



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## **Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE ou INSTITUT : DES SCIENCES**  
**DEPARTEMENT : DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

### **MEMOIRE DE MASTER**

**Présenté(s) par : KAOUCHE Halima**  
**BELGHIT Keltoum**

**DOMAINE : SCIENCES DE NATURE ET DE LA VIE**

**FILIERE : AGRONOMIE**

***OPTION : Protection Des Végétaux et d'Environnement***

### **Thème**

**Etude de l'effet d'extrait d'algue marine rouge *Asparagopsis armata* sur quelques champignons mycotoxinogènes**

#### **Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
KRAZA Lamai	MAA	Président
MESSAOUDI Omar	MAB	Examineur
GOUZI Hicham	MCA	Rapporteur
BENCHATOUH Ahmed	MAA	Co-rapporteur

**Promotion : JUIN 2015**



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## **Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE ou INSTITUT : DES SCIENCES**  
**DEPARTEMENT : DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

---

### **RESUME DE MEMOIRE DE MASTER**

**Domaine : Sciences de nature et de la vie**

**Filière : Agronomie**

**Option : Protection Des Végétaux et d'Environnement**

**Thème : Etude de l'effet d'extrait d'algue marine rouge *Asparagopsis armata* sur  
quelques champignons mycotoxinogènes**

**Présenté (s) par : KAUCHE Halima**

**BELGHIT Keltoum**

**Encadré par : GOUZI Hicham**

#### **Résumé :**

Ce travail s'intéresse à l'étude de l'activité antifongique de l'algue rouge *Asparagopsis armata* récoltée des côtes rocheuses de la plage Salamandre (Mostaganem) sur quelques champignons mycotoxinogènes.

Différents solvants ont été utilisés pour la préparation de l'extrait d'algue rouge *Asparagopsis armata*. Parmi les solvants utilisés, le méthanol et l'acétone 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.

Les extraits, acétonique et dichlorométhanique ont les activités antifongiques les plus élevées surtout sur *Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium expansum*. La souche *Alternaria* sp. Est moins sensible aux extraits d'algue tandis qu'*Aspergillus parasiticus* est le plus sensible.

**Mots clés :** Algue rouge, *Asparagopsis armata*, solvant, champignons mycotoxinogènes, antifongique.

## DEDICACES

*J'exprime d'abord mes profonds remerciements à ALLAH le tout puissant, pour m'avoir donné la force et la patience d'achever ce travail*

*Je dédie cet événement marquant de ma vie à mes parents formidables  
Merci pour vos sacrifices sans relâche pour que vos enfants grandissent  
et prospèrent.*

*Merci de m'avoir permis de réaliser ces longues études et celles à venir!*

*Merci pour l'éducation et les valeurs que vous m'avez transmises.*

*Merci pour tout l'amour que vous me portez et toute la confiance que*

*Vous m'accordez.*

*Aux fleurs de ma vie mes soeurs ainsi que mes très chers frères*

*Vous avez toujours été là pour me soutenir et m'encourager pendant mes  
études.*

*Merci pour votre soutien sans faille que vous m'avez toujours apporté  
aussi*

*Bien dans les moments difficiles que radieux.*

*Merci pour votre amour, votre assistance, votre compréhension*

*A tout la famille :KAOUCHÉ*

*A tous mes amis (es) sont exception*

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

*A tous, du fond de mon cœur je vous dédie ce travail*

*Halima*

## *DEDICACES*

*C'est avec profonde gratitude et sincères expressions , que je dédie ce modeste effort de fin d'études , en signe de reconnaissance , a mes chers parents , pour leurs amour , leurs patience , leur soutien et leurs encouragements , Que dieux le tout puissant vous bénissent et protègent (amen).*

*A mon cher mari laïd Boujerada, je tiens à le remercier pour sa compréhension, son aide et encouragement.*

*A ma très chers famille Balghit : je vous souhaite tout le bonheur du Vous avec toujours été pour moi une aide très précieuse.*

*A touts mes amis (es) sont exception*

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

*A tous, du fond de mon cœur je vous dédie ce travail.*

*Keltoum*

## *Remerciement*

*Avant toutes choses, nous remercions Dieu, le tout puissant, pour nous avoir donné la force et la patience.*

*Nous exprimons d'abord mes profonds remerciements et ma vive connaissance à M. GOUZI Hicham; Maître de Conférences Classe A, à l'université Amar Téliidji pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique, sa disponibilité, ses conseils et la confiance qu'il m'a accordé m'ont permis de réaliser ce travail.*

*Nous tenons également mes vifs remerciements à M. Benchettouh Ahmed; Maître Assistant Classe A*

*Nous exprimons nos gratitude à Monsieur Houichre Aberrahmane pour nous avoir permis de profiter de ses conseils, ses observations critiques et ses orientations.*

*Ainsi qu'à; TELDJI Hanifa, KECIS Hamza, Bouache Amar et KHEDIM ALLAH Bilal,*

*De même, nous remercions particulièrement les membres du jury KRAZA Lamai et, MESSAOUDI Omar, qui ont accepté d'examiner et d'apprécier mon modeste travail,*

*ainsi qu'à tous mes professeurs qui ont participé à ma formation.*

*Aux personnels du laboratoire d'agronomie de l'Université Amar Téliidji de Laghouat pour leur aide*

*Aux personnels de la bibliothèque centrale et la bibliothèque de la faculté de médecine*

*À tous mes amis.*

*À tous les étudiants de Master en Agronomie*

*Option : Protection Des Végétaux et d'Environnement de la promotion 2015.*

*À toute personne qui a participé de près ou de loin, directement ou indirectement, à la réalisation de ce travail.*

## *Liste des tableaux*

---

N°	Titre	Page
	<b>Tableau 01</b> : Moisissures et mycotoxines retrouvées dans certains aliments.....	9
	<b>Tableau 02</b> : Les principales mycotoxines et leurs effets.....	12
	<b>Tableau 03</b> : Quelques espèces fongiques productrices de mycotoxines.....	13
	<b>Tableau 04</b> : Rendement de différents extraits d' <i>Asparagopsis armata</i> en pourcentages .....	28
	<b>Tableau 05</b> : Résultats de l'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge <i>Asparagopsis armata</i> sur la croissance de quelques champignons phytopathogènes.....	31

## *Liste de Figures*

---

N°	Titre	Page
<b>Figure 01</b>	Morphologie des champignons.....	4
<b>Figure 02</b>	Le cycle de reproduction de l'algue rouge <i>Asparagopsis armata</i> (cycle trigénétique)....	19
<b>Figure 03</b>	Localisation géographique du site d'échantillonnage d' <i>Asparagopsis armata</i> .....	25
<b>Figure 04</b>	photos <i>Asparagopsis armata</i> récolte(A), Poudre d'algue <i>Asparagopsis armata</i> (B)...	26
<b>Figure 05</b>	Les différents extraits d'algue <i>Asparagopsis armata</i> sont du gauche vers la droite respectivement : méthanol, hexane, Acétone, dichlorométhane.....	27
<b>Figure 07</b>	Résultats de l'effet antifongique des différents extraits d' <i>Asparagopsis armata</i> et du méthanol déterminé par la méthode de diffusion sur milieu PDA.....	33
<b>Figure 08</b>	Histogramme représentatif l'effet de différents l'extrait d'algue rouge <i>Asparagopsis armata</i> sur la croissance de quelques champignons phytopathogènes.....	33

## *LISTES ABBREVIATIONS*

---

**%** : Pourcentage

**°C** : Degré Celsius

**A** : *Asparagopsis*

**A<sub>w</sub>** : Water activité (l'activité de l'eau)

**FAO** : Food and Agriculture Organization

**g** : Grammes.

**ml** : Millilitres

**mm** : Millimètres

**PDA** : Milieu Potatoes Dextrose Agar.

**PH** : Potentile d'Hydrogène

**T°** : Température

**µl** : Microlitres.

## *ATBLE DE MATIERE*

---

Résumé	
Dédicace .....	I
Remerciements.....	III
ATBLE DE MATIERE.....	IV
Liste des tableaux .....	V
Liste des figures .....	VI
Liste des Abréviations.....	VII
Introduction.....	01

### **Chapitre 1. Synthèse bibliographique**

#### **I. Généralité Sur les champignons**

I.1. Présentation des champignons .....	03
I.1.1. Définition.....	03
I.1.2. Reproduction.....	04
I.1.3. Mode de vie .....	05
I.2. Classification des champignons .....	06
I.3. Besoins nutritifs .....	06
I.3.1. Carbone .....	06
I. 3.2. Azote .....	06
I. 3.3. Eléments minéraux.....	07
I.4. Substances de croissance et les vitamines .....	07
I.4.1. Facteurs écologiques.....	07
I.4.1.1. Eau et oxygène .....	07
I.4.1.2. Température .....	08
I.4.1.3. PH.....	08
I.5. Les moisissures toxigènes et les denrées alimentaires .....	08

## *ATBLE DE MATIERE*

---

I.5.1. Différentes catégories de pertes causées par les champignons phythopathogènes .....	10
I.5.1.1. Perte quantitative.....	10
I. 5.1.2. Pertes qualitatives.....	10
I. 5.1.3. Perte commerciale.....	10
I.5.2.Les mycotoxines .....	11
I. 5.2.1. Nature et origine des mycotoxine.....	11
I.5.2.2. Effets des mycotoxines .....	11
I.5.2.3. Les moisissures mycotoxinogènes .....	12
I.6. La lutte contre les champignons phytopathogènes .....	13
<b>II. Généralité Sur les algues marines</b>	
II.1. Présentation des algues.....	15
II.1.1. Définition .....	15
II.2. Les Rhodophytes .....	16
II. 2.1.Les caractéristiques .....	16
II. 3. Présentation de l'espèce étudiée ( <i>Asparagopsis armata</i> ).....	17
II.3.1.Biologie .....	18
II. 3. 1.1. Ecologie.....	18
II. 3.1.2. Cycle de reproduction .....	18
II. 3.1.3. Cytologie.....	19
II.4. Applications d' <i>Asparagopsis armata</i> .....	20
II. 5. Principales utilisations des algues.....	22
II. 5.1. Utilisation alimentaire.....	22
II. 5.2. Utilisation industrielle .....	22
II. 5.3. Utilisation agricole .....	22
II.5.4. Utilisations médicale et pharmaceutique .....	23

## TABLE DE MATIERE

---

II.6. Rôle économique des algues .....	23
--	----

### Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

#### I. 1. Matériel

I.1.1 Présentation du site de prélèvement .....	25
---	----

I.1.2 La récolte des algues .....	26
-----------------------------------	----

I.1.3. Classification de l'espèce étudiée ( <i>Asparagopsis armata</i> ).....	26
---	----

I.1.4. Souche fongique et milieux de culture.....	26
---	----

#### II.2. Méthodes

II. 2.2. Recherche de l'activité antifongique.....	28
--	----

### Chapitre 3: Résultats et Discussion

I. Résultats.....	29
-------------------	----

II. Discussion.....	34
---------------------	----

Conclusion.....	35
-----------------	----

Références bibliographiques.....	36
----------------------------------	----

Annexe.....	44
-------------	----

# *Introducción*

La qualité et l'innocuité des produits alimentaires peuvent être menacées par toute une gamme de contaminants, incluant des toxines d'origine naturelle. Les céréales sont l'un des substrats privilégiés des champignons producteurs de mycotoxines. Les mycotoxines sont des molécules toxiques de faible poids moléculaire, produites par diverses espèces de champignons microscopiques capables d'infecter les plantes et certains aliments d'origine animale. Ces champignons appartiennent essentiellement à trois genres fongiques : *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium*.

La plupart des mycotoxines sont chimiquement stables, résistent aux températures élevées, aux conditions de stockage et procédés de transformation. Elles se retrouvent dans les produits finis. La contamination peut avoir lieu avant la récolte ; selon Fink-Gremmels (1999), près de 25% des récoltes mondiales seraient contaminées. Elle peut aussi se produire au cours du stockage, si les conditions de température et humidité sont peu contrôlées.

En Europe, les mycotoxines produites par *Fusarium* ou fusariotoxines représentent la préoccupation majeure des filières céréalières du fait de leur occurrence fréquente et des conséquences économiques que leur présence engendre mais aussi parce qu'il n'existe à l'heure actuelle aucune stratégie de maîtrise suffisamment efficace pour certifier le respect des limites réglementaires (Oswald *et al* 2005).

Selon la FAO, au moins 25% des cultures alimentaires sont contaminées par les mycotoxines au moment où la production agricole des produits de base soutient à peine la croissance de la population mondiale (Nafees, 2009).

Ce n'est que vers le début du 20<sup>ème</sup> siècle que les propriétés toxiques des moisissures commencent à être soupçonnées.

