

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

*Option : Microbiologie environnementale et
Infectieuse*

THEME

**Etude de l'effet antimicrobien de l'extrait méthanolique de
l'algue marine rouge *Asparagopsis armata***

Présenté par :

HASNAOUI Amel

HEBICHE Adila

Devant le jury :

Président(e) : MOKHTAR Rahmani Maître assistant Classe « B »

Rapporteur : GOUZI Hicham Maître de Conférences Classe « B »

Co-Rapporteur : CHAIBI Rachid Maître assistant Classe « A »

Examineurs : ZIANE Mohamed Maître assistant Classe « A »

Soutenu publiquement le : juin 2016.

عنوان المذكرة: دراسة تأثير مستخلص الميثانولي للطحالب البحرية الحمراء *Asparagopsis armata* على عدد من الفطريات السامة

اللقب: حبيشة الاسم: عديلة

اللقب: حسناوي الاسم: أمال

المؤطر: قوزي هشام

ملخص: يركز هذا العمل على دراسة نشاط مضاد الفطريات من الطحالب الحمراء *Asparagopsis armata* التي تحصد من الساحل الصخري السلمندر شاطئ (مستغانم) على الفطريات منتجة للسموم من جنس الفيوزاريوم و خميرة ضارة من نوع *condida albicans* تم تحديده بطريقة المسح على الوسط PDA. استخدم الميثانول لإعداد مستخلص الطحالب الحمراء *Asparagopsis armata* الذي يعطي كفاءة استخراج جيدة. النشاط المضاد للفطريات مستخرج الطحالب الحمراء يعتمد بقوة على قطبية المذيب، وتركيز المستخلص وسلالة الفطرية المختبرة.

تركيز 400 ملغ / مل لديه نشاط مضاد للفطريات عالي خصوصا على *fusarium avenaceum* *fusarium graminérum* *fusarium culmorum* *condida albicans* كلتا السلالتين *condida albicans* هي أقل حساسية لمستخرج الطحالب البحرية في حين *fusarium avenaceum* هو الأكثر حساسية.

الحد الأدنى للتركيز المثبط لل *condida albicans* يقدر عند 0,3 ملغ / مل ويقدر عند *fusarium avenaceum* و 0,4 ملغ / مل.

يمكن اعتبار الطحالب الحمراء *Asparagopsis armata* مصدرا واعدة مضاد للفطريات جديد يستخدم لعلاج مرض الفيوزاريوم. **الكلمات المفتاحية:** الفيوزاريوم، *condida albicans*، *Asparagopsis Armata*، مستخرج الميثانول، مضاد للفطريات.

Memory title: Study of the effect of the red seaweed methanol extract *Asparagopsis armata* on some toxigenic fungi.

Name: HEBICHE **First name:** adila

Name: HASNAOUI **First name:** amel

Directed by: GOUZI Hicham

Abstract This work focuses on the study of the antifungal activity of the red algae harvested *Asparagopsis armata* the rocky coast of Salamander Beach (Mostaganem) on some mushrooms myco toxigenic *Fusarium* genus and a pathogenic yeast type was determined *Condida* by diffusion method mileu PDA.

Methanol was used for the preparation of the red algae extract *Asparagopsis armata*. Which give good extraction efficiency. The antifungal activity of the extract of red algae depends strongly on the polarity of the solvent, concentration of the extract and the fungal strain tested.

The concentration of 400mg / ml has the highest antifungal activities especially *Fusarium avenaceum* and *Fusarium graminérum*, *Fusarium culmorum* and *Condida albicans*. Both strains *Fusarium poae* and *Fusarium culmorum N* are less susceptible to seaweed extract while *fusarium avenaceum* is most sensitive. The minimum inhibitory concentration (MIC) for *Condida albicans* is estimated to be 0.3mg / mL and for *Fusarium avenaceum* is estimated to be 0.4mg / ml.

The red alga *Asparagopsis armata* can be considered a promising source of new antifungal agents used for the treatment of *Fusarium*.

Keywords: *Fusarium*, *Condida albicans*, *Asparagopsis Armata*, methanol extract, antifungal.

Titre du mémoire : Etude de l'effet d'extrait méthanolique d'algue marine rouge *Asparagopsis armata* sur quelques champignons mycotoxinogènes

Nom:HEBICHE **Prénom:** adila

Nom : HASNAOUI **Prénom :** amel

Encadreur: GOUZI Hicham

Résumé : Ce travail s'intéresse à l'étude de l'activité antifongique de l'algue rouge *Asparagopsis armata* récoltée des côtes rocheuse de la plage Salamandre (Mostaganem) sur quelques champignons myco toxinogènes de genre *fusarium* et une levure pathogène de genre *condida* a été déterminée par la méthode de diffusion sur mileu PDA.

Le méthanol a été utilisé pour la préparation de l'extrait d'algue rouge *Asparagopsis armata*. Qui donnent de bon rendement d'extraction. L'activité antifongique de l'extrait d'algue rouge dépend fortement de la polarité du solvant, de la concentration de l'extrait et de la souche fongique testée.

La concentration 400mg/ml a une activité antifongique les plus élevées surtout sur *fusarium avenaceum* et *fusarium graminérum* *fusarium culmorum* et *condida albicans*. Les deux souches *fusarium poae* et *fusarium culmorum N* sont moins sensibles au l'extrait d'algue tandis que *fusarium avenaceum* est le plus sensible. La concentration minimale inhibitrice (CMI) pour *condida albicans* est estimée à 0.3mg/mL et pour *fusarium avenaceum* est estimé à 0.4mg/ml

L'algue rouge *Asparagopsis armata* peut être considérée comme étant une source prometteuse de nouveau agents antifongiques utilisés pour le traitement de fusariose.

Mots clés : *fusarium* ,*condida albicans*, *Asparagopsis armata*, extrait méthanolique, antifongique.

Je dédie ce travail

A Mon Cher papa et ma chère maman

Qui sont les meilleurs parents dans ce monde, en témoignage de ma profonde gratitude et de mon incontestable reconnaissance, pour tous les sacrifices qu'ils me contentent, toute la confiance qu'ils m'accordent et tout l'amour dont ils m'entourent.

C'est grâce à votre encouragement, et votre soutien que je suis arrivée jusqu'ici.

A mes chères frères Yacine, Hamada / mes chères sœurs Imane, Khadîdja

En témoignage de mon amour et de ma profonde admiration.

Que Dieu vous protège et vous prête bonne santé et longue vie.

A mes tantes et oncles, et à toute ma famille

En témoignage de mon amour, mon profond respect et ma reconnaissance

À ma chère copine et confidente Amel Hassnaoui,

Avec qui j'ai partagé des moments inoubliables voyant naître cet œuvre

A ma chère amie proches Noussaiba Gawel

En témoignage de mon profond amour et ma sincère gratitude

A tous mes amies sont exception

*A tous les personnes qui de près et de loin m'ont apportée
leur aide*

A toute la promotion de microbiologie 2015-2016

Adila

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude à ma mère et mon père pour l'éducation qu'ils m'ont prodiguée ; avec tous les moyens et au prix de toutes les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard

A mes très chers frères : AMINE, KHALED, et YACINE

Je vous souhaite tout le bonheur du monde. Vous avez toujours été pour moi une aide très précieuse.

A ma grande famille.

A ma chère collègue de travail : Adila Hebiche

A mes très chères amies : Lamia et Hakima

*A tous mes collègues de la promotion Master Microbiologie
2015-2016*

À toutes les personnes qui me connaissent de près ou de loin

Amel

REMERCIEMENTS

Nous tenons d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous donné la force et patience d'accomplir ce modeste travail

*En second lieu Nous tenons à remercier sincèrement nos encadreur
Mr **GOUZI Hicham** qui nous accordé leur confiance et attribué ce sujet, et ses multiples conseils, en dépit de ses occupations.*

*Et Mr **CHAJBI Rachid** chef du département de biologie, pour l'encadrement et pour nous avoir encouragés,*

Nous tenons à présenter nos remerciements Aux personnels du laboratoire de biologie et d'agronomie de l'Université Amar Téliđji de Laghouat pour leur aide

Nous tenons également à exprimer notre remerciement à tous les membres du jury désignés parmi les enseignants du département de biologie, université de Laghouat, d'avoir accepté d'examiner notre travail

Enfin je remercie tous les professeurs de département de biologie l'université d'AMAR THLIDJI

Qui nous enseigné et qui par leur compétence nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 01 : Classification des antifongiques selon la cible | 28 |
| Tableau 02 : Résultats de l'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge <i>A. armata</i> et la nystatine sur la croissance de quelques souches de genre <i>Fusarium</i> | 38 |
| Tableau 03 : Résultats de l'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge <i>Asparagopsis armata</i> et la nystatine sur la croissance de <i>condida albicans</i> | 45 |

Liste des Figures

| | |
|--|----|
| Figure 01 : Photo de l'algue <i>Asparagopsis armata</i> | 6 |
| Figure02 : Photo de Cycle de reproduction <i>Asparagopsis armata</i> | 8 |
| Figure 03 : Ramification du thalle chez <i>Asparagopsis armata</i> | 9 |
| Figure 04 : <i>Asparagopsis taxiformis</i> | 10 |
| Figure 05 : Culture <i>Candida albicans</i> .sur géloses Columbia (COS)..... | 14 |
| Figure 06 : Observation microscopique <i>Candida albicans</i> (X100-250)..... | 14 |
| Figur07 : Candidose cutanée..... | 15 |
| Figure 08 : <i>Fusarium graminearum</i> | 19 |
| Figure 09 : <i>Fusarium avenaceum</i> | 20 |
| Figure 10 : <i>Fusarium culmorum</i> | 21 |
| Figure 11 : <i>Fusarium poae</i> (Renaud Ioos, ANSES)..... | 22 |
| Figure 12 : La Fusariose de l'épi : | 23 |
| Figure 13 : Fusariose – Cycle de la maladie..... | 24 |
| Figure 14 : Structure chimique des trois antifongiques polyéniques majeurs..... | 27 |
| Figure 15 : Localisation géographique du site d'échantillonnage d' <i>Asparagopsis armata</i> ...30 | |
| Figure16 : Photos <i>A. armata</i> récolte. | 31 |
| Figure 17 : L'algue <i>A. armata</i> broyé..... | 31 |
| Figure 18 : L'évaporateur rotatif et le ballon évaporé..... | 33 |

| | |
|--|----|
| Figure 19 : Les dilutions de extrait d'algue (12.5, 25, 50, 100, 200, 400 mg/ml.)..... | 33 |
| Figure 20 : L'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge <i>A.armata</i> sur la croissance de <i>Fusarium avenaceum</i> et <i>Fusarium gramineum</i> | 39 |
| Figure 21 : L'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge sur la croissance de <i>Fusarium culmorum</i> et <i>Fusarium culmorumN</i> | 40 |
| Figure 22 : L'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge sur la croissance de <i>Fusarium poae</i> | 41 |
| Figure 23 : Taux d'inhibition de la croissance des souches fongique par les différentes concentrations de l'extrait méthanolique..... | 41 |
| Figure 24 : Effet de la nystatine sur la croissance du <i>Fusarium avenaceum</i> | 43 |
| Figure 25 : Effet de la nystatine sur la croissance du <i>Fusarium gramineum</i> | 43 |
| Figure 26 : Effet de la nystatine sur la croissance du <i>Fusarium culmorum</i> | 43 |
| Figure 27 : Effet de la nystatine sur la croissance du <i>Fusarium culumorum N</i> | 44 |
| Figure 28 : Effet de la nystatine sur la croissance du <i>Fusarium poae</i> | 44 |
| Figure 29 : Photos représentant l'évaluation de l'activité antifongique d'extrait méthanolique sur <i>Condida albicans</i> par la méthode des puits..... | 45 |
| Figure 30 : Effet de la nystatine sur la croissance du <i>Condida albicans</i> | 46 |
| Figure 31 : Résultats de CMI sur le milieu MH solide pour <i>Condida albicans</i> | 47 |
| Figure 32 : Résultats de CMI sur le milieu MH liquide pour <i>Condida albicans</i> | 47 |

Liste des abréviations

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

A : *Asparagopsis*

CMI : concentration minimale inhibitrice.

g : Grammes.

g/l : gramme par litre

mg/l : milligramme par litre.

mg/ml : milligramme par millilitre.

MH : Mueller-Hinton.

ml : Millilitres

mm : Millimètres

p/v : poids / volume.

PDA : Milieu Potatoes Dextrose Agar.

PH : Potentille d'Hydrogène

rmp : tours par minute

T° : Température

µl : Microlitres

DMSO : Diméthylsulfoxyde

Table des matières

| | Page |
|-----------------------------|-------------|
| Résumé..... | I |
| Dédicace..... | II |
| Remerciements..... | IV |
| Liste des tableaux..... | V |
| Listes des figures | VI |
| Liste des abréviations..... | VIII |
| Introduction..... | 1 |

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Généralité sur les algues

| | |
|---|----|
| 1.1. Classification des algues..... | 3 |
| 1.1.1. Les algues vertes (Chlorophycées)..... | 3 |
| 1.1.2. Les algues brunes (Phéophycées)..... | 4 |
| 1.1.3. Les algues rouges (Rhodophycées)..... | 4 |
| 1.2. Reproduction des algues..... | 4 |
| 1.3. Rôle économique des algues..... | 5 |
| 1.4. Caractéristiques généraux sur l'algue rouge <i>Asparagopsis armata</i> | 5 |
| 1.4.1. Caractéristiques d'identification..... | 5 |
| 1.4.2. Habitat et éléments d'identification sur le terrain..... | 6 |
| 1.4.3. Ecologie | 6 |
| 1.4.4. Taxonomie..... | 7 |
| 1.4.5. Reproduction..... | 7 |
| 1.4.6. Cytologie | 8 |
| 1.4.7. Espèces similaires..... | 9 |
| 1.4.8. Options en matière..... | 10 |
| 1.4.9. Application d' <i>Asparagopsis armata</i> | 10 |
| 1.4.9.1. Les iodures..... | 10 |
| 1.4.9.2. Les polysaccharides pariétaux <i>Asparagopsis armata</i> | 11 |

2. les mycètes

| | |
|--|----|
| 2. Caractéristiques générales des Mycètes..... | 12 |
| 2.1. Les levures | 13 |

| | |
|--|----|
| 2.1.1 Les <i>Candida</i> | 13 |
| 2.1.1.1. <i>Candida albicans</i> | 14 |
| 2.1.1.2. Les Candidoses..... | 15 |
| 2.2. Champignon phytopathogène..... | 16 |
| 2.2.1. Formes de pathologie..... | 16 |
| 2.2.2. Cycle de vie..... | 17 |
| 2.3. Les <i>Fusarium</i> | 18 |
| 2.3.1. <i>Fusarium graminearum</i> | 19 |
| 2.3.2. <i>Fusarium avenaceum</i> | 20 |
| 2.3.3. <i>Fusarium culmorum</i> | 21 |
| 2.3.4. <i>Fusarium poae</i> | 22 |
| 2.4. Fusariose..... | 23 |
| 3. Antifongique | |
| 3.1. Définition de l'antifongique..... | 25 |
| 3.2. Classification des antifongiques selon l'origine et la structure..... | 25 |
| 3.2.1. Antifongiques de synthèse chimique..... | 25 |
| 3.2.2 Antifongique naturels..... | 26 |
| 3.3. Mode d'action des antifongiques..... | 28 |

Chapitre 2 : Matériels et méthodes

1. Matériels

| | |
|--|----|
| I.1. Présentation du site de prélèvement et la récolte de l'algue..... | 29 |
| I.2. Souches fongique testées..... | 30 |
| I.3. Matériel chimique..... | 31 |

II. Méthodes

| | |
|--|----|
| II.1. Préparation de la solution de l'antifongique (la nystatine) | 31 |
| II.2. La pré-culture des champignons | 31 |
| II.3. Préparation de l'inoculum de <i>condida</i> | 31 |
| II.4. Préparation de l'extrait de l'algue rouge <i>Asparagopsis armata</i> | 32 |
| II.5. Activité antifongique de l'extrait méthanolique d'algue rouge <i>Asparagopsis armata</i> | 33 |
| II.5.1. Pour les souches fongiques de genre <i>Fusarium</i> : méthode des disques..... | 33 |
| II.5.2. Pour l'espèce <i>Condida albicans</i> : méthodes des puits..... | 34 |

| | |
|---|----|
| II.6 .Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'extrait méthanolique d'algue rouge <i>Apsaragopsis armata</i> | 35 |
| II.6.1.La concentration minimale inhibitrice (CMI) pour les souches du genre <i>Fusarium</i> | 35 |
| II.6.2.La concentration minimale inhibitrice (CMI) pour la souche <i>condida albicans</i> | 35 |

Chapitre 3 : Résultats et Discussion

| | |
|--|----|
| 1.1. Effet du solvant d'extraction | 37 |
| 1.2. L'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge <i>Asparagopsis armata</i> sur les espèces testé de genre <i>Fusarium</i> | 37 |
| 1. 2.1.Les taux d'inhibitions de la croissance des souches de genre <i>Fusarium</i> par les différentes concentrations testées | 41 |
| 1.2.2 Effet de la nystatine sur la croissance des souches fongiques testées..... | 43 |
| 1.3. L'effet de l'extrait méthanolique sur la levure du genre <i>condida albicans</i> | 45 |
| 1.3 .1 l'effet de la nystatine sur la croissance de la souche <i>condida albicans</i> | 46 |
| 1.4. Résultats des CMI..... | 46 |
| 2. Discussion | 49 |
| Conclusion..... | 52 |
| Références bibliographiques..... | 53 |
| Annexe..... | 57 |

Introduction

Introduction

Les composés naturels ont été appliqués pour le traitement de de nombreuses maladies depuis l'ancien temps partout dans le monde.

La résistance des micro-organismes aux antibiotiques a amélioré la morbidité et la mortalité et a déclenché la recherche de nouveaux médicaments. En conséquence

- La demande croissante de la biodiversité dans le programme de dépistage
- La recherche de médicaments thérapeutiques à partir de produits naturels,

Il y a un plus grand intérêt en particulier dans les océans dans le monde (Murray et al. 2013).

Plusieurs organismes marins produisent des métabolites bioactifs en réponse à des pressions écologiques telles que la concurrence pour l'espace, la prévention de la prédation et la capacité de reproduire succès (Konig et al 1994 ; Bhakuni et Rawat 2005 ; Salvador et al. 2007).

L'exploration de cette diversité chimique à des fins pharmaceutiques a prototypes chimiques importants révélés pour la découverte de nouveaux agents.

Mise au point sur les bioproduits, les tendances récentes en recherche sur les médicaments à partir de sources naturelles suggèrent que les algues sont l'un des principaux producteurs de métabolites secondaires bioactifs avec un potentiel élevé biomédical qui ont la capacité de interférer avec la pathogénèse de nombreuses maladies humaines.

Une variété d'activités biologiques, ces composés ont été rapportés notamment antibactérienne, antifongique, antitumoral, anticoagulant et antivirale (Mayer et al 2007 ; Murray et al. 2013).

