

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état en Sciences de  
la Mer

Option: Biotechnologie marine

Thème

**Valorisation biotechnologique d'une substance marine :  
Etude antibactérienne, antioxydante et analgésique.**

Présenté par :

**ACHOUR Imane Nesrine**

**DJEBBAR Sana**

Soutenu le 27/09/2022, devant le jury composé de :

Mme MAOUEL.D	MCB	ENSSMAL	Présidente
Mme KHELIFA.N	MCB	ENSSMAL	Promotrice
Mr SALI.O	Docteur vétérinaire	SAIDAL	Co promoteur
Mme DAHMANI.N	Professeur	USTHB	Examinatrice
Mme OUAFL.L	MAB	ENSSMAL	Examinatrice

**Année universitaire 2021-2022**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domain: Science de la nature et de la vie.

Filière: Hydrobiologie Marine et Continentale.

Spécialité: Biotechnologie marine.

Thème

**Valorisation biotechnologique d'une substance marine :  
Etude antibactérienne, antioxydante et analgésique.**

Présenté par :

**ACHOUR Imane Nesrine**

**DJEBBAR Sana**

Soutenu le 27/09/2022, devant le jury composé de :

Mme MAOUEL.D	MCB	ENSSMAL	Présidente
Mme KHELIFA.N	MCB	ENSSMAL	Promotrice
Mr SALI.O	Docteur vétérinaire	SAIDAL	Co promoteur
Mme DAHMANI.N	Professeur	USTHB	Examinatrice
Mme OUAFL.L	MAB	ENSSMAL	Examinatrice

Année universitaire 2021-2022

## REMERCIEMENT

---

Avant tout on remercie dieu tout puissant de nous avoir donné le courage, la force, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier notre promotrice Mme **KHELIFA.N**, enseignante au sein de l'École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral « ENSSMAL », qui nous a fait l'honneur de nous diriger et de nous guider pour atteindre nos objectifs mais aussi pour sa patience, sa rigueur et surtout pour son soutien moral et pour l'immense effort qu'elle nous a consacré tout au long de la réalisation de ce projet.

Nous remercions Mr **SALIO** docteur vétérinaire du Groupe SAIDAL qui a accepté de codiriger ce travail et de nous avoir accueilli au sein de son laboratoire de toxicopharmacologie du Groupe SAIDAL, afin d'évaluer les différentes activités thérapeutiques. Nous le remercions notamment pour ses orientations et ses conseils d'une grande valeur scientifique.

Nous tenons à remercier tous les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance, de lire ce manuscrit et d'évaluer ce modeste travail : la présidente de jury Mme **MAOUEL.D**, les examinatrices Mme **OUAFIL** et Mme **DAHMANI.N**.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à :

- Mme **CHIKHLS** et Mme **TRIBECHE.N** ingénieurs au niveau du Centre de Recherche et de Développement (CRD) de Groupe SAIDAL. Pour leurs disponibilités et leur contribution en mettant à notre disposition tous les matériels nécessaires pour la réalisation de nos expériences. Merci pour votre confiance et les longues discussions fructueuses qui ont fait que ce travail aboutisse,

- Mme **AMROUCHE.L** et M **KABRANE.A** qui nous ont orientés afin de mener à bien notre travail,

- Mme **GUERROUMI.H** ingénieure de laboratoire, qui a été toujours à la disponibilité des étudiants pour nous guider tout au long de la réalisation de nos projets de fins d'étude.

- M **DJERRAL.N.E** ingénieur de laboratoire ainsi que M **MATOUK.Y** responsable des laboratoires, pour leur suivi et leur aide indispensable,

- L'ensemble des enseignants de L'ENSSMAL et particulièrement nos enseignants de la spécialité de Biotechnologie Marine.

Enfin, nous tenons à remercier à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## DEDICACES

---

**A ALLAH** le Tout miséricordieux, le très miséricordieux, louange à Toi qui nous a inculqué la force nécessaire et le courage pour mener à bien ce travail. Nous te prions de nous aider davantage à percer dans la recherche du savoir.

**A notre prophète Mohammad**, que la bénédiction d'Allah soit sur lui, sa famille, ses compagnons et tous ceux qui le suivent sur le droit chemin jusqu'au dernier jour. Puisse Allah nous guider sur tes pas, **HAMDOU ALLAH**.

**A la mémoire de mon grand-père DJABELLA Mouhand**, qui me manque, j'aurais aimé que tu sois présent dans ce jour-là, je pense à toi en silence. J'oublierais jamais ton amour ta tendresse et ta douceur. Je t'aimerai pour toujours.

**A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir**, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse, celle qui m'a tout donné et qui sans elle je n'arriverai jamais : mon adorable mère Farida, aucun dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour tes sacrifices pour moi, je te serais éternellement reconnaissante puisse dieu, le très haut, t'accorde santé, bonheur et longue vie.

**A mon frère**, pour sa présence, son aide et encouragement tout au long de mes études.

**A ma tante Siham**, que j'ai toujours trouvé à mes côtés. Merci pour ton amour inconditionnel, qu'Allah bénisse notre union.

**A ma grande mère**, qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Puisse dieu te prêter longue vie de santé et de bonheur.

**A toutes mes tantes adorables**, Salima, Radia, Amel, Karima. Merci pour vos encouragements, soutiens et amour qui n'ont jamais fait défaut. A mes cousins et cousines, pour toute la sympathie que vous m'accordez.

**A Mme GUERROUMI.H**, pour votre patience et votre affection qui m'ont entourée au cours de ce travail, qu'Allah t'accorde un avenir radieux.

*A. Imane Nesrine*

## DEDICACES

---

Je rends grâce à dieu le tout puissant et le miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage afin de finir ce travail.

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents pour votre amour, support, compréhension et sacrifices, vous avez ma profonde reconnaissance et gratitude pour tout ce que vous avez fait pour moi.

A mes frères qui n'ont jamais cessés d'être là pour moi, vous resterez toujours ma source d'inspiration et de courage, je vous remercie pour votre soutien.

A toute ma grande famille, oncles, tantes, cousins et cousines qui m'ont aidé dans mes moments les plus difficiles.

A mes meilleures amies qui m'ont toujours encouragé, je vous remercie d'avoir été à mes coté durant les moments les plus stressants ; Samia, Meriem, Karima, Yasmine, Sara et Messaouda.

A tous ceux et toutes celles que j'aurais involontairement omis de citer.

*D. Sana.*

## TABLE DES MATIERES

Table des matières .....	i
Liste des abréviations .....	iii
Liste des tableaux .....	v
Liste des figures .....	vi
Introduction .....	2
I. Généralité	
I.1. Généralités sur les macroalgues .....	5
I.1.1. Ecologie et distribution des macroalgues .....	6
I.1.2. Mode de reproduction des macroalgues .....	7
I.1.3. Classification des macroalgues .....	8
I.1.4. Intérêt des algues marines : applications dans le monde .....	10
I.2. Généralités sur <i>Ulva fasciata</i> .....	12
I.2.1. Classification de l' <i>Ulva fasciata</i> .....	12
I.2.2. Description de l' <i>Ulva fasciata</i> .....	12
I.2.3. Habitat et écologie de l' <i>Ulva fasciata</i> .....	13
I.2.4. Mode de reproduction de l' <i>Ulva fasciata</i> .....	13
I.2.5. Composition biochimique des Ulvaceae (phytoconstitution) .....	13
I.3. Les activités biologiques des Ulvaceae .....	21
I.3.1. Activité antibactérienne .....	21
I.3.2. Activité antioxydante .....	23
I.3.3. Activité antalgique .....	28
II. Matériels et méthodes	
II.1. Récolte et préparation de l'échantillon .....	35
II.1.1. Présentation de la zone d'étude .....	35
II.1.2. Préparation du Matériel végétale .....	36
II.2. Détermination de la composition chimique globale .....	36
II.2.1. Détermination du taux d'humidité .....	36
II.2.2. Détermination du taux de la matière minérale .....	37
II.3. Extraction et analyse qualitatives et quantitatives des biomolécules actives .....	38
II.3.1. Polysaccharides .....	38
II.3.2. Les composés phénoliques .....	42
II.3.3. Le screening (criblage) phytochimique .....	44

## TABLE DES MATIERES

II.4. Étude des propriétés pharmacologiques .....	46
II.4.1. Evaluation de pouvoir antioxydant .....	46
II.4.2. Évaluation de l'activité antibactérienne .....	48
II.4.3. Evaluation de l'activité antalgique .....	52
III. Résultats et discussion	
III.1. Identification de l'espèce .....	56
III.1.1. Caractères morphologiques .....	56
III.1.2. Caractères structurelles cytologique .....	56
III.2. Composition chimique de l' <i>Ulva fasciata</i> .....	57
III.3. Caractérisation des polysaccharides .....	59
III.3.1. Rendement d'extraction .....	59
III.3.2. Teneur en sucres totaux .....	59
III.3.3. Analyse FTIR des produits .....	60
III.4. Caractérisation des polyphénols totaux .....	61
III.4.1. Rendement d'extraction .....	61
III.4.2. Dosage des polyphénols totaux .....	62
III.5. Criblage phytochimique des extraits aqueux .....	63
III.6. Etude des propriétés pharmacologiques : activités in vitro des extraits de l'algue verte <i>Ulva fasciata</i> .....	66
III.6.1. Évaluation de l'activité antioxydante .....	66
III.6.2. Évaluation de l'activité antibactérienne .....	68
III.7. Étude des propriétés pharmacologiques : activités in vivo des extraits de l'algue verte <i>Ulva fasciata</i> .....	70
III.7.1. Évaluation de l'activité antalgique .....	70
Conclusion .....	74
Références bibliographiques .....	76
Annexes	
Résumé	

