioses jouent des rôles extrêmement déterminants et décisifs dans le succès et la conquête des divers biotopes par le partenaire végétal. Ses symbioses s'établissent dans beaucoup de cas avec des champignons.

Les champignons, appelés aussi Fungi ou Mycètes, sont des Eucaryotes, uni ou pluricellulaires, immobiles. Ils sont dépourvus de pigments assimilateurs de type chlorophylle et sont donc incapables de faire la photosynthèse. Il s'agit d'organismes hétérotrophes (Kerfez et Brik, 2015).

La connaissance des champignons a fait de larges progrès ces dernières années. Le mot « champignon » vient du latin « campaniolus » (qui signifie : produit de la campagne), qui a évolué vers 1350 en « campineul », pour aboutir en 1398 au mot actuel.

Le milieu marin est caractérisé par une forte salinité et exerce une forte pression sélective sur le biote, favorisant le développement de microorganismes tolérants aux halos. Une partie de cette diversité microbienne est constituée de champignons, organismes importants du point de vue écologique et biotechnologique (Panno *et al.*, 2013).

Les champignons endophytes représentent une trame fongique importante, qui vient juste d'être étudiée comme modèle symbiotique des végétaux marins. Ces microorganismes discrets vivent en interaction complexe sur divers substrats, tels que le bois, les sédiments, les algues, les herbes marines, les coraux et les tubes calcaires d'animaux vivants des milieux marins (Kohlmeyer et Kohlmeyer, 1979). Ces champignons vivent à l'intérieur des tissus végétaux pendant toute ou une partie de leur vie, sans créer de symptômes de maladie (Nguyen *et al.*, 2021), sans détruire ni produire des substances qui provoquent une infection de la cellule hôte ; leur coévolution signifie que les endophytes produisent des composés identiques ou similaires à ceux provenant de la plante (Woods *et al.*, 2017). Ils sont impliqués dans une multitude de processus biologiques de l'environnement et jouent ainsi un rôle essentiel dans l'amélioration de leurs performances écologiques et physiologiques (amélioration du statut nutritif, résistance aux maladies, aux ravageurs, et aux stress physiques (Ladjal, 2012).

Différents phyla ont été identifiés comme endophytes de diverses plantes marines. La distribution des champignons endophytes provient principalement du phylum des Ascomycota, suivi des Basidiomycota (Rana *et al.*, 2019). Bien que l'intérêt de la recherche pour la mycologie marine est motivé par des applications biotechnologiques prometteuses, les connaissances sur la distribution et le comportement écologique des champignons marins sont encore rares (Pasqualetti *et al.*, 2002).

La mer Méditerranée est un bassin semi-fermé considéré comme un hotspot de biodiversité, abritant un grand nombre d'espèces endémiques (Chefaoui *et al.*, 2017). C'est un milieu oligotrophique, pauvre en éléments nutritifs, dont la productivité primaire et la biomasse de phytoplancton sont faibles, des caractéristiques qui contribuent à la transparence de ses eaux et à la forte pénétration des rayons lumineux. Ce bassin ne représente que 1,6% de la superficie totale des continents, mais renferme 10% de la biodiversité mondiale, caractérisé par des niveaux d'endémisme exceptionnellement élevés, car il abrite 20 à 30% d'espèces endémiques, parmi celles-ci il y a l'herbier de posidonie : *Posidonia oceanica* (L.) Delile (UNEP/MAP, 2016).

Afin de mettre en évidence la présence ainsi que la composition et l'abondance des mycoendophytes de la posidonie : *Posidonia oceanica* de la région de Tizirt, le compartiment phyllosphérique a été choisi pour cette étude. L'objectif de notre travail est d'établir un inventaire des champignons endophytes des feuilles de la posidonie : *Posidonia oceanica* de la région de Tizirt (TiziOuzou). Les feuilles sont échantillonnées au mois de mai 2022. Cette étude rentre dans le cadre des travaux de recherche du laboratoire Ressources Naturelles de l'Université Mouloud Memmeri de TiziOuzou et fait suite à une première étude faite par Taourirt (2022) au niveau du même site, sur des feuilles échantillonnées au mois de mars 2022.

Dans cette optique, nous avons organisé notre travail en différents chapitres.

- Le chapitre 1 est consacré à la présentation des caractéristiques des champignons de manière globale, ainsi qu'aux champignons marins et aux mycoendophytes, avec leurs interactions avec les espèces végétales et leurs intérêts.
- Le chapitre 2 concerne la description de la posidonie.
- Le chapitre 3 explique le matériel et les méthodes utilisés lors de ce travail expérimental.
- Le chapitre 4 est dédié aux résultats obtenus et la discussion de ces derniers.

Ce travail se termine par une conclusion et des perspectives.

Chapitre 1.

Les champignons

1. Introduction

Les champignons constituent un très vaste groupe d'organismes (**Macangro, 2012**). Ils constituent un règne autonome appelé Fungi (du latin fungus) ou Mycètes (du grec mukès) après les avoir considéré pendant très longtemps comme des végétaux (**Castegnaro et al., 2002 ; Naraijo-Ortiz et Gabaldon, 2019**). Aujourd'hui, les champignons sont donc bien institué en un règne à part : celui de Fungi (**Dube, 2013**).

Les champignons ou Mycètes sont des organismes Eucaryotes, pluricellulaires, rarement unicellulaires ; ils s'opposent aux Procaryotes (**Bouchet et al., 2005**). Ils sont ubiquistes et capables de coloniser des substrats très divers (**Medjeber, 2019**). Ils incluent des espèces macroscopiques (Macromycètes) et d'autres microscopiques (Micromycètes), d'aspect levuriforme (**Chabasse et al., 2002**).

Leurs filaments peuvent être divisés par des cloisons ou septa, formant des unités qui ressemblent à des cellules distinctes. On les appelle hyphes segmentés ou septés. Chez d'autres classes de Mycètes, les hyphes ne contiennent pas de cloisons ; ils sont appelés siphons (**Tortora, 2003**). L'ensemble des hyphes (cloisonnés ou non) constitue un réseau visible à l'oeil nu, présent à la surface de substrats. Il forme la partie végétative des Mycètes nommé mycélium (**Chasseur et Nolard, 2003**).

Les champignons sont dépourvus de pigments chlorophylliens, ce qui les condamne à une hétérotrophie totale vis à vis du carbone. Ils se rangent parmi les consommateurs à l'instar des animaux (**Bouchet et al., 2005**). Ils ne sont pas photosynthétiques, ce qui les différencie des végétaux (**Dube, 2013**). Ils se nourrissent par résorption de la matière organique élaborée par d'autres organismes autotrophes et ils sécrètent des enzymes dans le milieu extérieur, qui digèrent les divers composés organiques et les réduisent en petites molécules solubles. Ces molécules diffusent à travers les parois de leurs hyphes (**Redecker 2002 ; Gupta, 2004**). Le glycogène est le polysaccharide de réserve principal (**Carlile et Watkinson, 1994 ; Redecker, 2002**). La paroi fongique est une structure complexe composée typiquement de chitine, comme les animaux (**Martin, 2014**).

2. Conditions de croissance des champignons

Quelque soit le mode de vie des champignons, ils ont besoin d'eau, de sels minéraux et d'oligoéléments (Fe, Cu, etc...), et de carbone organique (**Bouchet et al., 1989**).

2.1. Température

Elle joue un rôle majeur dans la croissance mycélienne, dans la sporulation et la germination des spores (**Bourgeois et al., 1989**). Les champignons filamenteux sont mésophiles pour la plupart et la température de croissance varie entre 25°C et 35°C (**Botton et al., 1999 ; Julien, 2002**). Les champignons thermophiles sont résistants à la chaleur et leur température de croissance est supérieure à 50°C (**Botton et al., 1999**). D'autres sont psychrophiles ou psychrotolérants et se développent à basse température (-5 et 10°C) (**Davet, 1999 ; Botton et al., 1999**).

2.2. pH

La majorité des champignons ont une préférence pour les milieux à pH acide (**Cordova Lopez, 1998**). Ils se développent dans une zone de pH de 4,5 à 8,0 (**Botton et al., 1999**).

2.3. Lumière

Le rayonnement dans le spectre visible (380 et 720 nm) n'a pas d'effet sur la croissance végétative des champignons, mais il agit sur la sporulation. En effet, la plupart des champignons n'ont pas besoin de lumière pour leur croissance, seulement en cas de germination des spores (**Botton et al., 1999**).

2.4. Oxygène

L'oxygène est un facteur indispensable pour la croissance des champignons. Ces derniers sont des organismes aérobies pour la grande majorité, mais certaines levures peuvent être aéro-anaérobie et participer à des processus fermentaires (**Carlile et Watkinson, 1994**).

2.5. Humidité

Les champignons ont un besoin faible en eau (**Davet, 1996**). Néanmoins, l'humidité a une grande influence sur le développement des champignons, mais plus particulièrement sur la germination des spores (**Bourgeois, 1989**). D'après **Davet (1996)**, les champignons à mycélium non cloisonné sont les plus sensibles à la dessiccation ; leur développement cesse lorsque le potentiel hydrique descend au dessous de -4Mpa. Les champignons à mycélium cloisonné supportent jusqu'à -10Mpa.

2.6. Quantité d'eau (A_w) :

La quantité d'eau disponible dans le substrat et l'ambiance environnante sont très importante pour la croissance des champignons. Généralement, elle requière une activité d'eau (A_w) faible par rapport aux bactéries. La limite inférieure pour la croissance des champignons est de 0.85 (Carlile et Watkinson, 1996).

3. Organisation de l'appareil végétatif

Le thalle est l'appareil végétatif d'un champignon (Bouchet *et al.*, 1999). D'un point de vue structural, on trouve une grande variété de champignons, ils sont classés en deux grandes catégories : la forme levure unicellulaire et la forme mycélienne pluricellulaire constituée d'hyphes (Redecker, 2002). Certaines espèces ont la capacité d'adopter les deux formes levure et mycélienne, tandis que d'autre sont restreintes à l'une ou l'autre (Jennings et Lysek, 1996) (Figure 1.2).

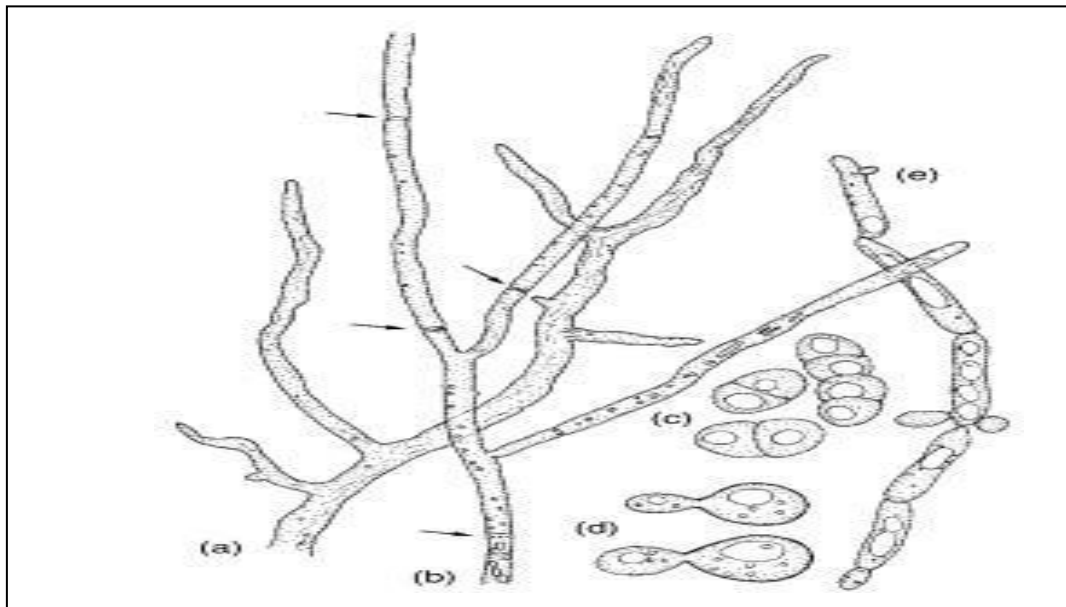


Figure 1.1. Diverses formes de croissance de champignons. (a) Hyphe asepté. (b) Hyphe ramifiée cloisonnée. Les septa sont indiqués par des flèches. (c) Cellules de levure se divisant par fission binaire. (d) Cellules de se divisant par bourgeonnement. (Webster *et al.*, 2007).

- Le thalle peut être (Figure 1.3) :
 - ➔ Unicellulaire ;
 - ➔ pluricellulaire (Dufresne, 2018).

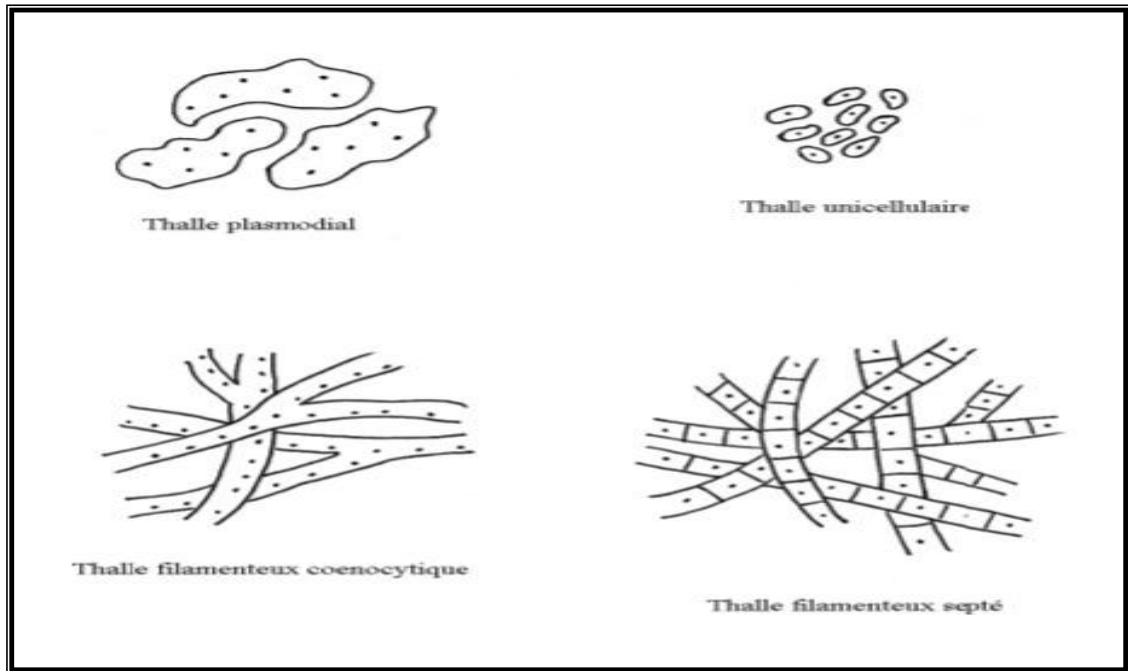


Figure 1.2. Principaux types de thalles fongiques¹.

Le thalle unicellulaire est une structure simple sphérique ou subsphérique (**Moulinier, 2003**) : cas des levures. Pour le thalle unicellulaire, la multiplication se fait par bourgeonnement ou par bipartition (**Dufresne, 2018**).

Le thalle pluricellulaire, peut être siphonné ou cloisonné. Le mycélium Siphonné ou coenocytique est formé de filaments sans cloisonnements internes. Lorsque le mycélium est septé (cloisonné), il est formé de cellules cylindriques possède des cloisons transversales, qui séparent les cellules les unes des autres, mais qui préservent la continuité des cytoplasmes grâce à des pores dans ces cloisons (**Moulinier, 2003**). Ce sont des septomycètes (**Moulinier, 2003**) (Figure 1.3).

4. Reproduction des champignons

Cette étape est le processus biologique par lequel des nouveaux descendants sont produits à partir de leurs parents. La reproduction chez les Mycètes est regroupées en deux types principaux : sexué et asexuée. La reproduction asexuée se fait sans fusion de gamètes. Les champignons se multiplient par bourgeonnement, mitose, fragmentation ou par formation de spores (**Carip et al., 2015**). Les spores peuvent être répandues dans le milieu par le

champignon et leur dispersion se fait selon différents modes : dispersion par le vent, par les animaux (notamment par les insectes), également par les graines des plantes colonisées (**Carlile et Watkinson, 1994**).

La reproduction sexuée se compose de 3 phases : plasmogamie, caryogamie et méiose (**Jennings et Lysek, 1996 ; Chabasse et al., 2002**). La plasmogamie est la fusion entre deux cellules haploïdes. La cellule résultante est appelée 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. Classification des champignons

Les champignons ont été classés d’abord sur la base de leurs critères morphologiques (**Fries, 1821 ; Whittacker, 1969**), phénotypiques, l’habitat, la localisation et le mode de vie (**Taylor, 2000**). De nos jours, la classification est phylogénétique (Figure 1.3).

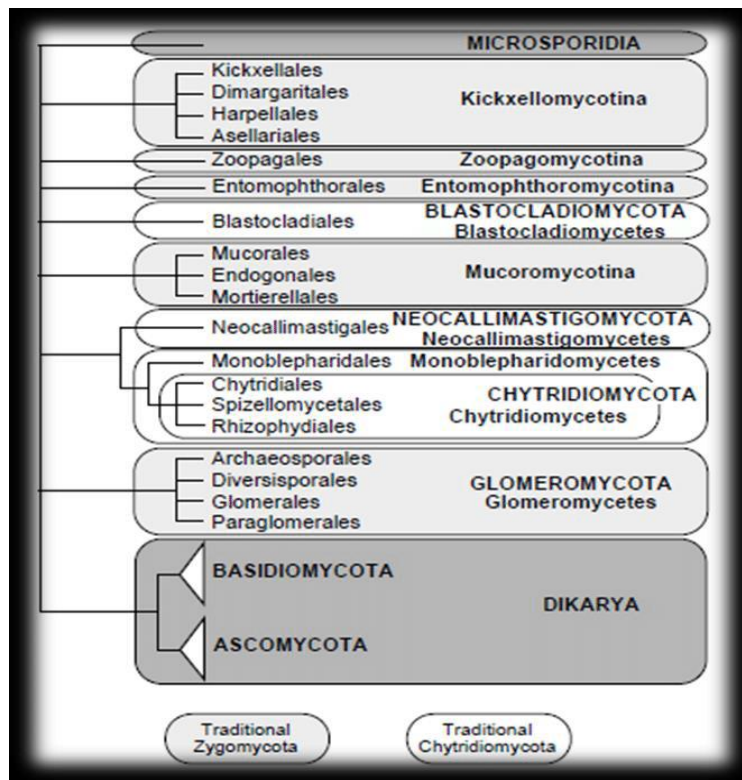


Figure 1.3. classification phylogénétique des champignons (**Hibbet et al., 2007**).

Aujourd’hui les champignons sont considérés fondamentalement comme un groupe polyphylétique (**Dube, 2013**). On classe dans les Eumycota ou vrais champignons : les

Chytridiomycota, les Zygomycota, les Glomeromycota, les Basidiomycota et les Ascomycota (Blackwell, 2011).