En matière de protection, plusieurs types d'approches ont été proposés soient la lutte chimique, la lutte biologique, la lutte physique, les biopesticides et les facteurs humains. (Vincent *et al.*, 2001). La lutte chimique semble être le moyen le plus efficace pour juguler les parasites fongiques des cultures maraîchères. Cependant, elle présente de nombreux inconvénients tels que la pollution de l'environnement, les problèmes d'intoxication des opérateurs et des consommateurs, l'apparition de souches résistantes et l'augmentation de la quantité des résidus sur les fruits (Ainane, 2011), l'élimination de l'entomofaune utile, le coût élevé des appareils et des produits de traitement, l'accumulation de résidus dans la chaîne

alimentaire et notamment l'apparition de champignons résistants dans le temps (Mokbel et Suganuma, 2006).

Devant cette situation, l'intégration d'autres stratégies efficaces et respectueuses à l'environnement semble être nécessaire. La présente étude encourage l'utilisation des produits biologiques et naturels comme les extraits d'algue marine pour lutter contre les phytopathogènes.

Depuis la découverte des activités antibactériennes et antifongiques de plusieurs espèces d'algue marine des différentes parties du monde et l'isolement de leurs principe actif, (Hornsey et Hide, 1974; Reichelt et Borowitzka, 1984), les algues marine ce sont devenues une source potentielle de substances d'antibiotiques (Rao, 1991).

En Algérie il existe 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).

Les résultats des recherches sur les propriétés pharmacologiques des algues marines des côtes Algériennes, constituent des pistes prometteuses de développement, notamment dans le domaine des antifongiques. La présente étude a donc eu pour objectif de tester l'activité antifongique de l'extrait d'algue marine rouge *Asparagopsis armata* obtenu avec des solvants organiques de polarité différente sur les champignons phytopathogènes (*Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium expansum*, *Alternaria sp.*

Ce mémoire présenté en trois chapitres est séquencé comme suit. Le premier chapitre concerne un rappel bibliographique sur les algues marines et sur les champignons phytopathogènes. Dans le deuxième chapitre, nous mettrons en évidences les procédures expérimentales. Le troisième chapitre est consacré à une discussion des résultats obtenus. Enfin, une récapitulation succincte des résultats ainsi que les perspectives ouvrant la voie à des études ultérieures, sont regroupées dans la conclusion.

# *Chapitre 1.*

## *Synthèse bibliographique*

## I. Généralités sur les champignons

### I.1. Présentation des champignons

#### I.1.1. Définition

Les champignons (Fungi ou mycètes) constituent un groupe d'organismes hétérotrophes eucaryotes et ubiquistes riches de quelques 120000 espèces présentant des structures et des caractéristiques biologiques extrêmement diversifiées (SEMAL *et al.*, 1993).

Tous sont des organismes eucaryotes, elles sont dépourvues de pigments chlorophylliens (BOUCHET *et al.*, 1999).

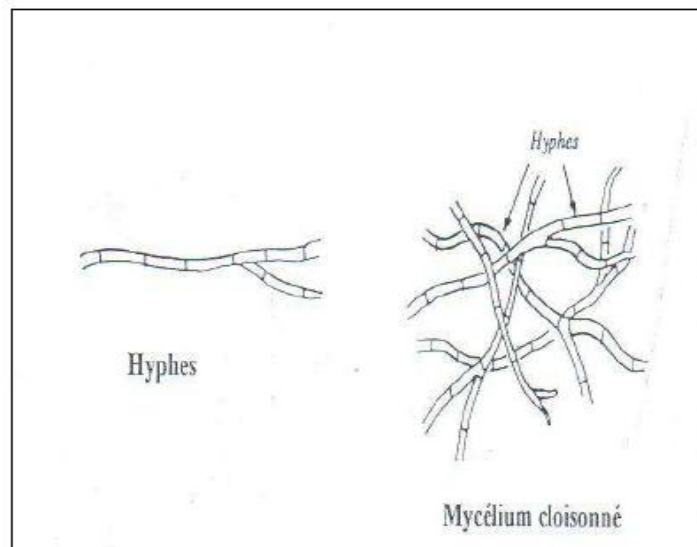
leur appareil végétatif ou thalle ne comporte pas de système conducteur différencié l'appareil végétatif des champignons (thalle) est généralement constitué par un mycélium formé de filaments tubulaires cylindriques ramifiés, à croissance linéaire apicale, dont l diamètre varie selon les espèces de 1 à 2  $\mu\text{m}$  jusqu' à plus de 50 $\mu\text{m}$  (SEMAL *et al.*, 1993).

La paroi de la cellule de champignon constitue la chitine ou cellulose selon l'espèce, cette paroi est ventrue par la membrane cytoplasmique. Le protoplasme de cellule constitue d'un noyau, cytoplasme qui renferme une vacuole, mitochondrie, réticulum endoplasmique et les ribosomes (WASFI, 1993) dépourvus des pigments chlorophylliens. Ils sont incapables d'effectuer la photosynthèse et tirent leur énergie de l'oxydation de composés chimiques organiques.

Elles végètent le plus souvent dans les milieux extérieurs à l'homme sur la matière organique en décomposition. On les appelle alors des saprophytes. Ils peuvent aussi parasiter un hôte, chez l'homme certaines espèces sont pathogènes. (LECLERC *et al.*, 1983).

D'après **HECLERC** Les champignons sont considérés avant tout par une structure mycélienne et une organisation cénocytique. Ils sont constitués en effet par des éléments filamenteux, les hyphes plus ou moins allongés, ramifiés, dont l'ensemble connus sous le nom de mycélium peut à l'intérieur de ces enveloppes se trouve enfermée une masse cytoplasmique mobile contenant de nombreux noyaux cette organisation est dite cénocytique.

Les micromycètes multicellulaires, appelés couramment moisissures, ont la forme de filaments. Ces filaments peuvent être divisés par des cloisons, ou septa (septum au singulier), formant des unités qui ressemblent à des cellules distinctes. On les appelle hyphes segmentés ou septés. Dans d'autres classes de mycètes, les hyphes ne contiennent pas de cloisons; ils sont appelés siphons ou cénocytes (Tortora, 2003). L'ensemble des hyphes (cloisonnés ou non) constitue un réseau visible à l'œil nu sous forme de petites taches colorées à la surface de substrats moisis. Ce réseau forme la partie végétative du mycète nommée mycélium (Chasseur et Nolard, 2003) (voir figure : 01).



(Source : SIMON *et al.*, 1994)

**Figure 01** : Morphologie des champignons.

### I.1.2 Reproduction

La plupart des champignons possèdent deux modalités de reproduction : la reproduction asexuée (imparfaite ou végétative), et la reproduction sexuée (parfaite) (LAROUSSE AGRICOLE, 1981).

La reproduction végétative des champignons résultant d'une fragmentation du thalle ou d'une sporulation représente le plus souvent la principale source de dissémination du champignon lors de la fragmentation du thalle. Les ramifications se séparent les unes des autres à la suite de la dégénérescence de la partie basale d'hyphe dont elles dérivent. Il est rare que l'ensemble du cytoplasme du thalle se transforme en spores lors de la multiplication végétative (thalle holocarpique de certaines chytridiales). Généralement, le

contenu d'un territoire du thalle est isolé du reste de celui ci par une cloison qui engendrera des spores en constituant un sporocyste (thalle eucarpique).

La reproduction sexuée des champignons comporte une plasmogamie (fusion des Cytoplasmes de deux gamètes) suivie d'une caryogamie (fusion des noyaux correspondants) et d'une méiose (division réductionnelle). Les types de spores sexuées sont au nombre de quatre : l'oospore, la zygosporé, l'ascospore et la basidiospore (STANIER *et al.*, 1966).

Chez des nombreuses espèces les hyphes laissent apparaître des cloisons transversales qui rassemblent ainsi, les segments en une chaîne de cellules séparées les unes des autres, cet aspect n'est en fait que une apparence car toutes les cellules communiquent par un pore centrale qui laisse le cytoplasme multinuclé circuler librement. Le mycélium bien que contenant un cytoplasme mobile, et lui même incapable de se déplacer à cause de la rigidité de ses parois.

On parle aussi communément des moisissures pour désigner les champignons chez lesquels les organes de fructification ont une structure nettement filamenteuse. Elles s'opposent aux champignons comestibles; dans les corps fructifiant sont charnus (LECLERC *et al.*, 1983).

### **I.1.3. Mode de vie**

La plupart des champignons vivent indépendants dans le sol ou dans l'eau et tirent leur énergie de la respiration ou de la fermentation des matériaux organiques présents dans leur milieu (STANIER *et al.*, 1966).

Il existe trois modes principaux de vie: Symbiotique, saprophyte et parasite.

Les champignons saprophytes décomposent la matière organique et jouent un rôle important dans la régénération des écosystèmes d'un point de vue économique il occupent une place importante dans le domaine agroalimentaire, pharmaceutique ainsi que en biotechnologie les dégâts dus aux champignons saprophytes se manifestant par les pourritures des poids, des textiles et des aliments (SEMAL *et al.*, 1993).

Parmi les symbioses, outre l'association bien connue entre algues et champignons chez les lichens, certaines espèces sont associées avec les végétaux supérieurs sous forme de mycorhizes permettant aux plantes colonisées de prospérer sur des sols pauvres, notamment en accroissant l'absorption de substances minérales et d'eau.

En retrouve des champignons pathogènes à tous les niveaux taxonomiques des mycètes leurs hôtes sont parfois des animaux (insecte, nématode, crustacés mammifère) mais c'est au sein de règne végétal dont tous taxones pouvant être parasites que l'incidence économique des fungi autant qu'agent pathogène est le plus importante.

## **I.2. Classification des champignons**

La classification générale des champignons se fonde sur les caractéristiques du thalle (plasmode nu ou filament, cloisonné ou non; présence éventuelle de cellules nues flagellées) ainsi que sur les modalités de leur reproduction sexuée (SEMAL *et al.*, 1993).

La classification des champignons décrit quatre phylums (embranchements) principaux: les oomycètes, les zygomycètes, les ascomycètes et les basidiomycètes caractérisés par la nature de leurs spores. Un cinquième phylum, considéré comme artificiel, les Deuteromycètes (ENCARTA, 2005).

## **I.3. Besoins nutritifs**

### **I.3.1. Carbone**

Les mycètes utilisent des matières organiques comme source de carbone et d'énergie. Ils tirent ce carbone par saprophytisme, symbiose ou parasitisme. Les hydrates de carbone doivent être sous forme soluble pour entrer dans les hyphes, car la paroi cellulaire rigide empêche l'endocytose (NICKLIN *et al.*, 2000).

### **I.3.2. Azote**

Les mycètes incorporent l'azote par hétéromorphisme, ils ne peuvent assimiler l'azote gazeux mais peuvent utiliser le nitrate. L'ammonium et certains acides aminés par absorption directe à travers la membrane des sources complexes d'azote comme les peptides et les protéines ne sont utilisables par les hyphes qu'après leur dégradation par des protéases en acides aminés (NICKLIN *et al.*, 2000).

### I.3.3. Eléments minéraux

Les champignons conditionnés des différents constituants nutritionnelles pour assurer leur développement et parmi ces constituent les éléments minéraux comme  $K^+$ ,  $Fe^+$ ,  $Cu^+$ ,  $Mn^+$ ,  $Mo^+$  et  $Ca$  qui sont des éléments nécessaires pour leur développement (BOTTON *et al.*, 1990 )

Tous sauf le phosphore sont présents en excès dans leur environnement. Le phosphore peut parfois être en faible quantité en particulier dans les sols .Les mycètes ont alors la possibilité d'accéder à des réserves de phosphore d'une autre manière, en sécrètent dans le milieu extracellulaire des enzymes phosphatases.

Le cuivre, le magnésium, le sodium, le zinc et le molybdène constituent les micronutriments, sont disponibles en grande quantité dans l'environnement des mycètes.

Le Fer est relativement insoluble et donc pas facilement assimilable, mais les mycètes sont capables de synthétiser des sidérophores ou des acides organiques qui peuvent chelater le fer ou modifier sa solubilité (NICKLIN *et al.*, 2000).

### I.4. Substances de croissance et les vitamines

Parmi les autres éléments nécessaires au développement des champignons de petites quantités de substances décroissance (vitamine) que certains champignons sont incapables de synthétiser eux mêmes (ENCARTA, 2005). Parfois des vitamines, stérols et acides gras purines Nécessaires à certaines espèces (BOUCHET *et al.*, 1999).

#### I.4.1. Facteurs écologiques

##### I.4.1.1. Eau et oxygène

Les substances nutritives, l'oxygène et l'humidité sont des facteurs essentiels pour la formation et la libération des spores.

L'eau ou une humidité élevée sont presque toujours indispensable à la croissance active des champignons de nombreuses spores ne germent que si l'humidité relative atteint 97% à 98% ou d'avantage et beaucoup ont besoin d'eau libre (LOUVET, 1971).

### I.4.1.2. Température

La plupart des mycètes sont mésophiles et croissent à des températures entre 5-40°C certains sont psychrophiles et sont capables de vivre à moins de 5°C. D'autre est thermo tolérants ou thermophile et pouvant croître au-dessus de 50°C.