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

---

[C] :	Concentration
% :	Pourcentage
°C :	Degré Celsius
Abs:	Absorbance
BHI:	Brain Heart Infusion
CEVA :	Centre d'Études et de Valorisation des Algues
CT :	Coupe transversale
cm :	Centimètre
DO :	Densité optique
DPPH :	Le 2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle
g :	Gramme
Gram - :	Gram négative
Gram + :	Gram positive
I % :	Pourcentage d'inhibition
IC50% :	Concentration Inhibitrice de 50 %
m :	Mètre
mg/ml :	Milligramme/Millilitre
MH :	Mueller Hinton
min :	Minute
ml :	Millilitre
MM :	Matière minérale
mm :	Millimètre
MS :	Matière sèche
NaCl :	Chlorure de sodium
T° :	Température
tr/min :	Tour/Minute
<i>U.fasciata</i> :	<i>Ulva fasciata</i>
V :	Volume
µm :	Micromètre
µg :	Microgramme
µl :	Microlitre
FAO:	Food and Agriculture Organization of the United Nations
<i>S. aureus</i> :	<i>Staphylococcus aureus</i>
<i>B. cereus</i> :	<i>Bacillus cereus</i>
<i>L. monocytogenes</i> :	<i>Listeria monocytogenes</i>

## LISTE DES ABREVIATIONS

---

<i>E. tarda</i> :	<i>Edwardsiella tarda</i>
<i>E. coli</i> :	<i>Escherichia coli</i>
<i>V. alginolyticus</i> :	<i>Vibrio alginolyticus</i>
Cu :	Cuivre
Co:	Cobalt
Zn:	Zinc
Mn:	Manganèse
Fe :	Fer
N :	Potassium
PS :	Polysaccharides sulfatés
Da:	Unité Dalton
ATP:	Adenosine treptophosphate
ROS:	Reactive Oxygen Species
$O_2^{\bullet}$ :	Radical anion superoxyde
$OH^{\bullet}$ :	Radical hydroxyle
$HO_2^{\bullet}$ :	Radical perhydroxyle
$RO^{\bullet}$ :	Radical alkoyle
$ROO^{\bullet}$ :	Radical peroxyde
SOD :	Les superoxydes dismutases
GPX :	La glutathion peroxydase
CGRP :	Gène de la calcitonine
OMS :	Organisation mandale de santé
$PGE_2$ :	Prostaglandines
COX-2 :	Cyclooxygénase
NOS-2 :	Nitrique synthase.
AOAC:	Association of Official Analytical Chemists.
CRD :	Centre de Recherche et de Développement.
FTIR :	Fourier Transform Infrared Spectroscopy.
IR :	Infrarouge
UV :	Ultra Visible
IP :	Intra-péritonéale

Chapitre I : Généralité

Tableau I.1: Répartition des polysaccharides sulfatés de la paroi en fonction des différentes lignées de végétaux.

Tableau I.2 : Pourcentage de la teneur en protéines de l'*Ulva fasciata*.

Chapitre II : Matériels et méthodes

Tableau II.1 : Les bactéries (Gram + et Gram -) sélectionnés et leur provenance.

Tableau II.2 : Classement des souches en fonction du diamètre de la zone d'inhibition.

Chapitre III : Résultats et discussion

Tableau III. 1 : Comparaison des teneurs en cendres et en matière minérale entre l'*Ulva fasciata* issue de différentes origines et notre échantillon.

Tableau III.2 : Caractéristiques et rendement d'extraction des polysaccharides d'*Ulva fasciata*.

Tableau III.3 : Caractéristiques et rendement des polyphénols d'*Ulva fasciata*.

Tableau III.4 : Criblage phytochimique des différentes familles chimiques contenues dans les différents extraits.

Tableau III.5 : les densités optiques mesurées pour chaque concentration de l'extrait méthanolique d'*Ulva fasciata* (UF) et de l'acide ascorbique.

Tableau III. 6 : Zones d'inhibition des extraits vis-à-vis des bactéries : (a) à Gram+, (b) à Gram-

Tableau III. 7 : Résultats d'analyses microbiologiques : L'activité antibactérienne des extraits de polysaccharides et polyphénols vis-à-vis des souches à Gram Positif et négatif.

Tableau III.8 : Activité antalgique de l'extrait de polysaccharides d'*Ulva fasciata* sur la douleur chimique provoquée par l'acide acétique (Nombre de torsions).

Tableau III.9 : Activité antalgique de l'extrait de polysaccharides d'*Ulva fasciata* sur la douleur chimique provoquée par l'acide acétique (Pourcentage d'inhibition).



## LISTE DES FIGURES

---

Chapitre III : Résultats et discussion

Figure III.1 : *Ulva fasciata* (photo originale).

Figure III.2 : Vue de surface des cellules d'*Ulva fasciata* en microscope optique.

Figure III.3 : Coupe transversale du thalle d'*Ulva fasciata*.

Figure III.4 : Résultats du calcul du taux d'humidité et du taux de la matière minérale.

Figure III.5 : Droite d'étalonnage de glucose.

Figure III.6 : Spectre FTIR des polysaccharides d'*Ulva fasciata*

Figure III.7 : Droite d'étalonnage de l'acide gallique.

Figure III.8 : Variation du pourcentage d'inhibition en fonction des concentrations de l'extrait UF et de l'acide ascorbique.

Figure III.9 : Activité antiradicalaire du DPPH : pourcentage d'inhibition de l'extrait méthanolique d'*Ulva fasciata* et de l'acide ascorbique.

Figure III.10 : Pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique d'*Ulva fasciata*.

# **INTRODUCTION**

Les algues constituent une part importante de la biodiversité, de l'écologie et de l'environnement aquatique. Ces organismes jouent un rôle vital en constituant la base énergétique du réseau trophique de tous les organismes aquatiques ; ils fournissent divers avantages environnementaux et services écosystémiques. En 2019, la culture mondiale des algues vertes représente 16 696 tonnes (moins que la moitié du record de 1992) dont 2 155 tonnes de culture mondiale en *Ulva* spp. (FAO, 2021).

L'étude de la flore algale d'Algérie a fait l'objet d'un certain nombre de travaux (Tebbal, 2011). Plus de 468 taxons ont été inventoriés à partir de la compilation des travaux anciens et récents sur la communauté algale de l'Algérie ; Des études orientées sur l'aspect écologique ont été réalisées par (Ould Ahmed, 1994) dans la région d'Arzew (à l'Ouest d'Alger) et par (Kadari-Méziane, 1994) dans la baie de Bou-Ismaïl. Par ailleurs des contributions d'ordre chimique ont porté sur l'extraction et la purification des alginates chez *Cystoseira* sp. des côtes algériennes (Benchabanne, 1988;1989) et sur la détermination des stérols d'une algue rouge (El Hattab-Bouzidi, 2003).

Sur le marché pharmaceutique et cosmétique, 30 % des substances actives ont été développées à partir de substances naturelles dont 10 % ont été isolées à partir des macroalgues (Ahnich, 2013).

Les biomolécules des algues ; comme les protéines, les polysaccharides, les vitamines, les pigments et les polyphénols (Meenakshi et al., 2009) sont à l'origine de nombreuses activités biologiques (Fleurence, 1999 ; Mabeau et Fleurence, 1993 ; Lahaye, 1991), tel que les activités anticoagulantes (Jin et al., 2013), immunoinflammatoires (Mohamed et al., 2012), antivirales (Rabanal et al., 2014) ou antioxydantes (Costa et al., 2010).

Certes de nombreux travaux ont porté sur la mise en évidence de ces activités. Mais peu de travaux se sont intéressés aux effets analgésiques d'où l'objectif de notre travail.

L'inflammation et la douleur sont deux processus physiologiques intimement liés et impliqués dans un grand nombre de maladies aiguës ou chroniques. Cependant, les médicaments commercialisés (anti-inflammatoires non stéroïdiens, anti-inflammatoires stéroïdiens, opioïdes, anesthésiques locaux...) sont insatisfaisants, contraignants et entraînant beaucoup d'effets indésirables (ulcères gastriques, actions immunosuppressives, convulsions, accidents cardiovasculaires) (Newton, 2000 ; Stewart et al., 2003 ; Editorial, 2005), D'où la nécessité de la recherche de nouvelles molécules qui pourraient agir directement sur la douleur ayant ainsi moins d'effets secondaires sur l'organisme et du point de vue économique une matière première peu chère et abondante à travers le monde ; Sachant que l'espèce *Ulva fasciata* présente un fort potentiel biotechnologique ainsi qu'un coût réduit lorsqu'elle est cultivée dans un système

## INTRODUCTION

---

d'aquaculture multi-trophique intégrée. Dans ce contexte, nous avons étudié l'effet analgésique des polysaccharides de l'*Ulva fasciata*.

Ce manuscrit s'articule autour de 3 chapitres :

- La première partie (Étude bibliographique) présente des généralités sur les algues marines, leurs applications, les Ulvacées et leurs compositions,
- La deuxième partie (Matériels et méthodes) est réservée à la présentation des méthodes et techniques utilisées pour la réalisation des expériences,
- La troisième partie est consacrée à la présentation des résultats obtenus et leurs interprétations,
- L'étude est achevée par une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenus et nous proposons quelques perspectives.