- **Phylum des Chytridiomycota**

Les Chytridiomycota constituent la lignée évolutive la plus ancienne des champignons ; ce sont les plus primitifs. Ces champignons sont les seuls qui possèdent des spores uniflagellées (James et al., 2006). Ils constituent un clade polyphylétique (Bar-Hen et al., 2008). La présence de spores flagellées semble restreindre ces organismes aux milieux aquatiques et dans les sols humides (James et al., 2000). Les organismes de ce phylum sont microscopiques et peuvent produire du mycélium. La majorité sont saprophytes, aérobies ou anaérobies (Powell, 1993). Ils comprennent des formes unicellulaires ou filamenteuses (Lutzoni et al., 2004 ; Raven et al., 2007).

- **Phylum des Zygomycota**

Les Zygomycota sont des champignons ubiquistes, omniprésents dans diverses interactions dans les milieux naturels (White et al., 2006). Ce sont des champignons terrestres, dont les hyphes ne sont cloisonnées que dans les organes reproducteurs (Raven et al., 2007). Ces organismes sont coenocytiques et soumis à la reproduction sexuée par la formation des spores à paroi épaisse, appelée zygospore (Schubler et al., 2001).

- **Phylum des Glomeromycota**

Ce groupe correspond aux champignons mycorhiziens à arbuscules (Morton et Benny, 1990). C'est un phylum nouvellement reconnu. Ce sont des champignons symbiotiques et biotrophes stricts de plantes, qui forment des mycorhizes à arbuscules avec les racines de plus de 90% des espèces terrestres (Fitter et al., 2011). Ils sont principalement filamenteux et ils ne montrent pas des flagelles au niveau des spores (Lutzoni et al., 2004).

- **Phylum des Ascomycota**

Ce sont des champignons terrestres et aquatiques ; la plupart de ces espèces sont utilisées en agroalimentaire ou en pharmacologie (Le Calver, 2009). Ils constituent la quasi-totalité des champignons capables de faire des associations lichéniques (Hibett et al., 2007) et des modes de vie saprophytes et parasites sont également largement répandus. Les Ascomycota possèdent des thalles unicellulaires ou pluricellulaires, filamenteux et septés. Ils forment en

cas de reproduction sexuée des cellules différenciées appelées asques. Après caryogamie puis méiose, elles produisent des ascospores (**Fekari I, 2021**).

- **Phylum des Basidiomycota**

Les organismes du phylum des Basidiomycota ont un mode de vie principalement saprophyte ; ce sont des organismes fongiques ayant les capacités de dégradation de matériel ligno-cellulolytique les plus élaborées (**Hibbet et Donoghue, 2001**). Ils montrent des hyphes perforés. Des cloisons complètes isolent les structures reproductrices, telles que les spores. La reproduction sexuée implique la formation des basidiospores sur les basides. Elles seront dispersées par le vent à maturité. Ils représentent l'élément fongique de la plupart des ectomycorhizes (**Raven et al., 2007**).

Le phylum des Ascomycota et le phylum des Basidiomycota forment le groupe des Dicyotes et représentent la majorité des espèces de champignons décrites, en l'occurrence 67000 espèces sur les 100.000 recensées (**Taylor et al., 2004**).

6. Champignons marins

Le milieu marin est un écosystème très peu étudié par les mycologues, comparativement au milieu continental. Historiquement, la première description d'un champignon marin remonte à 1869, mais leur étude a véritablement débuté en 1944 avec une publication de Barghoom et Linder (**Kohlmeyer et Kohlmeyer, 1979 ; Jones, 2011**).

Kohlmeyer et Kohlmeyer (1979) ont proposé une définition écologique de ces formes fongique observées en milieu marin. Les champignons marins sont divisés en 02 groupes : groupes obligatoires et groupes facultatifs. Les champignons marins obligatoires ont été définis comme « ceux qui poussent et sporulent exclusivement dans un habitat marin ou estuarien » et les champignons marins facultatifs comme « ceux des milieux des eaux douces ou terrestres et capables de se développer, mais aussi à sporuler dans le milieu marin ».

La plupart des champignons récupérés dans plusieurs habitats marins sont ceux associés à un substrat en bois, aux algues, aux coraux, aux tubes calcaires des mollusques, aux sols, aux sédiments et aux sables, dans les zones tempérées ou tropicales (**Jones, 2011**). On trouve également des espèces fongiques saprophytes ou endophytes sur des plantes marines en milieu tropical ou tempéré (**Pang et al., 2016**).

La plupart des champignons marins sont microscopiques. Ils vivent comme parasites des plantes ou animaux, comme organismes symbiotiques dans les associations lichéniques

avec les algues ou bien comme saprophytes sur la matière organique morte d'origine animale ou végétale (**Kohlmeyer et Kohlmeyer, 2013**).

En 1979, **Kohlmeyer et Kohlmeyer** avaient observé que des champignons pouvaient se développer dans des environnements marins profonds et s'adapter ainsi à de fortes pressions, à la salinité, à une forte exposition aux ultraviolets. Très peu de données relatives aux champignons des grands fonds sont disponibles à l'heure actuelle (**Hyde et al., 1998**). Un grand nombre de phylotypes fongiques (des phyla des Ascomycota et Basidiomycota) ont été détecté dans l'océan profond, au niveau d'un bassin anoxique hypersalin de la Méditerranée (**Edgcomb et al., 2009**). La fréquence d'isolement des levures diminuait avec la profondeur de l'échantillonnage : les levures du phylum des Ascomycota seraient majoritaires dans les eaux peu profondes, tandis que les levures du phylum des Basidiomycota seraient majoritaires dans les grandes profondeurs (**Munn, 2004**). Les Ascomycota et les Basidiomycota marins sont connus par l'adaptation de leur spores (**Gladfelter et al., 2019**). D'un point de vue écologique, ces champignons marins ont adopté 03 types de modes de vie . (1) la symbiose, (2) le parasitisme, (3) le saprophytisme (**Kohlmeyer et Kohlmeyer, 1979**).

7. champignons endophytes:

7. 1. Introduction

La plupart des plantes hébergent des microorganismes appelés « endophytes » à l'intérieur de leurs tissus (**Hallmann et al., 1997 ; Strobel, 2002**). Le mot endophyte est dérivé du grec « endo », étymologiquement qui signifie « intérieur » et « phyton » qui signifie « plante » (**Jalgaonwala et al., 2010**). Le terme endophyte a été employé et défini pour la première fois en 1866 par De Bary comme un colonisateur asymptomatique du végétal.

Les endophytes passent entièrement ou partiellement leur cycle de vie en se développant d'une manière intra cellulaire et /ou intercellulaire, à l'intérieur des tissus sains de la plante (racines, tiges, feuilles, fleurs, graines) (**Saikkonen et al.,1998 ; Pimental et al.,2011 ; Arnold et al.,2000 ; Petrini et al.,1991**) (**Figures1.4**).

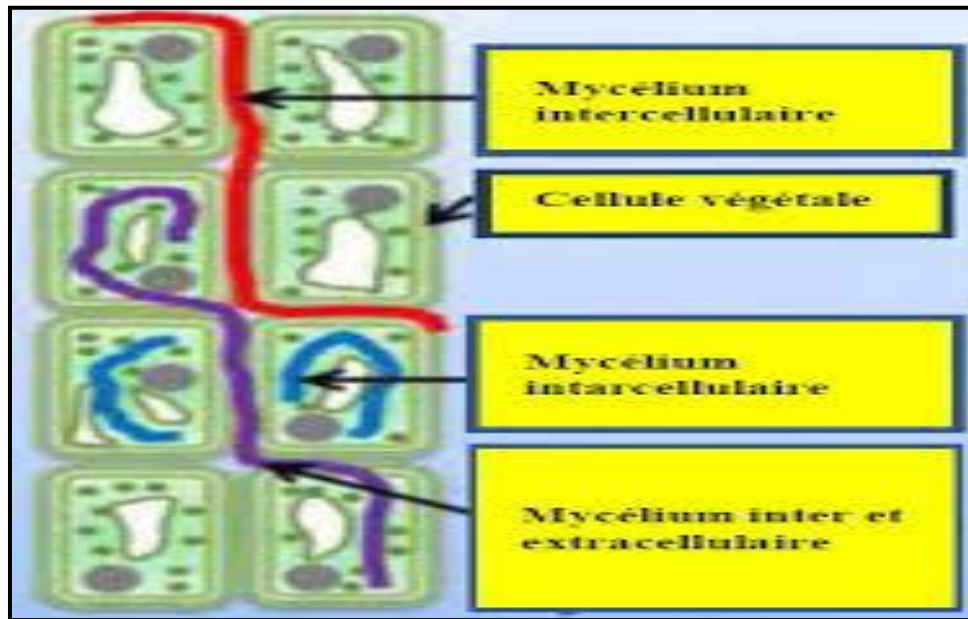


Figure 1.4. Modes de croissance des champignons endophytes dans les tissus des plantes hôtes (Kusari et Spiteller, 2012).

Toutes les plantes dans les écosystèmes naturels semblent établir des relations avec des champignons endophytes (Giménez *et al.*, 2007). La littérature sur les champignons endophytes se focalise en particulier sur deux aspects.

- Un volet réservoir de métabolites secondaires bioactifs ; les endophytes ont la capacité de produire de nombreuses molécules bioactives, dont certaines possèdent des propriétés thérapeutiques utilisables contre nombreuses maladies et d'autres substances à l'utilisation en médecine, en agriculture et en industrie (Kusari et Spiteller, 2012 ; Kusari *et al.*, 2012).
- Un volet dans la lutte biologique : les chercheurs s'intéressent dans ce cas à la phylogénie des endophytes et de leurs hôtes, aux interactions entre les champignons endophytes et la plante hôte et à l'impact de ces champignons endophytes sur la diversité végétale et le fonctionnement des écosystèmes (Muller, 2001).

La symbiose des endophytes avec les plantes date probablement depuis l'émergence des plantes vasculaires (Rodriguez et Redman, 1997 ; Zhang *et al.*, 2006).

7.2. Diversité des mycoendophytes

Les champignons endophytes forment un groupe diversifié sur le plan écologique et taxonomique (Arnold et Lutzoni, 2007). Ils représentent un réservoir de biodiversité dans les

écosystèmes et ils sont rencontrés dans une large variété de types tissulaires des plantes (Hoff et al., 2010 ; Zhang et al., 2006).

La plupart des mycoendophytes appartiennent à l'embranchement des Ascomycota. Cependant, certains appartiennent à d'autres taxons tels que les Deuterycota, Basidiomycota, Zygomycota et Oomycota (Saar et al., 2001). La diversité des espèces, la fréquence et l'abondance des endophytes dépendent des conditions climatiques et édaphiques et de l'hétérogénéité des habitats et des niches occupées par leurs hôtes (Seiber, 2002). En effet, les variations géographiques sont des facteurs qui contribuent la diversité des champignons endophytes. Ces derniers sont différents d'une zone géographique à une autre (Colladon et al., 1999). Les endophytes sont plus diversifiés dans les zones tropicales que dans les zones tempérées ou froides dans le monde (Fisher et al., 1995 ; Arnold et Lutzoni, 2007).

La plupart des endophytes colonisent des organes spécifiques ; certains sont retrouvés seulement dans les racines ou dans les organes de surface. Mais chaque organe de l'hôte peut être colonisé (Schulz et Boyle, 2005). L'âge de la plante hôte influe aussi sur la diversité des mycoendophytes. Les plantes âgées hébergent plus d'endophytes dans leurs tissus que les plantes jeunes (Arnold et al., 2003).

7.3. Mode de transmission des champignons endophytes :

Le mode de transmission est le moyen par lequel le champignon endophyte peut coloniser un autre individu végétal, à partir de l'hôte. Les champignons endophytes se transmettent d'un hôte à un autre par deux voies ; verticale où la transmission se fait d'une plante parent à une plante « enfant » et horizontale qui se fait par des facteurs environnementaux (Tintjer et al., 2008 ; Shahzad et al., 2018). Il existe quelques champignons endophytes pouvant se transmettre avec les deux modes, vertical et horizontal (Zhang et Yao, 2015 ; Christian et al., 2017) (Figure 1.5).

Transmission verticale

Les hyphes des champignons sont transmis de la plante infectée vers la descendance via les graines ou les semences (Scott et Schardl, 2001 ; Saikkonen et al., 2010)(figure1.5)

Transmission horizontale

La transmission horizontale est le deuxième mode. Elle se caractérise par la colonisation d'un nouvel hôte n'ayant la plupart du temps pas le lien avec l'hôte primaire, Elle se fait via les spores (Arnold *et al.*, 2003 ; Saikkonen *et al.*, 2004 ; Gallery *et al.*, 2007) (figure1.5).

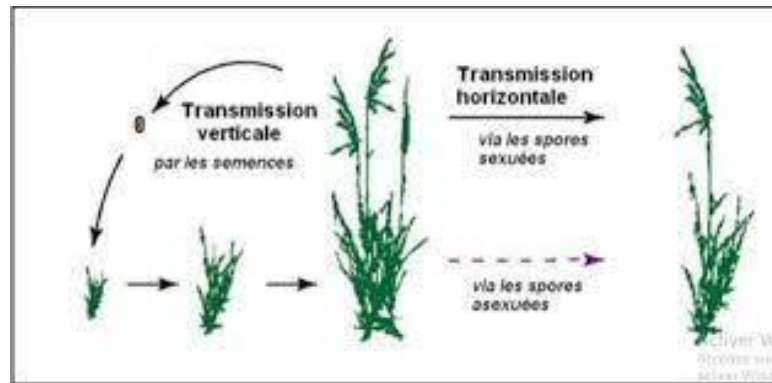


Figure 1.5. Modes de transmission des endophytes (Saikkonen *et al.*, 2004).

7.4. Classification des mycoendophytes

Les endophytes sont classés dans deux grands groupes : les endophytes associés aux Graminées dits Clavicipitacées et ceux associés aux autres plantes sont les non-Clavicipitacées (Schulz *et Boyle*, 2005 ; Hyde *et Soytong*, 2008). La classification des champignons endophytes est basée sur la colonisation des tissus (Andéol, 2016 ; Kusari *et al.*, 2016) (Figure1.6), leur diversité dans la plante, les bénéfices pour les plantes hôtes et le mode de transmission du champignon (Tableau 1.1). Ces endophytes sont divisés en 4 classes (Rodriguez *et al.*, 2009).

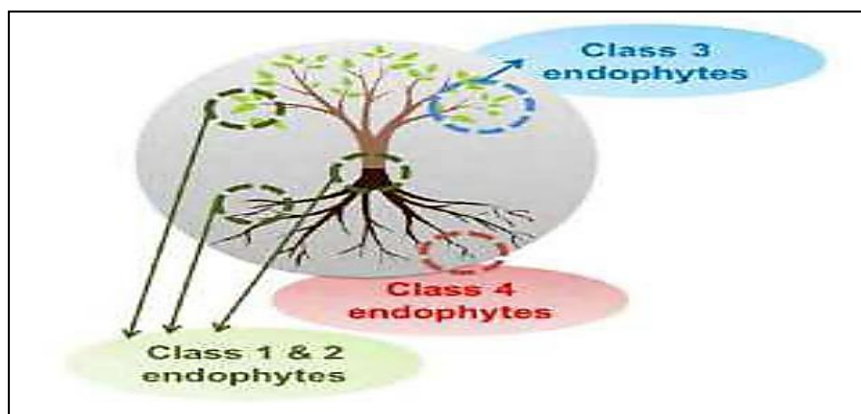


Figure 1.6. Classes d'endophytes selon la localisation dans les tissus colonisés

(Kusari *et al.*, 2012).

Tableau 1.1. Critères utilisés pour caractériser les classes de mycoendophytes (**Rodriguez et al., 2009**).

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

HNA : habitat non adapté (avantages comme la tolérance à la sécheresse et à l'amélioration de la croissance).
HA : habitat adapté (prestation résultent de la spécificité d'habitat et les pressions de sélection tel que le ph, la température et la salinité).

Endophytes de la classe 1

Ils sont constitués par des champignons appartenant à la famille des Clavicipitaceae (Ascomycota) (**Sung et al., 2007**). Cette famille est constituée de 37 genres ; 4 possèdent des espèces endophytiques : *Balansia*, *Epichloë*, *Ephelis* et *Neotyphodium* (**Andéol, 2016**). Ils colonisent principalement les tiges et les rhizomes et se transmettent verticalement (**Schulz et Boyle, 2005 ; Rodriguez et al., 2009**).

Endophytes de la classe 2

Les champignons endophytes de la classe 2 présentent un spectre d'hôte large. Ils sont tous issus des familles des Dikarya (la majorité sont des Ascomycota, uniquement des Pezizomycotina et quelques Basidiomycota : Agaricomycotina et Pucciniomycotina) (**Andéol et al., 2016**). Ils colonisent les racines (**Rodriguez et al., 2009**).

Endophytes de la classe 3

Le spectre des hôtes des endophytes de cette classe est très large. Les champignons responsables appartiennent aux Ascomycota. On trouve aussi les Basidiomycota, souvent présents plus dans les tissus ligneux que dans les tissus foliaires (**Andéol, 2016**). Les champignons endophytes de la classe 3 peuvent coloniser en grand nombre de tiges (**Rodriguez et al., 2009**).

Endophytes classe 4

Cette classe n'est pas clairement établie. Les champignons de cette classe appartiennent aux Ascomycota, sous embranchement des Pezizomycotina. Ce sont des champignons bruns cloisonnés. On les retrouve souvent associés à des arbustes ou à des arbres, en particulier les espèces de conifères. Ils se transmettent horizontalement (**Rodriguez et al., 2009**). Ces champignons colonisent uniquement les racines (**Porrás-Alfaro et al., 2007 ; Rodriguez et al., 2009**).

7.5. Rôles des mycoendophytes

Les plantes bénéficient de la présence de certains endophytes qui favorisent la croissance (**Compant et al., 2005 ; Schulz et al., 2006 ; Rodriguez et al., 2009**), par l'amélioration de l'absorption et l'assimilation des éléments minéraux (**Malinowski et Belesky, 2000 ; Mandyam et Jumpponen, 2005**). Les champignons endophytes contribuent à la tolérance des plantes à la compétition interspécifique et les mécanismes de cette compétition impliquent une augmentation de la reproduction végétative, la croissance des racines, la production des substances allélochimiques et le rendement en graines (**Bush et al., 1997 ; Malinowski et al., 1999 ; Kuldán et Bacon, 2008**).

Les microorganismes endophytes jouent un rôle important dans les systèmes écologiques (**Zhang et al., 2006**). Leur tolérance au stress implique des adaptations spécifiques à l'habitat. Le champignon confère à la plante une tolérance à la chaleur et ni le

champignon, ni la plante hôte ne peuvent vivre séparément, quand ils sont exposés aux stress thermiques ($T > 38^\circ$) (**Redman et al., 2002**).

Les endophytes chez les Graminées et autres plantes herbacées ont un rôle dans la production des alcaloïdes toxiques, qui dissuadent ou empoisonnent les herbivores (**Braum et al., 2003**).