### I.4.1.3. pH

Des mycètes ont tendance à coloniser des environnements acides et par leur activité métabolique acidifient encore plus les milieux, leur croissance optimale se fait à des pH entre 4 et 6 (NICKLIN et *al.*, 2000).

Les moisissures peuvent avoir un effet bénéfique dans différents domaines (la fabrication du fromage dans le domaine agroalimentaire et des antibiotiques dans le domaine thérapeutique). A côté de ces moisissures utiles, on retrouve des moisissures indésirables, toxigènes, responsables de problèmes économiques ou encore elles sont dangereuses pour la santé suite à leur production de mycotoxines (Ellis et *al.* 2008).

## I.5. Les moisissures toxigènes et les denrées alimentaires

Une espèce fongique toxigène est une espèce dont certaines souches sont susceptibles d'élaborer ou de provoquer, dans certaines conditions, l'apparition d'un ou de plusieurs substances toxiques. La formation de ces métabolites peut résulter de trois mécanismes différents: la transformation d'un substrat non toxique en un produit toxique par le biais des bioconversions; la déviation du métabolisme normal de la plante, aboutissant à la formation de produits toxiques ou la production, proprement dite, des mycotoxines, métabolites secondaires propres à la souche fongique (Leclerc et *al.*, 2005).

Les moisissures sont capables de provoquer d'importantes détériorations, dans le domaine agronomique. Ainsi, leur présence indésirable donne aux aliments des odeurs moisis et modifient leurs aspect via la production de pigments, comme la mélanine. Il y a donc une réduction quantitative et qualitative de la valeur alimentaire de la denrée, accompagnée d'une baisse du rendement des récoltes. Les métabolites produits par ces champignons lors de leur croissance sont aussi des éléments majeurs dans l'altération des denrées alimentaires dont les mycotoxines sont les plus graves en raison de risque d'intoxication (Nguyen, 2007). Les aliments touchés par les moisissures toxigènes peuvent être d'origine animale ou végétale.

Les céréales sont les denrées alimentaires végétales les plus fréquemment contaminées (en plein champ ou lors du stockage). Les autres produits d'origine végétale sont les fruits (y compris leurs jus et leurs produits de fermentation tels que les vins, le cidre et leurs dérivés secs), les épices, le café et le cacao. Des produits et aliments d'origine animale tels que le lait, le sang, les abats et tout ce qui en dérive doivent retenir l'attention (tableau 1), du fait qu'ils peuvent contenir des traces de mycotoxines ou des dérivés des mycotoxines contenues dans les aliments ingérés par les animaux d'élevage (AFSSA, 2009).

**Tableau 1** : Moisissures et mycotoxines retrouvées dans certains aliments.

Moisissure	Mycotoxine	Denrées
<i>Aspergillus</i>	Aflatoxines Stérigmatocystine Ochratoxines A	Maïs, riz, cacahuète, graines de coton, de potiron, haricots, tissus d'animaux (jambon, lard, saucisse), lait et dérivés
<i>Fusarium</i>	Trichothécènes (déoxynivalénol, toxine-T2, diacétoxyscirpénol), fumonisines, zéaralénone, moniliformine, fusarenone	Blé, maïs, orge, riz, seigle, avoine, noix
<i>Penicillium</i>	Patuline, ochratoxine A, citrinine, acide cyclopiazonique, pénitrem A	Fruits et jus de fruits, blé et dérivés, riz, fromage, noix
<i>Alternaria</i>	Alternariol, acide tenuazonique	Fruits, légumes et produits dérivés de pommes et tomates
<i>Claviceps</i>	Alcaloïdes de l'ergot	Blé et dérivés, seigle

(Source : Nguyen, 2007).

Le développement des moisissures toxigènes est favorisé dans les pays d'Afrique, d'Asie du Sud et de l'Amérique Latine, où la dominance de chaleur et d'humidité se conjuguent.

Ainsi le maïs, le riz et le millet, aliments de base des populations de ces pays, sont souvent contaminés par les aflatoxines (Nguyen, 2007). Plusieurs autorités ont suggéré que le maïs est une source de maladie sur le plan nutritionnel, liée à sa consommation comme un aliment de base (Dutton, 2009).

Cette réalité est liée à la sensibilité élevée du maïs à la contamination par les mycotoxines, en comparaison avec les autres céréales, comme le blé, qui sont résistantes ou seulement modérément sensible à cette contamination (Zinedine et Mañes, 2009).

### **I.5.1. Différentes catégories de pertes causées par les champignons phytopathogènes**

#### **I.5.1.1. Perte quantitative**

Une perte quantitative est une perte de substance physique, qui se manifeste par une diminution de poids ou de volume. Elles sont dues entre autres, à des modifications du taux d'humidité des fruites au cours de la période du stockage, au renversement à l'écoulement accidentel des fruites des sacs endommagés ou encore, à une détérioration des fruites par des organismes nuisible.

#### **I.5.1.2. Pertes qualitatives**

La détérioration rend les denrées inconsommables. En effet ce genre de perte se constate suit à:

- La réduction de la valeur nutritive.
- Une modification de goût (moisissement générale).
- Une modification de l'odeur.
- Réchauffage de la marchandise stockée jusqu'à l'ignition.
- Une contamination par les mycotoxines des agents pathogènes.
- Décoloration des fruites.

#### **I.5.1.3. Perte commerciale**

Faute de pouvoir stocker de bonnes conditions, la denrée subit une perte quantitative, et/ou qualitative (dépréciation de la denrée, outre d'autres pertes argent seront onsenties par le stockeur (APPERT, 1985).

## I.5.2. Les mycotoxines

### I.5.2.1. Nature et origine des mycotoxines

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires, toxiques, de faible poids moléculaire (entre 200 et 10.000 daltons), excrétées par certaines moisissures qui se développent sur divers produits agricoles sous des conditions environnementales particulières (Krska, 2009). À ce jour, 300 à 400 mycotoxines sont connues (Pamel et *al.*, 2010).

Il s'agit de petites molécules peu solubles dans l'eau, peu volatiles et difficilement métabolisées par les organismes vivants. Elles sont très stables à l'acidité et à la chaleur (Ruppel et *al.*, 2004). L'origine chimique des mycotoxines est très diverse, certaines dérivent des polycétoacides (aflatoxines, ochratoxine, patuline, stérigmatocystine), d'autres des acides aminés (alcaloïdes de l'ergot, acide aspergillique, acide cyclopiazonique) et les derniers sont des dérivés terpéniques (désoxynivalénol, diacétoxyscirpénol, fusarénone,) (Leclerc et *al.* 2005).

### I.5.2.2. Effets des mycotoxines

Les mycotoxines constituent un danger imminent qui tire le signal d'alarme, en raison des pertes économiques importantes qui sont liées à leurs effets sur la santé de l'homme, sur la productivité animale et sur le commerce national et international. La FAO estime que plus de 25 % des récoltes mondiales sont significativement contaminées par des mycotoxines (Krska, 2009).

L'ingestion d'aliments contaminés par les mycotoxines peut être à l'origine de toxicités aiguës ou chroniques nommées mycotoxicoses. Cependant, les intoxications aiguës sont rares, spécifiquement chez l'homme, en raison des faibles quantités pouvant être ingérées avec des aliments contaminés.

Mais, l'intoxication chronique est souvent à craindre et ce, à cause de l'effet cumulatif des doses fixées sur des organes cibles, tels que le foie ou le rein (Leclerc et *al.* 2005). Les mycotoxines peuvent aussi avoir des effets carcinogènes, mutagènes, tératogènes et immunosuppresseurs (tableau 2). En outre, certaines mycotoxines peuvent altérer des réactions immunitaires et réduire ainsi, la résistance aux infections. Du coup, il

est, maintenant, largement considéré comme leur effet le plus important, surtout dans les pays en développement (Pamel et *al.*, 2010).

**Tableau 02:** Les principales mycotoxines et leurs effets.

Mycotoxines	Effets avérés ou suspectés
Aflatoxines	Hépatotoxique – Mutagène – Cancérogène – Immunotoxique
Citrinine	Néphrotoxique
Fumonisine B1	Neurotoxique – Hépatotoxique – Immunotoxique – Cancérogène
Ochratoxines	Néphrotoxique – Cancérogène - Mutagène
Patuline	Neurotoxique – Mutagène ( <i>in vitro</i> )
Pénitrème A	Neurotoxique
Stéigmatocystine	Hépatotoxique - Cancérogène
Trichothécènes	Hématotoxique– Hépatotoxique - immunotoxique – Cancérogène
Zéaralénone	Ostrogénique – Effet sur la fertilité et la reproduction

(Source : Brochard et Le Bâcle, 2009).

### I.5.2.3. Les moisissures mycotoxinogènes

Les mycotoxines sont produites par de nombreuses moisissures, dotées génétiquement d'un pouvoir toxigène (Reboux, 2006). Plus de 150 moisissures mycotoxinogènes sont connues actuellement, elles appartiennent principalement aux genres *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium* et *Penicillium* (Pamel et *al.*, 2010). Parmi ces genres, seules certaines espèces et parfois, certaines souches au sein d'une espèce, sont capables d'excréter des mycotoxines (Ruppel et *al.*, 2004).

Certaines mycotoxines sont étroitement liées à des espèces fongiques spécifiques alors que, d'autres sont élaborées par de nombreuses espèces appartenant à des genres différents (tableau 3). Les mycotoxines sont produites soit, dans le champ lors du développement de la plante (toxines du champ) soit, après la récolte (toxine du stockage) (AFSSA, 2009).

De manière générale, les conditions environnementales nécessaires à la production de mycotoxines sont plus étroites que celles permettant la croissance fongique (Tabuc, 2007).

**Tableau 03:** Quelques espèces fongiques productrices de mycotoxines

Mycotoxine	Moisissure
Aflatoxines B1, B2, G1 et G2	<i>Aspergillus parasiticus</i> , <i>A. flavus</i>
Citrinine	<i>P. citrinum</i> , <i>Monascus ruber</i>
Déoxynivalénol (DON), Nivalenol, Fusarenone, Toxine T2	<i>F. tricinctum</i> , <i>Fusarium sp.</i>
Fumonisines	<i>F. moniliforme</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>Fusarium sp.</i>
Monolifirmine	<i>F. proliferum</i> , <i>F. Subglutinans</i>
Ochratoxines A, B, C	<i>A. ochraceus</i> , <i>A. carbonarium</i> <i>Penicillium verrucosum</i> , <i>P. nordicum</i>
Patuline	<i>P. ochraceus</i> , <i>P. cyclopium</i> , <i>P. Puberulum</i>
Stérigmatocystine	<i>A. nidulans</i> , <i>A. versicolor</i>
Zéaralénone	<i>Fusarium roseum</i> , <i>Fusarium sp.</i>

(Source : Atoui, 2006).

## I.6. La lutte contre les champignons phytopathogènes

Micro-organismes pathogènes (bactéries, champignons, mycoplasmes, virus), insectes et nématodes sont responsables, chaque année, de la perte de 20 à 40% du rendement des cultures avant récolte (selon l'Organisation Mondiale de la Santé), et entre 1 et 20% après récolte aux USA (Wojcieh et Lise 2002). Actuellement, ce sont essentiellement des pesticides de synthèse qui sont utilisés pour lutter contre ces agents ravageurs.

Ces produits chimiques sont considérés comme l'arme la plus efficace pour faire face à ces problèmes, mais ces substances ont des conséquences néfastes (Kouassi 2001; Thakore 2006) sur l'environnement comme l'accumulation de résidus et la pollution des sols, l'apparition et la généralisation des mécanismes de résistance chez les pathogènes, le déséquilibre écologique, dû au fait que beaucoup de ces composés de synthèse ont un large

spectre d'action, détruisant non seulement les agents nuisibles, mais également les autres populations de l'écosystème.

Au regard de ces inconvénients, il est important de trouver des solutions alternatives qui permettront de continuer à lutter contre les phytopathogènes tout en diminuant l'emploi de produits chimiques. Celles-ci peuvent faire appel à la rationalisation des pratiques agricoles (fumigation-stérilisation en horticulture, désinfections des graines, rotation des cultures, contrôle du vecteur de la maladie...), à l'utilisation de variétés végétales résistantes (croisements sélectifs, insertion de gènes...) ou au développement des biopesticides. Ces biopesticides ou agents de lutte biologique, peuvent être définis comme des produits phytosanitaires dont le principe actif est un organisme vivant ou l'un de ses dérivés. Ils peuvent donc être constitués d'organismes (plantes, insectes, nématodes) ou de micro-organismes (bactéries, levures, champignons, virus) exerçant une activité protectrice sur les plantes vis-à-vis d'agents phytopathogènes, mais aussi de substances d'origine naturelle telles que des extraits végétaux, phéromones, etc.... (Thakore 2006).

La lutte par les substances naturelles des plantes ont été utilisées traditionnellement dans la conservation des aliments, *in vitro*, les extraits et la poudre de certains végétaux ont montré leur capacité d'inhiber les moisissures toxigènes et la production des toxines.