# **CHAPITRE I**

## **Généralité**

## **I. Généralité :**

### **I.1. Généralités sur les macroalgues :**

Le terme de macroalgue regroupe 20 à 30 000 espèces dans le monde, soit 18% du règne végétal mais n'a pas de valeur taxonomique (**Radmer et Parker, 1994**). Les macroalgues peuvent désigner quelques algues unicellulaires mais elles désignent essentiellement les algues pluricellulaires, sont des algues macroscopiques dont l'appareil végétatif individuel est visible à l'œil nu. Toutefois, quelques microalgues, sont également multicellulaires (**Aquaportail, 2007**). Les algues sont caractérisées par leur thalle, qui est un appareil végétatif uni- ou pluricellulaire, ne possédant ni racine, ni tige et ni feuille. La taille de ces thalles varie de moins d'un micromètre à plusieurs dizaines de mètres. On distingue donc les macros et les micros algues (**Floc'h, 2010 ; Garon-Lardiere, 2004**).

Les macroalgues forment des groupes extrêmement diversifiés (polyphylétique) d'organismes aquatiques, eucaryotes, multicellulaires, photosynthétiques répartis en trois groupes principaux, les algues vertes (Phylum : Chlorophyta), les algues brunes (Phylum : Ochrophyta) et les algues rouges (Phylum : Rhodophyta) possédant de la chlorophylle « a ».

Elles comprennent des espèces mesurant quelques millimètres à environ 30 m (**Bourgougnon et al., 2021**).

La majorité des macroalgues sont fixées sur des substrats durs (rocheux par exemple) à travers des crampons qui sont souvent recouverts de sécrétions riches en polysaccharides et certaines pousses sans s'attacher ou sont épiphytes. Ces macroalgues peuvent, elles-mêmes, constituer un substrat pour de nombreuses communautés animales (**Zehlila, 2017**). La partie foliacée du thalle des macroalgues appelée fronde peut être sous forme de filaments, cordons ou lanières (**Faller, 2011**).

De variables facteurs abiotiques (physicochimiques) et biotiques (vivantes) influencent l'environnement algal. La lumière, la température, la salinité et la disponibilité des nutriments sont des exemples de facteurs abiotiques, tandis que les facteurs biotiques incluent la concurrence au sein et entre les espèces pour l'espace, la lumière et les nutriments ou tout autre apport, limitant ainsi les associations/relations avec d'autres organismes (**Barsanti et Gualtieri, 2014 ; Raven, 2007**).

La capacité des macroalgues marines à exploiter les ressources les plus abondantes de leur milieu environnant détermine leur distribution et leur abondance à l'échelle mondiale, et localement par leur sensibilité et leur capacité à résister à différentes conditions environnementales naturelles (**Arévalo et al., 2007 ; Gorostiaga et Di'ez, 1996 ; Hoek, 1982**).

Les algues ont des relations et des interactions avec d'autres organismes, et elles sont confrontées à des défis en raison de ces connexions. L'épiphytisme, le parasitisme et la symbiose ne sont que quelques-unes des relations qui existent. Les interactions entre tous ces aspects distincts peuvent à la fois dissimuler et exposer des traits étranges et des qualités inhabituelles chez les algues, offrant un point de vue unique sur le sujet (**Neto, 2015**).

### **I.1.1. Ecologie et distribution des macroalgues :**

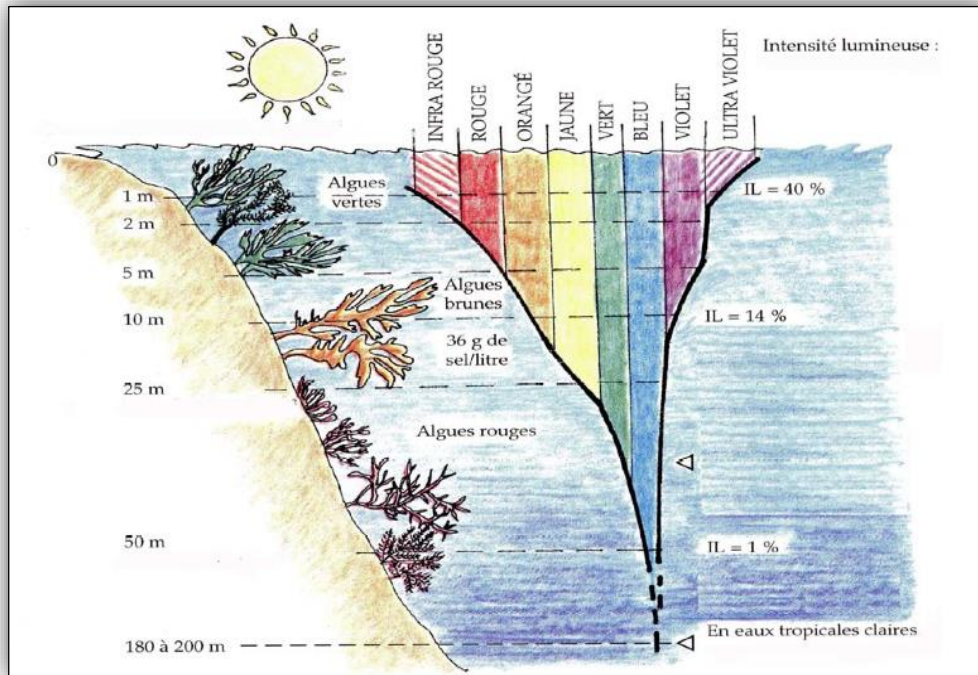
Les macroalgues peuvent être présentes dans pratiquement tous les environnements qui permettent à la photosynthèse de se produire, elles peuvent survivre à de très faibles profondeurs et à des profondeurs allant jusqu'à 70 mètres (Figure I.1.). Elles peuvent être trouvées sur presque toutes les surfaces d'eau et d'habitats humides ; les sols de tous les continents, les lacs, les rivières et les océans, les substrats durs des zones intertidales et subtidales et médio-infra littorales des côtes rocheuses... (**Ifremer, 2022 ; Sharma, 2011 ; Floc'h, 2010 ; Starks et al., 1981**).

Les algues ont plusieurs fonctions écologiques importantes : elles génèrent de l'oxygène et consomment du dioxyde de carbone, servent de base à la chaîne alimentaire aquatique, représentent un habitat pour de nombreuses espèces animales et végétales, filtrent l'eau pour les nutriments et les contaminants, stabilisent les sédiments et augmentent la fertilité du sol grâce aux processus de la photosynthèse et fixe le carbone organique et l'azote au sol. En revanche, leurs proliférations peuvent nuire aux systèmes aquatiques et aux créatures qui y vivent et/ou en dépendent (**Carole, 2003; Stark et al., 1981 ; Sharma, 2011 ; Ifremer, 2022**).

Dans le milieu marin benthique, il y a une bataille claire pour l'espace entre les espèces d'algues ; La surpopulation algale provoque de l'ombrage et une compétition nutritionnelle, les prédateurs ont un impact significatif sur le résultat de cette dernière (**Sharma, 2011**).

Plusieurs facteurs déterminent la répartition géographique et bathymétrique des macroalgues:

La lumière, la température, la nature du fond, les mouvements de l'eau, le dessèchement et la salinité. La combinaison de tous ces facteurs conduit à une répartition par bandes horizontales qui forment des ceintures d'algues (**Agence de valorisation des algues, 2022 ; Poseidon, 2022**).



**Figure I.1:** Schéma de répartition des algues en fonction de la profondeur et intensité lumineuse (Aquaportail, 2007).

L'étagement ou la répartition verticale des algues sur le littoral suit la limite de l'humectation par les embruns ou les vagues mais dépend essentiellement de la lumière. Cette répartition dépend également de l'hydrodynamisme de la zone, c'est à dire si elle est ou non à l'abri des vagues (Agence de valorisation des algues, 2022).

### I.1.2. Mode de Reproduction des macroalgues:

Les algues présentent deux modes de reproduction possibles :

#### I.1.2.1. Reproduction asexuée :

La reproduction asexuée implique la création d'un nouvel individu identique à l'original. Les algues unicellulaires se reproduisent généralement par scissiparité, par contre pour les algues pluricellulaires, la reproduction s'effectue soit en :

- une fragmentation du thalle ce qui mène à la formation de nombreux organismes semblables ;
- une sporulation au cours de laquelle des spores peuvent être formées dans les cellules végétatives ordinaires ou dans des structures spécialisées appelées sporanges ;
- un bourgeonnement du thalle qui conduit à la production des spores (Michel, 2000).