Notre point de vue en tant que chercheurs est quelques réponses à des problèmes difficiles dans la santé et l'économie, vu que L'Algérie est un pays qui a une énorme côte riche marine qui est essentiellement inexploré. La côte de l'Algérie continental est environ 1200 km de long. Avec ce qui concerne les algues biogéographie, l'Algérie est situé dans la région tempérée méditerranéenne continentale

Il a été reconnu une très grande diversité d'algues marines mais peu de travaux ont été réalisé sur le screening de leur activités antimicrobienne (Saidani et al. 2012 ; Hachani, 2014).

Introduction

Nous avons étudié l'activité antimicrobienne de l'algues appartenant aux Rhodophyta:
Asparagopsis armata

Ce mémoire a été organisé en différents parties décrivant les étapes successives de cette étude.

La première partie concerne un rappel bibliographique aussi précis que possible sur l'algue marine rouge *Asparagopsis armata* et leurs applications et sur les champignons phytopathogènes et leurs maladies fongiques ainsi que sur les fongicides. Dans la deuxième partie, nous décrivons les procédures expérimentales mises en jeu dans cette étude. La troisième partie est consacrée à la discussion des résultats expérimentaux obtenus. Une récapitulation succincte des résultats ainsi que les perspectives ouvrant la voie à des études ultérieures sur l'algue *Asparagopsis armata*, sont regroupées dans la dernière partie.

*Synthèse
bibliographique*

1. Généralités sur les algues marines

Les algues sont des organismes photosynthétiques que l'on trouve dans les milieux aquatiques d'eau douce ou marins, ainsi que dans de nombreux milieux terrestres. Elles comprennent 20 000 à 30 000 espèces dans le monde, soit 18% du règne végétal (Garon-Lardiere, 2004).

1. 1. Classification des algues

Leur appareil végétatif ou thalle est extrêmement variable, aussi bien en forme qu'en dimension. Il peut ainsi être formé d'une seule cellule allant de quelques dizaines de microns à une dizaine de centimètres ; il peut au contraire comporter de très nombreuses cellules et atteindre plusieurs dizaines de mètres de longueur. Les algues se distinguent donc des autres végétaux par leur thalle, appareil végétatif uni- ou pluricellulaire, dépourvu de racines, de tiges et de feuilles.

Les cellules des algues possèdent les mêmes éléments de structure que celles des plantes supérieures. Elles ont une paroi cellulaire partiellement cellulosique, des petits noyaux et des plastes pigmentés ou chromatophores (comportant de la chlorophylle souvent masquée par des pigments surnuméraires qui donnent aux thalles des couleurs rouge, brune, verte ou bleue).

C'est ainsi qu'un des critères de classification des algues est leur pigmentation, qui permet de définir plusieurs grands groupes : les algues rouges (6 000 espèces), les algues brunes (2 000 espèces), les algues vertes (1 200 espèces) et les algues bleues (2 000 espèces). Ces dernières sont des organismes unicellulaires dépourvus de noyau différencié : il s'agit de procaryotes, également nommées cyanobactéries. Toutes les autres algues, uni- ou pluricellulaires, ont des cellules dont le noyau est différencié (noyau individualisé entouré d'une membrane). Ce sont des eucaryotes.

1.1.1. Les algues vertes (Chlorophycées)

Elles sont de formes très variées, uni- ou pluricellulaires. Leurs plastes sont colorés en vert par les chlorophylles a et b, auxquelles sont associés des carotènes et des xanthophylles. La photosynthèse permet la formation d'amidon, comme pour les plantes supérieures. La plupart des algues vertes vivent en eau douce ou en milieux marins, mais certaines espèces peuvent également se développer sur terre.

Elles jouent un rôle important dans l'oxygénation des eaux, favorisant ainsi la vie animale.

1.1.2. Les algues brunes (Phéophycées)

La couleur brune de ces algues résulte de la dominance du pigment xanthophylle, la fucoxanthine, qui masque les autres pigments (chlorophylle a et c, ainsi que le bêta-carotène).

Toutes possèdent une structure pluricellulaire, mais leurs dimensions varient depuis les éléments microscopiques jusqu'aux très grands spécimens. La grande majorité des algues brunes sont marines.

1.1.3. Les algues rouges (Rhodophycées)

Les rhodophytes ou algues rouges forment un groupe très diversifié. Ces algues doivent leur couleur à la présence de plastes roses dans lesquels un pigment rouge, la phycoérythrine, est associé à plusieurs autres pigments dont les chlorophylles.

La plupart de ces algues rouges sont pluricellulaires et marines, mais il existe quelques formes unicellulaires et quelques unes vivent également en eau douce.

Les algues rouges sont divisées en deux groupes : celui des Bangiophycées (qualifiées de primitives) et celui des Floridéophycées (plus complexes). Elles se distinguent généralement par leur cycle de reproduction particulièrement complexe.

1.2 .Reproduction des algues

Dans de très nombreux cas, la reproduction des algues s'effectue par multiplication végétative. Il s'agit d'une multiplication asexuée qui consiste soit en la division d'une cellule isolée (cas des algues bleues), soit en une fragmentation de thalle aboutissant à la formation de plusieurs organismes identiques. Elle est souvent réalisée par la formation de cellules spécialisées : les spores.

Les algues eucaryotes réalisent en plus une reproduction sexuée au cours de laquelle l'union de deux cellules reproductrices, ou gamètes, produit un oeuf, ou zygote.

La reproduction des algues se déroule ainsi selon une alternance de phases de reproduction asexuée assurée par les thalles (sporophytes), et de phases de reproduction sexuée, assurée par des thalles producteurs de gamètes (gamétophytes). Aux cycles d'alternance de génération plus ou moins variés caractérisant leur reproduction, se superpose également une alternance de phases (de n à $2n$ chromosomes).

1.3. Rôle économique des algues

On estime que sur notre planète, l'activité photosynthétique est à plus de 90% le fait des algues marines, constituant ainsi notre principale source d'oxygène.

De nombreuses populations des régions côtières utilisent quotidiennement les algues marines pour leur alimentation. La propriété physiologique des algues qui consiste à concentrer dans leurs cellules des oligo-éléments contenus dans l'eau est désormais utilisée à des fins diététiques ou en thalassothérapie.

Mais l'exploitation industrielle des algues est essentiellement liée à l'extraction de leurs phycocolloïdes, polysaccharides constituant la paroi des cellules, aux propriétés texturantes.

On distingue ainsi les agars et les carraghénanes, extraits des algues rouges, des alginates, extraits des algues brunes.

Les principales applications de ces phycocolloïdes sont dans le domaine de l'agro-alimentaire, mais également dans des domaines variés tels que celui de la cosmétologie ou encore de l'industrie des peintures.

2. Cas particulier d'algue rouge *Asparagopsis armata*

Les algues sont des végétaux photosynthétique répanus dans tous les milieux aquatiques dont l'appareil végétatif simple (car ne comportant ni racines ni tige ni appareil vasculaire feuillé) est appelé thalle .Ce thalle peut être unicellulaire ou pluricellulaire

Au sein du règne végétal les algues représentent les plus anciens organismes vivants ; existant vraisemblablement depuis plus de trois milliard d'années (Painter, 1982) .elles ne peuvent cependant être assimilées à un ensemble homogène, et sont ainsi distribuées en quatre classes principales ; basées notamment sur leur pigmentation.

Les cyanophycées(ou algues bleues) seraient apparues les premières il y a environ «3 ,7 milliards d'années, suivies des Rhodophycées (algues rouges, 1 ,7 milliard d'années), des phéophycées (algues brunes, 1,1milliard d'année) (Pérez, 1997).

L'algue sur laquelle nos recherches ont porté, *Asparagopsis armata*, appartient à la classe des algues rouges (Rhodophyte). Ont été reconnus depuis la fin des années 1800 pour être une riche source d'halogènes, en particulier le brome et l'iode.

2.1. Caractéristiques d'identification

Algue rouge caractérisée par deux stades morphologiquement différents au cours de son développement, à savoir un stade gamétophyte et un stade tétrasporophyte. Ses principaux

stolons nus et cylindriques (mesurant 1 mm de large, 200 mm de long) sont ramifiés de manière irrégulière et présentent des frondes touffues. Ses rameaux inférieurs sont longs et munis de crochets en forme de harpon.

2.2. Habitat et éléments d'identification sur le terrain

Au stade gamétophyte, elle est de couleur pâle rouge violacé et elle connaît une dégénération rapide hors de l'eau, devenant nettement orange. Elle se développe en tant qu'algue épiphyte fixée sur d'autres espèces d'algues, surtout la *Corallina sp.*

Au stade tétrasporophyte, c'est une algue rouge brunâtre ramifiée et filamenteuse, formant des touffes cotonneuses denses de 15 mm de diamètre.

Généralement, cette algue se développe sur les fonds rocheux au niveau de l'étage infralittoral, de la surface jusqu'à 40 m de profondeur (Figure 1).



Figure 1 : Algue rouge *Asparagopsis armata* (Otero et al. 2013).

2.3. Ecologie

Asparagopsis armata est une espèce originaire d'Australie, où elle a été découverte en 1885 par Harvey (Harvey, 1855). Également présente en Nouvelle-Zélande et en Tasmanie, elle s'est naturalisée sur les côtes européennes par le biais du canal de Suez depuis les années 1920. C'est ainsi que son aire de répartition s'est étendue des côtes algériennes où elle fut décrite en 1923 aux côtes françaises méditerranéennes (Hamel, 1927) et atlantique (Sauvageau, 1925), jusque dans les îles britanniques (DeValéra, 1942). Sa présence est constatée sur l'île d'Ouessant en 1936 par chemin (Feldmann et Feldmann, 1942).

2.4. Taxonomie

Les algues rouges, ou Rhodophycées, sont très diversifiées et regroupent entre 5000 et 6000 espaces réparties dans environ 680 genres. Elles comprennent deux sous-divisions, les bangiophycées, et les floridéophycées dont l'organisation végétative (Van den hoek et *al.* 1995) est différente, les premières pouvant être qualifiées de « primitives ».

Asparagopsis armata Harvey (Harvey, 1855), est une algue rouge marine pluricellulaire, dont la taxonomie complète est suivante :

Division : Rhodophyta

Classe : Rhodophyceae

Sous –classe : Florideophyceae

Ordre : Bonnemaisoniales

Famille : Bonnemaisoniaceae

Genre : *Asparagopsis*

Espèce : *Asparagopsis armata*

2.5. Reproduction

Elle est capable de reproduction sexuée et son cycle de vie est constitué de deux phases (hétéromorphe diplohaplontique) caractérisées par deux principaux stades morphologiquement différents au cours de son développement (Figure 2). Lors de la phase gamétophyte, correspondant à la forme nommée *Asparagopsis armata*, elle possède des organes mâles ou femelles ; cette phase est suivie d'un stade intermédiaire carposporophyte microscopique, puis de la phase tétrasporophyte, initialement nommée *Falkenbergia rufolanosa*. Les stades gamétophyte et sporophyte sont également capables de reproduction végétative. En dérivant, les gamétophytes s'accrochent facilement à d'autres algues grâce à des rameaux épineux et produisent de nouvelles pousses. La « *Falkenbergia* » se disperse également en flottant.

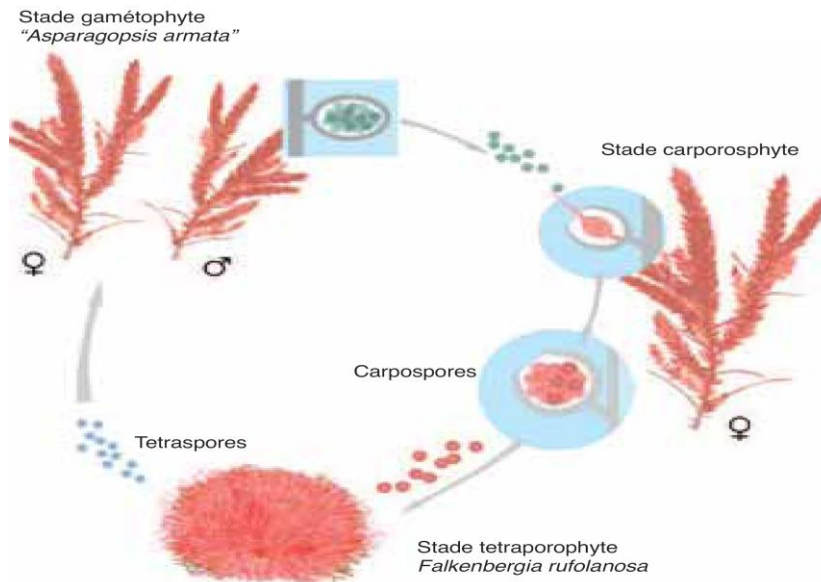


Figure 2 : Cycle de reproduction *Asparagopsis armata* (Otero et al. 2013).

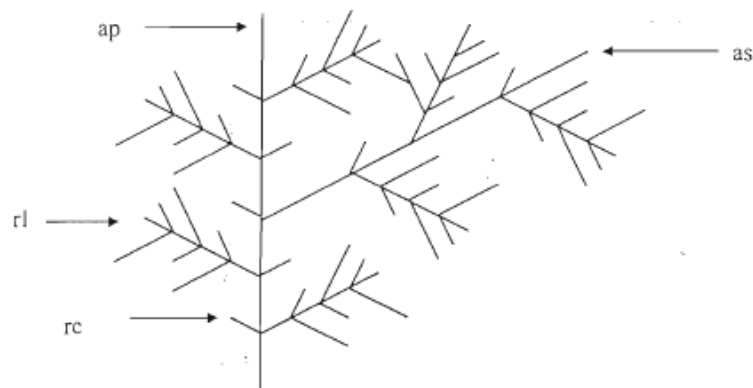
2.6. Cytologie

Asparagopsis armata, phase gamétophytique d'*Asparagopsis*, est une espèce annuelle. Cette algue photophile se développe au niveau d'infralittoral supérieur, entre la surface et dix mètres de profondeur, dans des zones modérément battus (mode abrité) (Cabioch et al. 1992). Elle est le plus souvent épiphyte d'autre algue, et colonise facilement les substrats artificiels.

Son thalle se présente sous forme de touffes roses au contour pyramidal de 15 à 30 cm de long. Il est ramifié et est constitué par une alternance de rameaux longs à croissance indéfinie, de rameaux courts, encore appelés brachyblastes, et de rameaux épineux, en forme de « harpon », par l'intermédiaire desquels les frondes d'*Asparagopsis armata* s'accrochent aux algues environnantes. Ces deux derniers rameaux ont une croissance limitée (Figure 3).

Les rameaux longs naissent à partir d'une cellule initiale terminale (apicale) qui génère une file de cellule axiale très allongées constituant le filament axial. La structure du thalle uni axiale est donc formée par un tube creux, constitué par ce filament axial et limité par un cortex cellulaire dans (Feldmann et Feldmann, 1939).

La ramification des rameaux longs est générée par le cloisonnement oblique des cellules axiales, donnant naissance à deux cellules péri axiales opposées. Chacune va alors générer un filament axial latéral qui va se développer soit en rameaux courts pour l'un, soit en un nouveau rameau long à croissance indéterminée ou axe secondaire pour l'autre, ce dernier ressemblant à l'axe principal (Bonin et Hawkes, 1987 ; Feldmann et Feldmann, 1939 ; Womersley, 1996) (Figure 3).



rc : rameaux courts
 rl : rameaux longs
 as : axes secondaires
 ap : axe principal

Figure 3 : Ramification du thalle chez *Asparagopsis armata* (Bonin et Hawkes 1987).

Les rameaux courts (brachyblastes), quant à eux, ont une structure plus simple (Feldmann et Feldmann, 1942). Ils sont formés d'une seule file de cellules qui se divisent ensuite par des cloisons parallèles à l'axe du rameau pour donner naissance à une cellule centrale étroite (axe du brachyblaste) et à trois cellules plus large entourant le filament axial et constituant les cellules péricentrales. Ces dernières ne sont pas disposées toutes les trois au même niveau, mais alternent régulièrement.

Enfin, les rameaux épineux sont généralement disposés par paire à la base des axes secondaires, et sont produits par des cellules axiales successives. Leur structure est identique à celle des rameaux longs, mais ils sont assimilés à des rameaux à croissance définie.

2.7. Espèces similaires

Il est aisé de confondre les gamétophytes de l'*Asparagopsis armata* avec un autre envahisseur florissant, l'*Asparagopsis taxiformis*, mais l'*Asparagopsis armata* se distingue par la présence de crochets en forme de harpon. L'*Asparagopsis armata* est capable de survivre et de prospérer dans des milieux plus froids que ceux de l'*A. taxiformis* qui préfère les eaux beaucoup plus chaudes. L'ensemble du genre semble être doté d'un potentiel d'invasion élevé.

Ces algues se dispersent avec les courants marins en s'accrochant à des objets flottants.

Une autre espèce exotique d'algues rouges, la *Bonnemaisonia hamifera*, est présente dans des habitats similaires. Elle se distingue au stade gamétophyte par les ramifications modifiées qu'elle produit, ressemblant à des crochets recourbés en forme de crosse



Figure 4. *Asparagopsis taxiformis* (Otero et al. 2013).

2.8. Options en matière de gestion

Dès qu'elle devient envahissante, il est impossible de l'éradiquer ni même de la confiner. La manière la plus efficace et la moins coûteuse de contrôler éventuellement cette espèce consiste à agir dès le début du processus d'invasion.

2.9. Application d'*Asparagopsis armata*

2.9.1 Les ioduques

Une particularité structurale du gamétophyte d'*Asparagopsis* est liée à la présence de cellules particulières, appelées cellules sécrétrices ou ioduques, et décrites par Sauvageau dès 1925 (Sauvageau, 1925). Ces cellules renferment des composé organiques halogénés volatiles non seulement iodés (d'où leur nom de ioduques), mais aussi chlorés et bromés (McConnel et Fenical, 1977), à l'origine des propriétés antibactériennes et antifongiques de l'algue (Biard et al. 1980).

Notons que la composition chimique des ioduques est liée très étroitement aux conditions climatiques, aux phases du cycle biologique de l'algue, à l'éclairement, etc... (Bruneau, 1977).

2.9.2 Les polysaccharides pariétaux d'*Asparagopsis armata*

Les polysaccharides pariétaux d'*Asparagopsis armata* n'ont jamais été étudiés à des fins alimentaires. En effet, la faible abondance naturelle de cette algue comparée aux autres algues rouges sources de carraghénanes (*Eucheuma*, *Gigartinales*), ou d'agars (*Gelidiales*, *Gigartinales*), associée à la découverte d'activités biologiques pour ces derniers dès les années 80 ont orienté très tôt les recherches vers des applications biomédicales.

Ainsi, des propriétés anticoagulantes ont été mises en évidence pour ces polysaccharides au début des années 80 (Carporiccio et *al.* 1983, 1984), et une activité significative sur la stimulation lymphocytaire a également été démontré par Braun et *al.* Pendant cette même période (Braun et *al.* 1983). Une étude plus récente à également démontré des activités antivirales prometteuses contre le virus de l'Herpès ou encore le VIH (Haslin et *al.* 2001).