Dans cette lutte, les produits végétaux ont pris une part considérable dans les travaux de recherche et plus précisément les huiles essentielles, cependant, très peu d'études ont été réalisés jusqu'à ce jour concernant les extraits naturels (Mohammedi, 2013).

## II. Généralités sur les algues marines

### II.1. Présentation des algues marines

#### II.1.1. Définition

Les algues sont des organismes photosynthétiques. Elles comprennent 20 000 à 30 000 espèces dans le monde, soit 18% du règne végétal (Kloareg et Quatrano, 1988).

Il est difficile de déterminer le vrai nombre d'espèces vu leur diversité inconnue et leur recensement et classification. Dernièrement, le nombre d'espèces recensées est de 139 833 (Guiry, 2015).

Les algues sont des organismes chlorophylliens se développant dans l'eau ou dans des milieux très humides. Bien que surtout abondantes dans les eaux des mers, des lacs, des mares, des eaux courantes et des eaux thermales, on en trouve également sur les rochers humides et sur la terre. Exceptionnellement, elles peuvent être endophytes de tissus animaux ou végétaux. (Feldmann, 1963). Et même dans la neige. Elles se nourrissent directement à partir de leur surface cellulaire et prélèvent les éléments nutritifs dans le milieu qui les baigne ou les humecte (Cabioc'h, 2006).

Les algues sont distinguées des autres végétaux par leur thalle et appareil végétatif uni-ou pluricellulaire, dépourvus de racines, de tige et de feuilles. Or, les cellules des algues possèdent les mêmes éléments de structure que celles des plantes supérieures (Garon-Lardiere, 2004).

Les algues sont des organismes autotrophes, c'est à dire capables de photosynthèse à la tributaires de la lumière. Or celle-ci est absorbée par l'eau et à quelques mètres de profondeur l'éclairement devient insuffisant pour assurer une assimilation compensant les pertes dues à la respiration. Elles sont limitées pour cette raison en milieu aquatique à une zone superficielle qui, en général, ne dépasse pas 40 à 60 mètres de profondeur (ce qui, à l'échelle océanique représente une mince pellicule ; au-delà, le milieu marin est dépourvu de producteurs).

On distingue dans les populations algales deux grands ensembles. Le premier est constitué d'espèces qui flottent ou nagent en pleine eau ; elles sont en général microscopiques et souvent unicellulaires. Elles forment la partie végétale et productrice du

plancton et *phytoplankton* (du grec, *plankton*= errant). Le second ensemble *phytobenthos* (du grec, *benthos* = fond) est constitué par des espèces fixées au fond.

Elles constituent en particulier une riche frange de végétation sur le littoral. Parmi ces Algues côtières se rencontrent des espèces dont les thalles atteignent de grandes dimensions et un degré élevé d'organisation pluricellulaire (Roland, 2008). L'air, la lumière et des sels dissous sont, en plus de l'eau, nécessaires à leur développement.

Les algues constituent en réalité un vaste ensemble hétérogène d'embranchements très distincts les uns des autres et n'ayant entre eux que peu de caractères communs (Feldmann, 1963).

Les algues peuvent néanmoins être classées en une dizaine d'embranchements selon des critères basés sur leurs compositions pigmentaires, leurs polysaccharides de réserve ou leurs caractéristiques structurales (Ruiz, 2005).

C'est ainsi, suivant la pigmentation, les algues sont classées en quatre grands groupes: les algues rouges (Rhodophytes), les algues brunes (Phéophytes), les algues vertes (Chlorophytes) et les algues bleues (Cyanobactéries).

## II.2. Les Rhodophytes

Les algues rouges prédominent dans de larges zones des plateaux continentaux des régions tropicales. Tempérées et froides; la classification la plus récente reconnaît un embranchement « Rhodophyta », deux sous embranchements « Cyanidiophytina », avec une seule classe, et « Rhodophytina » avec six classes (Yoon et *al.* 2010). On compte jusqu'à 6000 espèces réparties dans environ 680 genres. La grande majorité de ces espèces sont des algues marines macroscopiques et leurs structures sont plus complexes.

Les Rhodophytes sont généralement fixées aux rochers ou à d'autres algues, mais il existe aussi quelques formes flottantes (Raven et *al.* 2003).

### II.2.1. Les caractéristiques

Le plaste des algues rouges est délimité par deux membranes et contient de la chlorophylle a, la phycocyanine et la phycoérythrine. Ces pigments photosynthétiques sont organisés dans le phycobilisome qui se situe sur la surface de la membrane des thylakoïdes non empilés (Yoon et *al.*, 2010). Comme un produit de stockage, les algues rouges ne produisent pas de l'amidon proprement dit, mais un glucide de plus faible poids moléculaire, analogue au glycogène, appelé « amidon floridéen » (Ozenda, 1990). Cette

liguée est dépourvue de flagelles, de centrioles, et de la chlorophylle b et c (Yoon et al., 2006).

Toutes les Rhodophytes se reproduisent sexuellement et ont des cycles de vie complexes, la méiose peut avoir lieu juste après la fécondation, sans stade sporophyte, alternativement, le zygote peut se développer en un organisme diploïde, et produit par la suite des spores haploïdes qui poussent dans les gamétophytes mâles et femelles. Le gamétophyte femelle produit un grand ovule, tandis que le mâle produit des spermatozoïdes beaucoup plus petits (Tobin & Dusheck, 2005).

### II.3. Présentation de l'espèce étudiée (*Asparagopsis armata*)

Les algues sont des végétaux photosynthétiques répandus dans tous les milieux aquatiques, dont l'appareil végétatif simple (car ne comportant ni racines, ni tiges, 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 milliards 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 Chlorophycées (algues vertes, 1,3 milliard d'années) et des Phéophycées (algues brunes, 1,1 milliard d'année) (Pérez, 1997). L'algue sur laquelle nos recherches ont porté, *Asparagopsis armata*, appartient à la classe des algues rouges.

Semblable aux autres algues rouges, sa couleur est due à la présence de deux pigments présents dans les chloroplastes : la phycocyanine (bleu) et la phycoérythrine (rouge), qui masquent la couleur verte de la chlorophylle, et dont la proportion relative est à l'origine de la teinte caractéristique des thalles. Son cycle de reproduction est complexe, semblable en cela à la plupart des algues rouges.

## II.3.1. Biologie

### II. 3. 1.1. Ecologie

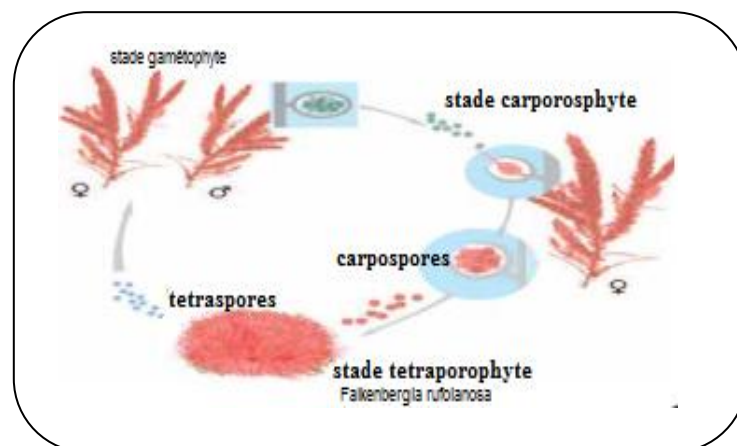
*Asparagopsis armata* est une espèce originaire d'Australie, où elle a été découverte en 1855 par Harvey (Harvey, 1855). Egalement présente en Nouvelle-Zélande et en Tasmanie, elle s'est naturalisée sur les côtes européennes par le biais du Canal de Suez depuis les années 1920.

C'est ainsi que son aire de répartition s'est étendue des côtes algériennes où elle fut décrite dès 1923 aux côtes françaises méditerranéennes (Hamel, 1927) et atlantiques (Sauvageau, 1925), jusque dans les îles britanniques (De Valéra, 1942). Sa présence est constatée sur l'île d'Ouessant dès 1936 par Chemin (Feldmann & Feldmann, 1942).

### II.3.1.2. Cycle de reproduction

La reproduction des algues est à la fois sexuée et asexuée. La reproduction sexuée fait appel à des cellules spécialisées, les gamètes, qui fusionnent pour donner naissance à un œuf appelé zygote. La reproduction asexuée, quant à elle, s'effectue à l'aide de spores, cellules qui ne fusionnent pas mais donnent directement naissance à un autre individu.

Dans la majorité des cas, la descendance d'un individu comporte une succession de générations alternativement gamétophytiques (thalles producteurs de gamètes) et sporophytiques (thalles producteurs de sporophytes), morphologiquement semblables (cycle isomorphe) ou non (cycle hétéromorphe).



(Source : Otero et al. 2013).

**Figure 02** : le cycle de reproduction de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (cycle trig n tiq ).

La plupart des algues rouges sont réputées pour posséder un cycle de développement particulièrement complexe. Dans le cas *d'Asparagopsis*, la reproduction se fait suivant un cycle trigénétique (alternance de trois générations) : La première génération est sexuée, et se présente sous forme de gamétophytes à  $n$  chromosomes (haploïdes).

Le gamète femelle demeure hébergé par le gamétophyte et l'œuf issu de la fécondation engendre, sur le gamétophyte porteur, une génération parasite à développement réduit : le carposporophyte (deuxième génération, asexuée) (Cabioc'h et al., 1992). Ce carposporophyte à  $2n$  chromosomes formera des carpospores qui germeront pour donner la troisième génération, ou tétrasporophyte, diploïde, et qui fournit des spores (tétraspores) dont le développement générera à nouveau des gamétophytes. Dans notre cas, le cycle est trigénétique hétéromorphe, le tétrasporophyte étant très différent des gamétophytes (figure 2). L'algue *Asparagopsis armata* représente la phase gamétophyte *d'Asparagopsis*, alors que *Falkenbergia rafonalo* est la génération tétrasporophytique de cette algue. Ces deux générations sont dissemblables morphologiquement, ce qui est à l'origine de leur appellation différente, puisque pendant longtemps elles ont été prises pour des espèces distinctes.

Enfin, il existe un autre type de propagation de l'espèce *Asparagopsis*. Il s'agit de la multiplication végétative qui consiste à générer, à partir d'une partie du thalle qui se détache et se fixe ailleurs, un nouvel individu.

### II.3.1.3. Cytologie

*Asparagopsis armata*, phase gamétophytique *d'Asparagopsis*, est une espèce annuelle. Cette algue photophile se développe au niveau de l'infra littoral supérieur, entre la surface et dix mètres de profondeur, dans des zones modérément battues (mode abrité) (Cabioc'h et al., 1992). Elle est le plus souvent épiphyte d'autres algues, 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.

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

La ramification des rameaux longs est générée par le cloisonnement oblique des cellules axiales, donnant naissance à deux cellules périaxiales 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 & Hawkes, 1987; Feldmann & Feldmann, 1939; Womersley, 1996). Les rameaux courts (brachyblastes), quant à eux, ont une structure plus simple (Feldmann & 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 larges 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.

#### **II.4. Applications d'*Asparagopsis armata***

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 petites cellules sécrétrices, enchâssées dans la grande cellule péricentrale des brachyblastes (Feldmann & Feldmann, 1942) renferment des composés organiques halogénés volatiles non seulement iodés (d'où leur nom de ioduques), mais aussi chlorés et bromés (Bruneau et al., 1978; Codomier et al., 1977; Combaut et al., 1978; McConnell & Fenical, 1977), à l'origine des propriétés antibactériennes et antifongiques de l'algue (Biard et al., 1980).

Notons que la composition chimique des iodures est liée très étroitement aux conditions climatiques, aux phases du cycle biologique de l'algue, à l'éclairage, etc...(Bruneau, 1977). Un extrait conservant les propriétés spécifiques de l'algue a été développé par la Société Algues et Mer, et est commercialisé soit à des fins de protection des formules cosmétiques, limitant ainsi l'emploi de conservateurs chimiques, soit en tant que produit actif dans les formulations cosmétiques, grâce à son action sur certaines souches bactériennes ou certaines levures (Moigne, 1996).

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 ou Cérariales), 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), et une activité significative sur la stimulation lymphocytaire a également été démontrée par Braun et al. Pendant cette même période (Braun et al, 1983). Une étude plus récente a également démontré des activités antivirales prometteuses contre le virus de l'Herpès ou encore le VIII (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*.

## II.5. Principales utilisations des algues

Les algues sont exploitées industriellement tant dans l'alimentation que dans l'agriculture, la médecine et toutes les formes d'industrie (Naegelé et Naegelé, 1967). La quantité d'algues produites annuellement par culture ou récoltées dans le monde est de l'ordre de neuf millions de tonnes d'algues fraîches.