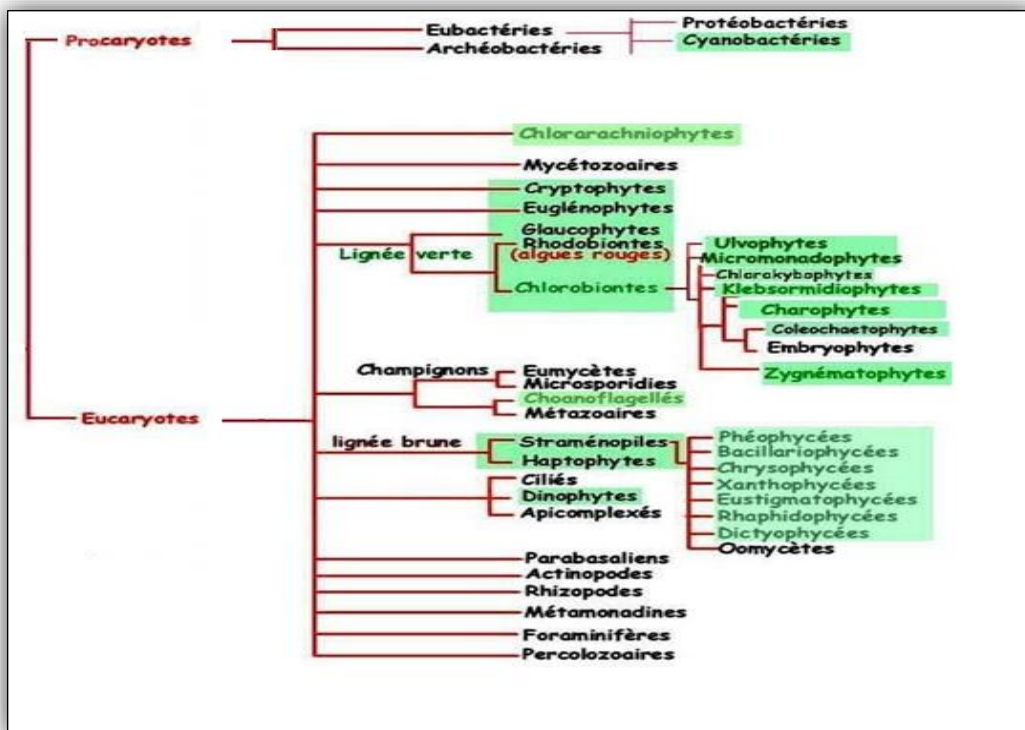
**I.1.2.2. Reproduction sexuée :**

Les algues eucaryotes (algues dont les cellules possèdent un noyau structuré) réalisent également une reproduction sexuée au cours de laquelle l'union de deux cellules de reproduction produit un œuf, ou zygote (Guillaume, 2010). La reproduction des algues se déroule ainsi selon une alternance de phases de reproduction asexuée assurée par des thalles (sporophytes : producteurs de spores), et de phases de reproduction sexuée, assurée par des thalles (gamétophytes : producteurs de gamètes). Aux cycles d'alternance de génération plus ou moins variés caractérisant leur reproduction, se superpose également une alternance de phases (de n à 2n chromosomes) (Garon-Lardiere, 2004).

**I.1.3. Classification des macroalgues :**

Les algues les plus répandues sont différenciées par leur pigmentation et non pas par leur couleur, de nombreuses algues de couleur vert-jaunâtre étant des algues brunes (Prunier, 2010).

Les algues regroupent (Figure I.2) des organismes procaryotes (algues bleues : ne possèdent pas de noyau à membrane définie), eucaryotes, groupes à espèces unicellulaires ou pluricellulaires et enfin des végétaux assez proches des plantes terrestres les « algues vertes » qui comprennent entre autres les Ulvophycées (Reviere, 2003).



**Figure I.2 :** Classification phylogénétique du vivant (Lecointre et al., 2001).

Les algues sont très diversifiées, elles appartiennent à des différentes voies d'évolution et à des très différents groupes phylogénétiques (**Cabioc'H, 1992**). Cette diversification est illustrée par les variations importantes dans leur physiologie et métabolisme, reflet d'une grande diversité génétique (**Floc'h, 2010**). De ce fait, les organismes eucaryotes uni- ou pluricellulaires sont distingués avec une pigmentation rouge relative aux algues rouges, une pigmentation jaune relative aux algues brunes, les algues vertes à pigmentation verte et les organismes procaryotes à savoir les bactéries bleues ou cyanobactéries (algues bleues). Seulement 3 types de pigments donnent aux algues leurs couleurs : les chlorophylles, les caroténoïdes et les phycobiliprotéines (**Floc'h, 2010; Garon-Lardiere, 2004**).

### **a) Algues vertes :**

Les algues vertes, également appelées Ulvophytes sont caractérisées par la présence de la chlorophylle a et b qui sont des pigments essentiels à la photosynthèse. Ces pigments peuvent être associés à des caroténoïdes et intervenir dans la coloration verte des plastes. Les algues vertes sont présentes principalement dans l'eau douce, la mer et l'océan, certaines espèces peuvent être retrouvées sur terre.

Ces algues sont riches en calcium et en protéines, avec une valeur nutritionnelle élevée en plus de la présence de vitamines et d'antioxydants. Elles possèdent aussi un fort pouvoir gélifiant (**Garon-Lardiere, 2004 ; Laplace, 2015**).

### **b) Algues rouges :**

Aussi connues sous le nom de Rhodophytes, les algues rouges forment un taxon diversifié. Elles sont généralement pluricellulaires et sont présentes dans les environnements marins. Ces algues sont caractérisées par une couleur rouge en raison de la présence dans leurs plastes d'un pigment appelé phycoérythrine. Ce pigment se lie à d'autres pigments tels que la chlorophylle « **a** » (**Cabioc'H, 1992 ; Perez, 1997**). La pigmentation varie également en fonction de la longueur d'onde du rayonnement absorbé par les algues. Ainsi, l'abondance des algues rouges en profondeur s'explique par la capacité d'absorption lumineuse de la phycoérythrine à cette profondeur. Ces algues sont riches en substances gélatineuses telles que les carraghénanes qui sont largement utilisées dans l'industrie (**Floc'h, 2010**).

**c) Algues brunes :**

Elles sont aussi appelées Phaeophyceae ou Phéophycées. Il existe 1500 espèces différentes d'algues brunes, ce sont les algues les plus abondantes. Les phéophycées ou algues brunes sont généralement de structure multicellulaire et de taille très variable, elles sont brunes du fait de l'association de pigments dominants, à savoir la xanthophylle et la fucoxanthine et sont situées de 5 à 25 mètres en profondeur sous la mer, la famille des Phéophycées présente les plus grands thalles et forme les populations les plus denses (**Fellous, 2018**). On les trouve principalement sur les côtes rocheuses à faible profondeur. Elles sont riches en alginate et en phlorotanin à propriétés antioxydantes (**Garon-Lardiere, 2004 ; Wijesinghe, 2011**).

**I.1.4 Intérêt des algues marines : applications dans le monde :**

La vie marine est une source structurellement unique et précieuse de produits naturels. Les algues d'origine marine occupent une place importante en pharmacologie et en médecine et fournissent de nombreuses molécules bioactives, ce qui en fait une cible pour des applications industrielles importantes (alimentation, cosmétique, agriculture et reproduction, etc.). (**kornprobst, 2005**).

**I.1.4.1 Alimentation (Humaine et Animale) :**

S'agissant des principales utilisations, le plus grand intérêt pour ces organismes reste dû à leurs propriétés nutritionnelles, qui représentent environ 75 % de ces utilisations (**Shalaby, 2011 ; Faller, 2011**). Les algues utilisées pour l'alimentation sont divisées en trois groupes : Chlorobionte (vert), Rhodobionte (rouge) et Chromobionte (brun) mais ce ne sont pas toujours des espèces uniques (**Provasoli et Carlucci, 1974 ; Kornprobst, 2005**) Elles sont susceptibles d'être exploitées pour l'alimentation humaine et animale (**Silva, 2013**).

En raison de leurs propriétés nutritionnelles remarquables, l'*Ulva* est également utilisée dans la production de compléments alimentaires en Asie de l'est et dans d'autres pays d'Asie du Sud ainsi qu'en Amérique du Nord et du Sud et en Océanie. Elles sont également incluses dans une variété de plats tels que les salades, les soupes, les biscuits et les plats traditionnels (**Silva, 2013**).

Elles sont également utilisées en Europe comme fourrage pour le bétail et la volaille afin d'améliorer la qualité des jaunes d'œufs et la couleur des viandes (**Indergaard, 1991**). Elles sont désormais commercialisées sous forme de farine pour l'alimentation animale (**Hugh, 2003**).

#### **I.1.4.2 Elevage et agriculture :**

Les algues sont couramment utilisées comme ingrédient dans la production de fourrage ou comme engrais, aidant à retenir l'eau dans le sol, à améliorer sa texture, et à maintenir et enrichir le sol avec des traces de métaux (Cu. , Co, Zn, Mn, Fe, N ) (**Lakhdar, 2018**), et aussi pour renforcer la défense naturelle des plantes contre certains pathogènes des culture, accélérer la croissance et la germination des graines, bonne résistance stress biotiques et abiotiques, amélioration de l'absorption des nutriments, modification de la composition des tissus végétaux et croissance plus profonde des racines (**Betit et Chiha, 2019**).

**EI-Sheekh et EI-Saied, (2000)** ont montré que des extraits d'algues vertes et rouges (*Corallina mediterranea* et *Jania rubens*) présentaient des effets bénéfiques sur la germination, l'élongation des racines et des tiges chez la fève (*Vicia faba*). Quelques revues présentes tous les aspects de l'utilisation des algues en agriculture et contiennent en abondant des bibliographies détaillées, en particulière (**Metting et al, 1988 ; Blunden, 1991**) c'est surtout, sous forme de farine, de poudre ou de tourteaux qu'elles sont le plus utilisées en Bretagne et Normandie.

#### **I.1.4.3 Cosmétologie :**

Les métabolites dérivés des algues ont été décrits comme efficaces dans les soins anti-âges de la peau, amincissants, antioxydants, photoprotecteurs et hydratants. Pour la cosmétologie, plusieurs espèces d'algues appartenant à différents groupes sont utilisées (**Lakhdar, 2018**).

#### **I.1.4.4 Pharmaceutique et médical :**

Les macroalgues occupent une place importante en tant que source de composés biomédicaux. Environ 2 400 types de substances naturelles sont isolés des algues (**Betit et Chiha, 2019**). Parmi les grands classiques des remèdes à base d'algues, rappelons l'utilisation du porphyre (Nori) comme agent anti-scorbutique grâce à sa teneur en vitamine C, et les effets bénéfiques de la laminaire (Kombu) sur les ulcères peptiques et les goîtres, principalement dus à la présence d'alginate et d'iode. De plus les algues possèdent plusieurs activités biologiques dont on peut citer :

- Activité antimicrobienne, antioxydante, antalgique et antifongique (**Tuney, 2006**) ;
- Activité immunomodulatrice dont la stimulation avait été effectuée par l'ajout de polysaccharides extraits d'*ulva rigida* (**José et al., 2007**) ;
- Activités préventives anti-obésité, anti-athérosclérose et anti-hypercholestérolémie de manière générale (**Akretch et Mokrani, 2020**);
- Propriété anti tumorales des Fucanes (**coombe et al., 1987**)...