Pendant longtemps la recherche pharmaceutique a été orientée par la synthèse chimique, mais l'accent mis sur les produits d'origine végétale constitue une opportunité pour les algues, et notamment pour *Asparagopsis armata*.

1. Caractéristiques générales des Mycètes

Les champignons, que l'on appelle également mycètes, sont des organismes eucaryotes uni- ou pluricellulaires, dépourvus de chlorophylle, ce qui les distingue des végétaux. Il s'agit d'un organisme hétérotrophe qui se nourrit par absorption et non par phagocytose. Les champignons, contrairement aux végétaux, sont dépourvus de pigment chlorophyllien et ainsi ne peuvent pas incorporer directement le carbone minéral dans leurs cellules. C'est pourquoi ils dépendent de matières organiques préformées, c'est-à-dire déjà présentes et produites par d'autres organismes vivants. C'est la raison pour laquelle, dans la nature, les champignons colonisent les organismes morts ou en décomposition, trouvant ainsi dans cette source les nutriments essentiels à leur vie soit du carbone, de l'azote, des sels minéraux

La reproduction se fait selon un mode asexué mais qui peut être sexué dans certaines conditions.

Les champignons sont des êtres immobiles mais qui produisent un nombre considérable de spores habituellement non flagellées pour pallier à ce handicap.

La partie constitutive est désignée sous le nom de thalle ou mycélium. Leur paroi est constituée de chitine (comme chez les insectes), ce qui leur procure une sorte de résistance face aux contraintes du milieu extérieur. Les champignons possèdent un noyau avec une membrane nucléaire, des nucléoles et le plasmalemme composé de glycoprotéines, phospholipides et d'ergostérol qui correspond au cholestérol de toutes les autres cellules. Cette particularité donne une cible idéale pour les antifongiques qui seront très spécifiques, sans action sur les autres cellules.

Selon D. Chabasse, Cl. Guiguen. N. Contet-Audonnet (1999) : Le pouvoir pathogène du champignon n'est pas uniquement dû à son parasitisme, Il peut, en produisant des toxines issues de son mycélium, (agent mycotoxinoses).

1.1 Les levures

Les levures, quant à elles, possèdent un thalle unicellulaire. Il s'agit d'un mycète unicellulaire qui ne possède qu'un seul noyau et qui se reproduit soit de façon asexuée par bourgeonnement, soit de façon sexuée par formation de spores. Chaque bourgeon qui se sépare va développer une nouvelle levure, certains restent groupés et forment de nouvelles colonies.

Les levures sont plus grandes que les bactéries, elles sont généralement sphériques ou ovoïdes.

1.1.1 Les *Candida*

Les levures du genre *Candida* sont des champignons unicellulaires mesurant de 4 à 6 µm de long.

Elles se multiplient par bourgeonnement ou éventuellement sous forme de pseudomycélium ou mycélium.

Il s'agit de levures blanches, opaques, de formes ovoïdes, Gram positif et non encapsulées avec une petite protubérance à une extrémité.

Les *Candida* poussent sur une gélose Sabouraud contenant des antibiotiques antibactériens à 25°C ou 37°C selon l'origine du prélèvement. Les colonies de levures sont visibles en 24 à 48 heures.

En ce qui concerne la morphologie, elle est assez pauvre. L'identification se fait en grande partie grâce à des tests biochimiques. Le thalle est fait de levures très allongées qui restent attachées les unes aux autres, formant des pseudo-filaments qui sont caractéristiques du genre.

Il existe plusieurs espèces de *Candida* dont la plus fréquente. *Candida albicans*.

1.1.2 *Candida albicans*

Il s'agit de l'espèce la plus fréquemment isolée, 60-80% des cas.

Candida albicans est une levure cosmopolite, commensale des muqueuses oropharyngées, gastro-intestinales et génito-urinaires. Elle peut occasionnellement coloniser la peau.

Elle fait partie de la famille des Deuteromycètes.

Levures ovalaires ou rondes au microscope, sur gélose, elles sont blanches, crémeuses, lisses, formant des « pattes », des colonies étoilées qui permettent de les identifier sur les géloses Columbia (COS) et Chocolat Poly Vitex. (PVX). En vieillissant, elles forment un pseudo-mycélium : filaments avec des zones rétrécies.



Figure 05 : Culture *Candida albicans* sur géloses Columbia (COS)
(Gloor Ariane, ICHV, laboratoire de bactériologie, Sion, Travail de diplôme, 2008-2009)

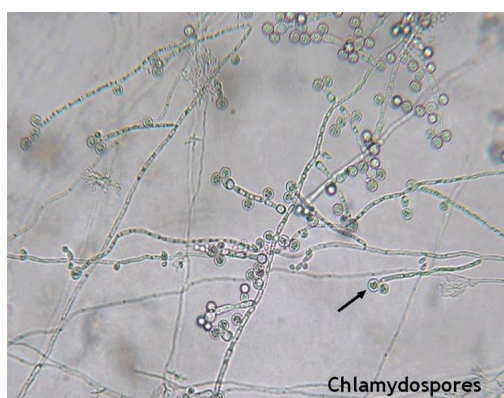


Figure 06 : observation microscopique *Candida albicans* (X100-250)
(<http://thunderhouse4-yuri.blogspot.com/2009/12/candida-albicans.html>)

1.1.3 Les Candidoses

Les candidoses sont des affections cosmopolites causées par un *Candida*. Leur pathogénicité dépend de plusieurs facteurs : de leurs localisations très variées, de l'espèce et de leur quantité. Le pouvoir pathogène des *Candida* est principalement lié au potentiel invasif de sa forme filamenteuse.

Il existe différents types de candidoses comme par exemple les candidoses superficielles, les candidoses génito-urinaires, les candidoses profondes, et les candidoses allergiques.



Figure 07 : Candidoses superficielles

(<http://www.curcumine-sante.net/curcuma-et-infections-fongiques>)

1.2 Champignon phytopathogène

Les champignons sont la principale cause de maladies chez les plantes et sont responsables d'environ 70 % des maladies des plantes cultivées (Francisco Javier Fernandez *et al* 2014,). On estime entre dix mille et quinze mille espèces le nombre d'organismes du type champignons ou pseudo-champignons susceptibles d'infecter les plantes (contre une cinquantaine susceptible d'infecter l'homme).

Les champignons phytopathogènes sont des espèces de champignons parasites qui provoquent des maladies cryptogamiques chez les plantes. Ces champignons appartiennent aux différents groupes du règne des eumycocètes ou « champignons vrais » : ascomycètes, basidiomycètes, chytridiomycètes, zygomycètes et deutéromycètes (champignons imparfaits). Les agents pathogènes responsables de maladies cryptogamiques comprennent aussi des protistes : plasmodiophoramycètes, dont les genres les plus importants sont *Plasmodiophora* et *Spongospora*, et oomycètes, qui comprennent notamment la famille des *Peronosporaceae* (agents des mildious).

L'infection des plantes par un champignon phytopathogène se déroule selon un processus, appelé « cycle de la maladie », dont la complexité varie selon les espèces, mais qui comprend toujours un certain nombre d'étapes obligatoires (inoculation, adhérence, germination, pénétration et invasion).

Les champignons phytopathogènes sont capables d'infecter n'importe quel tissu à n'importe quel stade de croissance de la plante, en suivant un cycle biologique complexe qui peut comporter des stades de reproduction sexuée ou asexuée.

1.2.1 Formes de pathologie

La colonisation de l'hôte par les champignons phytopathogènes (ou par d'autres agents pathogènes) peut se faire selon deux modes principaux :

- a. biotrophe, lorsque l'agent pathogène colonise des tissus vivants,
- b. Nécrotrophe lorsqu'il tue les cellules végétales, à l'aide de toxines, avant de les coloniser.

Une catégorie intermédiaire est celle des hémibiotrophes qui commencent par une phase biotrophe avant de devenir nécrotrophes (*Infection process 2014*) (Helga George, 2014).

Les champignons nécrotrophes admettent généralement une vaste gamme de plantes hôtes tandis que les espèces biotrophes montrent une grande spécialisation souvent à l'égard d'une seule espèce végétale. La plupart des espèces biotrophes sont des parasites obligatoires, avec une phase de survie saprophyte limitée.

1.2.2 Cycle de vie

Lorsque les conditions redeviennent favorables l'infection primaire débute. Le champignon arrive (souvent par le biais de la pluie, du vent, de l'humidité ambiante, d'insectes, ...) sur la plante hôte. Puis s'établit une relation trophique avec l'hôte végétal dont il existe différentes étapes :

- **Première étape** : le développement du champignon se limite à la formation entre la cuticule et l'épiderme d'un strome demeurant extérieur au symplasme. C'est le cas de la tavelure.
- **Second étape** : le champignon développe des suçoirs dans les cellules épidermiques (oïdiums).
- **Troisième étape** : L'hyphe primaire pénètre dans la plante puis établit un rapport trophique avec une première cellule, puis développe des hyphes secondaires qui colonisent progressivement les autres cellules (rouilles, mildiou)
- **Dernière étape**, il existe des champignons nécrotrophes qui sécrètent des toxines et qui colonisent les tissus altérés par ces toxines.

A bout d'un certain temps, lorsque le champignon a atteint un certain degré de développement et accumulé suffisamment de réserve, il entre dans sa phase de dissémination. On voit alors apparaître des sporocystes qui donneront naissance aux conidies.

Les conidies sont disséminées, puis germe, et une nouvelle relation trophique s'installe sur le nouvel hôte. Et ainsi de suite...

1.2.3 Les *Fusarium*

Les *Fusarium* sont des champignons filamenteux imparfaits appartenant à la classe des Deutéromycètes. Les formes parfaites (sexuées) connues appartiennent à la classe des Ascomycètes. Ce genre comprend 50 à 70 espèces, dont plusieurs sont phytopathogènes, provoquant sur les plantes cultivées des maladies regroupées sous le terme de fusarioses.

Les colonies, cotoneuses ou floconneuses, à croissance rapide, sont généralement de couleurs claires : blanche à crème, jaune, brunâtre, rose, rouge, violet ou lilas.

Les conidiophores sont regroupés en sporodochies, formés de phialides plus ou moins allongées produisant des microconidies (1 à 2 cellules), piriformes, fusiformes ou ovoïdes et des macroconidies cloisonnées fusiformes, courbées, pluriseptées (en forme de croissant) avec une cellule basale pédicellée.

Les *Fusarium* sont cosmopolites et ubiquitaires (céréales, plantes, graines, sol, etc.), très communs. Certaines espèces saprophytes sont accessoirement capables de se développer en tant que pathogènes secondaires sur des tissus végétaux sénescents. D'autres espèces sont impliquées dans des allergies de type I, d'autres dans des pathologies graves, notamment chez les individus immunodéprimés et chez les grands brûlés. Elles peuvent produire de nombreuses mycotoxines relativement dangereuses (trichothécènes, toxine T-2, zéaralénone, vomitoxine, déoxynivalénol, fumonisine, etc.).

Les *Fusarium* ont un intérêt vétérinaire important par la production de zéaralénone qui est un anabolisant et un stimulant de croissance animale, en même temps une substance contraceptive.

Les espèces de *Fusarium* sont bien connues pour être des contaminants communs et des pathogènes des plantes (attaque principalement le blé, l'orge et d'autres céréales), elles peuvent aussi causer diverses infections chez l'homme. Elles sont surtout reconnues en tant que productrices puissantes des mycotoxines, parmi les espèces de *Fusarium* produisant des mycotoxine sont *Fusarium graminearum*, *F. avenaceum*, *F. culmorum* et *F. poae*.

1.2.3.1 *Fusarium graminearum*

Cette moisissure est pathogène pour les graminées, plus généralement sur les céréales (maïs, orge, blé ...) comme la fusariose de l'épi du maïs et de la fusariose ou la tavelure du blé. Essentiellement phytopathogène, elle est également capable de croître sur différents supports (fruits et légumes.) , elle cause la pourriture pédonculaire de l'avocat ou la pourriture de la couronne de la banane.

Cette espèce est productrice des mycotoxines : zéaralenone, trichothécènes (nivalenol et deoxynivalenol)

➤ **Systématique**

Forme parfaite : Fungi, Ascomycota, Pezizomycotina, Sordariomycetes, Hypocreomycetidae, Hypocreales, Nectriaceae, *Gibberella zeae*

Forme asexuée : *Fusarium* est le nom de la forme asexuée : Deutéromycètes, Hyphomycètes, Hyphales, Tuberculariacés (Phialosporés, phialides en bouquet).

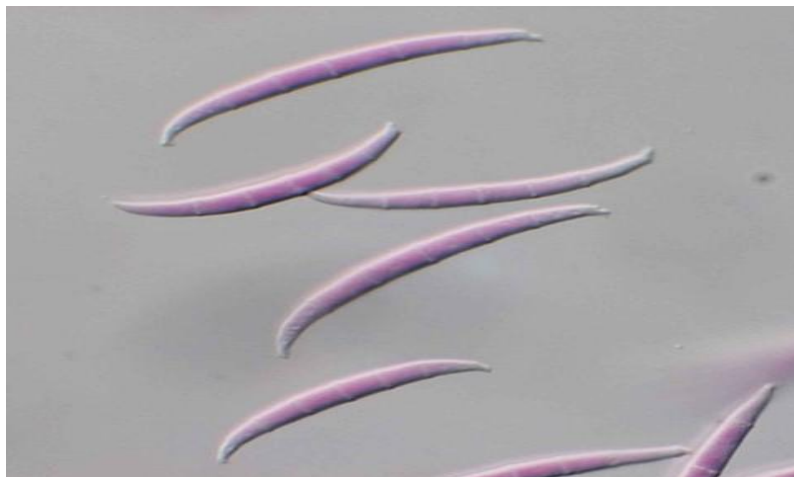


Figure 08 : *Fusarium graminearum*

(<http://fungi.myspecies.info/all-fungi/fusarium-graminearum>)

1.2.3.2 *Fusarium avenaceum*

Ce champignon se trouve dans le monde entier dans les pays tempérés climatiques comme saprophyte dans l'agent pathogène du sol ou de plusieurs plantes : les légumineuses, les œillets, les céréales et beaucoup d'autres plantes.

Isolé chaque année à partir des céréales, des tiges, des racines et des oreilles de seigle, le blé, l'avoine, le triticale, le maïs et les tubercules de pommes de terre

F. avenaceum a été rapporté pour produire divers métabolites secondaires bioactifs, y compris les antibiotiques Y chlamydosporol, aurofusarin, enniatines et les mycotoxines fusarin C, 2-amino-14,16-dimethyloctadecan-3-ol et moniliformine.

➤ **Systématique**

Forme parfaite : La forme sexuée n'est pas connue.

Fungi, Ascomycota, Pezizomycotina, Sordariomycetes, Hypocreomycetidae, Hypocreales, Nectriaceae.

Forme asexuée : *Fusarium* est le nom de la forme asexuée.

Deutéromycètes, Hyphomycètes, Hyphales, Tuberculariacés (Phialosporés, phialides en bouquet)

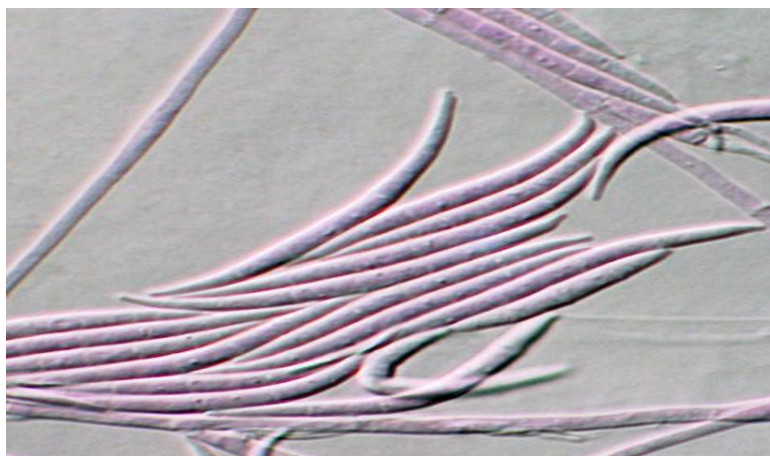


Figure 09 : *Fusarium avenaceum*

(<http://fungi.myspecies.info/all-fungi/fusarium-avenaceum>)

1.2.3.3 *Fusarium culmorum*

Fusarium culmorum est un champignon terricole ubiquitaire capable de provoquer pied et la pourriture des racines et la fusariose sur différentes petites céréales, notamment le blé et l'orge. Il provoque des pertes de rendement et de qualité et des résultats significatifs dans la contamination du grain par des mycotoxines :

Culmorine, fusarine C, trichotécènes type B, zéaralénone

➤ **Systématique**

Forme parfaite : La forme sexuée n'est pas connue.

Fungi, Ascomycota, Pezizomycotina, Sordariomycetes, Hypocreomycetidae, Hypocreales, Nectriaceae

Forme asexuée : *Fusarium* est le nom de la forme asexuée.

Deutéromycètes, Hyphomycètes, Hyphales, Tuberculariacés (Phialosporés, phialides en bouquet)

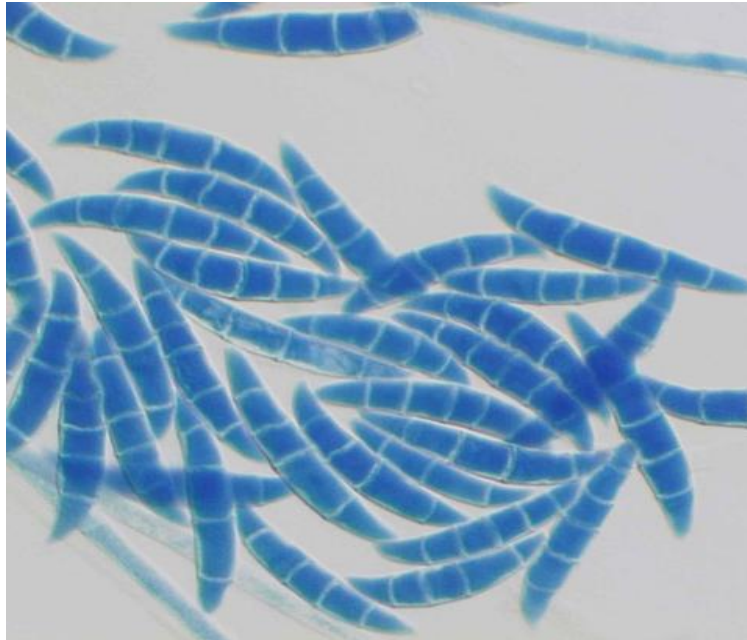


Figure 10: *Fusarium culmorum*

(<http://fungi.myspecies.info/all-fungi/fusarium-culmorum>)

1.2.3.4 *Fusarium poae*

Espèces se produisant dans le monde entier, mais a rencontré principalement dans les zones de climat tempéré. Le plus commun est isolé à partir des graines et de tiges de céréales et autres graminées. Il y a également de temps en temps sur les agrumes, ainsi que le sol saprophyte.