Les mycoendophytes contribuent dans la protection contre les parasites invertébrés (contre les insectes ravageurs) où les endophytes ont des propriétés insecticides (**Kaul, 2012**) et contre les nématodes (**Martinuz et al., 2012**). Les mycoendophytes contribuent dans la protection contre les agents phytopathogènes (**Kuldan et Bacon, 2008 ; Hurek, 2011**). Les endophytes induisent une résistance systémique chez la plante hôte (**Chen et al., 1995 ; Serfling et al., 2007 ; Waller et al., 2008**). Les champignons endophytes provoquent un épaissement des parois des cellules chez la plante hôte et limitent la pénétration par l'agent pathogène (**Narisawa et al., 2004**). Ils protègent leurs plantes hôtes par une colonisation rapide et l'épuisement des substrats disponibles, afin qu'aucune source nutritive ne soit disponible pour les agents pathogènes (**Pal et Gardener, 2006**). Aussi produisent une variété des composés antimicrobiens provoquant une croissance anormale de l'agent pathogène (**Ting, 2014**). Ils produisent aussi des composés organiques volatils (COV).

Les champignons endophytes produisent des molécules d'intérêt thérapeutique très diverses. Ces molécules possèdent un spectre d'activités pharmacologique très large et nous retrouvons des anticancéreux, des antimigraineux, antidiabétiques, anti inflammatoires, antibiotiques (**Zeriguine et Belayadi, 2019**).

Chapitre 2.

La posidonie

1. Introduction

Il y'a de cela 100 à 120 millions d'année, au Crétacé, des Magnoliophytes continentales sont retournées dans le milieu marin (**Boudrousque et Meinez, 1982**). Elles représentent un ensemble de taille insignifiante : 14 genres et 60 espèces (**Kuo et Hartog, 2001**), par rapport aux espèces de Magnoliophytes continentales (**Fredj et al., 1992 ; Heip, 1998 ; Lecointre et Le Guyader, 2001**). Cette adaptation est due au passage d'une pollinisation anémophile à une pollinisation hydrophile. A partir du tertiaire, ces Phanérogames semblent envahir les mers pour y jouer un rôle considérable, c'est le cas de la posidonie qu'abrite la Méditerranée actuellement (**Boudouresque et Grissac, 1983**).

La mer Méditerranée abrite 04 herbiers, dont les représentants appartiennent aux genres *Cymodoceae*, *Halophila*, *Posidonia* et *Zostera*. La plus grande partie de la zone sublittoral méditerranéenne est occupée par les herbiers de posidonie : *Posidonia oceanica*, couvrant 2% du fond marin des côtes méditerranéennes (**Gobret et al., 2006**).

Les Magnoliophytes marines sont peu nombreuses, mais leur poids écologique est considérable dans les milieux littoraux : un grand nombre d'entre elles sont des ingénieurs d'écosystèmes, où au moins des espèces-clés. Les écosystèmes qu'elles édifient ou dont elles sont des acteurs majeurs, jouent un rôle considérable dans de nombreuses régions de monde. C'est le cas de la Méditerranée (**Hartog, 1970 ; Por, 1978**). Les herbiers marins font partie des écosystèmes les plus productifs de la planète. Ils sont présents sur les côtes de tous les continents, à l'exception de l'antarctique (**Larkum et al., 2007**). Ce sont les seules plantes à fleurs ou Angiospermes habitant les milieux côtiers et marins (**Sakayarojet et al., 2010**).

La posidonie : *Posidonia oceanica* ou herbe de Poséidon, dieu de la mer, appelée aussi herbier de Neptune (**Vohnik et al., 2015**), est une des rares Phanérogames avec racines et fleurs, comme ces ancêtres terrestres dont elle est issue, qui s'est adaptée à la vie aquatique (**Boudouresque et al., 1994 ; Pergent et Martini, 1994**). Elle est endémique de la méditerranée et forme d'immenses prairies sous marines appelées herbiers. Elle fut décrite de manière précise pour la première fois en 1623 (**Den Hartog, 1970**), sous le nom d'*Algamarina*. Ce n'est qu'en 1813 que Delile dans la flore d'Egypte, lui a donné son nom actuel de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. Elle constitue dans la plupart des côtes des peuplements denses, couvrant environ 50000 km² de côtes sablonneuses et parfois rocheuses (**Forneset et al., 2006**). Chimiquement, les herbiers marins contiennent des composés

phénoliques, des tanins et des substances phénoliques apparentées, qui sont courantes dans les plantes marines. Ces composés peuvent agir comme des osmo-régulateurs. Par ailleurs, les composés phénoliques ont plusieurs rôles secondaires: nombre d'entre eux sont des agents antimicrobiens, qui protègent les macrophytes contre les attaques de pathogènes; certains ont été identifiés comme dissuasifs pour les herbivores, et d'autres ont été vérifiés pour protéger les macrophytes contre le rayonnement ultraviolet nocif (**Cozza et al.,2004**).

2. Systématique

Selon **KUO et DEN HARTOG en 2006**, la classification de *Posidonia oceanica* se présente comme suit :

Règne	Plantae
Sous- règne	Tracheobionta
Sous- royaume	Viridiplantae
Embranchement	Trachéophytes
Sous embranchement	Spermatophytina
Super-ordre	Lilianae
Ordre	Alismatales
Famille	Posidoniaceae
Genre	<i>Posidonia</i>
Espèce	<i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile

3. Distribution géographique

La phanérogame marine *Posidoniaoceanica*est endémique à la mer Méditerranée. Elle colonise les côtes Européennes (France, Corse, Sardaigne, Italie, Yougoslavie, Grèce, Turquie) et les côtes Nord Africaines (Egypte, Libye, Tunisie, Algérie) (**Michel, 2007**). Elle est plus abondante dans sa partie occidentale que dans sa partie orientale (absence dans la Mer de Marmara, le Bosphore et dans la Mer noire), même si elle disparaît près de Gibraltar et à l'embouchure des grands fleuves (Rhône, Poo, Nil), suite aux trop fortes variations de salinité, à la trop faible disponibilité en lumière et à la turbidité(**Boudouresque et Meneisz, 1982**) (Figure 2.1).

Les herbiers de posidonie sont présents sur la plupart des rivages méditerranéens en

Algérie : El Tarf(El Kala), Annaba (Cap de Garde), Jijel (Kabyle Bank, Aouana), TiziOuzou (Sidi Slimane, Tizirt District), Boumerdès, Alger (Sidi Fredj, Ain Benian, Raïs Hamidou, Ras Matifou), Tipaza (Kef El Haouaci, crique de Mostaganem), Kef El Aoua, Kef El Asfer, Kef Oumer, Kef Bou Ghetar, Ras Ouillis (Sidi Abdelkader, Kef Kharouba), Oran (Baie des Andalouses), Témouchent (Rachgoun), Tlemcen (crique de Ras Tarsa, Baie de Honaine, IoubarDamah, île Ronde, crique de Sidi Madani) (UNEP/MAP,2016).

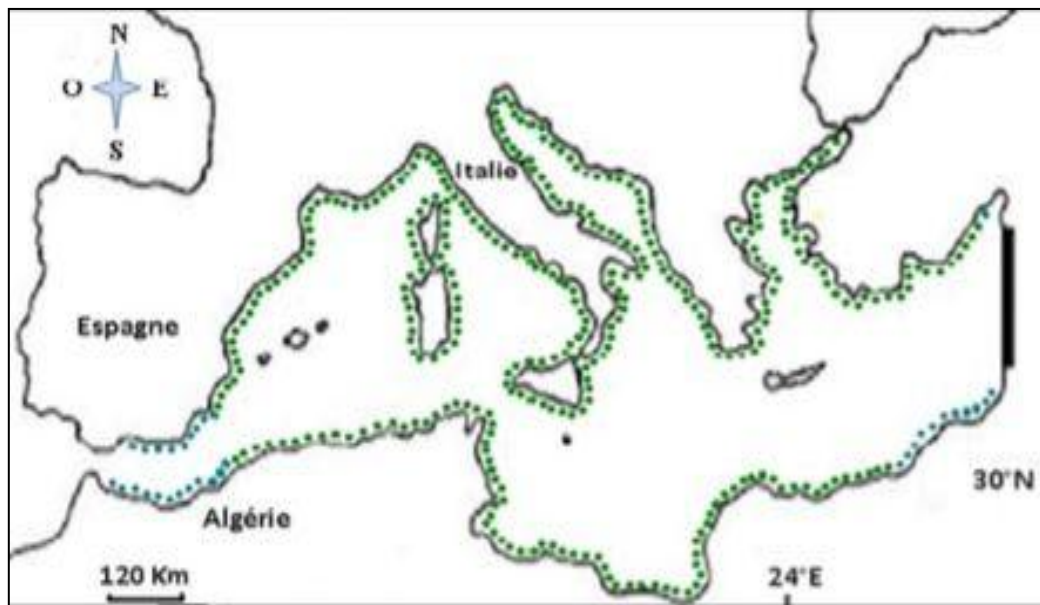


Figure 2.1.répartition de *Posidonia oceanica* le long des côtes méditerranéennes(les points verts) (Wangueluwe,2007).

4. Description morphologique

Comme toutes les Magnoliophytes marines,*Posidoniaoceanica* est organisée en tiges rampantesou dressées de consistance ligneuse et légèrement aplaties, généralement enfouies dans le sédiment appelées rhizomes. Les feuilles aplaties présentent à leur base une courte gaine, correspondante au pétiole des plantes terrestres. Cettedernière est séparée du reste de la feuille par une petite languette ligneuse appelée ligule (Caye, 1980) (Figure 2.2).

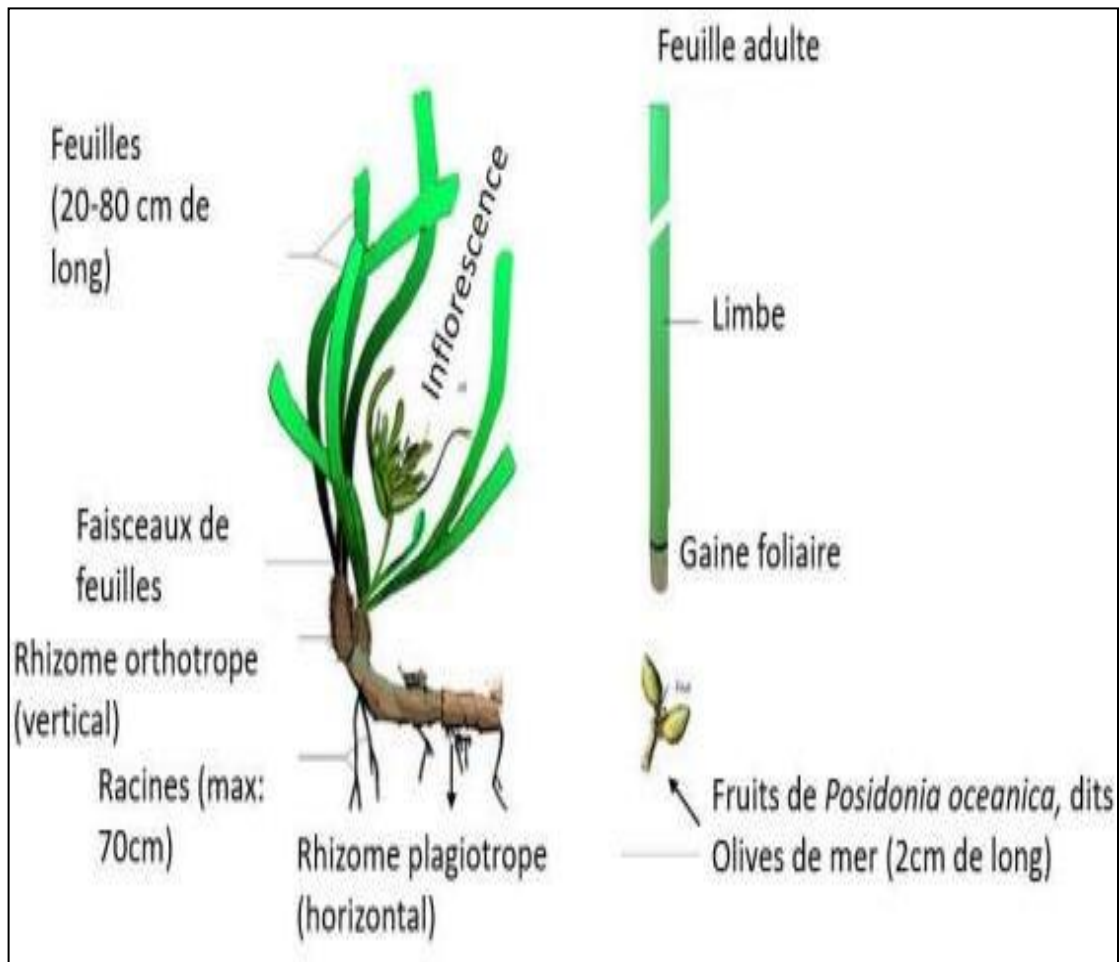


Figure 2.2. Morphologie générale de *P. oceanica* (Boudouresquet *et al.*, 2006).

A partir de ces rhizomes poussent des racines et des touffes de feuilles, sous forme de rubants de 30 à 80 cm de long en moyenne et de 7 à 12 cm de largeur ; ces feuilles sont regroupées à l'apex des rhizomes en faisceaux de 4 à 8 en moyenne (Panayotidis et Giraud, 1981). Les boutures de posidonie ne peuvent pas s'enraciner sur un substrat non préparé au préalable par d'autres êtres vivants, qu'il s'agisse de roches ou de sables (Duarte, 1991). Le sédiment doit être humifié, puis vont s'y fixer des algues ou de petites Phanérogames marines et parfois les 3 en même temps, accueillant une vaste population d'épiphytes (Engene, 1978 et 1979), assurant ainsi une intense activité photosynthétique (Baye, 1978). Boutures ou graines s'y ancrent et peuvent développer leurs racines. La jeune posidonie s'étale et ses rhizomes se développent horizontalement ces derniers suivent la direction de la plage, ils sont dits plagiotropes (Figure 2.3).

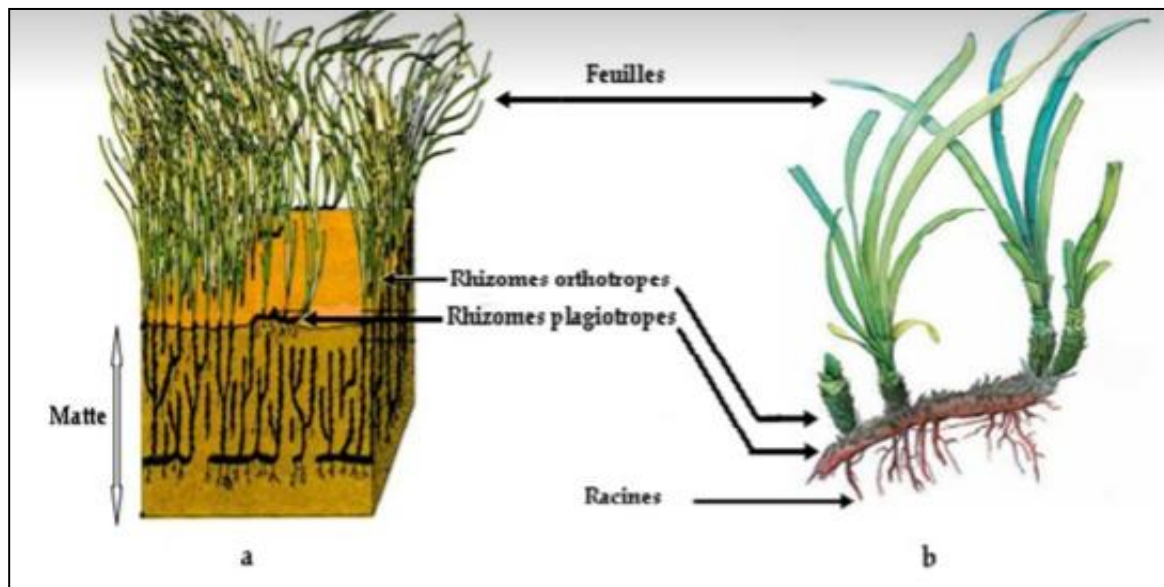


Figure 2.3 : a) Bloc diagramme montrant la structure d'une matre : b) Un rhizome plagiotope de *Posidonia oceanica* portant des racines ainsi que des rhizomes orthotropes avec des faisceaux de feuilles à leurs extrémités. (BOUDOURESQUE et al., 2006 ; modifié).

La croissance de la posidonie est très lente. Tant que l'espace disponible n'a pas entièrement été colonisé, elle permet de coloniser des espaces restants (Boudouresque et Jeudi de Grissac, 1983 ; Boudouresque et al., 1984 ; Caye, 1989). L'extension linéaire de l'herbier lui permet d'augmenter sa superficie (Pergent, 1987). Les rhizomes se développent verticalement ; ils sont alors perpendiculaires au fond, ils sont dits orthotropes. Ce passage à la croissance verticale se fait lorsque la densité des faisceaux de feuilles devient trop élevé ; cela permet de lutter contre l'ensevelissement par le sédiment et contribue à l'évolution de l'herbier vers la surface (Meineisz et Laurent, 1978 ; Caye, 1980).

Anatomiquement, cette feuille montre les caractéristiques suivantes (Kuo et Hartog, 2006):

- manque de stomates;
- cuticule extrêmement fine : la texture de la cuticule a un aspect poreux, avec $0,5 \mu\text{m}$ d'épaisseur;
- épiderme agissant comme le principal site photosynthétique;
- éléments conducteurs d'eau réduits.

Les feuilles sont flexibles. Généralement, le système lacunaire (aérenchyme) au sein du parenchyme est interrompu le long de la feuille par un système de septum (groupes de cellules parenchymateuses, dont les espaces intercellulaires sont particulièrement réduits). Ce système

de septum protège le système lacunaire de la plante, dans les cas où la feuille est déchirée par une tempête, ou suite au broutage par un herbivore. Les lacunes donnent une flottabilité positive aux feuilles, qui restent érigées dans la colonne d'eau. Le système lacunaire permet la circulation des gaz entre les différents organes (**Khodja, 2013**) (Figure 2.3).

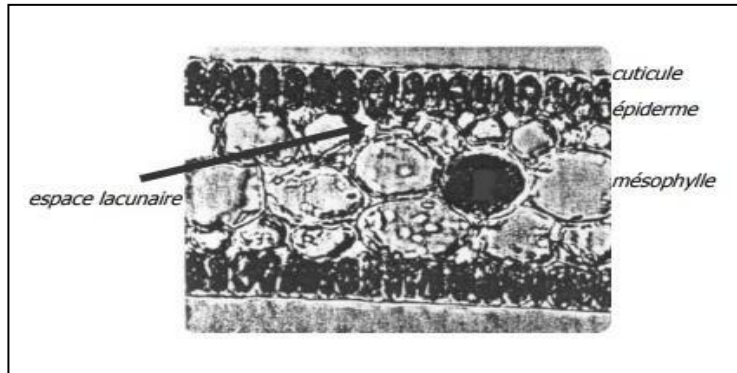


Figure 2.4. Section longitudinale d'une feuille de *P. oceanica*(**Colombo et al.,1983**).

Les feuilles de posidonie ralentissent les courants et peignent les sédiments et les feuilles mortes. Les particules sédimentaires en suspensions sont freinées par ces feuilles et sédimentent au pied des faisceaux (**Boudouresque et Jeudi de Grissac,1983 ; Cinnelli et al., 1984 ; Gambi et al., 1989**). Toute cette matière s'accumule et se compacte. Les déjections et débris d'organismes comme les épibiontes, les rhizomes et les feuilles viennent s'y ajouter pour former ce que l'on appelle « la matte » par ce processus, le fond s'élève au dessus du fond initial et peut monter de 1 cm par an.