## **I.2. Généralités sur l'*Ulva fasciata* :**

Ce sont des algues du genre *Ulva* (Chlorophyta), des macroalgues vertes marines communes multicellulaires réparties dans les océans. Le genre est répandu sur toutes les côtes maritimes du monde (Mares et al., 2011 ; Leonel, 2018 ; Aquariophilie, 2022). Le genre est bien connu pour former des « marées vertes » flottantes telles que les blooms d'*Ulva prolifera* qui apparaissent chaque année dans la mer jaune et ont perturbé les événements de voile des Jeux olympiques de Pékin 2008 (Li et al., 2016 ; Leonel, 2018). L'*Ulva fasciata* est estuarienne et cosmopolite qui peut être cultivé presque partout en raison de sa large gamme (Ben-Ari et al., 2014).

Elle a été introduite dans les Aquacultures Multi-Trophiques Intégrées (AMTI) terrestres pour sa production de biomasse et la bioremédiation depuis les années 1990 (Carlet al., 2014), et était traditionnellement cultivé pour l'alimentation humaine. Lorsque l'*Ulva spp.* est cultivée dans des effluents, la teneur en protéines augmente (de plus de 40%), ce qui en fait un aliment précieux pour les macro-algivores à haute valeur commerciale (Ben-Ari, 2014 ; Annette et al., 2011). Le marché actuel de ces algues est petit, mais compte tenu du potentiel d'*Ulva* en tant que ressource énergétique de la biomasse et de son utilisation comme matière première pour les nutraceutiques, les biomatériaux et les polysaccharides sulfatés, il pourrait se développer (Carl et al., 2014 ; Annette et al., 2011 ; Olivier et al., 2015 ; Favot et al., 2019).

### **Identification et caractéristiques de l'*Ulva fasciata* :**

#### **I.2.1. Classification de l'*Ulva fasciata* :**

Le nom complet est *Ulva fasciata*. C'est une algue verte faisant partie avec d'autres espèces du genre *Ulva*, lui-même appartenant à la famille des Ulvaceae, l'ordre des Ulvales, la classe des Ulvophyceae incluse dans la division Chlorophyta (Botany, 2001).

#### **I.2.2. Description de l'*Ulva fasciata* :**

Elle se distingue par un thalle mince en forme de feuille constitué de larges lames. De couleur vert foncé ou translucide qui peut devenir transparent sous l'effet du stress. Essentiellement élargies, mais leur partie supérieure est profondément divisée en plusieurs segments en forme de ruban aux bords lisses et souvent ondulés. Ces thalles présentent des lames élargies de deux cellules d'épaisseur ; parenchymateux : la division cellulaire peut se produire n'importe où sur le thalle mais toujours dans un plan perpendiculaire à la surface du thalle. Cellules généralement carrées, larges de 8 à 20  $\mu\text{m}$ , 14-40  $\mu\text{m}$  de long, disposées irrégulièrement et elles sont légèrement allongées anticlinalement. Parois cellulaires fibrillaires et composée de cellulose (Botany, 2001).

### **I.2.3. Habitat et écologie de l'*Ulva fasciata* :**

Elle pousse à différents niveaux du médiolittoral supérieur à l'infralittoral, jusqu'à une profondeur de 10 mètres. Par conséquent, il peut bénéficier d'un bon éclairage (ses algues sont photophiles). Ce genre d'algue peut être rencontré sur le linéaire côtier rocheux avec les entéromorphes (appartenant aussi actuellement au genre *Ulva*), puis se détachent et mènent une vie en pleine eau. En raison de sa grande tolérance à la pollution et aux apports anthropiques (**Botany, 2001**).

Cette algue se retrouve dans les ports, les zones de ruissellement d'eau douce, les flaques d'eau et d'autres endroits. Leur durée de vie n'est que de quelques mois, mais nous avons découvert que ces individus se reconstituent tout au long de l'année, notamment au printemps et en été. Elle est très tolérante vis à vis de la salinité (espèce euryhaline) : elle est capable d'osmorégulation (de réguler sa pression interne), et préfère le mode calme des eaux en Méditerranée et en Atlantique, mais peut résister aux eaux plus ou moins agitées (**Maameri, 2017**).

### **I.2.4. Mode de reproduction d'*Ulva fasciata* :**

La reproduction se déroule par l'intermédiaire des cellules sexuelles. Les gamétophytes et sporophytes se ressemblent morphologiquement (cycle isomorphe). Le gamétophyte voit certaines cellules se différencier en gamétocystes (gamètes flagellés qui sont ensuite relâchés dans le milieu extérieur). Il existe deux types de gamétophytes mâle et femelle dont l'union de ces deux derniers forme un zygote diploïde à partir duquel se développe par mitoses un sporophyte. Dans des cellules marginales, les sporocystes, se différencient des spores flagellés libérés dans le milieu extérieur et qui donnent ensuite, par mitoses, des gamétophytes (**Gayral 1968**).

### **I.2.5. Composition biochimique des Ulvaceae (phytoconstitution) :**

#### **I.2.5.1. Polysaccharides :**

##### **I.2.5.1.1. Généralité sur les polysaccharides :**

Il existe dans la nature de nombreuses variétés de polysaccharides, auxquelles l'intérêt porté est proportionnel aux propriétés ou applications potentielles. Ces polysaccharides peuvent être d'origine végétale (amidon, cellulose, pectines, gommés). Aussi issus des macroalgues marines (ulvanes, alginates, carraghénanes, agar, fucanes), ou d'origine animale (héparine, chondroïtine), ou microbienne (dextranes, xanthanes). Quelle que soit leur origine, ils se caractérisent tous par des propriétés biologiques et rhéologiques spécifiques, à l'origine de leurs applications diverses (**Laurienzo, 2010**).

Les polysaccharides, également nommés glycanes, sont des polymères condensés composés de longues chaînes d'unités monosaccharidiques liés entre eux par des liaisons glycosidiques (Faucher et René, 2012 ; Robyt, 1998).

Les rôles principaux des polysaccharides dans l'organisme est la lubrification du support structural de stockage d'énergie (Xiao et al., 2017), de fournir un soutien structural et certains poly et oligosaccharides entrent dans le processus de communication cellulaire (reconnaissance structurale, régulation de fonctions métaboliques, et mécanismes de défense) (Izydorczyk et al., 2005).

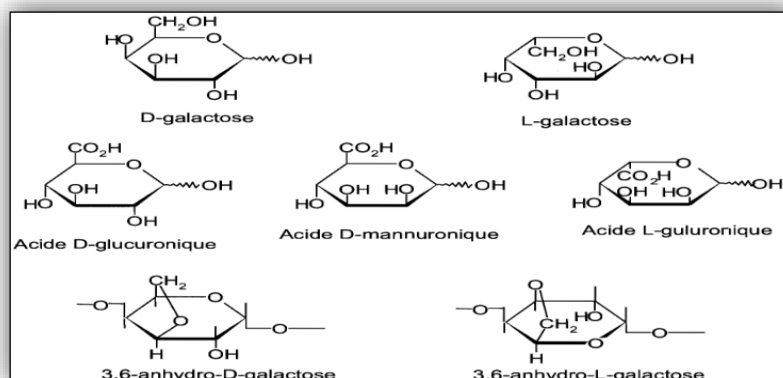
### I.2.5.1.2. Classification des polysaccharides :

Selon leur composition en monosaccharides, les polysaccharides peuvent être divisés en deux classes :

- Les homopolysaccharides contenant un seul type de monosaccharide et,
- Les hétéropolysaccharides contenant deux ou plusieurs unités monosaccharidiques différentes (Izydorczyk et al., 2005).

La majorité des polysaccharides d'origine algale correspond à des hétéropolysaccharides. Les polysaccharides peuvent être linéaires, substitués, ou ramifiés (Di Donato et al., 2015 ; Garon-Lardiere, 2004).

Parmi ces monosaccharides on trouve certains hexoses tels que le D-galactose ou L-galactose, le D-glucose, le D-mannose ou des acides uroniques comme l'acide mannuronique, l'acide glucuronique ou l'acide guluronique, ou aussi les pentoses tels que le D-xylose et le L-arabinose. La Figure I.3 représente les structures chimiques des oses présents dans les polysaccharides d'algues.



**Figure I.3 :** Schéma représentant la structure des oses qui constituent les polysaccharides d'algues (Garon-Lardiere, 2004).

**I.2.5.1.3. Les différents types de polysaccharides des algues vertes :**

On distingue différentes catégories de polysaccharides au sein des algues : les polysaccharides de réserve, Les polysaccharides de faible poids moléculaire et les polysaccharides pariétaux, eux-mêmes différenciés selon leur localisation dans la phase fibrillaire ou matricielle.

➤ **Polysaccharides de réserve :**

Il s'agit des polysaccharides qui résultent directement du mécanisme photosynthétique et ils sont stockés à l'intérieur de la cellule notamment dans les vacuoles des algues. Le type de stockage varie par exemple chez les algues verte, il s'agit d'un polymère de glucane (polymère de  $\beta$ -(1,4)-glucose) (Figure I.4) (Underwood et Paterson, 2003).