F. poae est un champignon d'une importance de plus en plus reconnue, principalement en raison de sa toxicité évidente armes, attaquer principalement les céréales,

En termes généraux, *F. poae* est un pathogène relativement faible, par rapport à *F. graminearum* et *F. culmorum*, mais il produit un grand nombre de mycotoxines, y compris les trichothécènes de type A et B, beauvericine et enniatines.

Systematique

Forme parfaite : La forme sexuée n'est pas connue.

Fungi, Ascomycota, Pezizomycotina, Sordariomycetes, Hypocreomycetidae, Hypocreales, Nectriaceae

Forme asexuée : *Fusarium* est le nom de la forme asexuée.

Deutéromycètes, Hyphomycètes, Hyphales, Tuberculariacés (Phialosporés, phialides en bouquet)



Figure 11 : *Fusarium poae* (Renaud Ioos, ANSES)

1.2.4 Fusariose

La fusariose est un terme générique qui désigne, de fait, un groupe de maladies cryptogamiques, causées par une grande diversité de champignons du genre *Fusarium*. Ce nom est en lien direct avec la forme en fuseau, *fusus* en latin, des spores de ces microorganismes. La maladie des plantes concernées révèle une gravité variable selon les espèces.

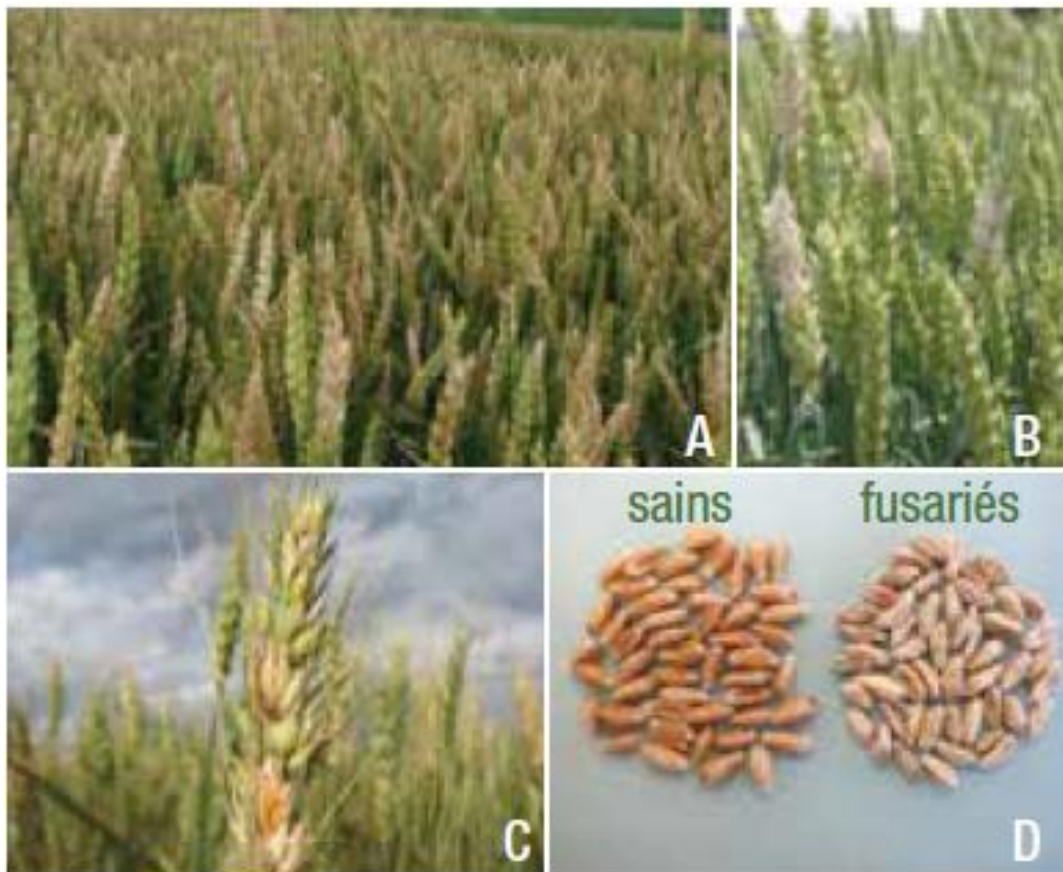


Figure 12 : La fusariose de l'épi : A et B – décoloration au champ des épillets de blé; C – spore clusters du pathogène sur des glumes infectées (rose); D – grains fusariés (à droite), paraissant ratatinés et blanchâtres par rapport aux grains sains.

(<http://www.agr.gc.ca/fra/a-propos-de-nous/bureaux-et-emplacements/centre-de-la-lutte-antiparasitaire/publications-et-bulletin/serie-de-fiches-d-information-sur-la-protection-durable-des-cultures/contenu-archiver-nouveau-biofungicide-contre-la-fusariose-de-l-epi-du-ble/?id=1376433116809>)

Le champignon (*Fusarium*) hiberne sur les résidus infestés de cultures (tiges de maïs, paille de blé, et d'autres plantes hôtes)

Sur les résidus infestés, le champignon produit des spores asexuées (de macroconidies) qui sont dispersées aux plantes et autres débris végétaux par les éclaboussures de pluie ou de vent. Lorsque les conditions sont chaudes et humides, la scène sexuelle du champignon se développe sur les débris végétaux infestés. La décharge de force spores sexuelles (ascospores) dans l'air, Les ascospores sont captés par le vent turbulent et peuvent parcourir de grandes distances dans l'air.

L'infection se produit lorsque les ascospores (et aussi macroconidies) des terres sur les têtes de blé sensibles. Anthères extrudés pendant anthèse de blé (floraison) sont pensés pour être le site de l'infection primaire. Si les anthères sont infectées juste après leur émergence, le champignon colonise et tuer les fleurettes et les grains ne se développera pas. Fleurons qui sont infectés plus tard produira des noyaux malades qui sont ratatinés et fanées, ou "pierre tombale" en apparence.

Les graines qui sont colonisés par le pathogène au cours du développement du noyau fin ne peuvent pas apparaître d'être affectés, mais peuvent encore être contaminés par la mycotoxine.

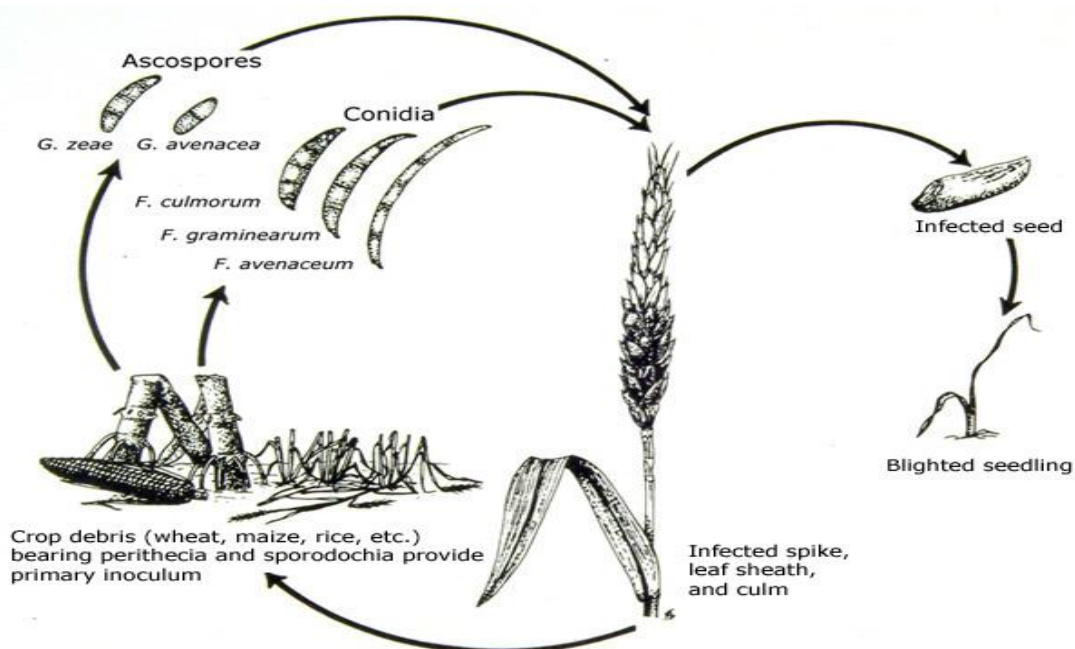


Figure 13 : Fusariose – Cycle de la maladie

(<http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/Fusarium.asp>)

1. Définition de l'antifongique

Les substances antifongiques sont actuellement utilisées dans trois domaines principaux : en thérapeutique humaine et vétérinaire (antifongiques systémiques ou topiques), dans l'industrie alimentaire (conservateurs) et en alimentation animale, pour la prévention et le traitement des atteintes fongiques des plantes, du bois de construction ou d'autres matériaux.

Ces substances antifongiques ont deux origines : ce sont soit des produits du métabolisme secondaire de divers microorganismes, soit des produits chimiques de synthèse.

Les antifongiques d'origine microbiologique utilisés actuellement en clinique sont essentiellement de structure polyénique, notamment l'amphotéricine B et la nystatine (Bastide *et al.* 1986).

2. Classification des antifongiques selon l'origine et la structure

Malgré la recherche permanente de nouvelles cibles cellulaires, l'arsenal thérapeutique disponible pour lutter contre les infections fongiques est relativement limité puisque seules quatre classes de molécules, ciblant trois voies métaboliques distinctes, sont utilisées aujourd'hui en clinique : les fluoropyrimidines, les polyènes, les dérivés azolés et les échinocandines (Vandeputte, 2008).

2.1. Antifongiques de synthèse chimique

A. Les azolés

Les dérivés azolés sont les antifongiques les plus utilisés en clinique. Pour cette raison, ils sont les plus étudiés par la communauté scientifique, aussi bien au niveau de leurs propriétés pharmacologiques et de leur mode d'action, que des stratégies de défense adoptées par les micro-organismes.

Les dérivés azolés sont des molécules cycliques organiques, qui peuvent être divisées en deux groupes, les imidazoles, contenant deux atomes d'azote dans le cycle azolé, et les triazolés, contenant trois atomes d'azote (Vandeputte, 2008).

B. Les fluoropyrimidines

Les fluoropyrimidines, dont les seuls représentants actuellement utilisés chez l'homme sont la 5-fluorocytosine (5-FC) et le 5-fluorouracile (5-FU). Ce sont des molécules de synthèse, analogues structuraux d'un nucléotide entrant dans la composition des acides nucléiques, la cytosine (Vandeputte, 2008).

2.2. Antifongiques naturels

A. Les polyènes

Les polyènes sont des macrolides, molécules organiques cycliques amphotères. La plupart sont constitués d'un cycle macrolactone de 20 à 40 atomes de carbone sur lequel est branché un groupement D-mycosamine. Leur caractère amphotère est lié au regroupement de plusieurs doubles liaisons conjuguées (d'où leur nom de "polyène") sur une face du cycle macrolactone, qui est donc hydrophobe, et de groupements hydroxyles sur l'autre face, qui est hydrophile (Vandeputte, 2008).

Plus de 200 molécules appartenant à la classe chimique des polyènes, pour la plupart isolées chez des bactéries du genre *Streptomyces*, ont une activité antifongique. Cependant, seules trois molécules ont une toxicité suffisamment limitée pour permettre leur utilisation en clinique : l'amphotéricine B, la nystatine et la natamycine (figure 3) (Vandeputte, 2008).

Les antifongiques de structure polyénique, actifs essentiellement contre les champignons, et par opposition, les antifongiques de structure non polyénique pouvant être souvent antibactériens (Berdy *et al.* 1987).

Bien que les polyènes puissent être synthétisés chimiquement, ils sont encore produits aujourd'hui, pour des raisons économiques, à partir de cultures de *Streptomyces* spp. (Vandeputte, 2008).

B. Les échinocandines

Parmi les échinocandines, on peut citer la caspofungine. Cette substance est issue d'un produit de fermentation de *Glarea lozoyensis*. Cette molécule est le premier d'une

nouvelles classe d'antifongiques : les inhibiteurs de la synthèse du β -(1,3) D-glucan, composant essentiel à la paroi cellulaire de plusieurs champignons pathogènes (Carle *et al.* 2003).

Trois molécules sont actuellement disponibles ou en cours de développement : lacasposfungine, anidulafungine et micafungine (Rautemaa *et al.* 2008).

C. Les antifongiques non polyéniques

Les réactions secondaires et une certaine toxicité liée à la structure polyénique des antifongiques ont conduit à la recherche de nouveaux antibiotiques avec en priorité la production de dérivés de structure non polyénique (Benallaoua *et al.* 1990).

Les antifongiques non polyéniques ont des structures assez variées. Ils sont moins importants en thérapie que les polyènes sauf pour quelques uns comme les aminoglycosides (kasugamycine), les quinones (anthracyclines), les hétérocycles azolés (blasticidine), les aromatiques (griséofulvine), les composés alicycliques (cycloheximide). Leur utilisation dans l'industrie alimentaire et dans l'agriculture est parfois courante (Zitouni, 1995).

Les antifongiques de structure non-polyénique sont surtout représentés par la griséofulvine, active sur les dermatophytes. D'autres substances non-polyéniques, telles que le cycloheximide, l'azalomycine F ou la saramycétine n'ont que des applications limitées (Rudzit 1978), (Bastide *et al.* 1986).

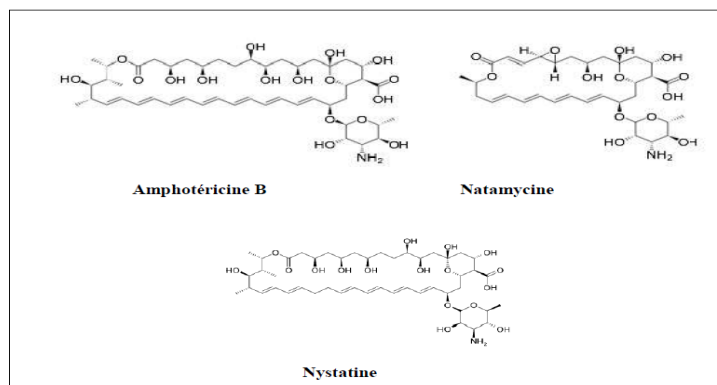


Figure 14 : structure chimique des trois antifongiques polyéniques majeurs (Vandeputte, 2008)

3. Mode d'action des antifongiques

Les différents modes d'action sont résumés dans le tableau ci-après.

| structure | Mode d'action | Exemple |
|--------------------|--|---|
| Polyènes | Rupture de la membrane | |
| Azols | Inhibition de la synthèse de l'ergostérol | Imidazoles, ketonazole, Triazoles, fluconazoles, Itraconazole |
| Allylamines | Inhibition de la synthèse de l'ergostérol | Terbinafine, butenafine |
| Pyradone | Rupture de la membrane et de la paroi | Ciclipirox olamine |
| Morpholine | Inhibition de la synthèse de l'ergostérol | Amorolfine |
| Pyrimidine fluorée | Inhibition de la synthèse de thymidylate | Flucytosine |
| Echinocandine | Inhibition de la synthèse du glucane | Caspofungine, Anidulafungine |
| autres | Anti-mitotique, rupture du fuseau cellulaire | Griséofulvine |

Tableau 01 : Classification des antifongiques selon la cible (Geursen *et al.* 2008)

Matériels et méthodes

Matériels et méthodes

I. Matériels

I.1. Présentation du site de prélèvement et la récolte de l'algue

L'échantillonnage a été effectué pendant le mois de Mars 2016. L'algue marine rouge *Asparagopsis armata* est récoltée à une profondeur d'environ 50 cm de la surface d'eau de mer de la plage Salamandre. Située sur le littoral de la ville de Mostaganem (Mostaganem, 09°02'50" longitude Ouest et 32°44'42" l'altitude nord). La plage de Salamandre a été choisie pour son accessibilité et sa proximité de la ville ainsi que la présence de l'espèce étudiée

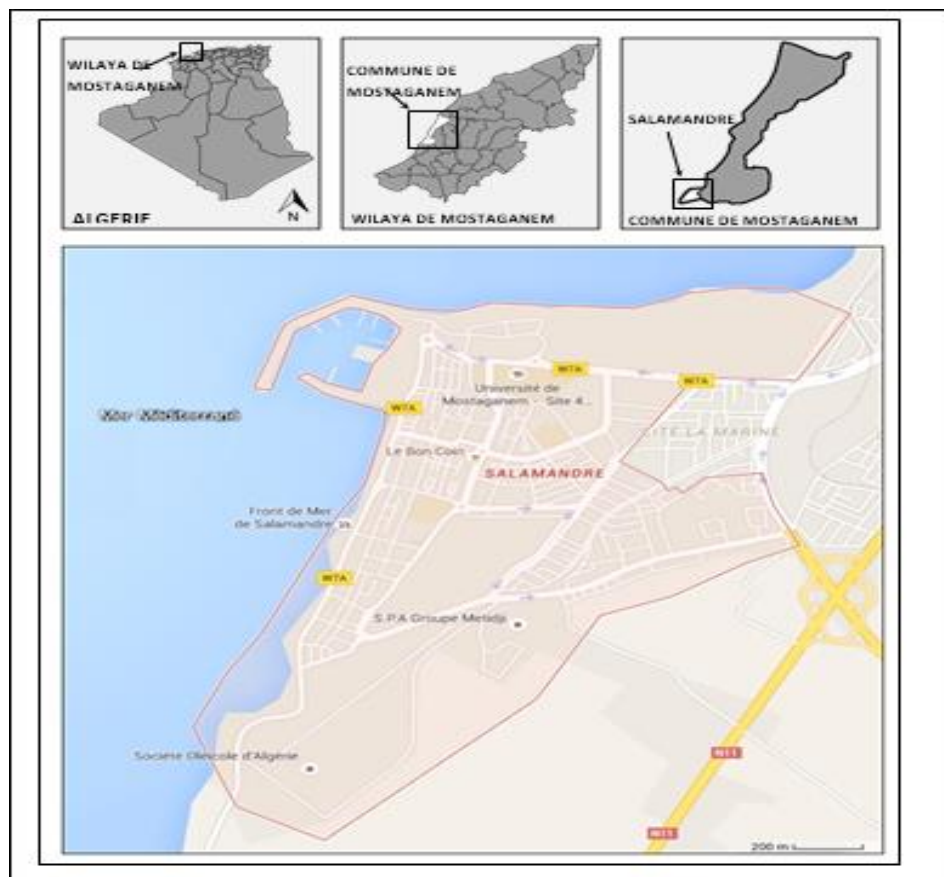


Figure 15 : Localisation géographique du site d'échantillonnage d'*Asparagopsis armata*.

(Source : Google maps ,2016).