La floraison des posidonies est un phénomène tres irrégulier, qui ne se produit pas chaque année. Elles fleurissent en automne et engendrent des fruits dans un milieu relativement froid. Cette floraison a lieu moins d'une année sur 2 et seulement dans des secteurs localisés. Les fleurs sont hermaphrodites, de 4 à 10, sont de couleur verte, souvent cachées au cœur du réseau de feuilles rubanées (**Giraud,1977**). (Figure 2.6).

Les organes sexuels sont identiques à ceux des plantes terrestres ; on a les étamines pour les mâles et le pistil pour les femelles. Le pollen dérive au grès des courants et les ovaires sont adaptés à la capture de ce pollen. La posidonie se reproduit aussi par voie asexuée(végétative) (**Meineisz et Lefevre,1984 ; Buia et Mazzella, 1991 ; Boudouresque et al., 1994**).

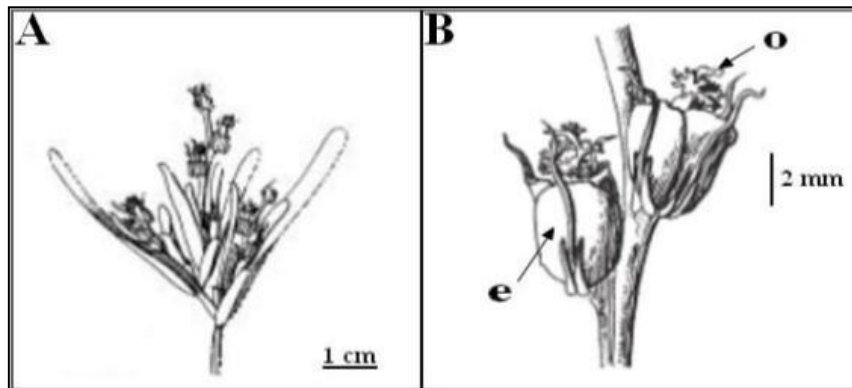


Figure 2.5. inflorescences de *Posidonia oceanica* (A). Fleurs de *Posidonia oceanica* (B).

Les étamines sont situées à l'extérieur : on aperçoit le sommet de l'ovaire doté de réticulations susceptibles d'accrocher le pollen filamenteux (o) (Den Hartog, 1970).

Les fruits sont appelés aussi olives de mer, de couleur brun foncé à noir, mûrissent en 6 à 9 mois l'été, entre mai et juillet. Ils se détachent de la plante et commencent au grès des courants (Caye et Meineisz, 1984) (Figure 2.6.). Au bout d'une quinzaine de jours, l'enveloppe du fruit pourrit et se déchire et la graine flotte un certain temps, puis tombe vers le fond de la mer, si la nature du substrat et les facteurs physico-chimiques sont favorables, la germination d'un embryon libéré par la déhiscence du fruit peut avoir lieu (GAMBI et al., 1996).

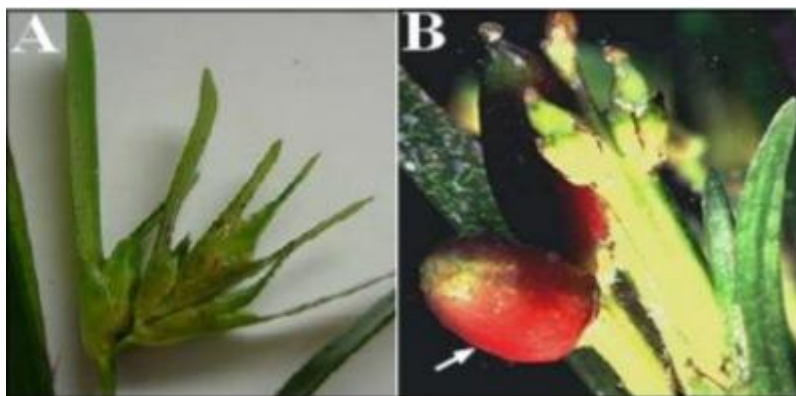


Figure 2.6. Fruit de *Posidonia oceanica*. Début de fructification (A). Fruits mûrs (B) (Lafabri, 2007).

5. Ecologie de *Posidonia oceanica*

Dans le milieu marin, tous les herbiers à posidonie ont développé différents

adaptations pour survivre (**Hartog et al., 2007**), à savoir :

- a. capacité à se développer tout en étant entièrement submergé ;
- b. tolérance envers la salinité ;
- c. développer des racines et des rhizomes d'ancrage efficaces ;
- d. capacité de pollinisation hygrophile ;
- e. capacité à se disperser dans le milieu marin.

La survie de *Posidonia oceanica* nécessite un ensemble de conditions abiotiques, à savoir :

- la lumière qui constitue l'un des facteurs les plus importants pour la croissance, la répartition et la densité des herbiers à *Posidonia* (**Alcoverro et al., 2001**), car cette plante ne peut survivre en dessous de 10 à 16% de l'irradiance de surface (**Ruiz et Romero, 2001**);
- *P. oceanica* nécessite des conditions environnementales stables, préférant un substrat sableux à gros grains à la roche (du sable fin aux sédiments caillouteux, mais pas les sédiments boueux), car elle ne tolère pas la turbidité (**Mazzella et al., 1993**);
- l'herbier de Neptune pousse dans de larges intervalles de température, allant de 9 à 29°C (**Boudouresque & Meinesz, 1982**);
- contrairement aux Monocotylédones terrestres, les herbiers doivent vivre dans des environnements marins ou fortement salins, ce qui a profondément influencé leur morphologie et leur anatomie (**Kuo & Hartog, 2006**);
- dans le bassin oriental, *P. oceanica* peut supporter des salinités supérieures à 40, le milieu hyper salin semble fournir des conditions de croissance optimale;
- dans de nombreuses zones côtières de la Méditerranée, *P. oceanica* est répandue, mais disparaît près des embouchures des rivières, où l'apport de l'eau et les sédiments fins est élevé (**Gobert et al., 2006**).

6. Importance de l'herbier marin :

- Les herbiers marins comptent parmi les écosystèmes aquatiques les plus productifs qui peut stocker jusqu'à deux fois plus de carbone que les forêts tempérées et tropicales (**Vohník *et al.*,2015**).
- L'herbier de posidonie contribue à l'équilibre sédimentaire des fonds par sa capacité à piéger les particules présentes dans l'eau. Il favorise la décantation et la sédimentation des particules en suspension dans les colonnes d'eau (**Boudouresque et Meineisz,1982 ; Boudouresque et Jeudi De Grissac,1983 ; Romero,2004**).
- L'herbier de posidonie abrite une variété de communautés faunistiques faisant ainsi partie de la chaîne trophique (**Francour, 1997**).
- L'herbier de posidonie joue un rôle économique dans son importance dans les équilibres écologiques et physique du système littoral, en la protégeant contre l'érosion (**Jimenez *et al.*, 1996 ; Francour, 1997**).
- Les utilisations médicinales remontent à l'Égypte ancienne, où elle était censée être utilisée pour les maladies de la peau, les douleurs aux jambes, le diabète, les infections respiratoires et l'hypertension (**Cornara *et al.*,2018**).
- L'herbier à posidonie constitue un puissant intégrateur de la qualité globale des eaux marines (**Augier, 1985 ; Pergent,1991 ;Pergent *et al.*,1995 ; Pergent-Martini *et al.*, 2005**).

7. Champignons endophytes de la Posidonie

A l'instar du milieu terrestre, les champignons sont souvent présents dans tous les habitats marins. Des recherches récentes ont indiqué que les composés bioactifs isolés des éponges, des fontaines marines, des coraux, etc... peuvent déjà avoir été synthétisés par leurs propres microorganismes endophytes dans les relations hôte-endophytes, lors de la colonisation (**El-Bondklyet *et al.*, 2021**).

La posidonie est l'une des plantes les plus importantes de la Méditerranée. Elle est menacée par plusieurs facteurs de régression (des chaluts de fond ou d'arts trainants, mouillage des bateaux, utilisation des engins explosifs). 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 l'herbier de *Posidonia oceanica* montre que la mycoflore est très riche, tant en charge 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...). 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*, *Arthrinium*, *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**).

Selon **Gonçalves et al.(2019)**, les espèces appartenant aux genres *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Penicillium* et *Trichoderma* se trouvent couramment dans les environnements marins en tant que champignons marins facultatifs, originaires d'environnements terrestres. Ils ont développé des caractéristiques morphologiques et physiologiques leur permettant de s'adapter aux conditions marines, et cela correspond aux résultats que nous avons obtenus.

Plusieurs genres mycoendophytes sont recensés hébergent les feuilles de posidonie *Posidonia oceanica* dans la région de Tizirt tels que : *Alternaria*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Meria*, *Neoscytalidium*, *Nigrospora*, *Penicillium*, *Rhizoctonia*, *Trichoderma*, *Trichophyton* et 2 genres non identifiés (SNI) (**Taourirt,2022**) . Les résultats ont révélé que 9 taxons fongiques identifiés sont des Ascomycota, qui est le groupe taxonomique le plus représentatif des écosystèmes marins (**Hyde et al., 2000**), seul un genre, à savoir : *Rhizoctonia* appartient aux Basidiomycota (**Taourirt .N,2022**).

Chapitre 3.

Matériel et méthodes

1. Zone d'étude

1.1. Localisation

Tigzirt est une ville côtière située au nord de la wilaya de Tizi Ouzou. Elle joue le rôle de la porte régionale de cette wilaya. Elle est distante de 39 Km du chef-lieu de la wilaya. Elle est située à 124 km à l'est d'Alger et à 130 km à l'ouest de Béjaia. Cette commune est limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la commune d'Iflissen, à l'ouest par la commune de Mizrana et au sud par la commune de Boujima et de Timizart. Elle s'étend sur une superficie de 45 Km² et longe une façade maritime de 12 km. Cette commune se caractérise par son îlot (Tigzirt en berbère), qui donne son nom à la commune à 500 m de la rive, où le prélèvement de nos échantillons de posidonie a été fait (Figure 3.1).



Figure 3.1. Image satellite montrant la localisation de l'îlot de Tigzirt (Google earth, 2022).

1.2. Bioclimat

Le climat est un facteur déterminant de premier ordre pour une approche du milieu. C'est un ensemble de phénomènes météorologiques qui sont principalement la température, les précipitations et les vents. Le climat se place en amont de toute étude relative au fonctionnement des systèmes écologiques.

Températures

Les valeurs des températures mensuelles enregistrées au niveau de la zone d'étude pour la période 2000-2013 regroupées dans le tableau

Tableau 3.1. Températures maximales, minimales et moyennes mensuelles de la région d'étude pour la période 2000-2013.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jlt	A	S	O	N	D
m (°C)	5.47	6.41	8.16	10.23	13.48	17.6	20.8	21.1	17.8	15.1	9.95	6.94
M (°C)	13.2	15.3	18.56	20.57	25.06	31	34.7	34.3	29.6	26.1	18.8	14.94
(M+m)/2 (°C)	9.38	10.8	13.36	15.4	19.27	24.3	17.7	27.7	23.7	20.6	14.47	10.94

Source : O.N.M (Office national de météorologie *in* Talmat, 2015).

m : Température minimale en degrés Celsius.

M : Température maximale en degrés Celsius.

Le tableau 3.1 montre que la température maximale dans la région d'étude est celle du mois de juillet (34.7°C) et la température minimale est notée pendant le mois de janvier (5.47°C) sur la période allant de 2000 à 2013.

Précipitations

Les précipitations de la région de Tizirt pour la période 2000-2013 sont rassemblées dans le tableau 3.2.

Tableau3. 2. Précipitations mensuelles et annuelles pour la région de Tizirt pendant la période allant de 2000 à 2013.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jlt	A	S	O	N	D	An
P (mm)	137,3	85,9	75,05	76,2	54,4	10,1	4,8	10,3	50,2	66,3	157,6	143,8	872,4

Source : O.N.M. (Office national de météorologie *in* Talmat, 2015).

Selon le tableau 3.2, la quantité de précipitations la plus élevée est observée pendant le mois de novembre (157,6 mm) et la quantité la plus basse est survenue pendant le mois de juillet (4,8 mm) et cela pour la période allant de 2000 à 2013.

Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

L'examen du diagramme ombrothermique montre que la région de Tizirt se caractérise par une saison sèche de 5 mois, qui s'étale sur une période qui commence au mois de mai et qui se termine le mois d'octobre (Figure 3.2).

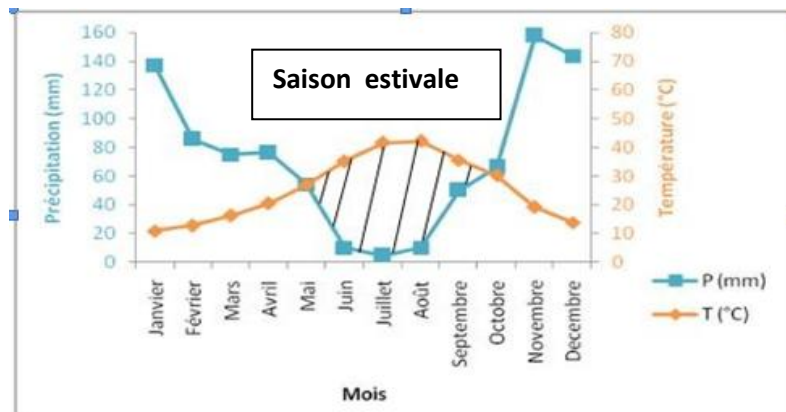


Figure 3.2. diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Tizirt (2000-2013).

Climagramme d'Emberger

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de la région de Tizirt, nous avons utilisé le quotient pluviothermique d'Emberger (1955), selon la formule suivante :

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

P : précipitations annuelles en mm ;

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

m : moyenne des minima du mois le plus froid (°K) ; avec (1°K = T°C + 273).

Données	P (mm)	M (°K)	m (°K)	(M ² -m ²)	2000P	Q ₂	Etage bioclimatique
Tizirt	872,44	307,71	278,47	17139,9	1744880	101,8	Subhumide à hiver doux

Pour la région de Tizirt, le quotient Q₂ calculé pour une période de 13 ans (2000-2013) permet de situer la zone d'étude dans l'étage bioclimatique subhumide, à hiver doux (Figure 3.2).

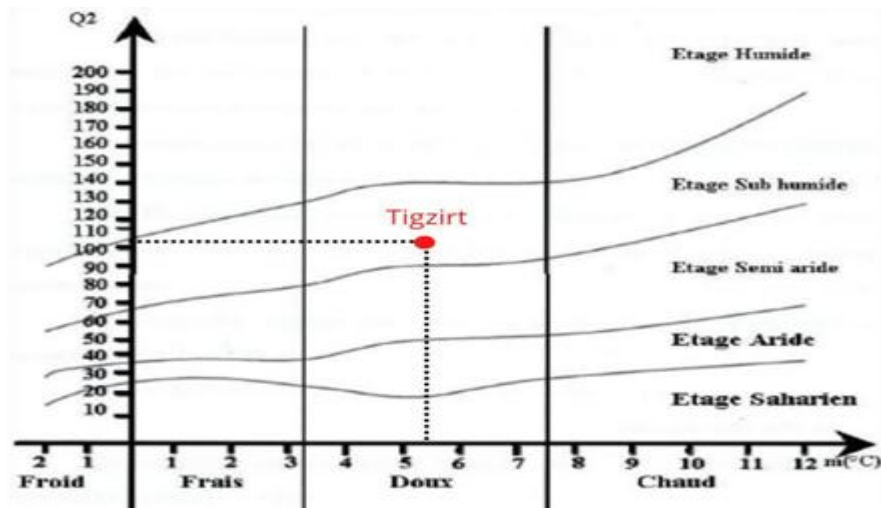


Figure 3.3. Position de la région de Tizirt sur le climagramme d'Emberger (2000-2013).

2. Echantillonnage sur terrain

Dix prélèvements de feuilles ont été effectués sur un tapis de posidonie : *Posidonia oceanica* (Figure 3.4.) à Tizirt tout autour de l'îlot, à une profondeur de 3 à 4 m, le 16 mai 2022 (Figure 3.4). Ce prélèvement fait suite à un premier échantillonnage de feuilles de posidonie au niveau du même site le 29 mars 2022 par Taourirt (2022).



Figure 3.4. Photographie de l'îlot de Tizirt (Lieu d'échantillonnage) (Taourirt, 2022).

Les feuilles récoltées ont été placées dans des flacons en verre étiquetés, dans l'eau de mer environnante, pour être maintenues à l'état frais (Figure 3.5). Ces bocaux sont ensuite déplacés au laboratoire Ressources Naturelles de l'université de Mouloud Mammeri de Tizi

Ouzou (UMMTO), où le travail expérimental s'est déroulé. La mise en culture des feuilles a été faite dans les 24 h qui ont suivies le prélèvement.



Figure 3.5. Feuilles de posidonie dans les bocaux au laboratoire.

3. Mise en culture des feuilles de posidonie

3.1. Stérilisation superficielle

Afin d'isoler et de détecter les champignons endophytes dans les feuilles des plantes, l'élimination des champignons épiphytes est une étape essentielle. Les techniques d'échantillonnage et de stérilisation varient en fonction des préférences du chercheur, l'espèce de plante hôte et les types des tissus échantillonnés.

Concernant la stérilisation des feuilles de *Posidonia oceanica*. Le protocole de Helander et son équipe (1994) est adopté pour cette étude, à savoir :

- ❖ traitement à l'éthanol (95%) pendant 2 minutes ;
- ❖ rinçage à l'eau distillée stérilisée ;
- ❖ traitement à l'eau de javel pendant 3 minutes ;
- ❖ 2^{ème} rinçage à l'eau distillée stérilisée ;
- ❖ 2^{ème} traitement à l'éthanol (95%) pendant 30 secondes ;
- ❖ 3^{ème} rinçage à l'eau distillée stérilisée.

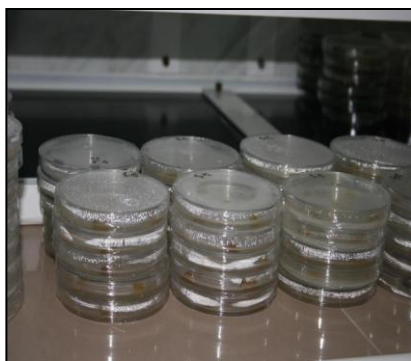
La stérilisation superficielle a concerné 5 feuilles pour chaque prélèvement.

3.2. Mise en culture des feuilles proprement dite

Nous avons préparé d'abord le milieu de culture. Nous avons choisi le milieu semi-synthétique P.D.A (Potato-dextrose-agar), dont la composition est la suivante :

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

Après la préparation du milieu P.D.A et la stérilisation superficielle des feuilles échantillonnées, nous avons coupé 5 fragments de 0,5 cm² pour chacune des 5 feuilles stérilisées, pour la mise en culture dans des boîtes de Pétri, entre deux becs bunsen (Figure 3.6 A). Au total, 250 fragments de feuilles ont été ensemencés (dans 50 boîtes de Pétri) (Figure 3.6 B).



B



A

Figure 3.6. Opération de mise en culture des feuilles de posidonie.