Les producteurs principaux sont la Chine, la Corée et le Japon (Marfaing et Lerat, 2007; Dhargalkat et Verlecar, 2009) qui, à eux seuls, totalisent les quatre cinquièmes de la production (Marfaing et Lerat, 2007).

### II.5.1. Utilisation alimentaire

Les algues sont consommées en Asie depuis l'aube de l'humanité (Burtin, 2003; Marfaing et Lerat, 2007). En Occident, cette consommation directe d'algues est plus récente. Des études épidémiologiques menées en Asie mettent en évidence une incidence plus faible des cancers du sein, du côlon et de la prostate liée à la consommation régulière d'algues.

Ces résultats seraient en faveur du rôle possible de facteurs nutritionnels multiples, en particulier liés à la présence simultanée dans les algues de différents nutriments comme les protéines, polysaccharides plus ou moins sulfatés, minéraux et oligoéléments mais également métabolites secondaires tels que les polyphénols, caroténoïdes, stérols et bétaines (Marfaing et Lerat, 2007).

La France est le premier pays européen à établir une réglementation spécifique concernant l'utilisation des algues pour la consommation humaine en tant que substances alimentaires non traditionnelles (Burtin, 2003).

### II.5.2. Utilisation industrielle

Si les algues sont utilisées à l'état naturel comme produit final pour l'alimentation et l'agriculture, c'est surtout leurs dérivés qui ont pris un immense intérêt industriel: ce sont les alginates, l'agar-agar et les carraghénanes (Naegelé et Naegelé, 1967). La forte affinité de ces polysaccharides à l'eau, les a qualifiés d'hydrocolloïdes (Venugopal, 2009).

Ils sont extraits de différentes macroalgues rouges et brunes (Naegelé et Naegelé, 1967; Barsanti et Gualtieri, 2006; Venugopal, 2009). Ces hydrocolloïdes jouent un rôle important comme agents gélifiants, épaississants, texturants, stabilisants et émulsifiants (Venugopal, 2009).

### II.5.3. Utilisation agricole

Une autre utilisation intéressante des algues, pratiquée de longue date et fort répandue est celle du goémon, comme engrais formé principalement d'algues brunes: les Fucus et les Laminaires (Naegelé et Naegelé, 1967).

La biodisponibilité de quantités adéquates de potassium, d'azote, d'hormones végétales et de micronutriments, la teneur élevée en matière organique, notamment en

fibre, ainsi que la forme soluble dans l'eau des éléments minéraux et oligo-éléments dans les algues font d'elles un excellent engrais (Venugopal, 2009). La pulvérisation d'engrais liquide sur les plantes, technique récemment adoptée, a augmenté l'efficacité d'absorption des nutriments par les plantes (par les feuilles) dans les 10 à 15 minutes de son application (Dhargalkar et Pereira, 2005).

Cette méthode montre des résultats positifs en termes de santé des plantes, l'augmentation des taux de croissance, la résistance aux ravageurs et des rendements plus élevés de 25 à 30% (Dhargalkar et Pereira, 2005; Venugopal, 2009).

#### **II.5.4. Utilisations médicale et pharmaceutique**

Les pays maritimes ont eu recours aux algues comme vermifuge, anesthésique et pommade pour le traitement de la toux, des blessures, la goutte et le goitre (Dhargalkar et Pereira, 2005). Sur le marché pharmaceutique environ 40 médicaments sont déjà fabriqués à partir de matières chimiques d'algues. En ce qui concerne l'agar-agar son usage est répandu dans la préparation de milieux de cultures nécessaires pour la microbiologie.

Il est aussi employé avec succès dans le traitement de la constipation. Le carraghénane est administré contre les irritations du tube digestif et dans le cas d'une dysenterie. En pharmacologie, il est employé comme agent émulsionnant dans l'homogénéisation des huiles et comme l'agar, c'est un hémostatique efficace.

L'alginate comme le carraghénane, joue un rôle dans la prévention des ulcères. Un médicament appelé communément « mousse de corse » est connu pour son usage comme excellent vermifuge contre les oxyures et les ascaris (Naegelé et Naegelé, 1967).

#### **II.6. 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 (Cassab, 1998).

## *Chapitre 2.*

### *Matériel et méthodes*

## I.1. Matériels

### I.1.1. Présentation du site de prélèvement

Les thalles d'*Asparagopsis armata* ont été récoltés durant l'année 2015 de mois mars. Les prélèvements ont été faits à marée basse à une profondeur allant de 0,5 à 1 mètre.

La récolte a été effectuée sur la côte rocheuse 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 03).



(Source : Google maps ,2015).

**Figure 03** : Localisation géographique du site d'échantillonnage d'*Asparagopsis armata*.

### I.1.2. La récolte des algues

Les algues ont été prélevées à la main et conservées dans des bacs en plastiques, remplis d'eau de mer, jusqu'à leur traitement au laboratoire.

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 algues sont ensuite séparées, identifiées puis séchées.

### I.1.3. Classification de l'espèce étudiée (*Asparagopsis armata*)

Classe : *Rhodophycophyte*

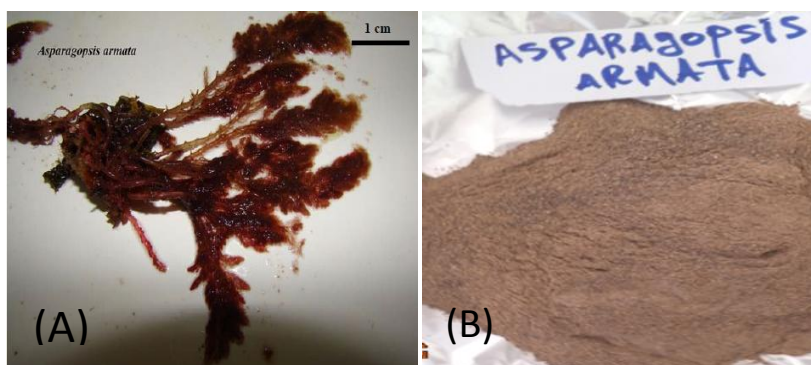
Ordre : *Bonnemaisoniales*

Famille : *Bonnemaisoniaceae*

Genre : *Asparagopsis*

Espèce : *Asparagopsis armata*

(Garon-Lardiere, 2004).



(Source : originale ,2015).

**Figure 04:** photos *Asparagopsis armata* récolte (A).

Poudre d'algue *Asparagopsis armata* (B).

### I.1.4. Souche fongique et milieux de culture

Les souches fongiques mycotoxinogènes sont (*Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium expansum*, *Alternaria sp.*) fournis par le Docteur Houichre Aberrahmane du département d'agronomie de l'Université Amar Thelidji. De référence : Les souches sont conservées à 4°C dans des boîtes de pétri sur milieu PDA. Le milieu PDA est utilisé pour la culture des souches fongiques (voire Annexe 01),

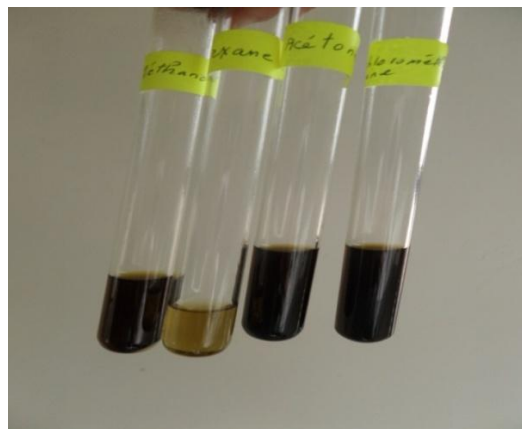
## II.2. Méthodes

### II.2.1. Préparation des extraits d'algues

Après séchage à l'ombre à température ambiante les algues sont broyées à l'aide d'un broyeur pour préparer une poudre qui est conservées à l'obscurité et dans un endroit sec.

Les extraits d'algue sont obtenus en ajoutant 20 g de poudre d'algue *Asparagopsis armata* dans un flacon en verre contenant 200 ml de différents solvants, (dichlorométhane et méthanol, Acétone, Hexane). Les mélanges (algue/solvant) obtenus sont macérés à l'abri de la lumière pendant 24 h à température ambiante, ensuite des filtrations sur papier Wattman N°1 ont été réalisées. Les filtrats obtenus sont évaporés à sec à 45 °C sous pression réduite avec un évaporateur rotatif de type Heidolph 4010 digital, selon la méthode décrite par (Ktari 2000).

L'extrait sec est dissout dans un faible volume de méthanol pur à une concentration appropriée (200 mg/ml). (Voire Tableau 4) puis stocké au réfrigérateur à + 4 °C dans des tubes en verre pour les tests antifongiques.



(Source : originale ,2015).

**Figure 05** : Les différents extraits d'algue *Asparagopsis armata* sont du gauche vers la droite respectivement : méthanol, hexane, Acétone, dichlorométhane.

Le rendement d'extraction est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$R(\%) = M/M_0 \times 100$$

**R** : Rendement exprimé en %

**M** : Masse en gramme de l'extrait sec résultant

**M<sub>0</sub>** : Masse en gramme du matériel végétal à traiter

### II.2.2. Recherche de l'activité antifongique des extraits d'algue

Les champignons sont tout d'abord cultivés dans des boîtes de pétri de milieu PDA pendant 7 jours. La suspension de spores pour chaque souche fongique est préparée par raclage des mycéliums à l'aide d'un écouvillon imbibé avec une solution de Tween 80 à 0.1% (voire Annexe 02).

Après homogénéisation et solidification de la gélose, des puits de 6 mm ont été creusés à l'aide d'une pipette pasteur dans la gélose PDA inoculée (Janakat et *al.*, 2005).

Avant d'évaluer l'activité antifongique des extraits, la toxicité du solvant peut également être critique. A cet effet, nous avons testé (test control) l'innocuité du méthanol pur utilisé pour solubiliser le résidu sec des algues marines.

Des volumes variables (20, 40 et 60µl) des différents extraits de l'algue rouge *A .armata* sont ajoutés dans les puits préalablement préparés

L'incubation des boîtes de pétris se fait à 27°C pendant 7 jours. L'inhibition se traduit par une zone autour du puits visible à l'œil nu et dont on peut déterminer le diamètre à l'aide d'un pied à coulisse. Tous les tests sont répétés deux fois.

## *Chapitre 3.*

### *Résultats et discussion*

## I. Résultats

L'activité inhibitrice d'extraits d'algue rouge *Asparagopsis armata* préparés avec des solvants de polarité différentes (Acétone, Méthanol, Dichlorométhane et l'hexane) sur la croissance des quatre souches de moisissures pathogènes a été étudiées (*Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium expansum*, *Alternaria sp*).

Les valeurs des rendements d'extraction déterminés pour les différents solvants d'algues marine étudiée sont regroupées dans le Tableau 4.

**Tableau 04 :** Rendement de différents extraits d'*Asparagopsis armata* en pourcentages

Solvant d'extraction	Rendement (%)
Acétone	4.76
Hexane	0.26
Dichlorométhane	0.115
Méthanol	10.5

(Source : originale ,2015).

A partir du **Tableau (04)** les résultats obtenus montre que le méthanol donne le rendement le plus élevé (10.5%), suivi par l'acétone (4.76%). En revanche des rendements faibles ont été obtenus avec le hexane et le dichlorométhane comme solvant d'extraction.

La technique de diffusion sur gélose PDA (Potato Dextrose Agar) a été utilisée pour évaluer l'inhibition des moisissures. Les résultats relatifs à l'activité antifongique de divers extraits d'algue marine *A. armata* sont consignés dans le Tableau (05).

On remarque tout d'abord que le pouvoir antifongique de l'extrait de l'algue *A. armata* dépend des souches fongiques testées et également de la nature du solvant qui utilise pour préparée l'extrait algale.

D'après la Figure (6), tous les extraits ont provoqué l'inhibition de la croissance des champignons testés. Des zones d'inhibition d'un diamètre compris entre 8 et 23.35 mm ont été observées (Figure 06). Le diamètre d'inhibition augmente avec l'augmentation du volume d'extrait. Le méthanol pur n'a aucun effet antifongique sur les espèces testées.

D'après le Tableau (05), les souches de moisissures pathogènes (*Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium expansum*,) qui ont été testés, sont fortement inhibées par l'extrait méthanolique d'*Aspragospsis armata* tandis que l'espèce fongique, *Alternaria sp* est peu sensibles.