Matériels et méthodes

Après la récolte, les algues sont lavées plusieurs fois à l'eau de mer sur place afin d'éliminer tout corps étranger qui pourrait influencer l'évaluation des activités biologiques. Les échantillons d'algue sont séchés à température ambiante et à l'abri de la lumière puis broyer en poudre moyennement fine à l'aide d'un mixeur qui sera stockée dans un flacon en verre.



Figure 16 : photos *A. armata* récolte. **Figure 17** : L'algue *A. armata* broyée

I.2 Souches fongiques testées :

Le choix des souches fongiques utilisées dans ce test biologique a été dicté par la disponibilité de la souche à l'état pure au laboratoire, on a pris cinq souches fongiques mycotoxigènes, appartenant au genre *Fusarium* (*Fusarium poae*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium culuorum* N, *Fusarium culuorum*, *Fusarium avenaceum*) et une espèce de levure pathogène de genre *Candida* (*Candida albicans* CIP444)

Bien que les souches microbiennes fournies soient déjà identifiées (des souches de référence)

Matériels et méthodes

I.3 Matériels chimiques

Le méthanol est utilisé comme témoin positif et ce dans le but d'évaluer l'efficacité des extraits de l'algue rouge.

Le méthanol est le solvant utilisé pour la préparation des extraits de l'algue rouge

Le milieu PDA (potatoes Dextrose Agar) et sabouraud et MH sont utilisés pour la croissance des champignons testés, voir sa composition dans l'annexe.

II. Méthodes

II.1 Préparation de la solution de l'antifongique (la nystatine) :

Nous avons préparé deux dilutions 2.5 g/l et 1.25 g/l à partir d'une solution mère de cet antifongique d'une concentration 10g/l.

II.2 La pré-culture des champignons :

On a déposé des disques de gélose PDA contenant du mycélium de *Fusarium* au centre des boîtes de milieu PDA vierge, l'incubation a été faite à 25 °C durant 5 à 6 jours.

Nous avons réalisé plusieurs repiquages successifs de nos souches jusqu'à l'obtention des cultures pures.

II.3 Préparation de l'inoculum de *condida* :

L'inoculum est préparé à partir d'une culture de 48 heures, cultivée sur milieu sabouraud et incubée à 37 °C, en mettant quelques colonies de cette levure en suspension dans une solution saline (0.9% de NaCl) pour avoir un inoculum d'une densité équivalente au standard McFarland 0.1

Matériels et méthodes

II.4 Préparation de l'extrait de l'algue rouge *Asparagopsis armata*

20 g de cette poudre ont introduits dans des flacons en verre contenant 150 ml de Méthanol. Après 24 heures de macération à température ambiante et sous agitation (250 rpm) le Contenu des flacons est filtré à l'aide du papier Wattman N°1.

Les filtrats ainsi obtenus Sont évaporé à sec sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif réglé à 40°C.



Figure 18 : l'évaporateur rotatif et le ballon évaporé

Les résidus se sont récupérés dans du méthanol pour une concentration finale de 400 g/l. Pour déterminer la quantité de l'extrait sec le ballon était pesé vide (120.574g) et après extraction (125.073g), L'extrait d'algue est conservés à 4°C, dans des tubes en verre hermétiquement fermés.

Le rendement d'extraction est calculé selon la formule suivante :

$$R (\%) = (M / M0) \times 100$$

R : Rendement exprimé en %

M : Masse en gramme du résidu sec résultant

M0 : Masse en gramme du matériel végétal à traiter (20 g).

Matériels et méthodes

II.5 Activité antifongique de l'extrait méthanolique d'algue rouge *Asparagopsis armata* :

II .5.1 Pour les souches fongiques de genre *Fusarium* : méthode des disques

Une série de dilution de l'extrait d'algue a été préparée dans du méthanol pour une gamme de concentrations comprises entre 12.5 et 400 mg/ml.

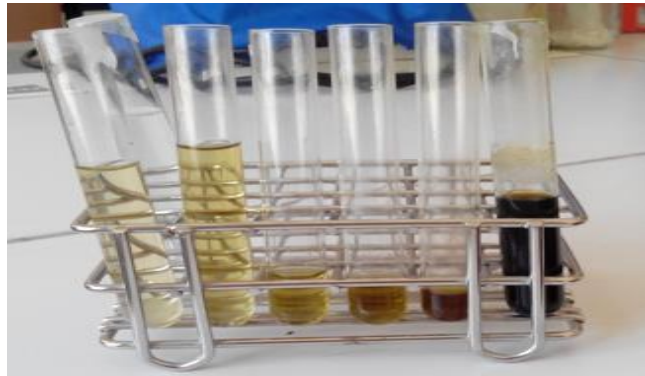


Figure 19 : les dilutions de l'extrait d'algue (12.2, 25, 50, 100, 200, 400mg/ml.)

Le milieu de culture PDA est coulé dans des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre et après solidification de la gélose, 200 µl de chaque dilution d'extrait algal ou de méthanol pur sont déposés au centre de la boîte puis étalés soigneusement par écouvillonnage.

Un disque de mycélium de chaque espèce de *Fusarium* prélevé préalablement à partir d'une culture de 7 jours est déposé au centre de la surface de la boîte de pétri. Les boîtes de pétri sont incubées pendant 5 jours à 25°C. L'inhibition de la croissance du champignon se traduit par l'apparition d'une zone visible à l'œil nu et dont on peut déterminer le diamètre à l'aide d'un pied à coulisse. L'effet sur les champignons est évalué par le calcul du taux d'inhibition suivant la formule utilisée par Leroux et Credet (1978) et Benmeddour tarek *etal.* (2015) comme suite

$$I\% = [(NT - NE)/NT] \times 100$$

I%: Taux d'inhibition de la croissance (%) ;

NT : diamètre (mm) du témoin ;

NE : diamètre de colonies fongiques en présence de l'extrait.

Matériels et méthodes

➤ L'antifongique la nystatine (témoin positif) :

Sur le milieu de culture PDA et à l'aide d'un écouvillon stérile nous avons étalé un volume avec une concentration de 10g/l et 1.25g/l et 2.5 g/l de l'antifongique.

Puis, nous avons déposé au centre de la boîte de Pétri un disque de 6mm de l'inoculum prélevé d'une culture fongique de 5 jours (*Fusarium poae*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium culuorum*, *Fusarium culuorum*, *Fusarium avenaceum*), Le témoin est fait par le DMSO et l'ensemble des boîtes incubées pendant 5 jours à 25°C.

La croissance du mycélium est suivie pendant les 5 jours et les cultures finales sont observées dans le cinquième jour pour noter l'action d'antifongique en comparant la croissance avec le traitement par l'extrait méthanolique d'algue

- **Pour l'espèce *condida albicans* : méthodes des puits**

L'activité antifongique a été déterminée en utilisant la méthode de diffusion sur agar. , des puits de 6 mm de diamètre ont été percés dans l'agar sabouraud et un volume bien déterminé de levure a été déposé sur la surface du milieu Sabouraud, à l'aide d'un écouvillon stérile (0.1 ml contient 10⁸ cellules/ml). Puis les puits sont rempli de 50 µl de l'extrait méthanolique d'algue *Asparagopsis armata* (différentes concentration 400 ; 200 ; 100 ; 50 ; 25 ; 12,5g/l).

Les boîtes de pétri ont été incubées pendant 48 heures à 37°C. L'activité antifongique a été déterminée par la mesure des zones d'inhibition. Toutes les expériences ont été effectuées deux fois.

➤ L'antifongique la nystatine (témoin positif) :

Sur le milieu de culture sabouraud on a percé des puits de 6 mm de diamètre et à l'aide d'un écouvillon stérile nous avons étalé un volume de levure d'une densité équivalente au standard McFarland 0.1 .Puis les puits sont rempli par la solution d'antifongique d'une concentration de 10g/l .les boîtes incubées pendant 48h à 37°C.

La croissance zones d'inhibition mesurée noté pour déterminer l'action d'antifongique en comparant l'inhibition avec le traitement par l'extrait méthanolique d'algue.

Matériels et méthodes

II.6 Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'extrait méthanolique d'algue rouge *Asparagopsis armata* :

II.6.1 La concentration minimale inhibitrice (CMI) pour les souches du genre *Fusarium*:

Pour déterminer la CMI de l'extrait méthanolique d'algue rouge *Asparagopsis armata* on met une nappe par écouvillonnage de volume 200µL des dilutions suivants (100g/l, 200g/l, 400g/l) de l'extrait algal. Ensuite nous avons déposé Un disque de mycélium de chaque espèce de *Fusarium* à diamètre 6 mm d'une culture de 5 jours au center de la boîte Pétri, La méthode se fait pour chaque souche fongique testés (*Fusarium poae*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium culuorum* N, *Fusarium culuorum*, *Fusarium avenaceum*) et le méthanol pure est utilisé comme témoin négatif.

L'ensemble des boîtes est incubé pendant 4 jours, les cultures finales sont observées dans le cinquième jour et les mesures des zones de croissances se fait à l'aide d'un pied à coulisse d'un affichage digital (Triki et al ; 2012).

II.6.2 La concentration minimale inhibitrice (CMI) pour la souche *condida* :

❖ Sur milieu liquide :

Pour déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'extrait méthanolique d'algue rouge *Asparagopsis armata*, la macro méthode de dilution en milieu liquide est utilisée. Ainsi, 200 µl de concentrations de l'extrait méthanolique allant de 5mg/ml à 150g /l a été préparée dans des tubes à essai contenant préalablement 9 ml de bouillon Milleur Hinton stérile. Chaque tube estensemencé avec 100µl d'un inoculum de 24 heures. Deux autres tubes, dont l'une, sans extrait, servant de témoin de croissance et l'autre sans germe, de témoin de stérilité, sont préparés. La CMI, Elle correspond à la concentration du premier tube dans lequel il y a absence de croissance visible du germe testé à l'œil nue.

❖ Sur milieu solide

Des puits de 6 mm de diamètre ont été percés dans l'agar et à l'aide d'un écouvillon stérile un volume bien déterminé de levure a été ensemencer sur la surface du milieu MH, Puis rempli les puits de 50 µl de l'extrait méthanolique d'algue *Asparagopsis armata* (différentes

Matériels et méthodes

concentration 5,10, 20, 30, 40,50mg/ml.). Après une incubation de 24 heures à 37 °C, la CMI elle correspond à la concentration de la première boîte le quel il y a une zone d'inhibition mesuré à l'aide d'un pied à coulisse.

Résultats et discussion

Résultats et Discussion

Résultats

L'activité inhibitrice d'extraits méthanolique d'algue rouge *Asparagopsis armata* sur la croissance des cinq souches de moisissures pathogènes *Fusarium poae*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culuorum*, *Fusarium culuorum N*, et une levure *Candida albicans* a été étudiées

1. Effet du solvant d'extraction :

Le rendement de l'extrait exprimé en pourcentage (%) a été égale à **22.49%**

Qui nous permet de dire que rendement d'extraction obtenu avec le méthanol est élevé

2. l'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge *Asparagopsis armata* sur les espèces testé de genre *Fusarium*:

Nous avons déterminé l'activité antifongique de l'extrait d'*Asparagopsis armata* par rapport la nystatine et les résultats ainsi trouvé sont regroupés dans le tableau (01) et :

D'après tableau (01) : toutes les souches de moisissures pathogènes (*Fusarium poae*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culuorum*, *Fusarium culuorum N*) qui ont été testés, sont fortement inhibées par l'extrait méthanolique d'*Asparagopsis armata*. Des zones de croissance d'un diamètre compris entre 15 et 50 mm ont été observées (Figure 06). Le diamètre d'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration d'extrait. Le méthanol pur n'a aucun effet antifongique sur les espèces testées.

Résultats et Discussion

| Les diamètres des zones de croissances champignons | | |
|--|--|---------------------------|
| | L'effet de l'extrait méthanolique d' <i>Asparagopsis armata</i> | L'effet de la nystatine |
| <i>Fusarium poae</i> | 70.81±0.35 ^T | 70.77±1.77 ^T |
| | 68.5±0.84 ^a | 25.51±0.16 [*] |
| | 62.29±0.30 ^b | 39.14±1.05 ^{**} |
| | 57.1±0.88 ^c | 55.36±0.14 ^{***} |
| | 53.21±0.38 ^d | |
| | 40.09±0.29 ^e | |
| <i>Fusarium culmorum</i> | 15.01±2.51 ^f | |
| | 64.85±0.92 ^T | 64.66±0.64 ^T |
| | 63.12±0.24 ^a | 20.03±0.4 [*] |
| | 55.22±1.07 ^b | 44.6±0.88 ^{**} |
| | 51.9±0.85 ^c | 49.81±1.64 ^{***} |
| | 44.92±0.31 ^d | |
| <i>Fusarium graminearum</i> | 38.8±1.29 ^e | |
| | 6 ^f | |
| | 71.98±1.84 ^T | 72.43±0.75 ^T |
| | 61.64±0.13 | 19.47±0.87 [*] |
| | 58.83±0.14 ^b | 25.36±0.8 ^{**} |
| | 41.89±1.37 ^c | 46.36±1.4 ^{***} |
| <i>Fusarium culmorum N</i> | 41.01±0.03 | |
| | 38.01±0.34 ^e | |
| | 6 ^f | |
| | 85.88±0.79 ^T | 83.52±1.2 ^T |
| | 71.3±1.57 ^a | 18.34±1.23 [*] |
| | 69.9±1.23 ^b | 45.73±1.2 ^{**} |
| <i>Fusarium avenaceum</i> | 69.42±0.92 ^c | 57.46±0.07 ^{***} |
| | 68.89±0.21 ^d | |
| | 56.9±0.24 ^e | |
| | 42.0.482±0.48 ^f | |
| | 60.43±0.1 ^T | 60.71±2.57 ^T |
| | 57.65±1.16 ^a | 7.71±2.24 [*] |
| <i>Fusarium avenaceum</i> | 54.5±2.57 ^b | 31.7±0.8 ^{**} |
| | 41.8±0.42 ^c | 37.71±0.44 ^{***} |
| | 24.44±0.23 ^d | |
| | 6 ^e | |
| | 6 ^f | |

T : témoin a : 12.5g/l b : 25 g/l c : 50 g/l d : 100 g/l e : 200 g/l

f : 400 g/l * : 10 g/l ** : 2.5 g/l *** : 1.25 g/l .

Tableau 03 : Résultats de l'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge *A. armata* et la nystatine sur la croissance de quelques souches de genre *Fusarium*.

Résultats et Discussion

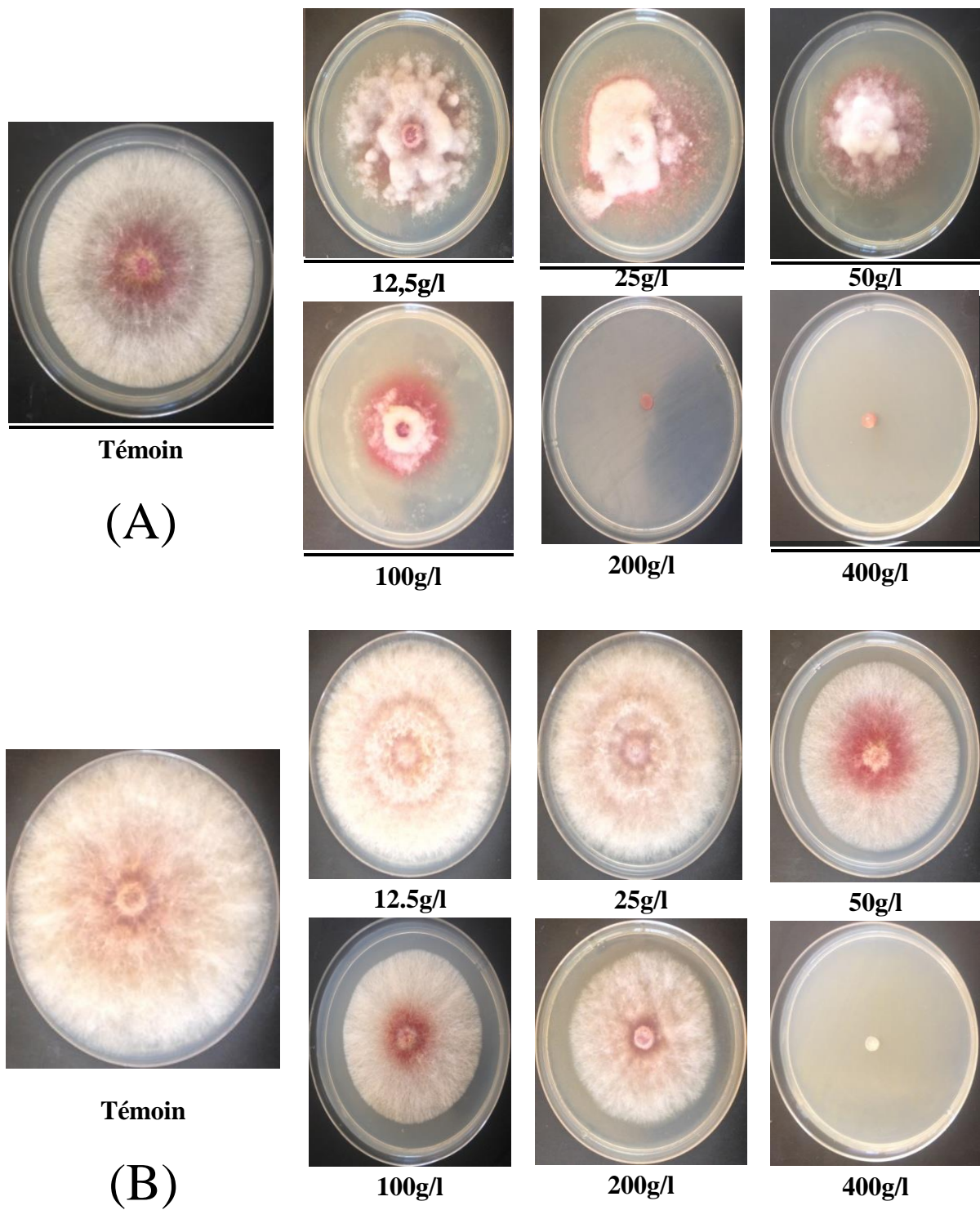


Figure 20 : l'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge *A.armata* sur la croissance (A) *Fusarium_avenaceum*. (B) *Fusarium graminearum*