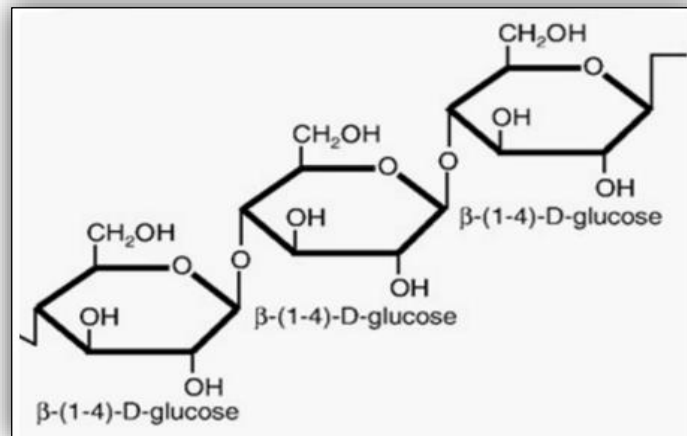
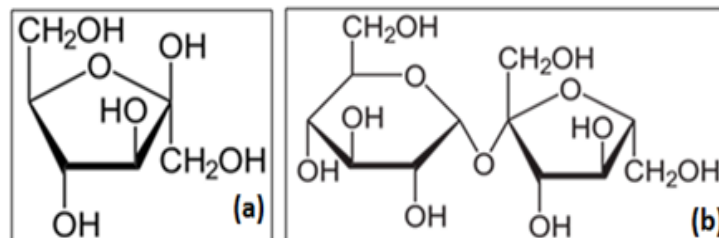


Figure I.4 : Schéma représentant la structure chimique du glucane (Volman et al, 2008).

➤ **Polysaccharides de faible poids moléculaire :**

Solubles et passent à travers la membrane afin de réguler la pression osmotique. Les algues vertes contiennent du fructose ou du saccharose (des monosaccharides) (Figure I.5) (Sandrine, 2004).



**Figure I.5 :** Schéma représentant la structure chimique du Fructose (a) et du Saccharose (b) (Neuroliker, 2007).

➤ **Polysaccharides de structure (Pariétaux) :**

La paroi des algues est principalement constituée de polysaccharides. La nature des polysaccharides varie en fonction du groupe phylogénétique auquel appartient l'organisme. Contrairement aux plantes terrestres, les parois des algues marines ont toutes la particularité de contenir des polysaccharides sulfatés (Tableau I.1). Les polysaccharides sulfatés sont présents dans la plupart des groupes taxonomiques marins. Ces derniers sont ainsi retrouvés dans les Chlorophycées (algues vertes) : les ulvanes (**Aquino et al., 2005 ; Olsen et al., 2016**).

La présence de polysaccharides sulfatés (PS) pourrait jouer un rôle protecteur contre la perte d'eau (**Michel et al., 2010**).

**Tableau I.1:** Répartition des polysaccharides sulfatés de la paroi en fonction des différentes lignées de végétaux adaptés de (**Simeon, 2018**).

	<b>Embryophytes</b>	<b>Charophytes</b>	<b>Chlorophytes</b>	<b>Rhodophytes</b>	<b>Phéophycées</b>
<b>Polysaccharides sulfatés</b>	-	-	Ulvane	Agar Carrageenan Porphyrane	Homofucane

La paroi est une structure diphasique composée d'une phase fibrillaire cristalline squelettique et d'une phase matricielle unique à l'algue.

a) La phase squelettique ou fibrillaire :

Il s'agit d'une phase dite squelettique, constituée notamment de polysaccharides insolubles dans l'eau (cellulose, xyloxyanes, mannanes) (**Sandrine, 2004**).

La cellulose :

Est un polymère constitué d'unités B-(1,4)-D-glucose, comportant généralement un enchaînement linéaire de 8 000 à 12 000 unités de D-glucose, de conformation <sup>4</sup>C<sub>1</sub>, (**Franz & Blaschek, 1990**). Les chaînes individuelles de cellulose sont associées en microfibrilles par le biais de liaisons hydrogène intra- et intermoléculaires. La microfibrille est l'élément structural de base (**Chanzy, 1990**), et est composée de 30 à 200 chaînes de cellulose. Ces microfibrilles s'associent à leur tour pour générer une structure ordonnée pseudocristalline: les fibrilles.

De manière générale, la cellulose représente jusqu'à 70% de la masse sèche des parois cellulaires des algues vertes (**Kloareg et Quatrano, 1988 ; Chanzy, 1990**).

Les xylanes :

Les xylanes squelettiques des parois cellulaires sont des polymères linéaires d'unités B-(1,3)-D-xylose, ou B-(1,4)-D-xylose (**Craigie, 1990**). Les B-(1,3) xylanes forment des microfibrilles (**Atkins et Parker, 1969**) qui résultent d'un arrangement en triple hélice, stabilisées par des liaisons hydrogène intra- ou intermoléculaires (**Atkins et Parker, 1969**).

Les B-(1,4) xylanes fibrillaires, arrangés en double hélice sont surtout présents chez les algues vertes (**Kloareg et Quatrano, 1988**), Par contre les B-(1,3) xylanes ne sont présents que dans les algues dont la paroi cellulaire ne contient pas de cellulose (**Iriki et al, 1960**).

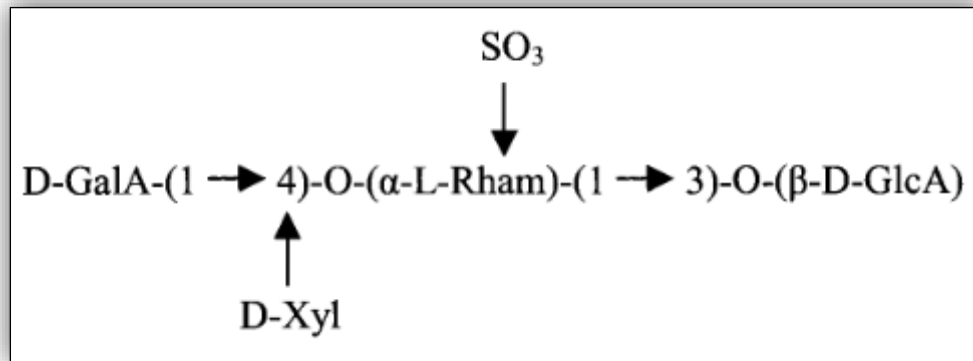
Les mannanes :

Sont des polymères linéaires formés d'unités B-(1,4)-D-mannose dont les chaînes s'associent entre elles de la même manière que les molécules de cellulose pour former des microfibrilles, elles-mêmes associées en fibrilles (**Kloareg et Quatrano, 1988**).

b) La phase matricielle ou amorphe :

Les polysaccharides matriciels des algues vertes marines ont été considérés comme des hétéropolysaccharides ramifiés sulfatés : Les ulvanes, qui d'après (**Percival, 1979**) sont divisés en trois principaux groupes :

- Les xyloarabinogalactanes sulfatés comportant environ 17% de sulfate et sont présents dans les algues de l'ordre des Cladophorales et des Codiales. Il n'y a pas vraiment d'unité répétitive, mais plutôt des portions comportant des blocs de (1,4)-L-arabinose, séparés par des unités D-galactose. Toutes les unités D-xylose et une partie des unités D-galactose sont en position terminale (**Garon-Lardiere, 2004**).
- Les glucuronoxylorhamnanes sulfatés extraits des Ulves (Figure I.6) comportent 22% de groupements sulfates, et 16 à 22% d'acide uronique selon les espèces.
- Les glucuronoxylorhamnogalactanes sulfatés et les rhamnogalacto galacturonanes (Ulvales) (**Lahaye, 2001**).



**Figure I.6 :** Structure chimique de glucuronoxylorhamnanes sulfatés (Pierre, 2010).

Les polysaccharides extraits de *U. fasciata* (UFP) sont un groupe d'hétéropolysaccharide sulfaté, appelés Ulvanes, principalement composé de rhamnose, xylose, glucose, avec de plus petites quantités de mannoses, arabinose et galactose. Les Ulvanes sont également riches en acides uroniques et le sulfate qui ont une capacité potentielle de séquestration ou la liaison des acides biliaries. Ces polysaccharides sulfatés sont d'un intérêt particulier en raison de leurs bioactivités efficaces, telles que l'activité antioxydant, antihyperlipidémique, antiviral, antitumoral, anti-inflammatoires, immunomodulatrices et antalgique (Shao, 2013).

### I.2.5.2. Les composés phénoliques :

#### I.2.5.2.1. Généralité :

Les polyphénols sont des produits du métabolisme végétal secondaire, caractérisés par la présence d'au moins un noyau benzénique directement lié à au moins un groupement hydroxyle libre, ou participant à une autre fonction tels que : éthers, esters, glycosides, etc. (Bruneton, 1999 ; Lugasi et al., 2003). En effet les composés phénoliques, constituent le groupe le plus nombreux et le plus largement distribué dans le royaume des végétaux, avec plus de 8000 structures phénoliques connus (Lugasi et al., 2003). En particulier sont considérés comme l'une des classes les plus importantes chez les algues. Leurs molécules sont formées par un ou plusieurs cycles aromatiques avec un ou plusieurs groupes hydroxyle. (Lakhdar, 2018).

Les composés phénoliques sont généralement retrouvés dans les écosystèmes terrestres, les plantes marines, les micros et macroalgues (Trigui, 2013). Ils sont susceptibles de présenter différentes activités biologiques y compris des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes. Il existe au moins 8000 polyphénols bioactifs différents (Bravo, 1998).

#### **I.2.5.2.2. Classification :**

Les polyphénols peuvent être divisés selon leur structure en dix classes, nous citons les plus importantes : les flavonoïdes et les tannins (**Bravo, 1998**).