4. Identification des champignons endophytes isolés

L'identification des champignons repose essentiellement sur l'analyse des caractères morphologiques macroscopiques et microscopiques. Ces méthodes d'identification peuvent être complétées par une analyse moléculaire (Lecellier, 2013).

- ✓ **Description macroscopique des colonies** (Dufresne, 2021)
 - ❖ Texture
 - laineuse : mycélium aérien abondant ;

- duveteuse : mycélium aérien court ;
 - poudreuse : mycélium aérien produisant de nombreuses conidies, créant une surface d'apparence poudreuse semblable à du sucre ou de la farine glabre : mycélium aérien 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.
- ✓ **Examen des structures microscopiques**

Lors de l'analyse microscopique des colonies, plusieurs structures des champignons filamenteux sont observées comme l'appareil végétatif, les organes de fructification et les spores (Lecellier, 2013). Selon Dufresne (2021), les critères de l'analyse microscopique sont :

- ❖ les hyphes : septés, non septés, larges
- ❖ les conidiophores : absents, simples, ramifiés ;
- ❖ les cellules conidiogènes : annellide, phialide ;
- ❖ les conidies : uni- ou pluricellulaires, solitaires, en amas ou en chaînes, forme (ronde, ovale, en massue...) ;
- ❖ les organes de fructification : périthèces, cléistothèces (sexué), pycnides (asexué).

5. Analyse statistique

5.1. Abondance des genres

Afin d'estimer cette diversité fongique, les abondances des différents genres fongiques recensés pour les dix prélèvements concernant les champignons endophytes ont été calculés avec le logiciel microsoft office excel suivant cette formule :

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

A : abondance des genres (%);

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

N_t : ensemble des répétitions ayant fructifiées.

5.2. Analyse de variance (ANOVA)

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

5.3. Matrice de corrélation :

Une analyse réalisée pour étudier les interactions existantes entre les différents taxons fongiques de la phyllo sphère de la posidonie de la région de Tizirt.

5.4. 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 prélèvements échantillonnés. Une ACP de synthèse est aussi réalisée, afin de comparer le cortège fongique endophytique réalisé dans ce travail, où les échantillons sont prélevés en mai 2022 et un premier travail réalisé sur les mycoendophytes présents au niveau de la phyllosphère de *Posidonia oceanica* de la région de Tizirt, prélevée sur le même site, au mois de mars 2022 (Taourirt, 2022). Ces ACPs ont été faites grâce au logiciel Stat Box 6.40.

Chapitre 4.
Résultats et discussion

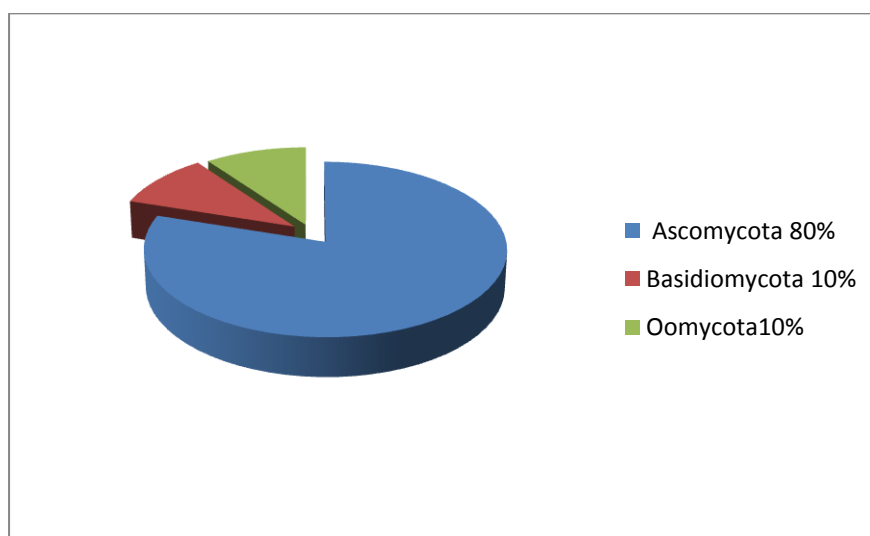
1. Identification des genres recensés

L'identification macroscopique et microscopique des isolats fongiques apparus pour les 10 prélèvements de posidonie montre la présence de 10 genres, à savoir : *Alternaria*, *Aspergillus*, *Candida*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Neoscytalidium*, *Penicillium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* et *Trichophyton*. Selon Gonçalves *et al.* (2019), les espèces appartenant aux genres *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Penicillium* et *Trichoderma* trouvent couramment dans les environnements marins, en tant que champignons marins facultatifs, originaires d'environnements terrestres. Ils ont développé des caractéristiques morphologiques et physiologiques leur permettant de s'adapter aux conditions marines, et cela correspond aux résultats que nous avons obtenus, car les genres cités ont été recensés dans nos prélèvements.

Les résultats ont révélé que 8 taxons fongiques identifiés sont des Ascomycota, qui est le groupe taxonomique le plus représentatif des écosystèmes marins (Hyde *et al.*, 2000), seul deux genres n'appartiennent pas à ce groupe, à savoir : *Rhizoctonia* qui appartient aux Basidiomycota et *Phytophthora* qui appartient aux Oomycota (Tableau 4.1). Les genres fongiques identifiés au niveau des feuilles de *Posidonia oceanica* de la région de Tizirt appartiennent pour la majorité, à savoir 80% aux Ascomycota, contre 10% aux Basidiomycota et 10% aux Oomycota (Figure 4.1).

Tableau 4.1. Classification des genres recensés.

Genre	Phylum	Ordre	Famille
<i>Alternaria</i>	Ascomycota	Pleosporales	Pleosporaceae
<i>Aspergillus</i>	Ascomycota	Eurotiales	Trichocomaceae
<i>Candida</i>	Ascomycota	Saccharomycetales	Saccharomycetaceae
<i>Chaetomium</i>	Ascomycota	Sordariales	Chaetomicaceae
<i>Cladosporium</i>	Ascomycota	Capnodiales	Davidiellaceae
<i>Neoscytalidium</i>	Ascomycota	Botryosphaariales	Botrysphaeriaceae
<i>Penicillium</i>	Ascomycota	Pleosporales	Pleosporaceae
<i>Phytophthora</i>	Oomycota	Peronosporales	Pernosporaceae
<i>Rhizoctonia</i>	Basidiomycota	Cantharellales	Ceratobasidiaceae
<i>Trichophyton</i>	Ascomycota	Onygenales	Astrodermataceae

Figure 4.1. Composition des mycoendophytes des feuilles de la posidonie *Posidonia oceanica* selon le phylum.

Buée et son équipe en 2009 ont envisagé que l'abondance des Ascomycota est due à leur mécanisme adaptatif contre la salinité et l'alcalinité. L'étude de **d'Ambayeramet al. (2015)** sur différents herbiers marins a démontré l'absence de véritables champignons marins au niveau de ces derniers. En revanche, des champignons facultatifs étaient présents comme endophytes dans les feuilles des herbiers marins étudiés, ce qui est le cas aussi pour *Posidonia oceanica* de la région de Tizirt.

L'étude **Panno et al. (2013)** a révélé la présence de 20 genres dans la phyllosphère de *P. oceanica* en Italie. 34 taxons ont été recensés par **Poli et al. (2020)**. Cette fluctuation du nombre de genres recensés est due à divers facteurs, tels que la différence entre les protocoles d'isolement, les différentes températures d'incubation et 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, elles dépendent des facteurs abiotiques, des interactions avec d'autres espèces, de la géographie et de la phylogénie (**Zabalgoitia et al., 2008**).

2. Description de quelques genres recensés

2.1. *Cladosporium*

C'est une moisissure pigmentée largement répandue dans les matières organiques pourries et fréquemment isolée comme contaminant des aliments. Certaines espèces sont prédominantes dans les régions tropicales. Ce genre comprend plus de 30 espèces parasites de végétaux ou saprophytes très communs (**Botton et al., 1990**).

Les *Cladosporium* ont une croissance lente ; ils poussent modérément vite sur milieu PDA ; il ne pousse généralement qu'à 20-27°C et forment des colonies veloutées ou floconneuses, parfois poudreuses et farineuses. La couleur va du gris-vert au vert-olivâtre et inversement noires (Figure 4.3.). La plupart des espèces ne poussent pas à des températures supérieures à 35°C (**Ogórecki et al., 2012**).

Les hyphes sont septés, rampants en surface ou dans le substrat. Ils produisent des conidiophores de longueur variable, presque érigés, ramifiés et floconneux, qui forment souvent un gazon, il est de couleur olive. Généralement, les conidies sont globuleuses et ovales, lorsqu'elles sont unicellulaires (**Ogórecki et al., 2012**) (Figure 4.2). Les premières

conidies formées à l'extrémité des conidiophores sont de grande taille, uni ou pluricellulaires ; les suivantes sont plus petites et unicellulaires. L'ensemble forme de longues chaînes acropètes, ramifiées, qui réalisent des arbuscules fragiles, qui se dissocient lors du montage (**Tikour,2018**).

La paroi des conidies de forme généralement elliptique à cylindrique est lisse, ou finement verruqueuse et présente souvent aux extrémités des cicatrices de bourgeonnement ou de libération (**Tikour,2018**).

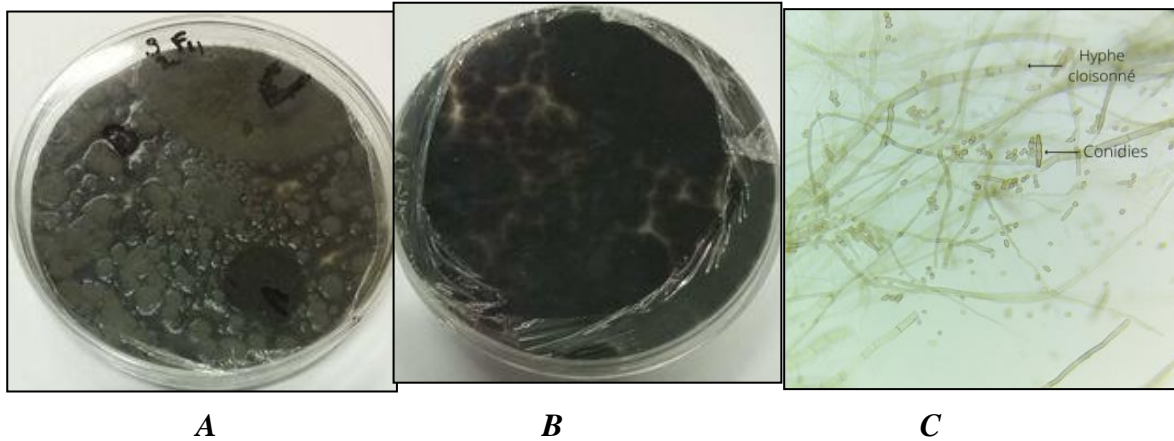


Figure 4.2. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique(C) du genre *Cladosporium*(x400).

2.2. *Rhizoctonia*

C'est un champignon anamorphe, habituellement saprophyte, mais qui peut devenir pathogène facultatif des plantes (**Smiley et al., 1992**).

Le thalle est de couleur blanc à marron foncé à croissance rapide. Le mycélium sclérotique et moniliforme. On trouve de fréquentes constriction au niveau des septa et des ramifications à angle droit sont souvent coenocytiques(**Bouladjeraf,2017**) (Figure4.3).

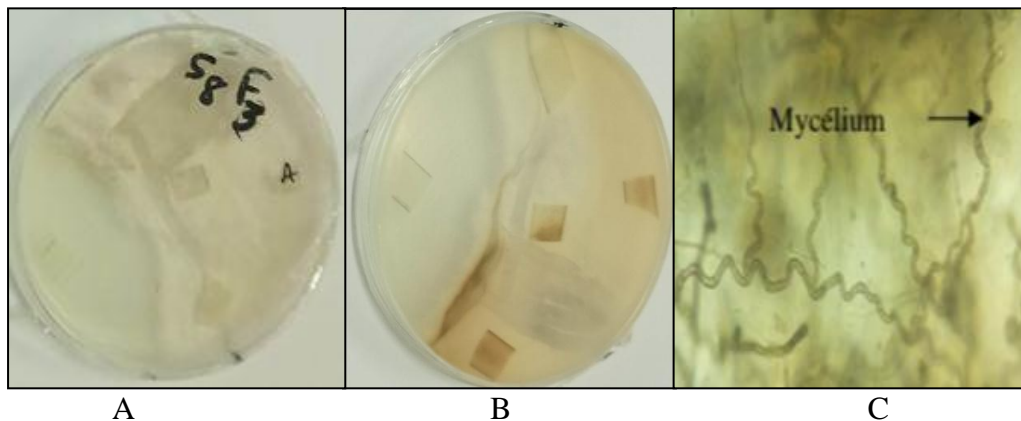


Figure 4.3. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique(C) du genre

Rhizoctonia(x400).

2.3. *Penicillium*

C'est un champignon Ascomycota. Il est cosmopolite et très fréquent dans la nature et comporte plus de 200 espèces.

Il pousse facilement sur les milieux utilisés en mycologie. Il se développe à des températures modérées, de l'ordre de 20-27°C. Après 3-4 jours d'incubation, la sporulation va conférer aux colonies habituellement duveteuses, poudreuses leur teinte, le plus souvent dans les tons vert, vert bleu, vert-gris, vert-jaune, gris-bleu. Un pigment diffuse parfois dans la gélose (**Tabuc,2007**).

Ce genre se distingue par son organisation en pinceau. Le thalle, formé de filaments mycéliens septés et hyalins, porte des conidiophores lisses ou granuleux, simples ou ramifiés qui se terminent par un pénicille. Les conidiophores peuvent être isolés, groupés en faisceaux lâches ou agrégés en corémies bien individualisés (**Tabuc, 2007**). Les phialides sont disposées en verticilles à l'extrémité des conidiophores. Elles sont insérées directement ou par l'intermédiaire d'une rangée de métules, ou de deux rangées successives de métules sur les conidiosphores. Les phialides sont serrées les unes contre les autres, l'ensemble donne une image de pinceau. Les phialides donnent naissance à des spores unicellulaires disposées en chaîne (basipètes, non ramifiées). Les conidies sont rondes à ovoïdes, hyalines ou pigmentées, lisses ou échinulées, mesurant de 2 à 4 µm de diamètre (**Tikour,2018**) (Figure 4.4).

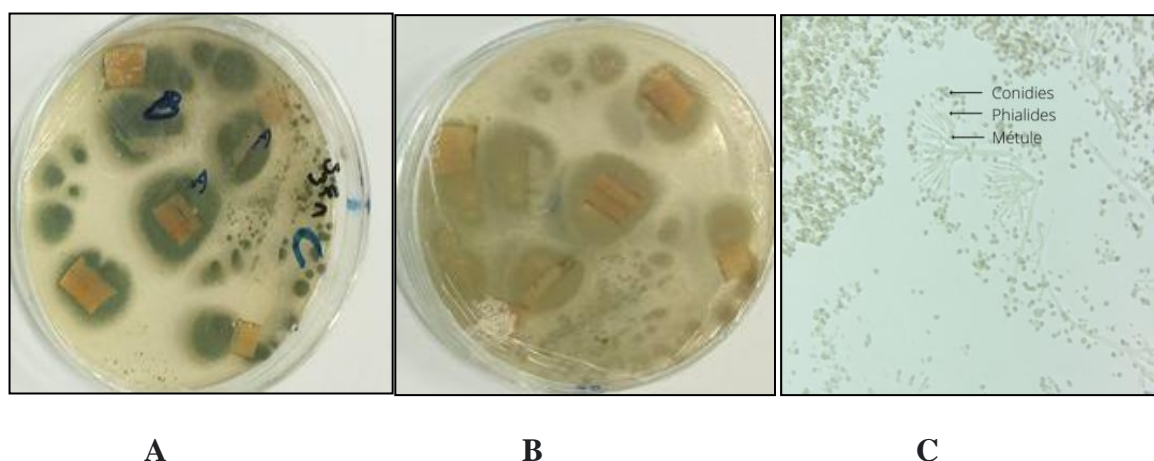


Figure 4.4. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique (C) du genre *Penicillium* (x400).

2.4. *Alternaria*

Ce sont des champignons à reproduction asexuée, ils appartiennent aux Ascomycota. Ce sont des saprophytes ou des parasites de plantes très répandus (**Chabasse et al., 2002**).

Les colonies sont à croissance rapide, de couleur blanc-gris au début. Elles deviennent rapidement foncées (vert foncée à noire) au recto comme au verso (Figure 4.4). La texture est duveteuse à laineuse. La croissance est habituellement inhibée à 37°(c)(**Tikour, 2018**).

Les hyphes septés sont ramifiés et tardivement certains filaments sont pigmentés en brun. Les conidiophores sont cloisonnés, bruns, septés, simples ou ramifiés, plus ou moins droits ou flexueux. Les conidies sont brunes, pluricellulaires, d'aspect piriforme ou ovoïde, avec une partie basale arrondie et une extrémité apicale allongée en bec, plus ou moins important. A maturité, elles présentent à la fois des cloisons transversales, obliques ou longitudinales. Ces spores à paroi lisse ou verruqueuse et de taille importante, sont souvent disposées en chaînes (**Tikour, 2018**). Figure 4.5).

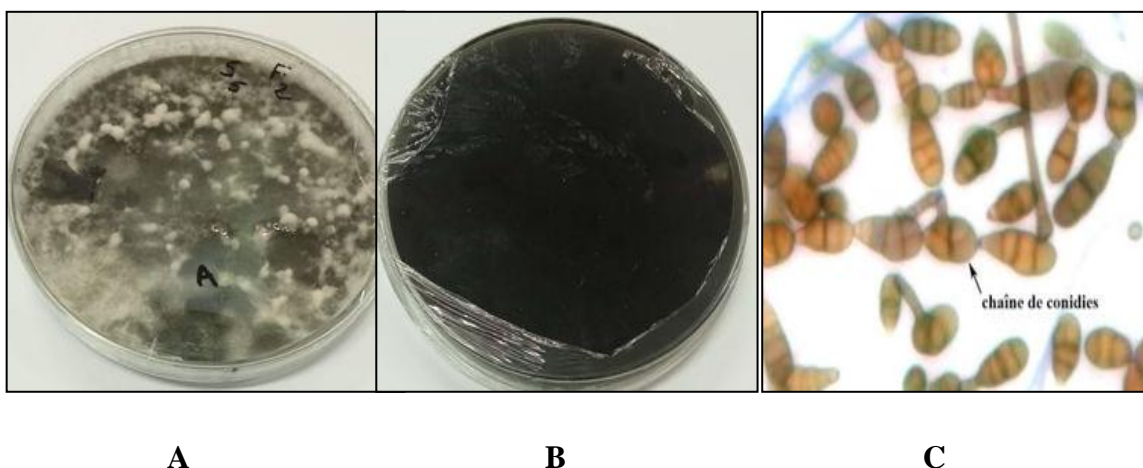


Figure 4.5. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique (C) du genre *Alternaria*(x400).

2.5. *Chaetomium*

Ce sont des espèces fongiques communes cosmopolite et répandue de différents

écosystèmes dans un large éventail de zones environnementales et climatiques car il peut coloniser une grande variété de substrats (**Abdel-Azeem, 2019**).