Résultats et Discussion

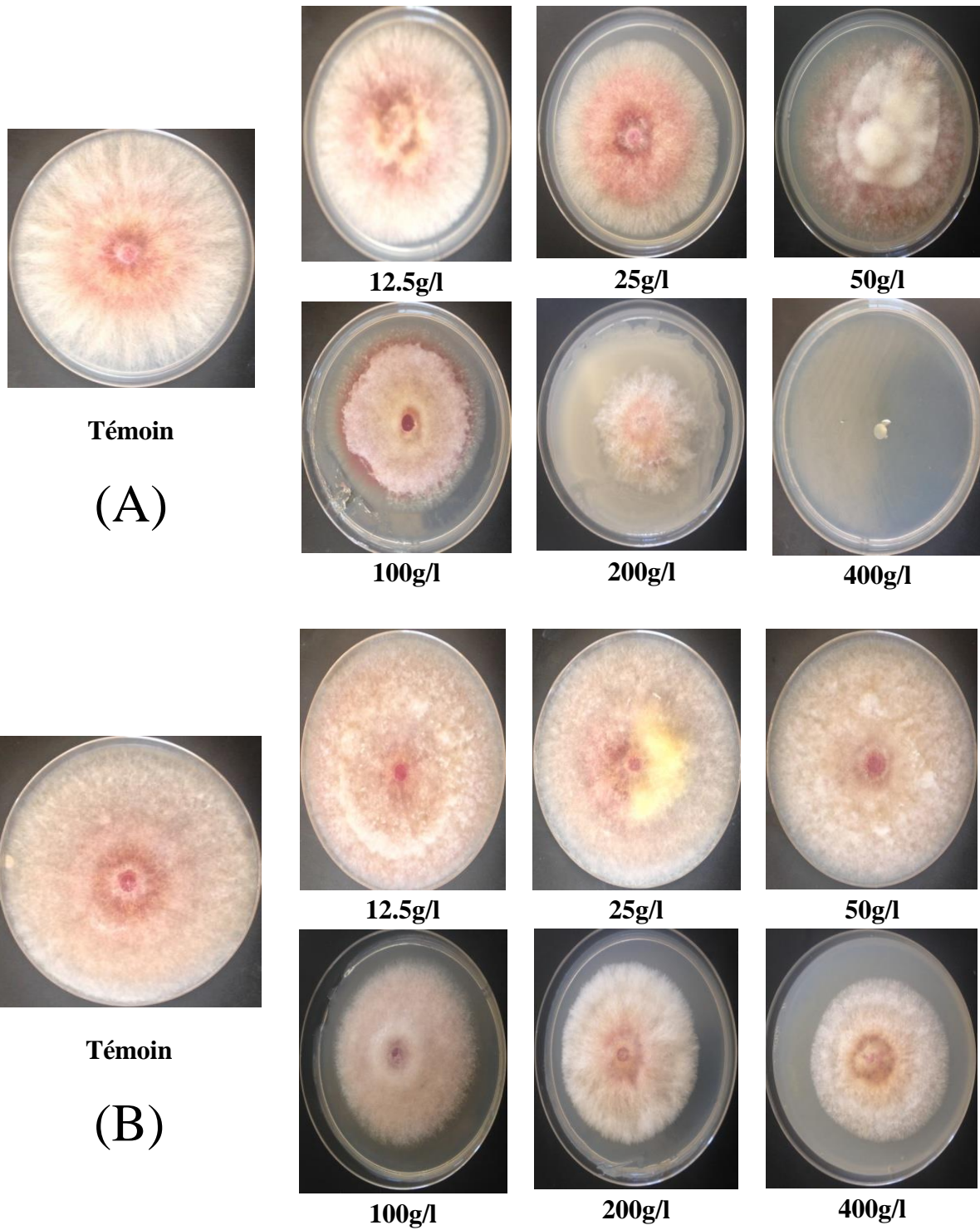


Figure 21 : l'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge *A.armata* sur la croissance
(A) *Fusarium culmorum* (B) *Fusarium culmorum*.

Résultats et Discussion

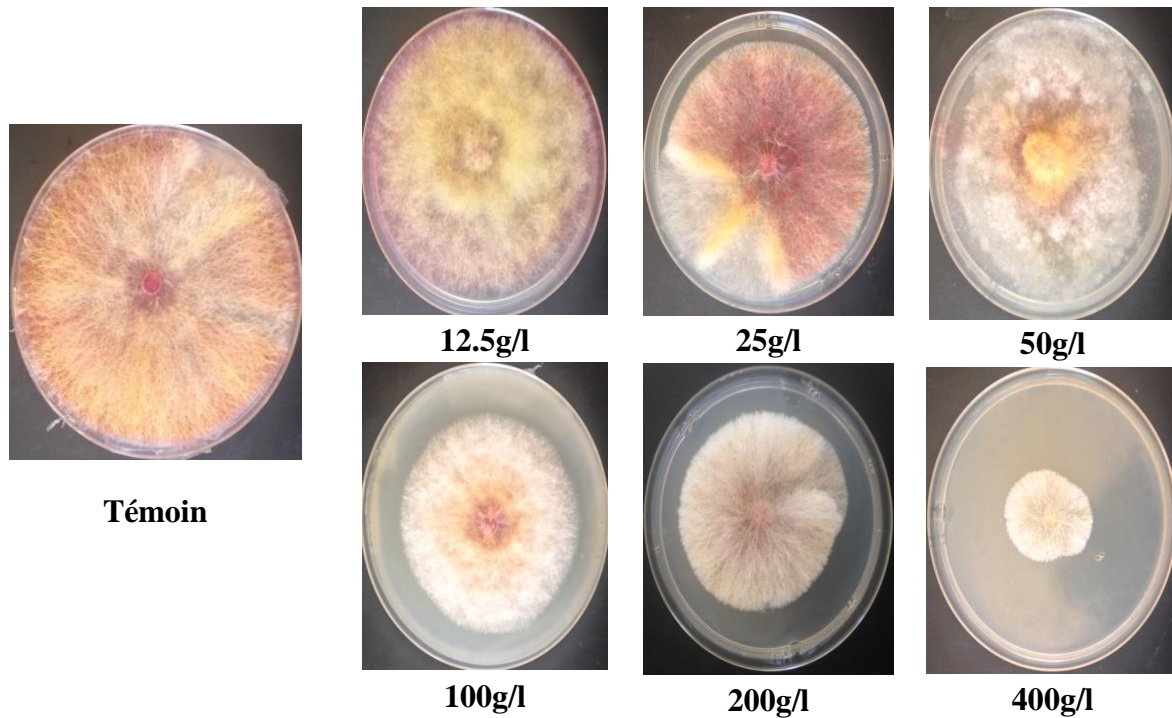


Figure 22 : L'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge sur la croissance de *Fusarium poae*

2.1 Les taux d'inhibitions de la croissance des souches de genre *Fusarium* par les différentes concentrations testées :

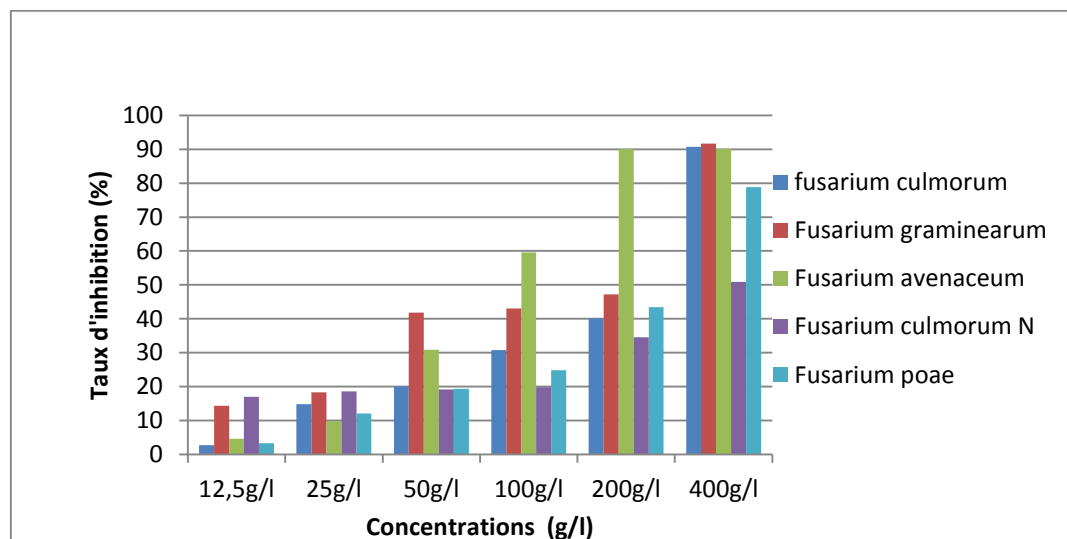


Figure 23 : Taux d'inhibition de la croissance des souches fongique par les différentes concentrations de l'extrait méthanolique.

Résultats et Discussion

D'après le tableau (3) et les Figure (20.21.22), *Fusarium avenaceum* à présenter une très forte sensibilité vis-à-vis de l'extrait méthanolique où on observe pour la concentration 200g/l et 400g/l une inhibition totale. Une inhibition total ainsi observer chez les deux souches *Fusarium gramineum* et *Fusarium culmorum* mais seulement pour la concentration de 400g/l

On remarque que les souches *Fusarium culmorum N* et *Fusarium poae* sont plus au moins résistantes par rapport aux *Fusarium avenaceum* *Fusarium gramineum* et *Fusarium culmorum* meme a concentration de 400g/l de l'extrait méthanolique ou on a observé clairement la croissance mycélienne

D'après l'histogramme, Le pouvoir antifongique de l'extrait méthanolique augmente avec l'augmentation de la concentration de l'extrait pour les cinq souches testé. A 400g/l de l'extrait méthanolique on observe nu taux d'inhibition d'environ 90% sur la croissance mycélienne ; tandis que les concentrations 50g/l et 100g/l et 200g/l provoque des taux d'inhibition d'environ 40% jusqu'à 70% sur la croissance mycélienne et la concentration 200g/l provoque un taux d'inhibition environ 90% pour l'espèce *fusarium avenaceum*.

Un taux d'inhibition relativement faible environ 20% pour les concentrations 12.5g/l, 25g/.

L'histogramme nous permets de classé les souches testé par leur sensibilité à l'ordre suivant : *Fusarium avenaceum*, *Fusarium gramineum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium poae* et *Fusarium culmorum N*.

Résultats et Discussion

2.2 Effet de la nystatine sur la croissance des souches fongiques testées :

L'antifongique testé dans notre travail a également un effet inhibiteur sur la croissance Fongique des souches testées (souche de genre *Fusarium*)

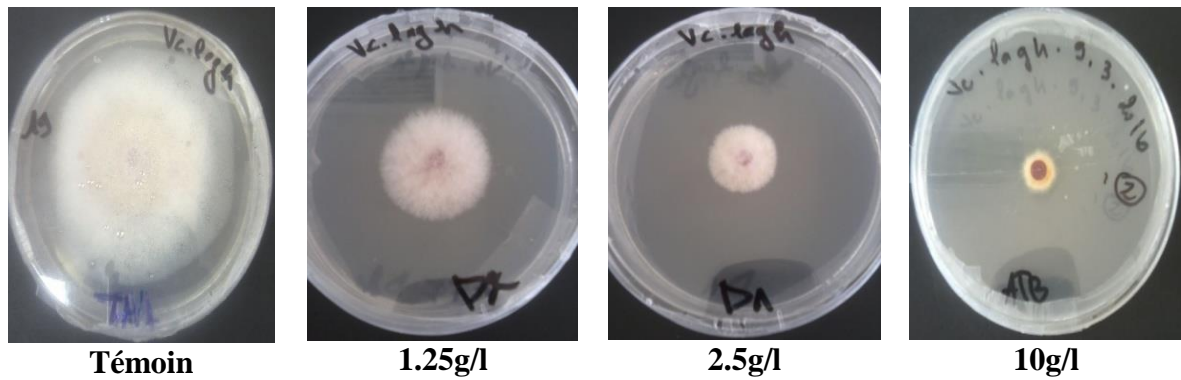


Figure 24 : Effet de la nystatine sur la croissance du *Fusarium avenaceum*

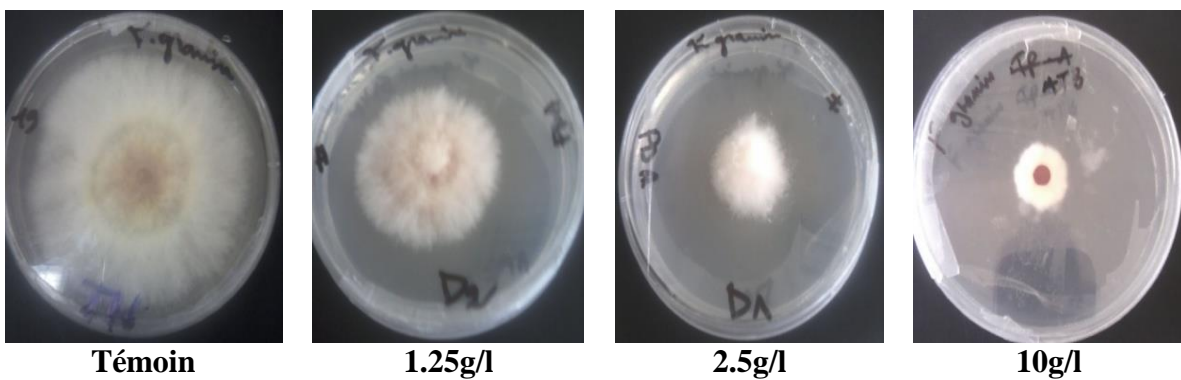


Figure 25 : Effet de la nystatine sur la croissance du *Fusarium graminearum*

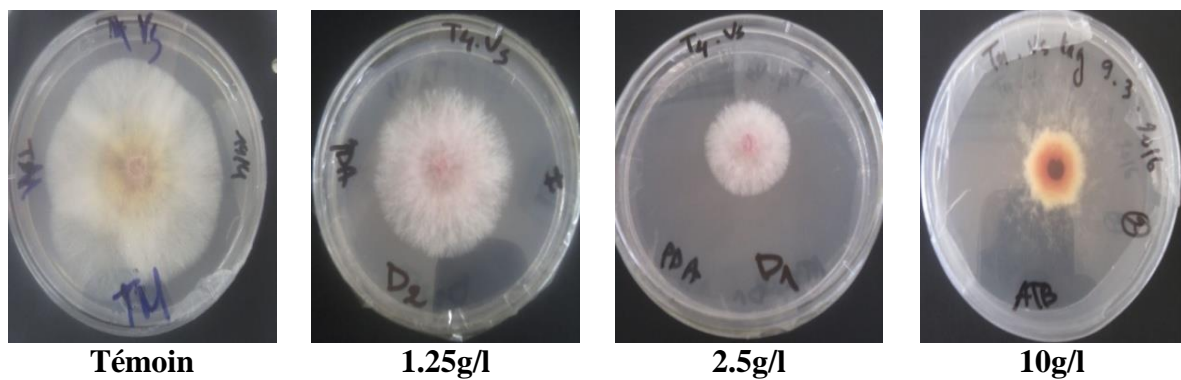


Figure 26 : Effet de la nystatine sur la croissance du *Fusarium culmorum*

Résultats et Discussion

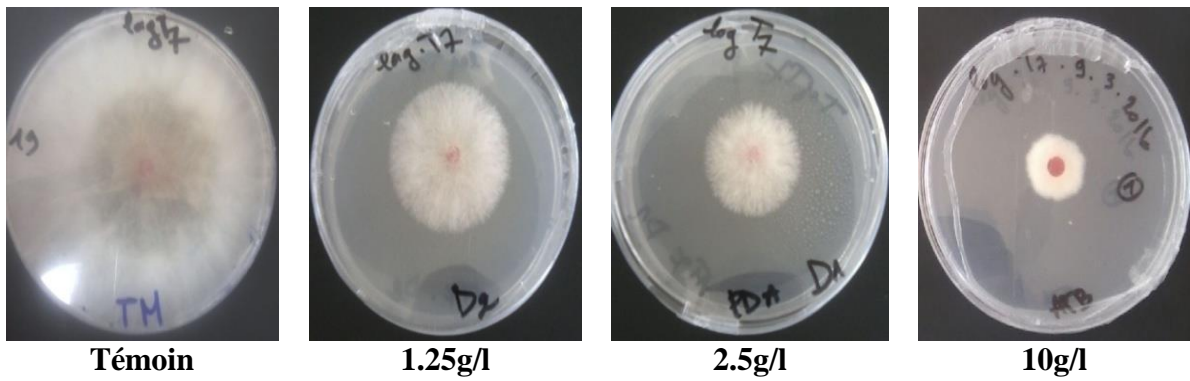


Figure 27 : Effet de la nystatine sur la croissance du *Fusarium culumorum N*

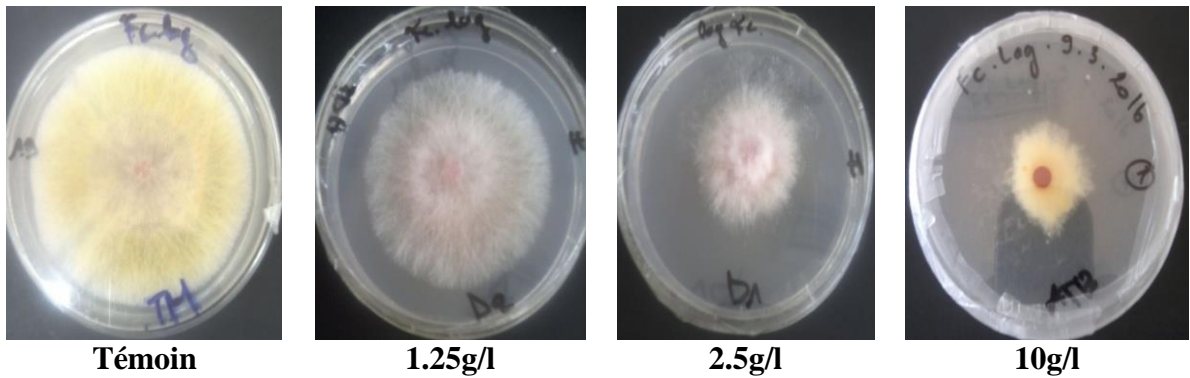


Figure 28 : Effet de la nystatine sur la croissance du *Fusarium poae*

Résultats et Discussion

3. l'effet de l'extrait méthanolique sur la levure du genre *Candida albicans* :

D'après tableau (04) : la souche d'une levure pathogène (*Candida albicans*) a fortement inhibées par l'extrait méthanolique d'*Asparagopsis armata*. Des zones d'inhibition d'un diamètre compris entre 19 à 49 mm ont été observées (Figure 29). Le diamètre d'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration d'extrait. Le méthanol pur n'a aucun effet antifongique sur les espèces testées.

| Les diamètres des zones d'inhibition | | |
|--------------------------------------|---|-------------------------|
| | L'effet de l'extrait méthanolique d' <i>Asparagopsis armata</i> | L'effet de la nystatine |
| Candida albicans | 6 ^T | 6 ^T |
| | 6 ^a | 27.54±0.66 ^d |
| | 19.96±0.11 ^b | 26.5±0.71 [*] |
| | 25.47±0.45 ^c | |
| | 45.08±2.29 ^e | |
| | 49.4±0.5 ^f | |

Tableau 04 : Résultats de l'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge *Asparagopsis armata* Et la nystatine sur la croissance de *Candida albicans*.