##### **➤ Les flavonoïdes :**

Le terme flavonoïdes désigne un large éventail de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (**Seyoum et al., 2006**), qui sont considérés comme des pigments quasi universels chez les végétaux et interviennent dans la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles (**Ghestem et al., 2001**).

Dans la nature, les flavonoïdes se trouvent généralement sous forme d'hétérosides (**Bruneton, 1999**). D'un point de vue structurel, les flavonoïdes sont divisés en plusieurs classes moléculaires, en effet plus de 6 400 structures ont été identifiées (**Harborne et Williams., 2000**). Les flavonoïdes sont des dérivés benzo-y-pyranne (**Skerget et al., 2005**). Leur structure de base est celle d'un diphenyl propane à 15 atomes de carbone, constitué de deux noyaux aromatiques, reliés par un hétérocycle oxygéné (**Dacosta, 2003**).

##### **➤ Les tannins :**

Les tannins sont des polyphénols structurellement divers, de saveur astringente ayant en commun la propriété de tanner la peau, cette aptitude est lié à leur capacité de se combiner aux protéines. Leur poids moléculaire varie de 500 à 3000 Da (**Paris et Hurabielle, 1981**).

Les tanins sont très abondants dans le royaume végétal, mais sont surtout communs chez les algues vertes tels que les Ulvaceae.

#### **I.2.5.3. Protéines :**

Le taux de protéines chez les algues varie considérablement selon les espèces et les facteurs abiotiques (**Fleurence et Guéant, 1999**). Chez les *Ulva* sp., la teneur en protéines est estimée généralement entre 9% et 33% de la matière sèches (**Ceva, 2021**). Nous avons regroupé dans le Tableau I.2 les résultats des différents auteurs sur la teneur en protéines de l'*Ulva fasciata*.

**Tableau I.2 : Pourcentage de la teneur en protéines de l'Ulva fasciata (Labib et Hosny, 2020).**

Pourcentage en protéine %	Auteurs
1,03±0,1	Kaehler et Kennish (1996)
6,26	Ramos et al., (2000)
13,3	de Pádua et al., (2004)
9,56	Anitha et al., (2008)
14,7	Rameshkumar et al., (2012)
17,08±1,19	Kokilam and Vasuki (2014)
20,6-32	Labib et al., (2015)
9,56	Ismail (2017)
9,46	Wagdy and Shimaa (2020)

#### **I.2.5.4. Lipides et acide gras :**

Très faible teneur en lipides ; Ils représentent 1 à 5 % de la matière sèche des algues. Ce sont des aliments riches en acides gras polyinsaturés, notamment en oméga 3 et oméga 6, qui jouent un grand rôle pour prévenir les maladies cardiovasculaires, de l'arthrose et du diabète (**Zehlila, 2017**). Cette teneur en matière grasse dépend des facteurs écologiques, des techniques de culture, de la composition du milieu de culture et des espèces (**Ilknur, 2015**).

Cependant cette teneur en acides gras varie aussi selon l'espèce, l'habitat, la lumière, la salinité, la pollution et les conditions environnementales (**Chirapart, 2006 ; Kim et Giraud, 1996**).

#### **I.2.5.5. Vitamines :**

Les vitamines sont essentielles pour effectuer une variété de fonctions physiologiques de l'organisme humain (**Zehlila, 2017**). Les algues sont les seules végétaux à renfermer les vitamines : B1 B2 B3 B6 C E F K ainsi que la vitamine (B12) car il s'agit d'une vitamine d'origine animale (**Cayla, 1995**). De nombreux paramètres peuvent influencer la composition en vitamines, notamment les paramètres environnementaux, l'espèce, l'aire géographique et la saison (**Norziah, 2000**).

#### **I.2.5.6. Pigments :**

La coloration des algues est attribuable à la présence ou à l'absence de pigments. Les pigments photosynthétiques sont des composés biologiquement actifs qui sont capables de capter l'énergie solaire (Hamed et al., 2014). La couleur verte vient des pigments chlorophylliens représentés par les quatre types de chlorophylle, qui se distinguent par de légers changements structurels (Sirbu, 2006). On distingue principalement la chlorophylle « a » nécessaires à la photosynthèse de toutes les algues photosynthétiques ainsi que la chlorophylle « b » (Zehlila, 2017). En plus de la chlorophylle, on trouve les caroténoïdes, qui sont des pigments liposolubles composés d'unités isoprènes. Ce sont de puissants antioxydants et sont présents chez toutes les macroalgues (Chouikhi, 2013).

#### **I.2.5.7. Eau :**

Les algues sont généralement composées de 90% d'eau, située dans les vacuoles cellulaires, cytoplasme et dans la paroi cellulaire (Faller, 2011).

#### **I.2.5.7. Minéraux et oligo-éléments :**

Les algues sont riches en minéraux et en oligo-éléments essentiels tels que le calcium, le sodium, le potassium, le magnésium, l'argon, l'aluminium, le chlore, l'iode, le phosphore et le plomb. Les algues vertes sont caractérisées par un taux de fraction minérale qui varie entre 6 et 30 %, cette teneur est considérée inférieure par rapport à celles des algues rouges et algues brunes (Hamed, 2014).

### **I.3. Les activités biologiques des Ulvaceae :**

#### **I.3.1. Activité antibactérienne :**

##### **I.3.1.1. Généralité sur les bactéries :**

###### **I.3.1.1.1. Définition des bactéries :**

Les bactéries sont des microorganismes unicellulaires du règne des procaryotes car ils n'ont pas de membrane nucléaire et cela les distingue des autres organismes unicellulaires classés comme eucaryotes (champignons, algues, protozoaires). Les bactéries sont séparées en bactéries correctement définies (Bactéries) et en bactéries primitives (Archaea). Toutes les bactéries rencontrées en pathologie font partie du règne bactérien. Ils ont généralement un diamètre inférieur à 1 µm et peuvent être observés à l'aide d'un microscope optique. Ces microorganismes peuvent avoir la forme d'une sphère (cocci), d'un bâtonnet (bacilles), d'une incurvation (vibrions)

ou d'une spirale (spirochètes). Elles ne peuvent être vues en détail qu'en utilisant la microscopie électronique pour révéler leur structure (Nauciel et Vildé, 2005).

#### **I.3.1.1.2. Culture des bactéries :**

Afin de cultiver des bactéries de milieu complexe on utilise des hydrolysats enzymatiques ou extraits de viande. Ces milieux peuvent être solides ou liquides. Les milieux sont solidifiés par ajout d'agar, ayant la capacité de fondre à l'ébullition et de se solidifier à des températures inférieures à 40°C. Les bactéries se dispersent librement dans un milieu liquide et leur croissance se manifeste par un trouble souvent homogène. Chaque bactérie sur un milieu solide se multiplier jusqu'à former un amas de bactéries visible à l'œil nu, appelé colonie. L'utilisation de milieux solides permet le dénombrement des bactéries viables dans un échantillon (Nauciel et Vildé, 2005).

#### **I.3.1.2. Les antibactériens :**

Les bactéries responsables des infections contrôlent le pouvoir pathogène et le type de maladie qui en résulte, elles causent des maladies fatales et des épidémies répandues et c'est pour cela qu'on fait recours aux différents antibactériens (Zarrouq, 2010).

##### **I.3.1.2.1. Définition d'un antibactérien :**

Un antibactérien est une substance active utilisée pour lutter contre des bactéries (Aquaportail, 2010), il permet soit de détruire les bactéries (bactéricide) soit d'empêcher leurs multiplications (bactériostatiques) (Encyclopaedia Universalis, 1968).

Les antibactériens doivent être distingués des désinfectants, qui sont des substances moins sélectives utilisées pour détruire les microorganismes, pathogènes ou non. Les antibactériens ne peuvent pas être utilisés pour traiter les virus (Aquaportail, 2010).

##### **I.3.1.2.2. Principales substances antibactériennes :**

###### **➤ Les antibiotiques :**

Le pilier du traitement des maladies bactériennes est l'utilisation d'antibiotiques, qui inhibent sélectivement certaines voies métaboliques chez les bactéries sans avoir généralement d'effets secondaires toxiques sur les organismes supérieurs. Cette caractéristique les distingue des antisémites (Rebouh et Belkhiat, 2015).

➤ **Les composés phénoliques :**

De nombreuses études in vitro et in vivo ont porté sur la détermination des propriétés antibactériennes des polyphénols. Cet effet est actuellement démontré et soutenu par plusieurs études expérimentales. Des études sur la capacité des flavonoïdes à empêcher la croissance bactérienne ont montré que plusieurs composés flavonoïdes ont des effets significatifs sur une variété de souches bactériennes (**Ulanowska et al., 2007**). Les polyphénols notamment les flavonoïdes et les tannins sont reconnus par leur toxicité vis-à-vis des microorganismes. Le mécanisme de toxicité peut être lié à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (telles que les protéases et les carbohydrases) ou à d'autres interactions pour inactiver les protéines de transport et d'enveloppe cellulaire (**Cowan, 1999**).

➤ **Les composés de polysaccharides :**

Plusieurs études ont démontré que les polysaccharides qui sont extraits à partir d'algues marines, possèdent un effet antibactérien contre plusieurs souches. Les études du pouvoir inhibiteur des polysaccharides notamment sulfatés sont reconnus par leurs effets vis-à-vis certaines bactéries (**Madelyn et al., 2021**).

**I.3.1.2.3. Types d'antibactériens :**

Les antibactériens peuvent avoir plusieurs origines, on cite : les antibactériens d'origine végétale, (**Aquaportal, 2010**), d'origine bactérienne (**Dougherty et Pucci, 2012**), d'origine animale (**Kwakman et al., 2010**), et les antibactériens naturels viraux (**Jérémy, 2015**).