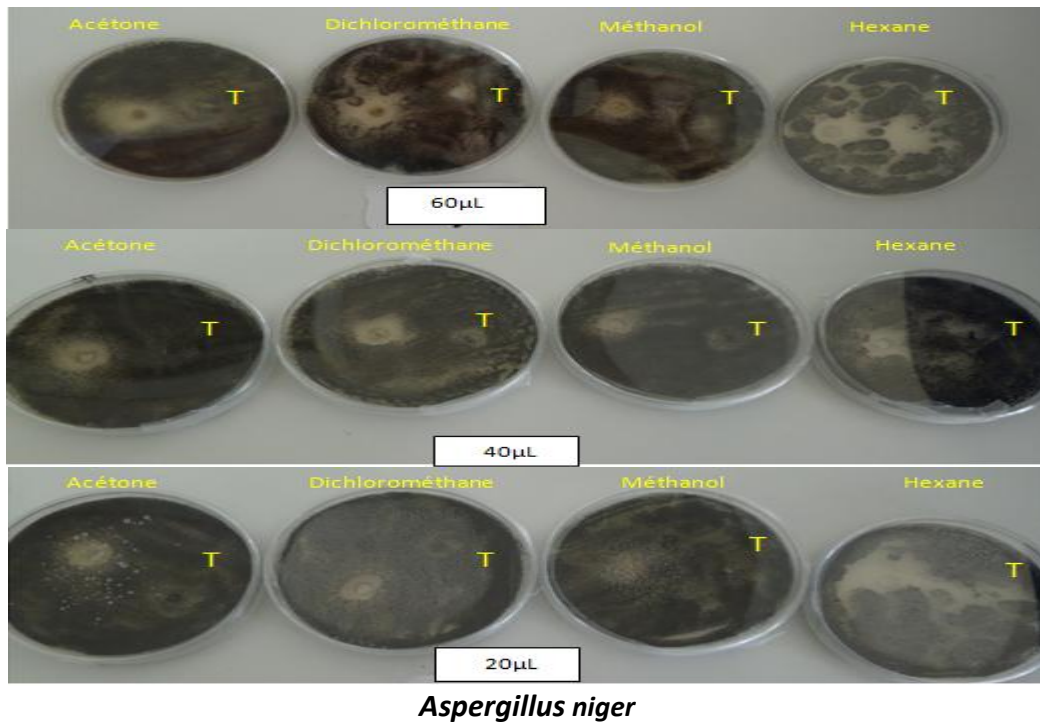
**Tableau 05:** Résultats de l'effet de l'extrait méthanolique d'algue rouge *Aspragospsis armata* sur la croissance de quelques champignons phytopathogènes.

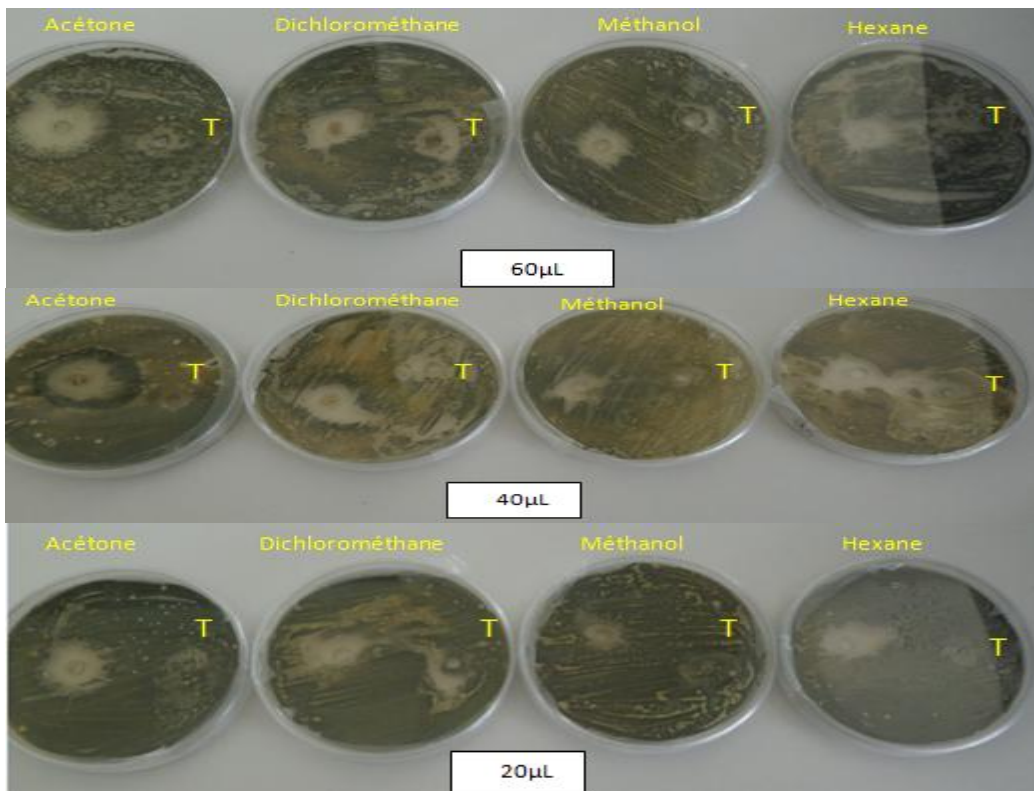
Souche fongique	Solvant d'extraction	Volume de l'extrait (µl)	Zone d'inhibition (mm)
<i>Aspergillus parasiticus</i>	Acétone	20	16.98±0.75
		40	17.54±1.59
		60	23.35±0.36
	Dichlorométhane	20	10.93±0.20
		40	11.71±1.35
		60	15.09±1.70
	Méthanol	20	10.29±0.80
		40	11.13±0.60
		60	12.15±0.24
	Hexane	20	10.12±0.14
		40	12.90±1.19
		60	14.39±1.28
<i>Penicillium expansum</i>	Acétone	20	21.12±0.36
		40	21.93±0.41
		60	22.69±0.83
	Dichlorométhane	20	13.54±0.48
		40	13.85±0.63
		60	16.95±1.97
	Méthanol	20	11.94±0.40
		40	13.19±1.45
		60	13.48±0.42
	Hexane	20	13.87±0.52
		40	15.17±0.30
		60	18.55±1.84

<i>Aspergillus niger</i>	Acétone	20	11.15±0.04
		40	13.08±0.73
		60	15.87±0.45
	Dichlorométhane	20	8.84±0.72
		40	10.98±0.59
		60	14.43±1.13
	Méthanol	20	Ab
		40	Ab
		60	10.25±0.17
	Hexane	20	10.53±0.24
		40	11.01±0.55
		60	14.75±1.68
<i>Alternaria sp</i>	Acétone	20	8±0.16
		40	11.50±0.50
		60	12.99±0.58
	Dichlorométhane	20	Ab
		40	Ab
		60	11.18±0.07
	Méthanol	20	Ab
		40	Ab
		60	10.84±1.12
	Hexane	20	Ab
		40	Ab
		60	9.6±0.59

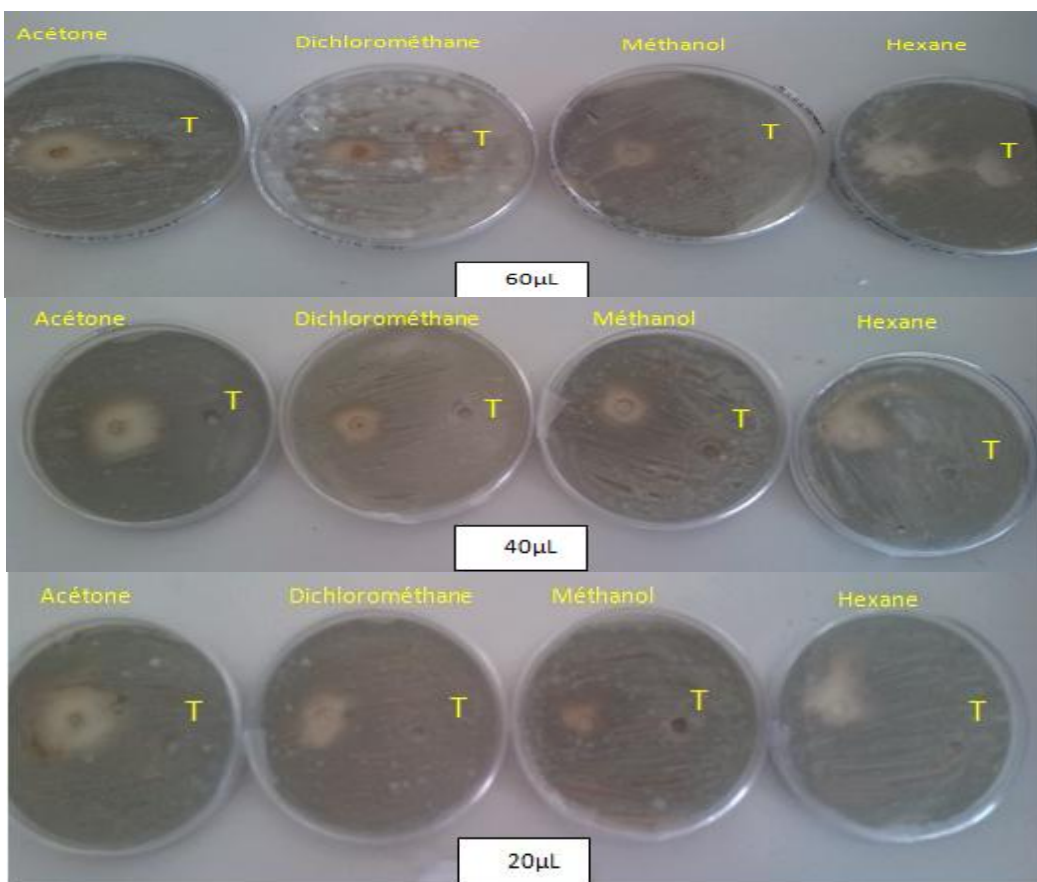
(Source : originale ,2015).

Ab : L'absence de zone d'inhibition

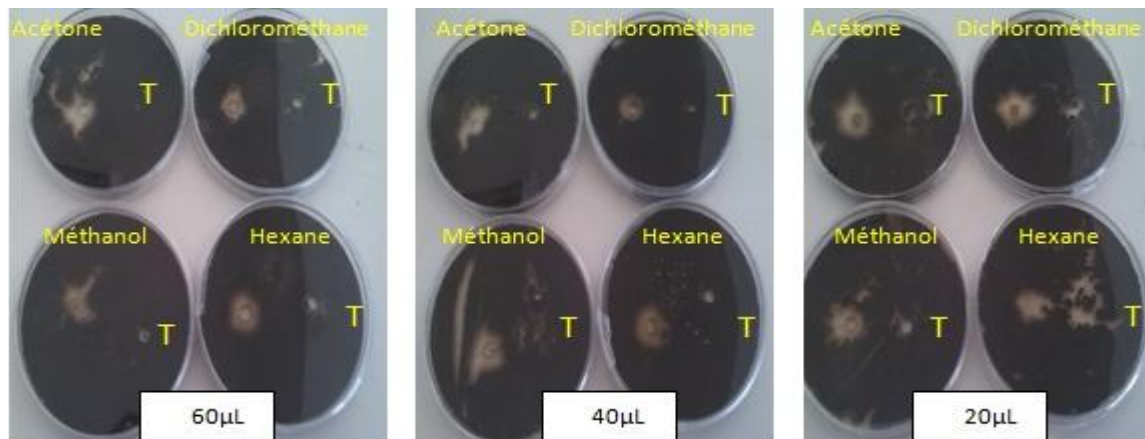




*Aspergillus parasiticus*



*Penicillium expansum*

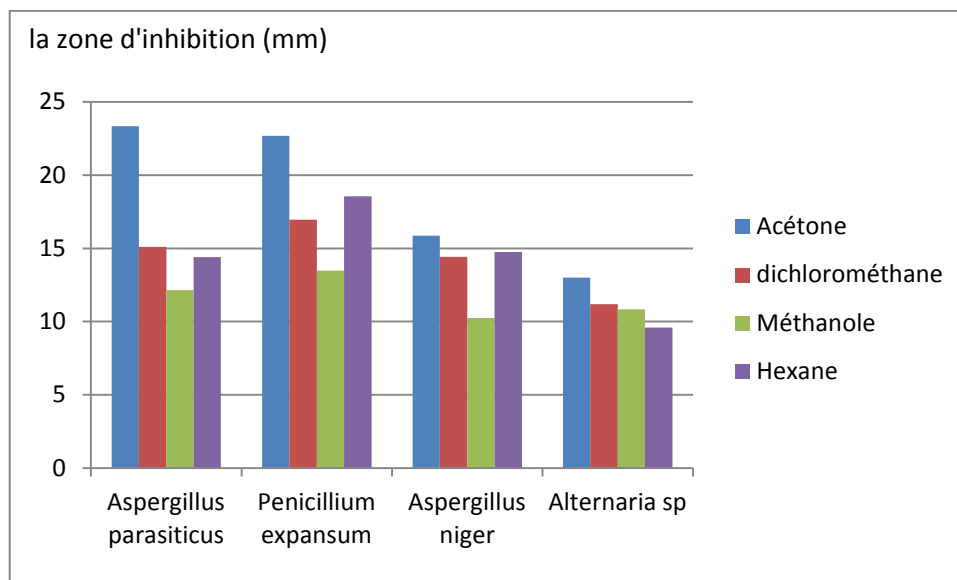


T : Témoin

*Alternaria sp*

(Source : originale ,2015).