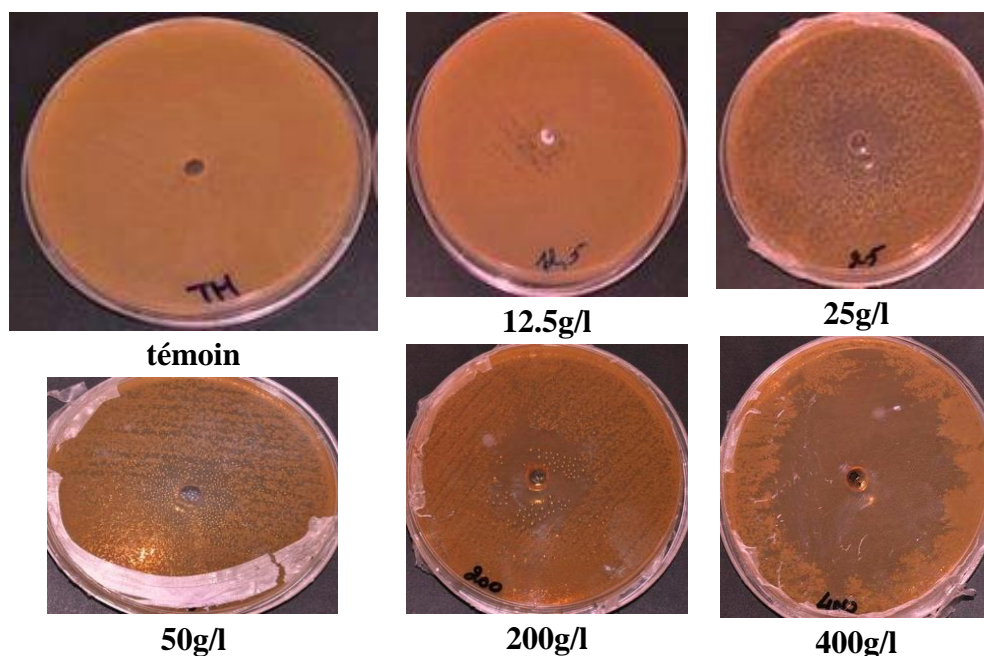


Figure 29 : Photos représentant l'évaluation de l'activité antifongique d'extrait méthanolique sur *Candida albicans* par la méthode des puits.

Résultats et Discussion

D'après le tableau (04) et la figure (29) on remarque que Les extrait méthanolique d'algue *Asparagopsis armata* présentent une forte activité vis-à-vis la levure *Candida albicans* par rapport aux souches de *Fusarium*.

Cette souche est inhibée à partir la concentration 25g/l de l'extrait algal.

3.1 Effet de la nystatine sur la croissance de la souche *Candida albicans*

L'antifongique testé dans notre travail a également un effet inhibiteur sur la croissance de la levure (*Candida albicans*)

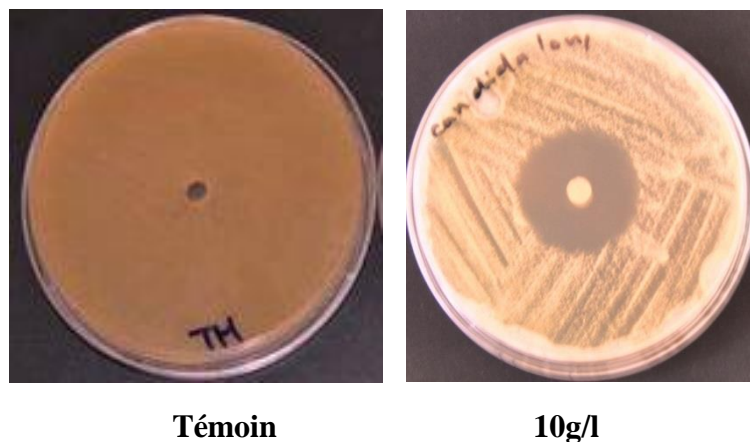


Figure 30 : Effet de la nystatine sur la croissance du *Candida albicans*

3.3 Résultats des CMI :

Après la mise en évidence de l'activité antifongique de nos extraits méthanolique par la méthode des puits pour la souche *Candida albicans*. Nous avons essayé de déterminer la concentration minimales inhibitrices « CMI » relatives au l'extrait actif dans le premier test.

Les résultats donnant les valeurs des CMI en « g/L » de l'extrait, sont consignés dans la figure (31. 32)

Résultats et Discussion

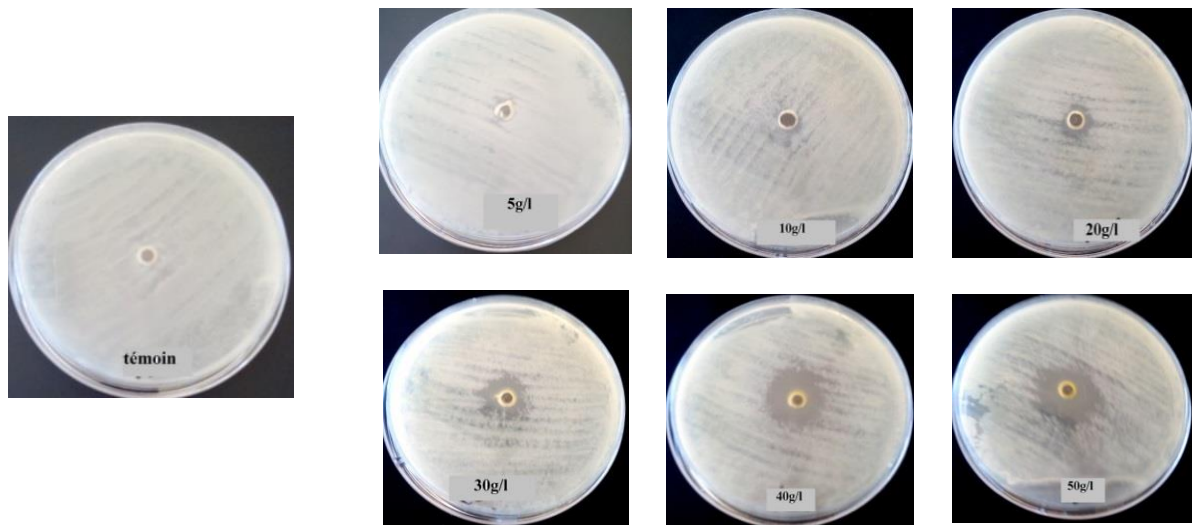


Figure 31 : Résultats de CMI sur le milieu MH solide pour *Candida albicans*

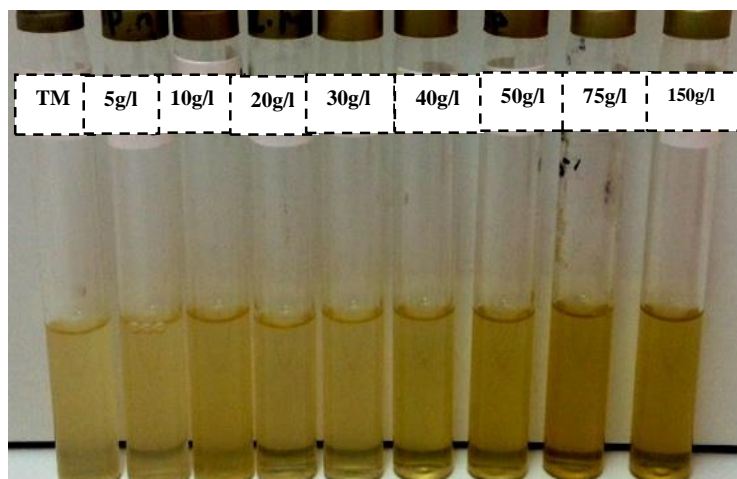


Figure 32 : Résultats de CMI sur le milieu MH liquide pour *Candida albicans*

L'analyse des données expérimentales (Figures 32), montre que comparativement aux témoins de contrôle de croissance : nous remarquons une diminution du trouble dans les tubes expérimentaux au fur et à mesure que la concentration de l'extrait augmente.

Résultats et Discussion

Les plus faibles valeurs des paramètres antifongiques des souches du genre *Fusarium* ont été obtenues avec la souche *Fusarium avenaceum* (CMI= 0,4mg/mL) et les plus fortes valeurs ont été obtenues avec les souches *Fusarium gramineum* et *Fusarium culmorum* (CMI= 0,8 mg/mL)

Et la CMI obtenue pour la levure *condida albicans* est plus fortes (CMI=0,3g /l). Sur milieu liquide et 0,04mg /ml sur milieu solide.

Discussion

Nos résultats, montrent que La polarité du solvant d'extraction influe sur le pouvoir antifongique de l'extrait de l'algue rouge *Asparagopsis armata*. Le solvant méthanol (plus ou moins polaires) semblent être le meilleur solvant d'extraction vue leur activité antifongiques élevée

Plusieurs travaux ont montré que les algues marines rouge sont doués d'activité antifongique et anti bactérienne (souhaili et *al.* 2004 ; Zinedine et *al.* 2004 ; badea ,2009 ; Eouatassi *et al.* 2012 ; Moujahid.A et al .,2004). Ces mêmes auteures suggèrent que l'effet antifongique des extraits d'algues rouges vient suite à l'interaction des principes actifs avec les lipides au niveau de la paroi mycélienne entraînant après leur peroxydation des altérations morphologiques des thalles du champignon (Moujahid.*et al.* 2004)

Nos résultats, montrent que les activités antimicrobiennes obtenues sont en relation avec la souche testée ; la concentration du principe actif (extrait méthanolique) et de la nature du solvant avec lequel sont extraire les composés halogénés ; ceci pourrait expliquer l'activité de notre extrait par le fait microbienne.

Certaines algues rouges ont été signalées pour produire des produits chimiques qui ont des effets biologiques puissants (Küpper, F.C *et al.* 1998,) (Harper, M.K.*et al* ; 2001).

De nombreux produits naturels, y compris des composés halogénés, comme haloformes, méthanes, des cétones, acétates et acrylates, ont été décrites juste du genre *Asparagopsis* (Renner, M.K et al 1998). Connus comme sources de composés halogénés [(Renner, M.K et al 1998) (Paul, N.A.*et al* 2006) avec une forte activité antifongique et d'antibiotiques (Renner, M.K et al 1998), (15. Harlin, M.M.*et al* ; 1987)

En général, la production de métabolites biologiquement actifs est intrinsèquement liée à la capacité des composés de séparation dans les structures de stockage spécialisés afin d'éviter autotoxicité. Les membres du *Bonnemaisoniaceae* forment des cellules spécialisées (Blunt, J.W.*et al.*2007) (Faulkner, D.J.*et al* 2003) généralement connu sous le nom vésicule ou cellules de la glande (Erickson, K.L.*et al* 1983). Dans le tétrasporophyte d'*Asparagopsis armata*, les métabolites halogénés accumulent comme inclusion réfringente l'intérieur des cellules des glandes spécialisées et cette inclusion n'est plus produite lorsque l'algue est cultivée sans brome (Erickson, K.L.*et al* 1983).

Discussion

Les composés halogénés d'*Asparagopsis* ont un large éventail de la volatilité et de la solubilité

Une série de petits composés moléculaires volatils halogénés (de halogénométhanes, haloéthers, haloacétals) sont décrits comme responsable de l'action antimicrobienne d'*Asparagopsis armata* (Renner, M.K *et al* 1998).

Kladi *et al.* (2004) et Dembitsky et Srebnik (2002) ont montrés de leur part que les extraits des algues marines rouges inhibent la croissance de plusieurs souches fongiques. Ces mêmes auteurs suggèrent aussi que les composés volatiles des algues rouges tels que les dérivés des phénols et les acides gras halogénés, les terpénoides et les métabolites secondaires halogénés sont responsables de cette activité antifongique.

Le mécanisme de la toxicité des phénols envers les champignons est basé sur l'inactivation des enzymes fongiques qui contiennent le groupement SH dans leur site actif (Farag *et al.* 1989 ; Celimene *et al.* 1999 ; Cowan, 1999). Les terpènes phénoliques agissent aussi en se fixant sur les groupes amine et hydroxylamine des protéines membranaires microbiennes provoquant l'altération de la perméabilité et la fuite des constituants intracellulaires (Juven *et al.* 1994 ; Ultee *et al.* 1999 ; Knowles *et al.* 2005 ; Lopez-Malo *et al.* 2005).

Yin et Tsao (1999) ont rapporté que l'action inhibitrice sur les champignons peut-être dû à la formation de liaisons d'hydrogène entre le groupe hydroxyle des composés phénoliques et les sites actifs des enzymes cibles.

Le choix des levures à tester dans notre étude a porté essentiellement sur les espèces fréquemment impliquées dans diverses infections candidosiques et qui posent des problèmes de résistance aux antifongiques classiques à savoir *C. albicans*,

L'extrait méthanolique *Asparagopsis armata* présenté une forte activité sur *Conidida albicans* avec un diamètre d'inhibition de 49,5 mm qui est supérieur à celui obtenu par l'antifongique : nystatine 26.5mm.

L'action antifongique de l'extrait méthanolique *Asparagopsis armata* vis-à-vis *C. albicans* est due à une augmentation de la perméabilité de la membrane plasmique suivie d'une rupture de celle-ci entraînant une fuite du contenu cytoplasmique et donc la mort de la levure (Cox *et al.* 2000).

Discussion

Nos résultats ont démontré qu'il y'a eu une diminution progressive du nombre de colonies de *C. albicans* en fonction de l'augmentation de la concentration de l'extrait. Nous en déduisons que *C. albicans* serait sensible aux extraits selon une relation dose-réponse.

Conclusion

Conclusion

Dans notre étude nous avons évalué l'activité antifongique de l'extrait méthanolique de l'algue rouge *Asparagopsis armata* vis-à-vis du champignon phytopathogènes du genre *Fusarium* : (*Fusariumgraminirum*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culuorum*, *Fusarium poae*, *Fusarium culuorum* .et une levure du genre *Candida* : *condida albicans*.

Cette étude nous a permis de montrer que l'algue rouge marine *Asparagopsis armata* est une source d'agent antifongique.

L'activité antifongique de l'extrait de cette algue dépend fortement de la concentration de l'extrait et de la souche fongique testée. .

Le méthanol semble être le meilleur solvant d'extraction puisque de bons résultats en termes de zone d'inhibition en étaient obtenus vis-à-vis des souches fongiques pathogènes (*Fusarium avenaceum*. *Fusarium graminirum*. *Fusarium culuorum*), respectivement, à l'exception (*Fusarium poae*. *Fusarium culuorum N*). Qui sont plus ou moins résistantes. Avec des zones de croissance remarquable a concentration de 400g/l. L'extrait méthanolique de cette espèce algale a également présenté une activité antimicrobienne important vis-à-vis la levure *condida albicans*. Le pouvoir antifongique augmente avec l'augmentation du la concentration de l'extrait. Le méthanol pur n'a aucun effet antifongique sur les espèces testées.

Les substances antifongiques présentes dans l'algue rouge *Asparagopsis armata* sont relativement des composés halogénés. Cette algue peut être donc valorisée comme étant une source naturelle d'antifongique capable d'être utilisé dans la lutte contre les champignons mycotoxinogènes. Afin de compléter cette étude, il serait envisageable d'identifier les composés responsables de l'activité antifongique de l'extraits méthanolique et de tester in situ leur efficacité sur les maladies fongiques.

*Références
bibliographiques*

Références

- 1) « *Infection process* », sur *School of Biological Sciences Online Learning Resources*, Université de Sydney (consulté le 1 octobre 2014). *Infection process 2014*
- 2) « *The Microbial World :Biotrophic plant pathogens* », Institute of Cell and Molecular Biology, University of Edinburgh (consulté le 2 octobre 2014).2010
- 3) **Badji. B. (2006)**. Etude de la taxonomie et des antibiotiques antifongiques de trois souches d'actinomycètes d'origine saharienne appartenant aux genres *Actinomadura* et *Nonomurea*.Thèse de Doctorat. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.226 p
- 4) **Bastide A., M. de Méo, M. Andriantsoa, M. Laget& G. Duménil., (1986)**. Isolement et sélection de souches d'actinomycètes productrices de substances antifongiques de structure non-polyénique *mircen J. 2* : 453-466.
- 5) **Benallaoua S.,Nguyen Van P.,DeMeo M P.,Coulon J.,Dumenil G et Bonaly R.(1990)**. Recherches sur le mode d'action d'un antifongique non polyénique (desertomycine) produit par une souche de *Streptomyces spectabilis*. *Can. J. Microbiol.*36: 609-616.
- 6) **Berdy J., Aazalos A. and McNitt K.L., (1987)**. CRC Handbook of antibiotic compounds. Vol. XIII. Microbial metabolites. Part 1, 2, 3. Florida, USA. CRC Press, Boca Raton.
- 7) **Biard, J. F., Verbist. J. F., Le Boterff, J., Ragas, G., Lecocq, M.1980**. Algues fixées de la cote atlantique française contenant des substances antibactériennes et antifongiques. *Planta Medica*,136-151.
- 8) **Blunt, J.W., Copp, B.R., Hu, W., et al. 2008**. Marine natural products. *Natural Products Reports*. 25:35–94.
- 9) **Blunt, J.W.; Copp, B.R.; Hu, W.-P.; Munro, M.H.G.; Northcote, P.T.; Prinsep, M.R.** Marine natural products. *Nat. Prod. Rep.* **2007**, *24*, 31–86.
- 10) **Blunt, J.W.; Copp, B.R.; Hu, W.P.; Munro, M.H.G.; Northcote, P.T.; Prinsep, M.R.** Marine natural products. *Nat. Prod. Rep.* **2009**, *26*, 170–244.
- 11) **Bolser, R.C.; Hay, M.E.** Are tropical plants better defended? Palatability and defenses of temperate vs. tropical seaweeds. *Ecology* **1996**, *77*, 2269–2286.
- 12) **Bonin, D.R.& Hawkes ,M .W. 1987**. Systematics and life histories of New Zealand *Bonnemaisoniaceae* (*Bonnemaisoniales*, *Rhodophyta*):The genus *Asparagopsis* N .Z. *J. Bot.* 25: 577-590.
- 13) **Braun, M., Carporiccio, B., vendrell, J. P., vignaud, M., Chalet, M., Codomier, L., Teste, J.,Catayce, G. 1983**. Action d'un polysaccharide sulfaté acide « l'armatan »,sur la stimulation lymphocytaire.C.R. Soc. Biol. 177.646-652
- 14) **Bruneau, Y. 1977**. Contribution à l'étude chimique des constituants d'une algue rouge : *Asparagopsis armata* (Harv.) et de son tétrasporophyte *Falkenbergia rufolanosa* (Harv.) Schmiz. Thèse. In Université des Science et Technique du languedoc. Centre Universitaire de Perpignan, pp. 137.perpignan
- 15) **Cabioc'h , J., Floch, J.-Y., Le Toquin, A., Boudouresque, C-F.,Meinesz, A. & Verlaque, M. 1992**. Guide des algues des mers d'Europe : *Delachaux et Niestlé*. pp.232.
- 16) **Carle S. (2003)**. Les antifongiques dans le traitement des infections invasives. *Pharmactuel*. 36 (1), 25-41.