Chaetomium se développe bien entre 16-25°C, mais la plupart des espèces croissent de façon optimale entre 25-35°C. Quelques espèces sont thermotolérantes ou thermophiles ; elles peuvent croître à des températures allant jusqu'à 40°C (**Prokhorov et Linnik, 2011**). Ce genre se caractérise par des ascomates superficiels généralement recouverts de poils ou de soies (**Abdel-Azeem, 2019**). Le thalle est constitué d'hyphes septés, hyalins à brun pâle. (**Larone, 1987**) (Figure 4.6).

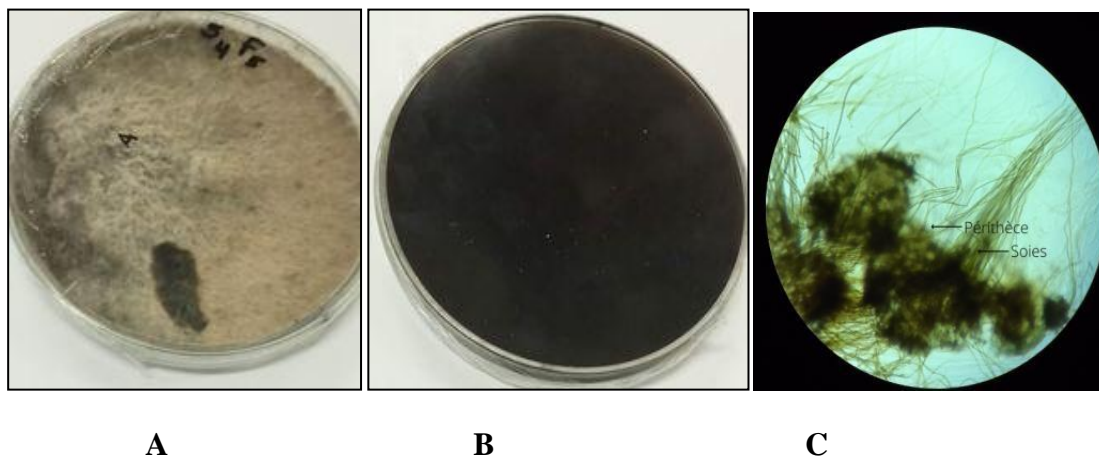


Figure 4.6. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique (C) du genre *Chaetomium*(x400).

2.6. *Neoscytalidium*

Ces champignons sont généralement connus comme des phytopathogènes. Des espèces endophytes, saprophytes et opportunistes se trouvent parfois dans les feuilles des plantes herbacées, et même sur les lichens (**Zhang et al., 2021**).

Ce sont des champignons filamenteux ; ils se développent rapidement, initialement de couleur claire et devenant brun, puis noir avec le temps. Les colonies sont profondément touffues, avec un mycélium aérien dense, de couleur foncé et filant (**Phillips et al., 2013**). (Figure 4.7).

Les hyphes sont ramifiés et septés, sans conidiophores. Ce champignon est traditionnellement caractérisé par la production d'arthroconidies foncées, uni à tricellulaires abondantes (**Tonani et al., 2017**). Les hyphes sont larges (6-10µm) et les arthroconidies sont brunes (**Botton et al., 1990**) (Figure 4.7).

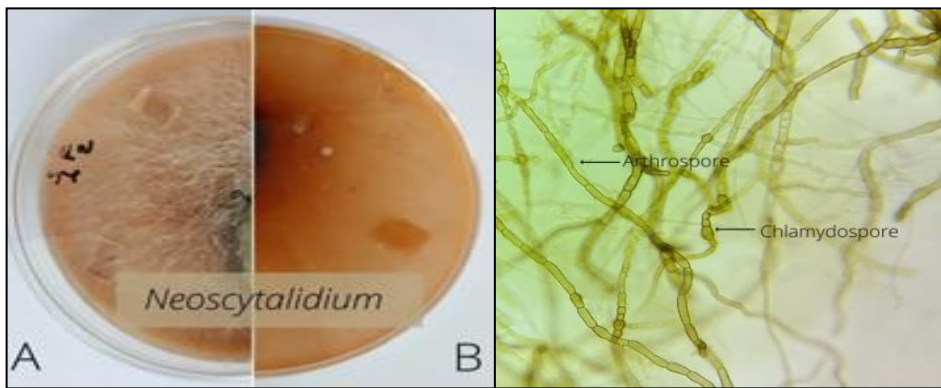


Figure 4.7. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique du genre *Neoscytalidium*(x400).

2.7. *Trichophyton*

C'est un champignon cosmopolite, avec une prévalence dans les régions tropicales et méditerranéennes. Les morphologies des *Trichophyton* varient en fonction de la température de croissance, du milieu de croissance et de l'espèce (Euzeby,2008 ; Chabasse,2009).

Le taux de croissance des colonies de *Trichophyton* est lent à modérément rapide. La texture est cireuse, glabre à cotonneuse. De face, la couleur va du blanc au beige jaunâtre vif ou au violet rouge. Le revers est incolore ou pigmenté de façon très variable :pâle, jaunâtre, brun ou brun rougeâtre ; certaines souches sont blanches (Amir Yazdanparast,2006). (Figure 4.8).

Les hyphes sont hyalins, avec de très nombreuses microconidies, de forme sphérique réunies en amas ou en grappes, disposées partout sur les hyphes. Ces amas sont à l'origine de l'aspect granuleux ou sableux de la surface des cultures (Delorme et Robert, 1997).Des Chlamydo-spores peuvent également être produites. Les conidiophores sont peu différenciés des hyphes (Euzeby,2008) (Figure 4.8).

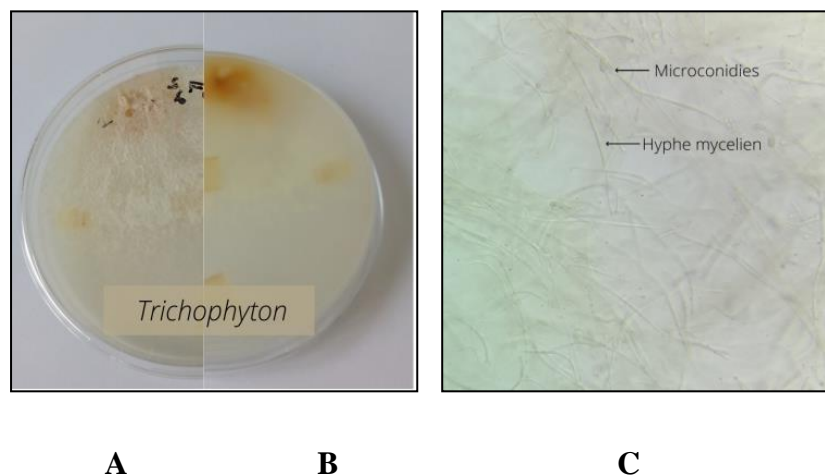


Figure 4.8. Observation macroscopique A: recto B: Verso sur PDA et microscopique (C) du genre *Trichophyton*

(x400).

3. Abondance des genres fongiques

L'abondance des genres mycoendophytes de la phyllosphère de *Posidonia oceanica* de la région de Tizirt est calculée pour chacun des genres recensés (Tableau 4.2 et figure 4.9). Les résultats que nous avons obtenus, montrent que la phyllosphère fongique interne de *Posidonia oceanica* de la région de Tizirt est dominée par le genre *Cladosporium* (**25.92 %**). Le genre *Rhizoctonia* (**22.22%**) vient en deuxième place, suivi par *Penicillium* (**11.11%**), *Alternaria*, *Aspergillus*, *Chaetomium* et *Trichophyton* (**7.4%**), *Candida*, *Neoscytalidium*, et *Phytophthora* (**3.7%**).

Tableau 4.2. Abondances des mycoendophytes foliaires recensés chez *Posidonia oceanica* de la région de Tizirt.

Genres	Abondance (%)
<i>Alternaria</i>	7.4
<i>Aspergillus</i>	7.4
<i>Candida</i>	3.7
<i>Chaetomium</i>	7.4
<i>Cladosporium</i>	25.92
<i>Neoscytalidium</i>	3.7
<i>Penicillium</i>	11.11
<i>Phytophthora</i>	3.7
<i>Rhizoctonia</i>	22.22
<i>Trichophyton</i>	7.4

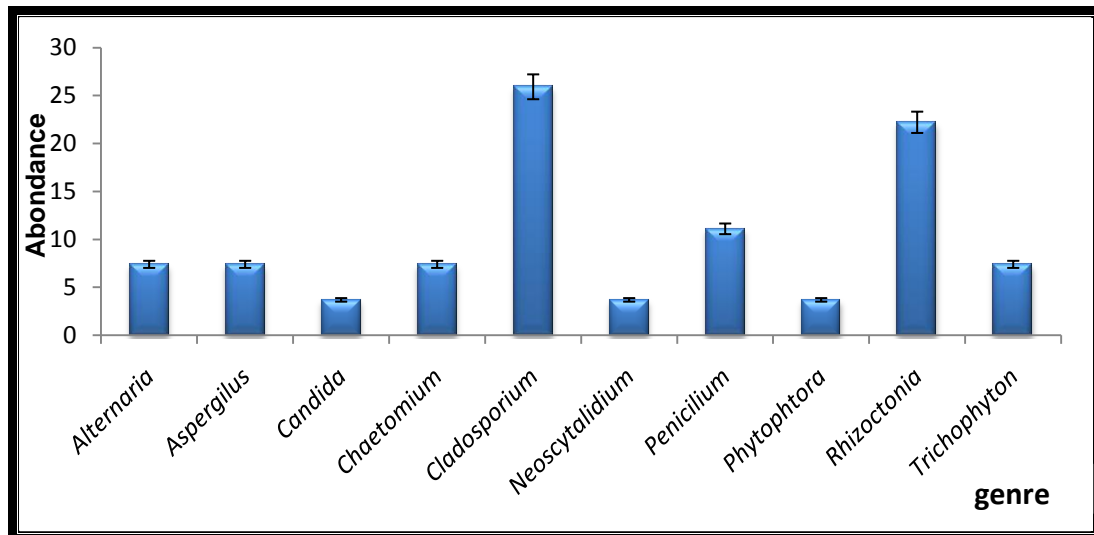


Figure 4.9. Abondance des champignons endophytes isolés à partir des feuilles de *Posidonia oceanica*.

La diversité des endophytes est variable au sein des plantes, parce qu'il n'existe pas d'endophytes obligatoires. Ces champignons peuvent coloniser les tissus internes d'une plante, pendant une partie de leur vie et passer vers le milieu environnant pour d'autres modes de vie (parasitisme, saprophytisme), en fonction des conditions du milieu et de l'hôte (Terhonen et al., 2019).

Nous remarquons que le genre le plus abondant chez la posidonie récoltée au mois de mai est *Cladosporium* (25.92%). Ce champignon fait partie de l'ordre Capnodiales, qui ont une distribution cosmopolite dans les plantes, sous forme endophytes (Bensch, 2012). Il est considéré comme une moisissure xérophile, xérotolérante, mais également psychrophile, comme le démontre sa capacité à se développer à des températures permettant la congélation; cette moisissure peut se développer à un rythme plus lent à des températures situées entre -10 et -3°C (Pieckova et Jesenska, 1999). Il a une activité antimicrobienne contre les bactéries et les champignons pathogènes pour l'homme, ainsi qu'une activité insecticide, comme il favorise la croissance des plantes à travers une variété de mécanismes. En effet, les métabolites produits par les endophytes fournissent une variété d'aptitudes aux plantes hôtes, en augmentant la résistance des plantes aux stress biotiques et abiotiques, ainsi qu'en améliorant la croissance des plantes (Fontana et al., 2021).

A l'instar des travaux de **Panno et al. (2013)** et **Poli et al. (2020)**, la prédominance du genre *Penicillium* a été notée dans les feuilles de *Posidoniaoceanica*. Ces auteurs ont aussi signalé dans leur étude une abondance des champignons du genre *Cladosporium*, en plus du genre *Penicillium* et *Rhizoctonia*, ce qui est le cas pour nos prélèvements. Selon **Poli et al. (2020)**, les espèces des genres *Penicillium* et *Cladosporium* sont couramment signalées dans les environnements marins du monde entier. Cela peut être expliqué par leur forte capacité d'adaptation aux conditions physicochimiques particulières. Cependant, la prédominance du genre *Cladosporium* peut être liée aux exigences de la plante hôte par rapport à la saison et au stade phénologique, cela étant lié aux diverses activités que le champignon symbiotique possède.

Les espèces du genre *Penicillium* sont parmi les champignons les plus courants ; elles sont trouvées dans une gamme variée d'habitats, y compris des environnements extrêmes à forte salinité (**Gonçalves et al., 2019**). *Penicillium* est l'un des genres prédominants dans les milieux marins (**Le et al., 2021**). Ce genre a été isolé en tant qu'endosymbionte pour différentes algues ; les chercheurs ont révélé une cytotoxicité et des activités inhibitrices contre les pathogènes fongiques (**Gonçalves et al., 2019**). L'environnement marin possède des conditions physiologiques extrêmes, telles que la température, la pression et la salinité, cela rend les espèces de *Penicillium* d'origine marine plus importantes et des sources de composés bioactifs uniques dans des conditions de stress (**Grovelet et al., 2008**). Cela peut expliquer son abondance et son importance dans les interactions de la posidonie avec son environnement biotique et abiotique. Selon **Toghueo et Boyom (2020)**, la présence du genre *Penicillium* est peut être liée aux diverses activités biologiques qu'il possède, précisément l'activité antioxydante par la synthèse de composés phénoliques. **Boudjela (2015)** a mis en évidence la présence de teneurs très élevées en composés phénoliques totaux, dans les feuilles de posidonie de la région d'Oran. Ce sont essentiellement des tannins présents dans les feuilles, observables au microscope optique au niveau d'une coupe de ces dernières. Ces composés phénoliques seraient probablement synthétisés par les champignons du genre *Penicillium*, présents en abondance dans la feuille de cette plante. Plusieurs travaux ont montré l'implication des champignons du genre *Penicillium* dans la synthèse de phénols, tels les travaux **d'Ouzid et al. (2018)** sur les mycoendophytes de *Peganumhamala*. Ces composés du métabolisme secondaire sont généralement corrélés à une activité antioxydante. Les données recueillies jusqu'à présent montrent que les endophytes de ce genre présentent plus de 280

composés possédant des effets antimicrobiens, anticancéreux, antiviraux, antioxydants, anti-inflammatoires, antiparasitaires, immunosuppresseurs, antidiabétiques, anti-obésité, antifibrotiques, neuroprotecteur et des activités insecticides et de lutte biologique ont été rapportés. De plus, plusieurs endophytes du genre *Penicillium* ont été caractérisés comme des biocatalyseurs, des promoteurs de croissance des plantes, des phytoremédiateurs et des producteurs d'enzymes (Toghueo et Boyom., 2020).

Les feuilles de *Posidonia oceanica* commencent à croître avec l'augmentation de la température pendant le printemps. Le genre *Penicillium* y est abondant au mois de mars (Taourirt, 2022). Il comprend certaines espèces capables de produire des gibbérellines qui sont des hormones végétales, capables de moduler la croissance et le développement des plantes (Leitão et al., 2016), cela peut être une des raisons qui explique la grande abondance du *Penicillium* par rapport aux autres genres, pour le mois de mars. De plus, la cytotoxicité et les activités inhibitrices que possède *Penicillium* contre les pathogènes fongiques, mise en évidence par Gonçalves et al. (2019), pourrait avoir une main sur la distribution et l'abondance avec les autres genres, ainsi que la corrélation négative avec le *Cladosporium* (Taourirt, 2022). Ce dernier genre est abondant pour nos prélèvements du mois de mai. Cela peut s'expliquer par l'augmentation de la température de l'eau et de la durée de l'ensoleillement diurne. En effet, *Cladosporium* est un champignon mélanosé et il va aider la plante à lutter contre les effets nocifs des ultraviolets.

4. Analyse de variance (ANOVA)

Pour tester si une différence significative existe entre les différents composants du cortège des mycoendophytes des feuilles de la posidonie de la région de Tigzirt, le test ANOVA a été appliqué pour chaque genre. Le p est comparé à un seuil de signification $\alpha = 0,05$. Si p est inférieur à $\alpha = 0,05$, il y a une différence significative entre les prélèvements de *Posidonia oceanica* de la région de Tigzirt. Si p est supérieur à $\alpha = 0,05$, ces différences ne sont pas statistiquement significatives.

Tableau 4.3. les résultats de l'ANOVA.

Genres	Prob (p)	Comparaison	Conclusion
<i>Alternaria</i>	0.59	0.59>0.05	Non significative
<i>Aspergillus</i>	0.40	0.40>0.05	Non significative
<i>Candida</i>	0.05	0.05>0.05	Significative
<i>Chaetomium</i>	0.53	0.53>0.05	Non significative
<i>Cladosporium</i>	0.58	0.58>0.05	Non significative
<i>Neoscytalidium</i>	0.46	0.46 >0.05	Non significative
<i>Penicillium</i>	0.91	0.91<0.05	Non Significative
<i>Phytophthora</i>	0.46	0.46>0.05	Non significative
<i>Rhizoctonia</i>	0.32	0.32>0.05	Non significative
<i>Trichophyton</i>	0.20	0.20>0.05	Non significative

Les résultats obtenus révèlent que les différences ne sont significatives que pour le genre *Candida*. Un test de comparaison des moyennes montre cependant, que l'ensemble des prélèvements appartient au même groupe A.

5. Matrice de corrélations

Des interactions importantes existent entre les différents taxons fongiques de la phyllosphère de la posidonie de la région de Tigzirt. Elles peuvent être positives ou négatives. A cet effet, une matrice de corrélation est faite pour identifier et décrire la nature de ces interactions. Seules deux corrélations sont significatives. La première est positive. Elle existe entre les genres *Candida* et *Neoscytalidium*(0,72). La deuxième est négative. Elle est notée entre *Cladosporium* et *Penicillium* (-0,73).

6. Analyse en composantes principales

Nous avons réalisé une analyse en composantes principales (ACP). Elle nous fournit des indications sur la nature, la force et la pertinence des liens entre les différents prélèvements et entre les genres de mycoendophytes recensés. Son objectif est donc de

faciliter l'interprétation des ces synergies et d'identifier les tendances dominantes de l'ensemble des données.

Le plan 1/2 de l'ACP explique 49% du phénomène, avec pour l'axe 1, 27% et pour l'axe 2, 21% de l'inertie totale. Il y a lieu de noter la présence de deux groupes distincts, le premier concerne les sujets qui sont marqués par une dominance du genre *Cladosporium*, le deuxième groupe comporte les sujets dotés d'une prédominance de *Penicillium* (Figure 4.10).

Le premier groupe englobe les prélèvements P7, P2, P5 et P9, où le genre *Cladosporium* est abondant. Il y a lieu de noter la présence d'autres genres qui accompagnent *Cladosporium* et qui sont peu abondants dans les feuilles de *P. oceanica*, à savoir : *Phytophthora*, *Alternaria*, *Chaetomium*, *Candida*, *Neoscytalidium* et *Aspergillus*. Le deuxième groupe rassemble les prélèvements P6, P3, P8, P1 et P4, dans lesquels nous retrouvons les genres *Rhizoctonia*, *Trichophyton* accompagnant *Penicillium*. Le genre *Trichophyton* n'est répertorié que dans le prélèvement 8.