**Figure 06:** Résultats de l'effet antifongique des différents extraits d'*Asparagopsis armata* et du méthanol pur déterminé par la méthode de diffusion sur milieu PDA.



**Figure 07 :** Histogramme représentatif l'effet de différents l'extrait d'algue rouge *Asparagopsis armata* sur la croissance de quelques champignons phytopathogènes

D'après la Figure (7), on remarque que l'extrait acétonique et dichlorométhane ont une forte activité inhibitrice vis-à-vis de toutes les souches fongiques.

*Aspergillus parasiticus*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus niger* sont les souches fongiques les plus sensibles tandis que la souche la plus résistante est *Alternaria sp*.

## II. Discussion

Les espèces d'algue rouge marine *Asparagopsis* ont été reportées d'avoir des propriétés antifongiques, antibactériennes et anti-protozoaires (Bansemir et al., 2006; Burreson et al., 1975; Genovese et al., 2009; Jiao et al., 2011; McConnell et Fenical, 1977; Salvador et al., 2007).

Plusieurs travaux ont montrés que les extraits des algues marines rouges ont des activités antifongiques qui sont due à la présence des composés volatiles tels que les dérivés des phénols et des acides gras halogénés, des terpenoides et des métabolites secondaires halogénés (Kladi et al., 2004 ; Dembitsky et Srebnik, 2002) Ces composés sont plus ou moins apolaires ce qui confirme que les solvants acétone et dichlorométhane sont les solvants les mieux apropiés pour les extraire.

Selon Craigie et Gruenig (1967) et Fenical (1975, 1982), l'inhibition de la croissance souches fongiques étudiées par les extraits d'algue rouge peut être liée à la présence des composés ayant un pouvoir antifongique comme les bromophénols, les terpenoides brominés et les composés acétylés.

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 terpenoides et les métabolites secondaires halogénés sont responsables de cette activité antifongique.

D'après Moudjahid et al. (2004), ont trouvé que les algues rouges produisent des substances de natures terpènes, acétogenines et halogénés qui sont des composés produits par la polymérisation des acétates. Ces composés possèdent une activité antimicrobienne par effet cytotoxique. De plus, différents extraits de l'algue marine ont été testé par Souhaili et al., (2004), Zinedine et al., (2009) et par Badea (2009) pour leurs activités antimicrobiennes (bactéries, champignons et levures) et sur la formation des mycotoxines par les moisissures.

*Conclusion*

## Conclusion

---

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 nature du solvant d'extraction et de la souche fongique testée. Le pouvoir antifongique dépend aussi du volume de l'extrait testé.

L'acétone et le dichlorométhane semblent être les meilleurs solvants d'extraction puisque de bons résultats en termes de zone d'inhibition en étaient obtenus vis-à-vis des souches fongiques *Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium expansum*, à l'exception d'*Alternaria sp* qui est plus ou moins résistante. Avec de zones d'inhibition d'un diamètre compris entre 8 et 23.35 mm .Le diamètre d'inhibition augmente avec l'augmentation du volume d'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 lipophiles. 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 surtout des extraits acétonique et dichlorométhanique et de tester in situ leur efficacité sur les maladies fongiques.

*Références  
bibliographiques*

- AFSSA, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. (2009).** *Évaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale.* Rapport final. Maisons-Alfort. 308p.
- Ainane T. (2011).** *Valorisation de la biomasse algale du Maroc : Potentialités Pharmacologiques et Applications environnementales, cas des algues brunes *Cystoseira tamariscifolia* et *Bifurcariabifurcata*.* Thèse de doctorat : Faculté des Sciences Ben M'sik. Université Hassan II – Casablanca, Royaume du Maroc.
- Appert J. (1985).** *Le stockage des produits vivriers et semenciers.* Volume 1 et 2. Paris : Maisonneuve et La rose.
- Atoui A. (2006).** *Approche de la mycotoxinogénèse chez *Aspergillus ochraceus* et *Aspergillus carbonarius*: études moléculaire et physiologique.* Thèse de doctorat : Microbiologie et biocatalyse industrielles, Toulouse et Institut National Polytechnique, France.
- Bansemir A., Blume M., Schröder S., Lindequist U. (2006).** Screening of cultivated seaweeds for antibacterial activity against fish pathogenic bacteria. *Aquaculture*, n.252, p.79-84.
- Barsanti L., Gualtieri P. (2006).** *Algae: Anatomy, biochemistry and biotechnology.* Ed. CRC press Taylor & Francis group. Boca Raton, London and New York. 320p.
- Badea V., Balaban D.P., Rapeanu G., Amariei C., Badea C.F. (2009).** The antibacterial activity evaluation of *Cystoseira barbata* biomass and some alginate supobacteria from oropharyngeal cavity. *Romanian Biotechnological Letters. Vol. 14, n. 6, p.4851-4857.*
- Biard J.F., Verbist J.F., Letourneux Y., Floch R. (1980).** *Planta Med.* n. 40, p. 288-294.
- Bonin D.R. et Hawkes M.W. (1987).** Systematics and life histories of new Zealand Bonnemaisoniaceae (Bonnemaisoniales, Rhodophyta): I. The genus *Asparagopsis*. *N.Z.J.Bot*, n. 25, p.577-590.
- Botton B., Breton A., Fevre M. et al. (1990).** *Moisissures utiles et nuisibles importance industrielles.* Deuxième édition. Paris, Milan, Barcelone et Mexico. P 498.
- Bouchet P., Guignard J.L. et Villard J. (1999).** *Les champignons : Mycologie fondamentale et appliquée.* Edition Masson. 194p.
- Bounab E.H. (2014).** Contribution à l'étude de l'effet des extraits méthanolique d'algues marines sur quelques champignons phytopathogènes. Master en Agronomie, option protection des végétaux et d'environnement. Université Amar Telidji – Laghouat. 34p.

- Braun M., Carporiccio B., Vendrell J.P., Vignaud M., Chalet M., Codomier L., Teste J., Catayee G. (1983).** action d'un polysaccharide sulfaté acide, "l'armatan", sur la stimulation lymphocytaire. *C.R soc. Biol.* Vol.177, p. 646-652.
- Brochard G. et Le Bâcle C. (2009).** *Les mycotoxines en milieu de travail.* Documents pour le Médecin du travail. n.119. INRS.
- Bruneau Y. (1977).** Contribution à l'étude chimique des constituants d'une algue rouge : *Asparagopsis armata* (Harv) et de son tétrasporophyte *Falkenbergia rufolanosa* (Harv.) Schmitz. Thèse. In Université des Sciences et Technique du Languedoc. Centre universitaire de Perpignan, 137p.
- Bruneau Y., Codomier L., combaut G. et Teste J. (1978).** Étude comparative des composés hlogénés du *falkenbergia rufolanosa* ( Harv .) schmitz et de l'*Asparagopsis armata* (Harv.) : Rhodophytcées bonnemaisoniales. *C.R. Acad. Sc. Paris*, n.286, p.603-605.
- Burreson B.J., Moore R.E., Roller P.(1975).** Haloforms in the essential oil of the alga *Asparagopsis taxiformis* (Rhodophyta). *Tetrahedron Letters*, p.473-476.
- Burtin P. (2003).** Nutritional values of seaweeds. *Electronic Journal of Environmental. Agricultural and Food Chemistry*, n. 2, p. 498–503.
- Cabioc'h J., Floch J.Y., Le Toquin A et al. (1992).** *Guide des algues des mers d'Europe.* Ed. Delachaux et Niestlé. France. p. 231.
- Cabioc'h J., Floch J.-Y., Le Toquin A., Boudouresque C.-F., Meinesz A., Verlaque M. (2006).** *Guide des algues des mers d'Europe, manche, atlantique, méditerranée, Les guides du naturaliste.* 1<sup>er</sup> Ed. Delachaux et Niestle. P.272.
- Carporiccio B., Braun M., Vignaud M., Chalet M., Teste J., Condomier L. et Catayee G. (1983).** Particulaires 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*, n.177, p.412-420.
- Cassab G.I. (1998).** Plant cell wall proteins. *Annu. Rev.Physiol.Plant Mol. Biol*, n.49, p.281-309.
- Codomier L., Bruneau Y., Combaut G. et Teste J. (1978).** Etude biologique et chimique d'*Asoaragopsis aramata* et de *Flkenbergia rufolanosa* (Rhodophycées bonnemaisoniales). *C. R. Acad. Sc. Paris*, n.284, p.1163-1165.
- Combaut G., Bruneua Y., Teste J. et Codomier L. (1978).** Composés halogénés d'une algue rouge, *Falkenbergia rufolanosa* telrasporophyte d'*Asparagopsis armata*. *Phytochemistry*, n.17, p.1661-1663.

- Chasseur C., Nolard N. (2003).** Les champignons de l'habitat. 1ère partie introduction à la mycologie, risques pour la santé, expertises dans Recherches et Études. CSTS magazine.
- De Valéra M. (1942).** A red alga new to Ireland: *Asparagopsis aramata* Harvey on the west coast. *Irish Naturalists Journal*, n. 8, p. 30-33.
- Dembitsky V.M., Srebnik M. (2002).** Natural halogenated fatty acids: their analogues and derivatives. *Progress in Lipid Research*. n. 41, p. 315–367.
- Dhargalkar V.K., Pereira N.(2005).** Seaweed: Promising plant of the millennium. *Science and culture*, n. 71, p. 60-66.
- Dhargalkat V.K., Verlecar X.N. (2009).** Southern ocean seaweeds: A resource for exploration in food and drugs. *Aquaculture*, n. 287, p. 229-242.
- Dutton M.F. (2009).** The African *Fusarium* / maize disease. *MycotoxRes*. n. 25, p.29–39.
- Ellis S. D., Boehm M. J., et Mitchell T. K. (2008).***Fungal and Fungal-like Diseases of Plants*. The Ohio State University.*Fact Sheet*.
- ENCARTA. (2005).** Microsoft corporation 1993-2004.
- Feldmann J. et Feldmann G. (1939).** Sur la structure des cellules axiales de l'*Asparagopsis armata* Harvey.*C.R.Acad .Sc*, n.208, p.1743-1745.
- Feldmann J etFeldmann G. (1942).** Recherches sur les Bonnemaisoniacées et leur alternance de generations. *Ann. Sc. Nat.* n. 11, p. 76-175.
- Feldmann J .N. (1963).** Les algues in Botanique. Ed. Masson et Cie.Paris. p. 83-249.
- Fink-Gremmels J., (1999).** Mycotoxins: Their implications for human and animal health. *VeterinaryQuarterly*.n.21, p. 115-120.
- Gao S.H., Li X.M., Li C.S., Proksch P., Gui B. (2011).** Penicisteroides A and B, antifungal and cytotoxic polyoxygenated steroids from the marine alga-derived endophytic Fungus penicillium chrysogenum QUEN – 24S. *Bioorg. Med. Chem. Lett*, n. 21, p. 2894-2897.
- Garon-Lardiere S. (2004).**Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata*. Thèse doctorat en Chimie : université de Bretagne occidentale. Ecole doctorale des sciences de la matière, de l'information et du vivant.
- Genovese G., Tedone L., Hamann M.T., Morabito M. (2009).** The Mediterranean red alga *Asparagopsis*: a source of compounds against *Leishmania*. *Marine Drugs*, n. 7, p. 361-366.

- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2011).** *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>.
- Guiry M.D., et Guiry G.M. (2015).** *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 17 April 2015.
- Haslin C., Lahaye ., 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*, n. 67, P. 301-305.
- Harvey W.H. (1855).** Some account of the marine botany of the colony of Western Australia. *Transaction of the Royal Irish Academy*. n. 22, p. 525-566.
- Hornsey IS., et Hide D. (1974).** The production of antimicrobial compounds by British marine algae. I. Antibiotic producing marine algae. *Br. Phycol. J.*n. 9, p. 337-342.
- Janakat S., Al-Fakhiri S., Sallal A-K., (2005).** Evaluation of antibacterial activity of aqueous and methanolic extracts of the truffle *Terfaziacloa veryi* against *Pseudomonas saeruginosa*. *Phytother. Res*, n.26 (6), p. 447-450.
- Jiao G., Yu G., Zhang J., Ewart H.S. (2011).** Chemical structures and bioactivities of sulfated polysaccharides from marine algae. *Marine Drugs*, n. 9, p.196-223.
- Kladi M., Vagias C., Roussis V. (2004).** Volatile halogenated metabolites from marine red algae. *Phytochemistry Reviews*, n. 3 p. 337–366.
- Kloreg B et Quatrano R. (1988).** Structure of the cell walls of marine algae and ecophysiological functions of the matrix polysaccharides. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*n. 26, p. 259-315.
- Krska R. (2009).** Mycotoxins. *Anal Bioanal Chem*. n. 395, p. 1203–1204.
- Kouassi M. (2001).** La lutte biologique: une alternative viable à l'utilisation des pesticides, *VertigO*. n. 2(2).
- Ktari L. (2000).** Recherche de composés actifs dans les algues marines : propriétés pharmacologiques et simulation du cycle biologique de l'algue et de la biosynthèse d'un métabolite. Thèse de Doctorat Université Paris VI, 148p.
- LAROUSE AGRIGOLE. (1981).** *LAROUSE*. Paris : France. 262p.
- Lecler C.H., Izard D., Ohusson M., Wattre P., Jakubc Z. (1983).** *Microbiologie générale*. P.26–27.