Références

- 17) **Carlos Garrido, Francisco J. Fernández-Acero, María Carbú, Victoria E. González-Rodríguez, Eva Liñeiro et Jesús M. Cantoral**, « Molecular Microbiology Applied to the Study of Phytopathogenic Fungi », dans Sameh Magdeldin, Gel Electrophoresis - Advanced Techniques, 2012
- 18) **Carporiccio, B., Braun, M., Vignaud, M., Chalet, M., Codomier, L., Teste, J. Catayce, G. 1984**. Action d'un polysaccharide sulfaté acide sur la coagulation globale du sang. Etude in vivo chez le rat C. R. soc. Biol. 178, 691-696.
- 19) **Carporiccio, B., Braun, M., Vignaud, M., Chalet, M., Teste, J., Codomier, L., Catayce, G. 1983**. Particularités de l'action d'un polysaccharide sulfaté acide sur la coagulation globale du sang in vitro. Etude préliminaire chez différentes espèces de Mammifères dont l'Homme. C. R. soc. Biol. 178, 691-696.
- 20) Champignon phytopathogène *Source*
http://fr.wikipedia.org/wiki/Champignon_phytopathog%C3%A8ne?oldid=114541084
Contributeurs: Spedona, Zetud, Rgimilio, Vlaam et Pinof
- 21) **Cox, T. & Thomson, L. (2000)** Organisational healthiness: work-related stress and employee health. In P. Dewe, M. Leiter & T. Cox (Eds.) *Coping, Health and Organisations*. London: Taylor & Francis
- 22) **Dilip K. Arora**, Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications, CRC Press, 2003, 700 p.
- 23) **Erickson, K.L. Constituents of *Laurencia***. In *Marine Natural Products: Chemical and Biological Perspectives*; Scheuer, P.J., Ed.; Academic Press: New York, NY, USA, 1983; Volume 5, pp. 131–257.
- 24) **Faulkner, D.J.** Marine natural products. *Nat. Prod. Rep.* **1995**, *12*, 223–269.
- 25) **Faulkner, D.J.** Marine natural products. *Nat. Prod. Rep.* **2001**, *18*, 1–49.
- 26) **Feldmann, J. & Feldmann, G. (1939)**. Sur la structure de cellules axiales de l'*Asparagopsis armata* Harvey. C.R. Acad. SC. 208. 1743-1745.
- 27) **Feldmann, J., Feldmann, G. 1942**. Recherches sur les Bonnemaisoniaceae et leur alternance de génération. *Ann. Sc. Nat.* 11. 76-775.
- 28) **Fenical, W.; Norris, J.N.** Chemotaxonomy in marine algae: chemical separation of some *Laurencia* species (Rhodophyta) from the Gulf of California). *J. Phycol.* **1975**, *11*, 104–108. 11. Hay, M.E.; Fenical, W.; Gustafson, K. Chemical defense against diverse coral-reef herbivores. *Ecology* **1987**, *68*, 1581–1591.
- 29) **Francisco Javier Fernandez-Acero, Maria Carbu, Carlos Garrido, Inmaculada Vallejo et Jesus Manuel Cantoral**, « Proteomic Advances in Phytopathogenic Fungi », *Current Proteomics*, vol. 4, no 2, 2014, p. 79-88
- 30) **Garon-Lardiere, S. 2004**. Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). Thèse de Doctorat Spécialité : Chimie. Université de Bretagne Occidentale. 226 pages.
- 31) **Garon-Lardiere, S. 2004**. Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). Thèse de Doctorat Spécialité : Chimie. Université de Bretagne Occidentale. 226 pages.
- 32) **Geursen R., Heer P., Kirkness B., Loewenstein P., Mees S., Muschart J M., Pickaert M. (2008)**. Mycoses. Des médicaments au service de l'humanité : 1-3

Références

- 33) **Harper, M.K.; Bugni, T.S.; Copp, B.R.; James, R.D.; Lindsay, B.S.; Richardson, A.D.; Schnabel, P.C.; Tasdemir, D.; Van Wagoner, R.M.; Verbitzki, S.M.; Ireland, C.M.** Introduction to the chemical ecology of marine natural products. In *Marine Chemical Ecology*; McClintock, J.B., Baker, B.J., Eds.; CRC: Boca Raton, FL, USA, 2001; pp. 3–71.
- 34) **Harvey, W. H. 1855.** Some account of colony of western Australia. *Transactions of the Royal Irish Academy* 22: 525-566.
- 35) **Haslin, C., Lahaye, M., Pellegrini, M., Chermann, J.-C. 2001.** In vitro anti-HIV activity of sulphated cell-wall polysaccharides from gametic, carposporic and tetrasporic stages of the mediterranean red alga *Asparagopsis armata*. *Planta medica* 67,301-305.
- 36) **Hay, M.E.** Marine chemical ecology: Chemical signals and cues structure marine populations, communities, and ecosystems. *Annu. Rev. Mar. Sci.* **2009**, 1, 193–212.
- 37) **Helga George**, « *Biotrophic Versus Necrotrophic Fungi* », sur *Suite.io* (consulté le 2 octobre 2014).
- 38) **Hill, R.A.** Marine natural products. *Annu. Rep. Prog. Chem., Sect. B: Org. Chem.* **2007**, 103, 125–139.
- 39) **Jim Deacon**, « *Chapter 14 : Fungi as plant pathogens* », Blackwell Publishing, 2005 (consulté le 4 octobre 2014).
- 40) **König G, Wright A, Sticher O, Angerhofer C, Pezzuto J (1994)** Biological activities of selected marine natural products. *Plant Med* 60(6):532–537
Bhakuni DS, Rawat DS (2005) Bioactive marine natural products. Springer, Netherlands
- 41) **König, G.M.; Wright, A.D.** *Laurenciarigida*: Chemical investigations of its antifouling dichloromethane extract. *J. Nat. Prod.* **1997**, 60, 967–970.
- 42) **Küpper, F.C.; Schweigert, N.; Ar Gall, E.; Legendre, J.-M.; Vilter, H.; Kloareg, B.** Iodine uptake in Laminariales involves extracellular, haloperoxidase-mediated oxidation of iodide. *Planta* **1998**, 207, 163–167.
- 43) **Lauzon M., Dion Y. et S. Rioux. 2007.** Fusariose de l'épi chez le blé et l'orge. CEROM, Bulletin Technique, Phytopathologie, No 2.01, Québec (Canada).
- 44) **Mayer AMS, Rodri'guez AD, Berlinck RGS, Hamann MT (2007)** Marine pharmacology in 2003–4: marine compounds with anthelmintic antibacterial, anticoagulant, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiplatelet, antiprotozoal, antituberculosis, and antiviral activities; affecting the cardiovascular, immune and nervous systems, and other miscellaneous mechanisms of action. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol* 145(4):553–581
- 45) **McConnell, O., Fenical, W., 1977.** Halogen chemistry of the red alga *Asparagopsis*. *Phytochemistry*, 16: 367–374.
- 46) **Murray PM, Moane S, Collins C, Beletskaya T, Thomas OP, Duarte AWF, Nobre FS, Owoyemi IO, Pagnocca FC, Sette LD, McHugh E, Causse E, Pe' rez-Lo'pez P, Feijoo G, Moreira MT, Rubiolo J, Leiro's M, Botana LM, Pinteus S, Alves C, Horta A, Pedrosa R, Jeffryes C, Agathos SN, Allewaert C, Verween A, Vyverman W, Laptev I, Sineoky S, Bisio A, Manconi R, Ledda F, Marchi M, Pronzato R, Walsh DJ (2013)** Sustainable production of biologically active molecules of marine based
- 47) **Neumann, C.S.; Fujimori, D.G.; Walsh, C.T.** Halogenation strategies in natural product biosynthesis. *Chem. Biol.* **2008**, 15, 99–109. *Mar. Drugs* **2010**, 82313

Références

- a. origin. *N Biotechnol* 30(6):839–850
- 48) **Otero, M., Cebrian, E., Francour, P., Galil, savini. 2013.** surveillance Des espèces envahissantes marines dans les aires marines protégée (AMP) méditerranéennes : guide pratique et stratégique à l'attention des gestionnaires. UICN.136.
- 49) **Painter, T.J. 1982.** Algal polysaccharides, Edited by A.G(ed.):Academic press. pp.195-285
- 50) **Paul, N.A.; de Nys, R.; Steinberg, P.D.** Seaweed–herbivore interactions at a small scale: direct tests of feeding deterrence by filamentous algae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **2006**, 323, 1–9. 15. Harlin, M.M.; Rice, E.L. Allelochemistry in marine macroalgae. *Crit. Rev. Plant Sci.* **1987**, 3, 237–249.
- 51) **Pérez, R. 1997.** Ces algues qui nous entourent .Conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisations, culture. pp.272.Edited by E.IFREMER. plouzoné
- 52) **Raquel González-Fernández, Elena Pratset Jesús V. Jorrín-Novo,** « *Proteomics of Plant Pathogenic Fungi* », *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, vol. 2010,
- 53) **Rautemaa R., Richardson M., Michael A., faller P., Perheentupa J., saxen H.(2008).** Activity of Amphotericin B, Anidulafungine, Caspofungin, Micafungin, Posaconazole and Voriconazole against *Candida albicans*. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease.* 62 :182-185
- 54) **Renner, M.K.; Jensen, P.R.; Fenical, W.** Neomangicols: structures and absolute stereochemistries of unprecedented halogenated sesterterpenes from a marine fungus of the genus *Fusarium*. *J. Org.Chem.* **1998**, 63, 8346–8354.
- 55) **Saidani K., Bedjou F., Benabdesselam F. et al. (2012).** Antifungal activity of methanolic extracts of four Algerian marine algae species. *African Journal of Biotechnology.* n. 11, p. 9496-9500.
- 56) **Salvador N, Go´mez Garreta A, Lavelli L, Ribera MA (2007)** Antimicrobial activity of Iberian macroalgae. *Sci Marina* 71(1):101–114
- 57) **Sauvageau, C. 1925.** Sur quelque algue floridées renfermant de l'iode à l'état libre. In Bulletin de la station biologique d'Arcachon. pp. 45.Bordeaux.
- 58) **Vairappan, C.S.** Potent antibacterial activity of halogenated metabolites from Malaysian red algae, *Laurenciamajuscula*(Rhodomelaceae, Ceramiales). *Biomol. Eng.* **2003**, 20, 255–259.
- 59) **Vairappan, C.S; Ang, M.Y.; Ong, C.Y.; Phang, S.M.** Biologically active polybrominatedindoles in the red alga *Laurenciasimilis* from the coastal waters of Sabah (Rhodomelaceae, Ceramiales). *Malaysian J. Sci.* **2004**, 23, 119–126.
- 60) **Van don Hoek, C., Monn, DG., Jahns H.M. 1995.** Algae: An introduction to phycology.: Cambridge University Press. pp.623.
- 61) **Vandeputte Patrick, (2008);** mécanismes moléculaires de la résistance aux antifongiques chez *Candida glabrata*, Vol: 168; 5:14-21
- 62) **Wright, A.D.; Goclik, E.; König, G.M.** Three new sesquiterpenes from the red alga *Laurencia perforate*. *J. Nat. Prod.* **2003**, 66, 435–437.

Références

- 63) Gloor Ariane, ICHV , laboratoire de bactériologie, Sion, Travail de diplôme, 2008-2009
- 64) <http://thunderhouse4-yuri.blogspot.com/2009/12/candida-albicans.html>
- 65) <http://www.curcumine-sante.net/curcuma-et-infections-fongiques>
- 66) <http://fungi.myspecies.info/all-fungi/fusarium-graminearum>
- 67) <http://www.agr.gc.ca/fra/a-propos-de-nous/bureaux-et-emplacements/centre-de-la-lutte-antiparasitaire/publications-et-bulletin/serie-de-fiches-d-information-sur-la-protection-durable-des-cultures/contenu-archive-nouveau-biofungicide-contre-la-fusariose-de-l-epi-du-ble/?id=1376433116809>
- 68) <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/Fusarium.aspx>
- 69) <http://fungi.myspecies.info/all-fungi/fusarium-avenaceum>
- 70) <http://fungi.myspecies.info/all-fungi/fusarium-culmorum>

Annexes

Annexes

I. Composition de milieu PDA

PDA : patate dextrose agar

| | |
|----------------------|---------|
| Pomme de terre..... | 200g |
| Glucose..... | 20g. |
| Agar –agar..... | 15g. |
| Eau distillées | 1000ml. |

pH=7

stérilisation a l'autoclave à une température 120°C pendant 20 min.

II. Composition de milieu MH (Agar)

MH : Mueller Hinton Agar

| | |
|----------------------------------|---------------------|
| Infusion de viande de bœuf | 300 cm ³ |
| Peptone de caséine | 17.5g |
| Amidon de maïs..... | 1.5g |
| Agar..... | 17g |
| Eau distillée | 1000ml |

pH=7.4

38g de MH par 1L : stérilisation a l'autoclave à une température 120°C pendant 20 min

III. L'eau Physiologie

| | |
|-------------------|---------|
| NaCL..... | 9g. |
| Eau distillé..... | 1000ml. |

Annexes

IV. Composition de Milieu MH (Bouillon)

MH : Mueller Hinton Agar

| | |
|----------------------------------|---------------------|
| Infusion de viande de bœuf | 300 cm ³ |
| peptone de caséine | 17,5g |
| Amidon de maïs..... | 1.5g. |
| Eau distillée | 1000ml |

pH=7.4

21g de MH par 1L : stérilisation a l'autoclave à une température 120°C pendant 20 min.

V. Composition de milieu sabouraud :

| | |
|---------------------|-----------|
| Peptone..... | 10 g. |
| Glucose massé..... | 20 g. |
| Agar-agar..... | 15 g. |
| Eau distillée | 1 000 ml. |

pH = 6,0

65g de sabouraud par 1L : stérilisation a l'autoclave à une température 120°C pendant 20 min.

عنوان المذكرة: دراسة تأثير مستخلص الميثانولي للطحالب البحرية الحمراء *Asparagopsis armata* على عدد من الفطريات السامة

اللقب: حبيش الاسم: عديلة

اللقب: حسناوي الاسم: أمال

المؤطر: قوزي هشام

ملخص: يركز هذا العمل على دراسة نشاط مضاد الفطريات من الطحالب الحمراء *Asparagopsis armata* التي تحصد من الساحل الصخري السلمندر شاطئ (مستغانم) على الفطريات منتجة للسموم من جنس الفيوزاريوم و خميرة ضارة من نوع *condida albicans* تم تحديده بطريقة المسح على الوسط PDA . استخدم الميثانول لإعداد مستخلص الطحالب الحمراء *Asparagopsis armata* الذي يعطي كفاءة استخراج جيدة. النشاط المضاد للفطريات مستخرج الطحالب الحمراء يعتمد بقوة على قطبية المذيب، وتركيز المستخلص وسلالة الفطرية المختبرة.

تركيز 400 ملغ / مل لديه نشاط مضاد للفطريات عالي خصوصا على *fusarium avenaceum* ، *fusarium graminérum* ، *fusarium culmorum* . *condida albicans* كلتا السلالتين هي أقل حساسية لمستخرج الطحالب البحرية في حين *fusarium avenaceum* هو الأكثر حساسية.

الحد الأدنى للتركيز المثبط لل *condida albicans* يقدر عند 0,3 ملغ / مل ويقدر عند *fusarium avenaceum* و 0,4 ملغ / مل.

يمكن اعتبار الطحالب الحمراء *Asparagopsis armata* مصدرا واعدة مضاد للفطريات جديد يستخدم لعلاج مرض الفيوزاريوم. **الكلمات المفتاحية:** الفيوزاريوم، *condida albicans* ، *Asparagopsis Armata* ، مستخرج الميثانول، مضاد للفطريات.

Memory title: Study of the effect of the red seaweed methanol extract *Asparagopsis armata* on some toxigenic fungi.

Name: HEBICHE **First name:** adila

Name: HASNAOUI **First name:** amel

Directed by: GOUZI Hicham

Abstract This work focuses on the study of the antifungal activity of the red algae harvested *Asparagopsis armata* the rocky coast of Salamander Beach (Mostaganem) on some mushrooms myco toxigenic *Fusarium* genus and a pathogenic yeast type was determined *Condida* by diffusion method mileu PDA.

Methanol was used for the preparation of the red algae extract *Asparagopsis armata*. Which give good extraction efficiency. The antifungal activity of the extract of red algae depends strongly on the polarity of the solvent, concentration of the extract and the fungal strain tested.

The concentration of 400mg / ml has the highest antifungal activities especially *Fusarium avenaceum* and *Fusarium graminérum*, *Fusarium culmorum* and *Condida albicans*. Both strains *Fusarium poae* and *Fusarium culmorum N* are less susceptible to seaweed extract while *fusarium avenaceum* is most sensitive. The minimum inhibitory concentration (MIC) for *Condida albicans* is estimated to be 0.3mg / mL and for *Fusarium avenaceum* is estimated to be 0.4mg / ml.

The red alga *Asparagopsis armata* can be considered a promising source of new antifungal agents used for the treatment of *Fusarium*.

Keywords: *Fusarium*, *Condida albicans*, *Asparagopsis Armata*, methanol extract, antifungal.

Titre du mémoire : Etude de l'effet d'extrait méthanolique d'algue marine rouge *Asparagopsis armata* sur quelques champignons mycotoxinogènes

Nom:HEBICHE **Prénom:** adila

Nom : HASNAOUI **Prénom :** amel

Encadreur: GOUZI Hicham

Résumé : Ce travail s'intéresse à l'étude de l'activité antifongique de l'algue rouge *Asparagopsis armata* récoltée des côtes rocheuse de la plage Salamandre (Mostaganem) sur quelques champignons myco toxinogènes de genre *fusarium* et une levure pathogène de genre *condida* a été déterminée par la méthode de diffusion sur mileu PDA.

Le méthanol a été utilisé pour la préparation de l'extrait d'algue rouge *Asparagopsis armata*. Qui donnent de bon rendement d'extraction. L'activité antifongique de l'extrait d'algue rouge dépend fortement de la polarité du solvant, de la concentration de l'extrait et de la souche fongique testée.

La concentration 400mg/ml a une activité antifongique les plus élevées surtout sur *fusarium avenaceum* et *fusarium graminérum* , *fusarium culmorum* et *condida albicans*. Les deux souches *fusarium poae* et *fusarium culmorum N* sont moins sensibles au l'extrait d'algue tandis que *fusarium avenaceum* est le plus sensible. La concentration minimale inhibitrice (CMI) pour *condida albicans* est estimée à 0.3mg/mL et pour *fusarium avenaceum* est estimé à 0.4mg/ml

L'algue rouge *Asparagopsis armata* peut être considérée comme étant une source prometteuse de nouveau agents antifongiques utilisés pour le traitement de fusariose.

Mots clés : *fusarium* , *condida albicans*, *Asparagopsis armata*, extrait méthanolique, antifongique.