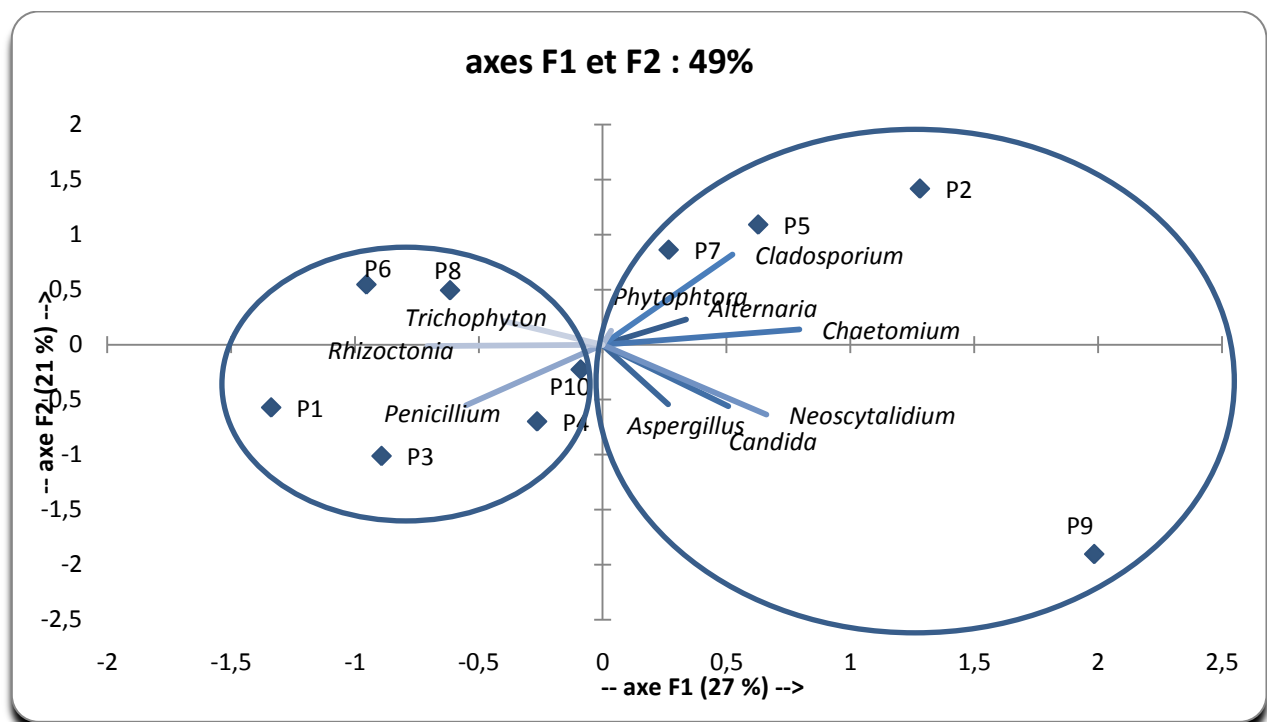


Figure 4.10. Analyse en composantes principales.

Il a été rapporté que l'espèce hôte est un facteur clé, qui façonne les structures des

communautés d'endophytes. Des études ont suggéré que les forces sélectives n'agissent pas seulement sur le génome de la plante, mais aussi sur sa communauté microbienne associée. De plus, la composition fongique endophytique pourrait être affectée par la différence attendue dans la chimie des plantes, car les traits chimiques ou physiologiques des plantes affectent la communauté des endophytes (**Jia *et al.*, 2016**). En outre, les différences chimiques entre les hôtes peuvent modifier les schémas de colonisation des endophytes et l'abondance des endophytes (**Kembel et Mueller, 2014**).

Les champignons endophytes démontrent souvent une préférence d'hôte unique au niveau de l'espèce végétale (**Suryanarayanan et Kumaresan, 2000; Bettucci *et al.*, 2004**). Puisque les prélèvements ont été effectués pendant le printemps (mois de mai), différents paramètres de l'environnement tels que les précipitations, la température, l'humidité peuvent jouer un rôle important dans le schéma de distribution des endophytes au sein de la plante hôte (**Ratheret *et al.*, 2018**).

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

A l'heure actuelle, un intérêt particulier de la part des scientifiques dans le monde est porté aux champignons évoluant en zone côtière. Notre étude a tenté de réaliser un inventaire de champignons marins endophytes des feuilles de *Posidonia oceanica*, au niveau de la région de Tizirt (Wilaya de Tizi Ouzou). Ce mémoire rentre dans le cadre des travaux de recherche du laboratoire le laboratoire «Ressources naturelles», de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

L'échantillonnage a été effectué sur 10 prélèvements de *Posidonia oceanica* dans l'îlot de Tizirt, pendant le mois de mai. Les feuilles ont été prélevées à des endroits différents du tapis de posidonie sur le pourtour de l'îlot. Les feuilles prélevées ont été stérilisées, puis mises en culture au laboratoire sur milieu P.D.A.

Notre travail a consisté d'abord en une identification des isolats fongiques, prélevés des fragments des feuilles de *Posidonia oceanica*. L'observation macroscopique et microscopique des prélèvements réalisés au niveau des colonies fongiques montrent une diversité en champignons endophytes. 10 genres ont été répertoriés, à savoir : *Alternaria*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Candida*, *Cladosporium*, *Neoscytalidium*, *Penicillium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* et *Trichophyton*), avec une grande abondance du genre *Cladosporium* au niveau de cette phyllosphère.

Seul le genre *Candida* montre avec une différence significative entre les prélèvements, comme on le voit suite à l'analyse de variance. La matrice de corrélation a montré les différentes interactions positives et négatives entre les mycoendophytes, mais seules deux corrélations sont significatives. La première est positive. Elle existe entre les genres *Candida* et *Neoscytalidium*. La deuxième est négative. Elle est notée entre *Cladosporium* et *Penicillium*. L'ACP illustre ces relations entre mycoendophytes, qui 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. Il y a lieu de noter que la dispersion des prélèvements de feuilles de posidonie en deux groupes semble conditionner par l'antagonisme entre *Cladosporium* et *Penicillium*.

Conclusion et perspectives

Posidonia oceanica est considérée comme un poumon de la Méditerranée. Elle est gravement menacée par différents facteurs de dégradation (pollution, activités anthropiques, espèces invasives). Elle abrite une variété de champignons qui semblent augmenter la résistance de cette dernière aux différents stress biotiques et abiotiques, en produisant de nombreux métabolites. Les données recueillies jusqu'à présent sont précieuses pour comprendre l'étendue du potentiel des mycoendophytes, tels que *Cladosporium* ou *Penicillium* et démontrent que ces genres représentent une véritable usine microbienne, qui peut être pleinement exploitée pour un large éventail d'applications visant à améliorer la vie.

Dans ce contexte, nous terminons notre travail avec quelques perspectives :

- approfondir les résultats à l'échelle locale et nationale ;
- établir un inventaire plus détaillé de la composition et l'abondance des mycoendophytes de la posidonie, en utilisant l'identification moléculaire ;
- comparer entre la composition et la distribution des champignons endophytes pendant différentes saisons ;
- comparer le cortège endophytique en considérant l'âge de la plante, afin de mettre en parallèle la différence de l'abondance du genre *Penicillium*, ainsi qu'un dosage en composés phénoliques et en tannins pour les plantes jeunes et adultes ;
- étude de l'écologie et de la composition chimique des consommateurs de *Posidonia oceanica* ;
- une étude sur le potentiel antifongique, antibactérien et antioxydant des genres *Cladosporium* et *Penicillium*, qui semblent abondants chez la posidonie.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

AAMIR, M., RAI , K., ZEHRA, A., KUMAR, S., YADAV, M., SHUKLA, V., & UPADHYAY, R.(2020). Fungal endophytes : Classification, diversity, ecological role, and their relevance in sustainable agriculture(p.291-323).<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818734-0.00012-7>.

Abdel-Azeem, A. M. (2020). Taxonomy and Biodiversity of the Genus in Different Habitats. Recent Developments on Genus Chaetomium, 3-77. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31612-9_1.

ALCOVERRO T., CERBIAN E.,BALLESTEROS E., (2001a). The photosynthetic capacity of the seagrass *P. oceanica*: influence of nitrogen and light. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 261: 107-120.

ARNOLD A.E., MAYNARD Z., GILBERT G.S., COLEY P.D. and KURSAR T.A.. (2000). Are tropical fungal endophytes hyperdiverse? *Ecol. Lett.*, 3, 267-274.

ARNOLD, A. (2007). Understanding the diversity of foliar endophytic fungi : Progress, challenges, and frontiers. *Fungal Biology Reviews*, 21, 51-66. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.05.003>.

ARNOLD, A. E., & HERRE, E. A. (2003). Canopy cover and leaf age affect colonization by tropical fungal endophytes : Ecological pattern and process in *Theobroma cacao* (Malvaceae).*Mycologia*, 95(3),388-398. <https://doi.org/10.1080/15572536.2004.11833083>.

AUGIER H., (1985). L'herbier à *Posidonia oceanica*, son importance pour le littoral méditerranéen, sa valeur comme indicateur biologique de l'état de santé de la mer, son utilisation dans la surveillance du milieu, les bilans écologiques et les études d'impact. *Vie marine* 7: 85-113.

BETTUCCI, L., S. SIMETO, R. ALONZO & S. LUPO (2004). Endophytic fungi of twigs and leaves of three native species of Myrtaceae in Uruguay. *Sydowia*, 56 (1): 8-23.

BOUCHET P., GIRAUD J.L., and VIHARD J., 1999 Les champignons : mycologie fondamentale et appliquée. Masson, 190p.

Bouchet, P. Guignard, J.-L. Pouchus, Y.-F, 2005, Les champignons : mycologie fondamentale et appliquée, .2ème édition, Masson.191p.

Références bibliographiques

BOUCHET, P. GUIGNARD, J.-L. POUCHUS, Y.-F., 2005, Les champignons :mycologie fondamentale et appliquée, .2ème édition, Masson.191p.

BOUDJELLA, I. (2015). Dosage des composés phénoliques chez *Posidonia oceanica* (Linné, 1813) Delile des herbiers de la côte ouest algérienne. Magister en Sciences de l'environnement, option Ecologie marine, Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université d'Oran

BOUDOURESQUE C., & G RISSAC, A. (1983). L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée: Les interactions entre la plante et le sédiment. Journal de Recherche Océanographique, 8, 99-122.

BOUDOURESQUE C.F., BERNARD G., BONHOMME P., CHARBONEL E., DIVIACCIO G., RUITON S., TUNESI L., 2006. Présentation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. Ramoge Pub Monaco : 220p.

BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., LEDOYERM.,VITIELLO P., (1994b). Les herbiers à Phanérogames marines. In: Bellan-Santini D., Lacaze J.C., Poizat C., (éds.). Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. Muséum National d'Histoire naturelle publ. Paris, Fr.: 98-118.

BOUDOURESQUE CF, JEUDY DE GRISSAC A., 1983. L'herbier à *P. oceanica* en Méditerranée : les interactions entre la plante et le sédiment. Journal de la Recherche Océanographique, Fr., 8(2-3): 99-122.

BOUDOURESQUE, C., & M EINESZ, A. (1982). Découverte de l'herbier de Posidonies. Cahier du Parc National de Port-Cros, 4, 1-79.

BUIA M.C., ZUPO V., MAZZELLA L., (1992). Primary production and growth dynamics in *Posidonia oceanica*. P.S.Z.N.I. Mar. Ecol., 13: 2-16.

CHABESE , D., BOUCHRA, J., JENTI, L. & BRUN, S., 2002. Les moisissures d interete médical, Paris: s.n.

C ASTEGNARO M., P FOHL –L ESZKOWIEW A., 2002- Les mycotoxines : contaminants omniprésents dans l'alimentation animale et humaine, dans la sécurité alimentaire du consommateur, Lavoisier, 478 p.

Références bibliographiques

C HABASSE D., BOUCHRA J.P., GENTILE L., BRUN S., CIMON B., et PENN P. (2002). Cahier de formation Biologie médicale, Les moisissures d'intérêt médical, France : Bioforma.

CARLILE M.J., WATKINSON S.C. THE FUNGI. 1994. (ACADEMIC PRESS EDS

CARLILE M.J., WATKINSON S.C. The Fungi. 1994. (Academic Press eds).

CAYE G 1980. Sur la morphogenèse et le cycle végétatif de *P. oceanica* (L. Delile). Université d'Aix- Marseille. Thèse de doctorat. 121pp.

CAYE G., MEINESZ A., (1984). Observations sur la floraison et la fructification de *Posidonia oceanica* dans la baie de Villefranche et en Corse du Sud. In: International Workshop on *Posidonia oceanica* beds. Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édit., GIS Posidonie pub., France, 1, 193-201.

DAVET P., 1996, Vie microbienne du sol et production végétale, INRA, 380 p.

DEN HARTOG C 1970. The Seagrasses of the World. Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afd. Natuurkunde. Tweede Reeks, Deel 59, N°1. North Holland Publ., Netherl. 275pp.

DEN HARTOG C. et JOHN KUO J., 2006. Taxonomy and Biogeography of Seagrasses, in Seagrasses, in Larkum, Orth, and Duarte, Biology of *Posidonia* in Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation., 2006, Springer, Dordrecht, Netherlands, Chap 1, 1-23.

DEN HARTOG. C ET KUO, J., 2006. Taxonomy and biogeography of seagrasses . in seagrasses biology ,ecology, and conservation (eds .A.W.Larkum,R.J.Orth and C.M.Duarte), Springer, Dordrecht,pp.1-23.

Dube, H. C. (2013). An Introduction to Fungi, 4th Ed. Scientific Publishers

ELSEVIER. KUMAR, J., SINGH, D., GHOSHhosh, P., & Kumar, A. (2017). Endophytic and Epiphytic Modes of Microbial Interactions and Benefits. In D. P. Singh, H. B. Singh, & R. Prabha (Éds.), Plant-Microbe Interactions in Agro-Ecologic Perspectives : Volume

Références bibliographiques

EUGENE C., (1978). Note préliminaire sur l'épifaune de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* (L.) à l'île de Port-Cros: méthodes et stations. *Trav. Sci. Parc. Nation. Port-Cros, Fr.*, 4 : 275-280.

FEKARI, I., 2021, Synthèse bibliographique des travaux sur l'activité antibactérienne des champignons endophytes de *Posidonia oceanica* Desf, mémoire fin d'étude, de Master 02, université UMMTO - T.O p05-18

Fitter, A.H., Helgason, T., et Hodge, A., (2011). Nutritional exchanges in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: Implications for sustainable agriculture. *Fungal biology reviews* 25 : 68-72.

FONTANA, D. C., de PAULA, S., TORRES, A. G., de SOUZZA, V., Pascholati, S. F., SCHMIDT, D., & DOURADO NETO, D. (2021). Endophytic Fungi: Biological Control and Induced Resistance to Phytopathogens and Abiotic Stresses. *Pathogens* (Basel, Switzerland), 10(5), 570. <https://doi.org/10.3390/pathogens10050570>.

G ABALDON, 2019- Evolution fongique : diversité, taxonomie et phylogénie des Champignons, <https://doi.org/10.1111/brv.12550>

GAMBI M.C., BUIA M.C., CASOLA E., SCARDI M., 1989. Estimates of water movement in *Posidonia oceanica* beds: a first approach. In: Boudouresque, C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. edits. *International workshop on Posidonia beds. GIS Posidonie publ., Fr.*, 2: 101-112. *GIS Posidonie publ., Fr.*, 2: 69-76.

GIMENEZ C., CABRERA R., REINA M. and GONZÁLEZ-COLOMA A. (2007). Bentham Science Publishers Ltd. *Fungal Endophytes and their Role in Plant Protection. Curr. Org. Chem.*, 11, 707-720.

GIRAUD G., 1977a. Contribution à la description et à la phénologie des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Doct. Spécialité, Univ. Aix-Marseille II, Fr.: 1-150.
GIRAUD G., 1977b. Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. *Bot. Mar.* 20(8): 487-491.

GIRAUD G., 1977c. Recensement des floraisons de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile en Méditerranée. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss.internation. Explor. Sci. Médit.* 24(4): 126-130.

GOBERT S., MARION L., VELIMIROV B., PERGENT G., LEPOINT G., BOUQUEGNEAU J-M, DAUBY P, PERGENT-MARTINI C., WALKER D.I., 2006.

Références bibliographiques

Biology of Posidonia, in Larkum, Orth, and Duarte, (2006), Biology of Posidonia in Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation., 2006, Springer, Dordrecht, Netherlands, Chap 17, 387-408.

GONCALVES, M. F. M., SSANTOS, L., SILVA, B. M. V., ABREU, A. C., VICENTE, T. F. L., ESTEVES, A. C., & ALVES, A. 2019. (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. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.003535>.

Gupta, R. (2004). A Textbook of Fungi. APH Publishing.

HARTOG C. DEN, 1970. The sea-grasses of the world. North Holland publ. Co, Amsterdam, Pays-Bas: 1- 275 + 63 pl. h.t.

HYDE K.D. and SOYTONG K. (2008). The fungal endophyte dilemma. Fungal Diversity, 33, 163–173.

JENNINGS D.H., LYSEK G., (1996). Fungal biology: understanding the fungal.

JEUDY De GRISSAC A., Le FUR C., (1983). Condition de depot et nature sédimentaire des fonds de la rade Sud de Marseille avant les travaux d'aménagement de la plage du Prado. Ecologia Mediterranea. Tome IX (fascicule 1) : 1-17

JIA, M., CHEN, L., XIN, H.-L., ZHENG, C.-J., RAHMAN, K., HAN, T., & QIN, L.-P. (2016). A Friendly Relationship between Endophytic Fungi and Medicinal Plants: A Systematic Review. Frontiers in Microbiology, 7, 906. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00906>

JIMENEZ S , JT., RAMOS ESPLA A.A., SANCHEZ LIZARO J.L., (1997). Ictiofauna de dos praderas de Posidonia oceanica (L.) Delile, 1813 con distinto grado de conservación. Publ. espec. Inst. esp. Oceanogr., 23: 255-264.

JONES, E. B. G. (2011). Are there more marine fungi to be described? Mycologia, 154(4), 343-354. <https://doi.org/10.1515/bot.2011.043>.

KOHLMEYER, J., & KOHLMEYER, E. (1979). Marine mycology; the higher fungi. New York, N.Y.(USA) Academic Press. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Marine+mycology%3B+the+higher+fungi&author=Kohlmeyer%2C+J.&publication_year=1979.