- Leclerc F. C., Papon N., Noel T., et Villard J.(2005).** Moisissures et risques alimentaires (Mycotoxicooses). *Revue Francophone des Laboratoires*. n. 373, p. 61-66.
- Louvet J. (1971).** *Les maladies des plantes mode et développement et méthode de lutte*. Paris. 16p.
- Marfaing H., Lerat Y. (2007).** Des ressources marines: Les algues ont-elles une place en nutrition?. *Phytothérapie*, p.2-5.
- McConnell O., Fenical W. (1977).** *Halogen chemistry of the red alga Asparagopsis*. *Phytochemistry*. , n. 16, p. 367-374.
- Mohammedi Z. (2013).** *Etude Phytochimique et Activités Biologiques de quelques Plantes médicinales de la Région Nord et Sud-Ouest de l'Algérie*.Thèse de doctorat. Université Abou BekrBelkaid, Tlemcen. Algérie.
- Moigne J.Y. (1996).** Extrait d'algue, composition cosmétiques comportant un tel extraet utilisation de cet extrait en tant qu'agent antibactérien et /ou antifongique : Brevet, n.FR 2 753, 101P.
- Mokbel M.S. et Suganuma T. (2006).**Antioxidant and antimicrobial activities of the methanol extracts from pummelo (*Citrus grandis*Osbeck) fruit albedo tissues. *European Food Research and Technology*. n. 224, p. 39-47.
- Moujahid A., Bencharki B., Hilali I., Bagri A., Najim.L. (2004).** Activités antibactérienne et antifongique des extraits d'algues marines d'origine marocaine. *Biologie & Santé*. vol. 4, n. 2.
- Naegelé E., Naegelé A. (1967).** *Les algues*. Ed. Presse universitaire de France. Paris . p. 127.
- Nafees B. (2009).** Caractérisation des polycétones synthases intervenant dans la biosynthèse d'ochratoxine a, d'acide pénicillique, d'asperlactone et d'isoasperlactone chez *Aspergillus westerdijkiae*. Thèse de doctorat d'université : Microbiologie et Biocatalyse Industrielles.Toulouse : Institut National Polytechnique. France.255p.
- Ndiaye. (1998).** *Application du raisonnement qualitatif à la conservation des grains stockés : Préservation de la qualité initiale du grain*. Séminaire: Toulouse.
- Nguyen Minh Tri M. (2007).***Identification des espèces de moisissures, Potentiellement productrices de Mycotoxines dans le Riz commercialisé dans cinq provinces de la région centrale du Vietnam - Etude des conditions pouvant réduire la production des Mycotoxines*. Thèse de doctorat : Génie des procédés et de l'environnement Toulouse.

- Nicklin J., Graene Couk K., et al. (2000).** *Microbiologie*. 362 p.
- Nicklin J., Graene Couk K., Paget P. et Killington R. (2000).** *Microbiologie*, 362 p.
- Reymond P., Sanglier Jj., Vayssier Y., Et Veau P. (1990).** Moisissures utiles et nuisibles importances industrielles .paris Milan Barcelone mexico .deuxième édition. p.18- 26-34-207.
- Oswald I.P., Marin D.E., Bouhet S. et al. (2005).**Immuno toxicological riskof mycotoxin for domestic animals in Europe.*Food additives and contaminants*. n. 22, p. 354-360.
- Otero M., Cebrian E., Francour P. et al. (2013).***Surveillance desespèces envahissantes marines dans les aires marines protégées (AMP) méditerranéennes : guide pratique et stratégique à l'attention des gestionnaires*. UICN.136 p.
- Ozenda P. (1990).***Les organismes végétaux, 1. Végétaux inférieurs*. Masson. 219 p.
- Painter T.J. (1982).***Algal polysaccharides*. Edited by A.G.O. (ed): Academic Press. p. 195-285.
- Pamel E. V., Vlaemynck G., Heyndrickx M., et al. (2010).**Mycotoxin production by pure fungal isolates analysed by means of an uhplc-ms/msmultimycotoxinmethod with possible pitfalls and solutions for patulin-producing isolates.*MycotoxRes*. P. 1-11.
- Pérez R. (1997).***Ces algues qui nous entourent. Conception actuelle, role dans la biosphère, utilisations, culture*. Edited by E.IFERMER, Plouzané. 272 p.
- Rao PPS. (1991).** Biological investigation of Indian marine algae,screening of some green,red and brown seaweeds for their antibacterial actimicrobial activity. *SeaweedRes.Util*. n. 14, p. 37-43.
- Raven P. H., Evert R.F. et Eichhorn S.E. (2003).** *Biologie végétale*. De Boeck Supérieur. 968p.
- Reboux G. (2006).** Mycotoxines : effets sur la santé et interactions avec d'autres composants organiques. *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, n. 46, p. 208–212.
- Reichelt JL., et Borowitzka., M A. (1984).** Antimicrobial activity from marine algae: Results of a large scale screening programme. *Hydrobiol*. n. 22, p. 337-342.
- Roland JC., El Maarouf-Bouteau H., et Bouteau F.(2008).***Atlas biologie végétale 1. Organisation des plantes sans fleurs, algues et champignons*.7<sup>ème</sup> édition. Dunod . p 11-30.
- Ruiz G. (2005).** *Extraction, Détermination Structurale et valorisation chimique de phycocolloides d'Algue rouge*.Thèse de doctorat en Chimie appliquée-Chimie des

Substances Naturelles, université de Limoges, Ecole Doctorale Sciences-Technologie-Santé.

**Ruppel P., Delfosse Ph, et Hornick J. L. (2004).** La contamination de la filière laitière par les mycotoxines : un risque pour la santé publique en Afrique subsaharienne. *Ann. Méd. Vét.* n. 148, p. 141-146.

**Reymond P., Sanglier JJ. Et al. (1990).** *Moisissures utiles et nuisibles importances industrielles.* Deuxième édition. Pparis, Milan, Barcelone et Mexico. p.18-26-34-207.

**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.

**Salvador N., Garreta A. G., Lavelli L., & Ribera M. (2007).** Antimicrobial activity of Iberian macroalgae. *Scientia Marina,* n. 71, p. 101–114.

**Sauvageau C. (1925).** *Sur quelques algues floridées renfermant de l'iode à l'état libre.* Bulletin de la station biologique d'Arcachon. Bordeaux. 45 p.

**Semal Et Al., Fraselle J., Impens R., Kummert J., Lepoivre P., Meulimans M., Seilleur P., Vendrevenen J Et Viseur J . (1993).** Traite de pathologie végétale .*Presse agronomique de Gembloux Belgique.* p178, 181,185, 186,194.

**Simon H, Françoise R, Michel B, et al. (1994).** *La protection des cultures.* Londres, parais, New York. Lavoisier –tec. 54p.

**Souhaili Z., Lagzouli M., Faid M., Fellat-Zerrouck K. (2004).** Inhibition of growth and mycotoxins formation in moulds by marine algae *Cystoseira tamariscifolia.* *Africa Journal of Biotechnology.* Vol. 3, n. 1, p. 71-75.

**Stanier R., Doudoroff M., et Adelberged. (1966).** *Microbiologie générale.* Deuxième édition Masson et éditeur 120. Paris : Boulevard saint germain. 88p.

**Tabuc C. (2007).** *Flore fongique de differents substrats et conditions optimales de production des Mycotoxines.* Thèse De Doctorat : l'institut national poly technique et de l'université de Bucarest, France.

**Thakore Y.(2006).**The biopesticide market for global agricultural use. *Industrial Biotechnology,* n. 2(3), p. 294-208.

**Tobin A. J. et Dusheck J. (2005).** *Asking about life.* Cengage Learning. 960 p.

**Tortora J., Funk B.F. and Case Ch.I. (2003).** Introduction à la microbiologie. (edn). ISBN. Canada.945p

- Van den Hoek C., Mann D.G et Jahns H.M. (1995).** *Algae : An introduction to Phycology*. Cambridge University Press. 623 p.
- Venugopal V.(2009).** *Marine products for healthcare functional and bioactive nutraceutical compounds from the ocean*. Ed. CRC press Taylor & Francis group, Boca Raton, London and New York . 552p.
- Vincent C., et Panneton B. (2001).** Les méthodes de lutte physique comme alternatives aux pesticides. *Vertigo*. v. 2, n. 2.
- Chérif W., El-Bour M., Dali Yahia-Kefi O., Ktari L. (2011).** *Screening de l'activité anti-microfouling d'algues vertes récoltées sur la côte nord tunisienne*.
- Wasfi E. (1993).** *Les phytopathologies et biotechnologie*. Alexandrie. Edition bibliothèque académique.
- Wojcieh, J. J. et Lise, K. (2002).** Biological control of postharvest diseases of fruits. *Annu. Rev. Phytopatol.* n. 40, p. 411-441.
- Womerley H.B.S.(1996).** *The marine benthic flora of Southern Australai. Rhodophyta. In Flora of Australia, suppl. series 5 Part IIIB*. Canberra: Australian Biological Ressources Study Publication. 392p.
- Yoon H.S., Muller M.K., Sheath R. G., et al. (2006).** Defining the major lineages of red algae (Rhodophyta). *Journal of Phycology*, n. 42, p. 482–492.
- Zinedine A., et Mañes J. (2009).** Occurrence and legislation of mycotoxins in food and feed from Morocco. *Food Control*. n. 20, p.334–344.

## *Références bibliographiques*

---

*Annexe*

**Annexe 01 : Composition des Milieux de Culture**

➤ **Milieu PDA (Potatoes Dextrose agar)**

Ingrédients pour 1 litre de milieu culture

Ingrédients	quantité
Pomme de terre	200g
Glucose	20g
Agar –Agar	20g
Eau distillées	1000ml

**Annexe 02 : solution de Tween 80 à 0.1% :**

1g de tween 80 mélangé avec 100 ml de Eau physiologique Pui stériles sur autoclave.

**عنوان المذكرة :** دراسة تأثير الطحالب البحرية الحمراء *Asparagopsis armata* على عدد من الفطريات السامة

اللقب: قاوش

الإسم: حليلة

اللقب: بلغيث

الإسم: كلثوم

المؤطر: قوزي هشام

**ملخص:** يركز هذا العمل على دراسة نشاط الطحالب الحمراء *Asparagopsis armata* ضد الفطريات السامة المتحصل عليه من الشاطئ الصخري سلمندر ( مستغانم )  
استعملنا مختلف المذيبات لإعداد مستخلص الطحلب الأحمر *Asparagopsis armata* و من بينها الإيثانول, الأسيتون ذات كفاءة الاستخراج الجيدة. النشاط ضد الفطريات لمستخلص الطحلب الأحمر يعتمد بشدة على التركيز و قطبية المستخلص و كذلك السلالة التي تم اختبارها. مستخلصات الأسيتون و ثنائي كلور الميثان ذات فعالية عالية على *Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium expansum*.  
*Alternaria sp.* أقل تأثرا على عكس *Aspergillus parasiticus* الأكثر تأثرا .  
**كلمات مفتاحية:** الطحلب الأحمر , *Asparagopsis armata*, المذيب, فطريات سامة, ضد الفطريات.

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

**Name: KAOUCHE**

**First name: Halima**

**Name: BELGHIT**

**First name: Keltoum**

**Directed by: GOUZI Hicham**

**Abstract:** This work focuses on the study of the antifungal activity of the red alga *Asparagopsis armata* harvested from rocky shores of the Salamander Beach (Mostaganem) on some toxigenic fungi.

Various solvents were used to prepare the red algae extract *Asparagopsis armata* among the solvents; the methanol and the acetone 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 extracts, acetone and dichloromethane were the highest antifungal activities especially *Aspergillus Niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium expansum*. The *Alternaria sp.* is less susceptible to algae extracts while *Aspergillus parasiticus* is most sensitive.

**Key words:** Algae red, *Asparagopsis armata*, solvent, champignons toxinogènes, antifungal.

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

**Nom: KAOUCHE Prénom: Halima**

**Nom BELGHIT Prénom: Keltoum**

**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 mycotoxinogènes.

Différents solvants ont été utilisés pour la préparation de l'extrait d'algue rouge *Asparagopsis armata*. Parmi les solvants utilisés, le méthanol et l'acétone 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.

Les extraits, acétonique et dichlorométhanique ont les activités antifongiques les plus élevées surtout sur *Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium expansum*. La souche *Alternaria sp.* est moins sensibles aux extraits d'algue tandis que *Aspergillus parasiticus* est le plus sensible.

**Mots clés :** Algues rouges, *Asparagopsis armata*, solvant, champignons mycotoxinogènes, antifongique.