Références bibliographiques

- KOHLMEYER, J., & KOHLMEYER, E. (2013).** Marine Mycology : The Higher Fungi.
- KUO J., et DEN HARTOG C., 2006.** Seagrass Morphology, Anatomy, and Ultrastructure, in Larkum, Orth, and Duarte, Biology of Posidonia in Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation., 2006, Springer, Dordrecht, Netherlands, Chap 3, 51-87.
- KUO J., HARTOG C. DENHARTOG, 2001.** Seagrass taxonomy and identification key. In: Short, Coles, Short edits. Global seagrass research methods. Elsevier publ., Amsterdam: 31-58.
- KUSARI , S., HERTWECK, C., & SPITLLER , M. (2012).** Chemical Ecology of Endophytic Fungi : Origins of Secondary Metabolites. Chemistry & Biology, 19(7), 792-798. <https://doi.org/10.1016/j.chembiol.2012.06.004>.
- KUSARI S. and SPITELLER M. (2012a).** Metabolomics of endophytic fungi producing associated plant secondary metabolites: progress, challenges and opportunities. Metabolomics., 1866, 241–66.
- LAFABRI C., (2007).** Utilisation de Posidonia oceanica (L.) delile comme bioindicateur de la contamination métallique. These de doctorat. Université de Corse. 1-141.
- LUTZONI f., KAUFF f., Cox C.J et al ., (2004).** Assembling the fungal tree of life: progress, classification and evolution of sub cellular traits. American journal of Botany. 91 (10): 1446- 1480
- MEINESZ A., LAURENT R., (1978).** Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de Posidonia oceanica dans les Alpes-Maritimes. Campagne Poséidon 1976. Bot. mar., 21(8): 513- 526.
- MAZELLA L., BUIAM.C., GAMBI M.C., LORENTI M. RUSSO G.F., SCIPIONE c M.B., ZUPO V., (1992b).** Plant-animal trophic relationships in the Posidonia oceanica ecosystem of the Mediterranean Sea: A review. In: John et al. (eds.) Plant-Animal Interactions in the Marine Benthos. Claderon Press, Oxford. 165-187.
- MAZZELLAazzella L., BUIA M.C., GAMBI M.C., ORENTIL M. RUSSO G.F., SCIPIONE M.B., ZUP V., (1991).** Primary production of Posidonia oceanica and their vagile fauna of leaf stratum: a spatio-temporal analysis in a meadow of the island of Ischia (Golf of Naples, Italy). In: B.F. Keegan (Edit), Space and time series data analysis coastal benthic

Références bibliographiques

ecology. Coast 647-project on coast benthic ecology, Commission of the European community, Bruxelles: 519-540

MEINESZ A. LEFEVRE J.R., (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.

Moulinier, C., 2003, Parasitologie et mycologie médicale: éléments de morphologie et de biologie, Paris :Lavoisier ,796p

OGOREK R., LEJMAN A., PUSZ W., MITUCH A., &MIODYNSKA,P. (2012). Characteristics and taxonomy of *Cladosporium* fungi. *Mikologia Lekarska*, 19(2), 80-85.

OUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., LEDOYER M., VITIELLO P., 1994b. Les herbiers à Phanérogames marines. In: Bellan-Santini D., Lacaze J.C., Poizat C. eds. Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. Muséum National d'Histoire Naturelle Publ., Paris, Fr.: 98-118.

OUZID Y ., SMAIL-SAADOUN N et HOUALI K ., 2018 - Endophytic fungi and foliar epiphytes of *Peganum harmala* L.(Zygophyllaceae)of dayate aiat (Laghouat, Algeria),vol.8,n°1,Jun 2018 :115-128

PANNO, L., BRUNO, M., VOYRON, S., ANASTASI, A., GNAVI, G., MISERESE ,L., & VARESE, G. C. (2013). Diversity, ecological role and potential biotechnological applications of marine fungi associated to the seagrass *Posidonia oceanica*. *New Biotechnology*, 30(6), 685-694. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2013.01.010>.

PERGENT G, ROMERO J, PERGENT-MARTINI MC, MATEO MA et CF BOUDOURESQUE.,1994. Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *MarEcol Prog Ser* 106 139- 146.

PERGENT G., 1991a. La protection légale de la Posidonie en France: Un outil efficace. Nécessité de son extension à d'autres pays méditerranéens. In : Boudouresque C.F., Avon M., Gravez V. edits. Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée, Rencontres scientifiques de la Côte Bleue. GIS Posidonie publ., Fr., 2: 29-34.

PERGENT G., CLABAUT P., MIMAULT B., PASQUALINI V., PERGENT-MARTINI C., 2005. Mise en œuvre d'un réseau de Surveillance Posidonies le long de littoral de la Corse.

Références bibliographiques

Deuxième phase : Porto – Vecchio / Ajaccio. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et GIS Posidonie Centre de Corse, GIS Posidonie, Publ., Cort : 1.133.

PERGENT G., KEMPF M., 1993. L'environnement marin côtier en Tunisie. 1. Rapport de synthèse. 2. Etude documentaire. 3. Ann. Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (Tunisie), Ifremer & GIS Posidonie, Fr.: 1-55 + 1-395 + 1-173.

PERGENT G., ROMERO J., PERGENT-MARTINI C., MATEO M.A., BOUDOURESQUE C.F., 1994. Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. Mar. Ecol. Progr. Ser. 106: 139-146

PERGENT, G., 1991. Les indicateurs écologiques de la qualité du milieu marin en Méditerranée. Oceanis 17(4), 341-350.

PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C., BOUDOURESQUE, C.F., 1995. Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée : état des connaissances. Mésogée 54, 3-29.

PETRINI O. (1991). fungal endophytes of tree leaves in ANDREWS JH, HIRANNO SS (Eds) Microbial ecology of leaves. Springer Verlag, New York, 179-187.

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. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2020.00933>.

RAVEN. P., JOHNSON B-I, JONATHAN, L., JULES. B., SUSAN. R-S., KENNETH.A-M., GEORGES..B-J, 2007, biologie végétale.7^{ème} édition, Bruxelles, 1250p.

REDECKER D. 2002. NEW VIEWS ON FUNGAL EVOLUTION BASED ON DNA MARKERS AND THE FOSSIL. RESEARCH IN MICROBIOLOGY. 153: 125-130.

REDEKER D. 2002. New views on fungal evolution based on DNA markers and the fossil. Research in Microbiology. 153: 125-130.

RODRIGUEZ R.J., WHITE Jr J.F., ARNOLD A.E., REDMAN R.S., 2009- Fungal endophytes : diversity and functional roles. New phytologiste, Vol (182) : 314-330.

RODRIGUEZ, R. J. (2009). Fungal endophytes : Diversity and functional roles. <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2009.02773.x>

Références bibliographiques

RODRIGUEZ, R. J., WHITE Jr, J. F., Arnold, A. E., & REDMAN, R. S. (2009). Fungal endophytes: Diversity and functional roles. *New Phytologist*, 182(2), 314-330. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02773.x>.

RUIZ J.M., ROMERO J., (2001). Effects of In situ experimental shading on the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series*, 215: 107-120.

SAIKKONEN K., HELANDER M. and FAETH S. H.(2004a). Fungal endophytes: hichhikers of the green world. In: Gillings M. and Holmes A. J.(eds). *Plant microbiology*. Garland Science, 81-101.

SAIKKONEN K., WALI P. R. and HELANDER M. (2010). Genetic compatibility determines endophyte-grass combinations. *PLoS One*, 5(6), e11395.

Sarah

SCHULZ B. and BOYLE C. (2005). The endophytic continuum. *Mycol. Res.*, 109, 661–686

SCHUBLER A.,SCHWARZOTT D., WALKER C. , (2001). A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research*. 105: 1413-1421.

TABUC, C. (2007). Flore fongique de differents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse, Université de Bucarest, Spécialité : Pathologie, Mycologie, Genetique et Nutrition UPSP de Mycotoxicologie. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. Laboratoire Biologie Animale. France. 190 p

TAOURIRT,N 2022,Approche de la diversite de la posidonie *Posidonia oceanica* dans la région de Tizirt(TIZI-OUZOU) Université d'Alger 01 BENYOUCEF BENKHEDDA, p 40-51.

Tikour,S,2018, Biodiversité fongique de la moule *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) élevée dans deux fermes conchylicoles de l'Ouest Algérien,Kristelet,Stidia, université ADELHAMID IBN BADIS- MOSTAGANEM, mémoire fin d'étude master 02 ,p6-14.

TORTORA J., FUNK B.F. AND CASE CH.L. 2003. INTRODUCTION A LA MICROBIOLOGIE, (EDN) UNIVERSITAIRES, 52 PAGES.

TORTORA J., FUNK B.F. and Case Ch.I. 2003. Introduction à la microbiologie, (edn) Universitaires, 52 pages.

Références bibliographiques

vegetation in the Farwà lagoon (Libya). *Journal of Coastal Conservation* 8, 119-126.

Whittaker, R. H. (1969). New concepts of kingdoms or organisms. Evolutionary relations are better represented by new classifications than by the traditional two kingdoms. *Science* (New York, N.Y.), 163(3863), 150-160. <https://doi.org/10.1126/science.163.3863.150>.

ZABALGOGEAZCOA, I. (2008). Review. Fungal endophytes and their interaction with plant pathogens. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6. <https://doi.org/10.5424/sjar/200806S1-382>.

ZAREB A. , (2014). Contribution à l'étude des mycoendophytes foliaires du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) de dayate Aiat (Timzerth, Laghouat, Algérie). Mémoire de magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie. p : 11.41-77.

ZHANG H.W., SONG Y. C. and TAN R. X. (2006). Biology and chemistry of endophytes. *Nat. Prod. Rep.*, 23, 753-771.

ZHANG X, WEI W and RENXIANG TAN. (2015). Symbionts, a promising source of bioactive natural products. *Sci.China Chem.*, 58(7), 1097-1109.

Zhang, W., GROENEWALD, J. Z., LOMBARD, L., SCHUMACHER, R. K., Phillips, A. J. L., CROUS, W. (2021). Evaluating species in Botryosphaerales. *Persoonia - Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 46(1), 63-115. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2021.46.03>.

Annexes

1. Analyse des variances des différents genres recensés

Tableau d'analyse de variance *Alternaria*

	ddl	SC	CM	F	Proba
Prélèvement	9,00	2049,98	227,78	0,84	0,59
Var.résiduelle	40,00	10888,71	272,22		
Total	49,00	12938,69			

Tableau d'analyse de variance *Aspergilus*

	ddl	SC	CM	F	Proba
Prélèvement	9,00	2402,00	266,89	1,08	0,40
Var.résiduelle	40,00	9920,00	248,00		
Total	49,00	12322,00			

Tableau d'analyse de variance *Candida*

	ddl	SC	CM	F	Proba
Prélèvement	9,00	518,18	57,58	2,08	0,05
Var.résiduelle	40,00	1105,21	27,63		
Total	49,00	1623,39			

Tableau d'analyse de variance *Chaetomium*

	ddl	SC	CM	F	Proba
Prélèvement	9,00	1784,50	198,28	0,90	0,53
Var.résiduelle	40,00	8820,00	220,50		
Total	49,00	10604,50			

**Tableau d'analyse de variance
Cladosporium**

	ddl	SC	CM	F	Proba
Prélèvement	9,00	10412,62	1156,96	0,84	0,58
Var.résiduelle	40,00	54911,93	1372,80		
Total	49,00	65324,56			

**Tableau d'analyse de variance
Neoscytalidium**

	ddl	SC	CM	F	Proba
Prélèvement	9,00	450,00	50,00	1,00	0,46
Var.résiduelle	40,00	2000,00	50,00		
Total	49,00	2450,00			

**Tableau d'analyse de variance
Penicilium**

	ddl	SC	CM	F	Proba
Prélèvement	9,00	4509,66	501,07	0,43	0,91
Var.résiduelle	40,00	46420,85	1160,52		
Total	49,00	50930,52			

**Tableau d'analyse de variance
Phytophthora**

	ddl	SC	CM	F	Proba
Prélèvement	9,00	112,50	12,50	1,00	0,46
Var.résiduelle	40,00	500,00	12,50		
Total	49,00	612,50			

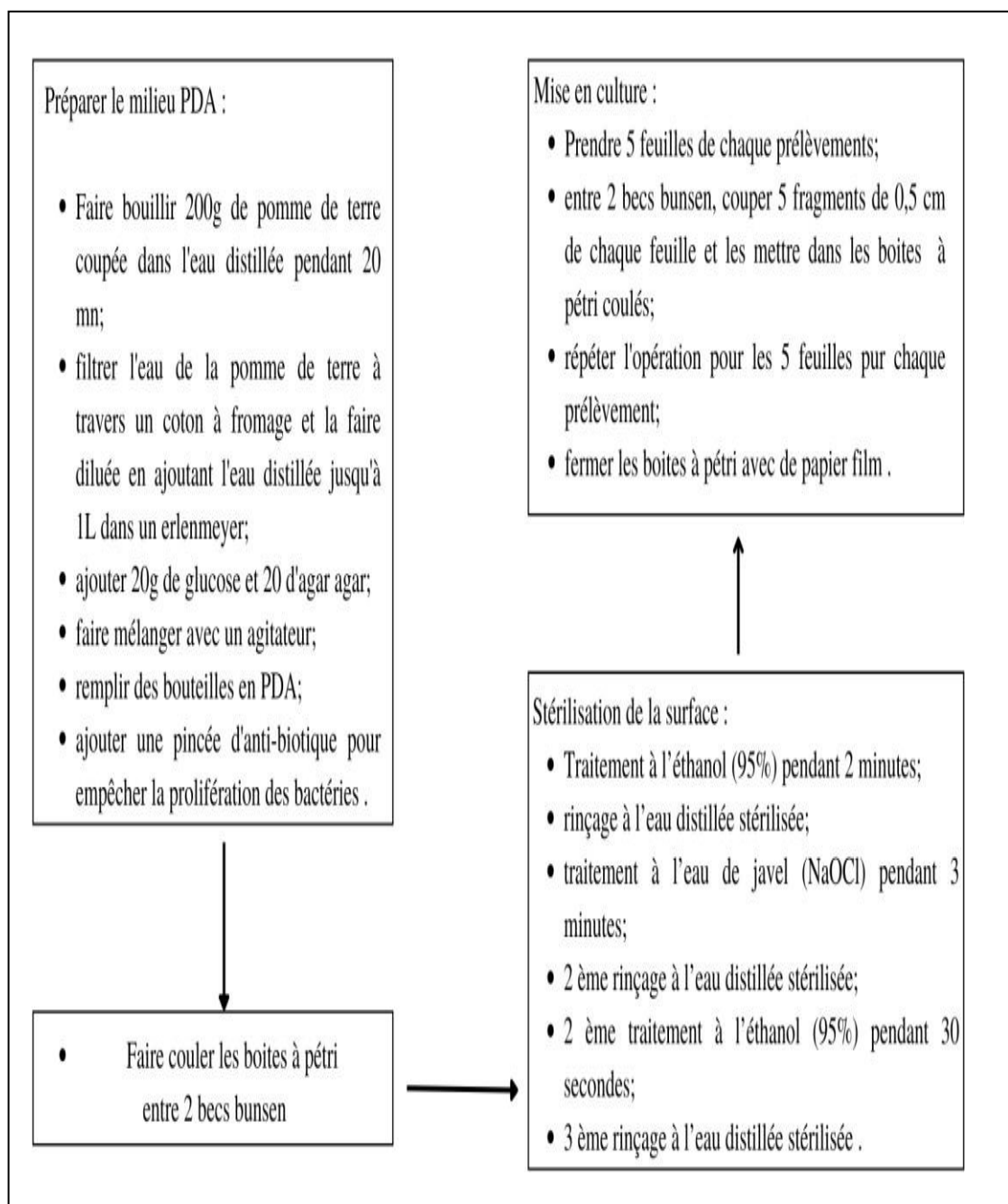
**Tableau d'analyse de
variance Rhizoctonia**

	ddl	SC	CM	F	Proba
Prélèvement	9,00	9112,50	1012,50	1,21	0,32
Var.résiduelle	40,00	33500,00	837,50		
Total	49,00	42612,50			

**Tableau d'analyse de variance
Trichophyton**

	ddl	SC	CM	F	Proba
Prélèvement	9,00	8229,67	914,41	1,45	0,20
Var.résiduelle	40,00	25163,13	629,08		
Total	49,00	33392,80			

Schéma récapitulatif du protocole d'isolement des endophytes adopté



ملخص: *Posidoniaoceanica (L.) Delile* هو أحد أهم الأنواع المتوطنة في منطقة البحر الأبيض المتوسط من خلال أراضيها العشبية ، مما يشكل نظامًا بيئيًا قيّمة ويوفر مجموعة متنوعة من خدمات النظم البيئية ، على الصعيدين البيئي والاجتماعي والاقتصادي. يعتبر هذا النبات موطنًا لنباتات فطرية غنية جدًا ، والتي يمكن أن تلعب دورًا بيئيًا مهمًا في البيئات البحرية ، ولكن يمكن أيضًا أن تكون مفيدة جدًا في مجالات التكنولوجيا الحيوية المختلفة . من أجل تحديد التنوع الفطري لـ *P.oceanica* جزئيًا ، تم إجراء دراسة على الفطريات الدخيلة للنبات من حجرة الغلاف الجوي . تم أخذ العينات في منطقة تقزيرث (تيزي وزو). لجميع العينات ، تم تحديد ما مجموعه 10 أجناس فطرية. تمكنا من تحديد 10 أجناس مختلفة وهي : *Cladosporium* ، *Candida* ، *Chaetomium* ، *Aspergillus* ، *Alternaria* ، *Rhizoctonia and Trichophyton* ، *Phytophthora* ، *Penicillium* ، *Neoscytalidium* . تنتمي هذه الفطريات بشكل أساسي إلى عائلة *Ascomycota* . الجنس السائد هو *Cladosporium* ، والبنيسيليوم موجود أيضًا . يبدو معاديًا للكلاوسبوريوم.

الكلمات المفتاحية : الفطريات البحرية ، *Posidoniaoceanica* ، الفطريات الفطرية ، الغطاء النباتي ، ثيقزيرث (الجزائر).

Résumé : *Posidonia oceanica*(L.) Delile est l'une des espèces endémiques méditerranéennes les plus importantes par ses prairies, formant des écosystèmes précieux et offrant une grande variété de services écosystémiques, à la fois écologiques et socio-économiques. Cette plante abrite 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. Afin de déterminer en partie la diversité fongique de *P.oceanica*, une étude a été menée sur les mycoendophytes du compartiment phyllosphérique. L'échantillonnage a été fait dans la région de Tigzirt (TiziOuzou). Pour l'ensemble des prélèvements, un total de 10 genres fongiques endophytes a été recensé. Nous avons pu identifier 10 genres différents, à savoir : *Alternaria*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Candida*, *Cladosporium*, *Neoscytalidium*, *Penicillium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* et *Trichophyton*. Ces champignons appartiennent majoritairement au phylum des Ascomycota. Le genre dominant est *Cladosporium*. *Penicillium* est aussi présent. Il semble antagoniste de *Cladosporium*.

Mots clés : champignons endophytes marins, *Posidonia oceanica*, mycoendophytes, phyllosphère, Tigzirt (Algérie).

Summary: *Posidonia oceanica*(L.) Delile is one of the most important Mediterranean endemic species for its meadows, forming valuable ecosystems and offering a wide variety of ecosystem services, both ecological and socio-economic. In order to determine part of the fungal diversity of *P. oceanica*, a study was carried out on the mycoendophytes of the phyllosphere compartment. The sampling was done in the region of Tigzirt (TiziOuzou). For all the samples, a total of 10 fungal genera were identified. We were able to identify 10 different genera, namely: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Candida*, *Cladosporium*, *Neoscytalidium*, *Penicillium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* et *Trichophyton*.

These fungi belong mainly to the phylum Ascomycota. The dominant genus is *Cladosporium*, and *Penicillium* is also present. It seems to be antagonistic to *Cladosporium*.

Key words: marine fungi, *Posidoniaoceanica*, mycoendophytes, phyllosphere, Tigzirt (Algeria).