**I.3.1.2.4. Facteurs influençant l'activité antibactérienne :**

Les facteurs influençant l'activité antibactérienne sont : l'antibiotique, la composition et le pH du milieu, les souches bactériennes choisies (**Meyer et al., 2004**).

**I.3.2. Activité antioxydante :**

L'oxygène est l'accepteur final d'électrons dans la respiration cellulaire des organismes aérobies (**Allain, 1996**). L'oxygène, qui est le dernier accepteur d'électrons dans le corps, est converti en molécules d'eau au niveau de la chaîne respiratoire mitochondriale. Cette réaction est importante car elle implique la production de 38 molécules d'adénosine triphosphate (ATP) à haut potentiel énergétique. Grâce aux enzymes, il garantit l'oxydation de différents substrats endogènes : les phospholipides des membranes cellulaires, les protéines, l'ADN. Cette oxydation donne lieu à la formation de radicaux libres ou d'espèces réactives oxygénées (ROS, pour Reactive Oxygen

Species). La formation des ROS constitue un processus tout à fait naturel et joue un rôle essentiel dans l'organisme : efficacité de l'apoptose, prolifération cellulaire normale, régulation de la pression sanguine, état redox normal pour l'expression des gènes, etc (**Pincemail, 2002**).

En raison de leur nature instable, les ROS sont toxiques et interagissent avec un large éventail de substrats biologiques importants. La dénaturation des protéines, l'inactivation des enzymes, l'oxydation du glucose, la rupture de l'ADN avec le potentiel de mutations et la peroxydation des lipides peuvent se produire avec des conséquences cellulaires souvent irréversibles (**Pincemail, 2002**). Cela peut conduire à l'émergence de nombreuses maladies telles que les maladies inflammatoires, l'athérosclérose, l'ischémie cérébrale, le SIDA et le cancer (**Diallo et al., 2001**).

Les radicaux libres se définissent comme tout atome ou molécule, neutre ou ionisée, comportant au moins un électron célibataire dans une orbitale externe. Ils sont caractérisés par une grande réactivité chimique et une courte durée de vie. Leurs agressions sur l'organisme sont multipliées sous l'effet de la fumée du tabac, de la pollution, du soleil, d'un effort physique intense.

***Les radicaux libres sont :***

$O_2^{\bullet -}$  (Radical anion superoxyde);  $OH^{\bullet}$  (Radical hydroxyle);  $HO^{\bullet}_2$  (Radical perhydroxyle);  
 $RO^{\bullet}$  (Radical alkoyle);  $ROO^{\bullet}$  (Radical peroxyde).

***Les espèces à l'origine de radicaux libres sont :***

$1O_2$  (oxygène singulet) ;  $H_2O_2$  (peroxyde d'hydrogène) ;  $ROOH$  (hydroperoxyde) (**Rolland, 2004**).

**I.3.2.1. Stress oxydant :**

Dans des conditions physiologiques, il existe un équilibre parfait entre la production d'espèces réactives de l'oxygène et le système de défense antioxydant. Fait important, les ROS peuvent également jouer des rôles physiologiques importants, par exemple dans la phagocytose des bactéries par les cellules polymorphonucléaires (**Swain et al., 2002**).

Le stress oxydatif est défini lorsqu'il existe un déséquilibre sévère entre les antioxydants et les prooxydants en faveur de ces derniers. Cette affection peut être due à un dysfonctionnement de la chaîne mitochondriale (ischémie-reperfusion, vieillissement), à une activation des systèmes enzymatiques (xanthine oxydase, NADPH oxydase, glucose oxydase, monoamine oxydase), à une libération de protéines chélatrices libres (ferritine) causées par le fer. Ou l'oxydation de certaines molécules (glucose, hémoglobine, catécholamines, etc.). Enfin, une mauvaise alimentation pauvre en antioxydants peut également contribuer au stress oxydatif (**Pincemail, 2002**).

### **I.3.2.2. Les oxydants :**

Les oxydants correspondant aux oxydants réactifs (ROS) sont souvent appelés radicaux libres. Les radicaux libres sont divisés en deux catégories, les radicaux primaires formés directement à partir de l'oxygène et les radicaux secondaires ou organiques générés par l'action des radicaux primaires.

Dans des conditions physiologiques normales, les cellules formeront naturellement des ROS, et le taux de génération se situe entre 2 % et 6 %. En effet, ces espèces agissent comme des messagers secondaires, notamment capables de réguler le phénomène d'apoptose ou d'activer des facteurs de transcription. L'oxygène subit ainsi une réduction à un électron et conduit à un radical superoxyde ( $O_2^{\bullet}$ ). Ce dernier est le plus abondant dans les cellules et est particulièrement dangereux car il participe à la formation des radicaux hydroxyles ( $OH^{\bullet}$ ) (**Gardès-Albert, 2004**).

#### **I.3.2.2.1. Les mécanismes de l'oxydation :**

Les radicaux libres sont formés au niveau de divers organites cellulaires : les mitochondries, les microsomes, le cytosol à travers plusieurs enzymes (la xanthine oxydase, la monoamine oxydase, le monoxyde d'azote) (**Allain, 1996**).

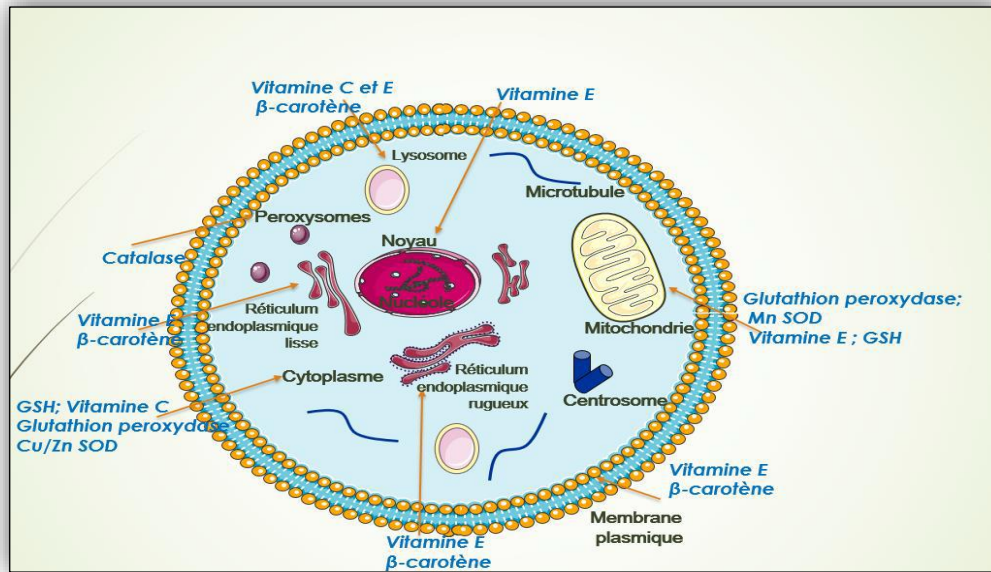
Traditionnellement, on décrit l'oxydation en trois phases distinctes, mais pratiquement simultanées :

- **Initiation** : formation d'hydroperoxydes, très réactifs ( $ROOH$  et  $R^{\bullet}$ ). L'oxygène n'oxyde pas directement les molécules.
- **Propagation** : destruction des hydroperoxydes. Les espèces produites vont arracher un hydrogène à une autre molécule ou réagir avec un oxygène triplet.
- **Terminaison** : apparition de nouvelles molécules anarchiques. La chaîne de propagation peut s'arrêter par la formation de polymères ou au contact avec un autre radical. Les molécules créées n'ont plus de fonction biologique (**Rolland, 2004**).

#### **I.3.2.3. Les antioxydants et les systèmes de défense :**

Les antioxydants peuvent être définis comme toute substance qui présente à faible concentration par rapport au substrat oxydable, est capable de ralentir ou d'inhiber l'oxydation de ce substrat. Cette définition fonctionnelle s'applique à un grand nombre de substances, comprenant des enzymes aux propriétés catalytiques spécifiques, mais aussi de petites molécules hydro- ou liposolubles. Cette grande variété physico-chimique autorise la présence d'antioxydants dans

tous les compartiments de l'organisme, qu'ils soient intracellulaires (Figure I.7), membranaires ou extracellulaires (Cano, 2006).



**Figure I.7 :** Les différents systèmes antioxydants et leur localisation dans la cellule (Favier A. 2003).

### I.3.2.3.1. Antioxydants enzymatiques :

Pour faire face à ces attaques, les organismes ont développé des systèmes d'action antioxydante qui visent à :

- Éliminer les espèces réactives de l'oxygène et les catalyseurs de leur formation.
- Induire la synthèse des antioxydants.
- Augmenter l'activité des systèmes de réparation et d'élimination des molécules endommagées (Boubekri, 2014).

Trois types d'enzymes antioxydantes (Figure I.8) sont mis en œuvre pour la destruction des espèces réactives de l'oxygène (Pelletier, 2004) :

- Les superoxydes dismutases (SOD) qui catalysent la dismutation de l'anion superoxyde en peroxyde d'hydrogène (Paulin, 1990) ; Foyer, 1998) ;
- La catalase qui catalyse la dismutation du peroxyde d'hydrogène en eau permettant l'élimination de celui-ci (Nakao, 2007 ; Nicholls, 2012) ;
- La glutathion peroxydase (GPX) qui décompose aussi le peroxyde d'hydrogène en utilisant le glutathion comme donneur d'hydrogène (Bédane, 2008).

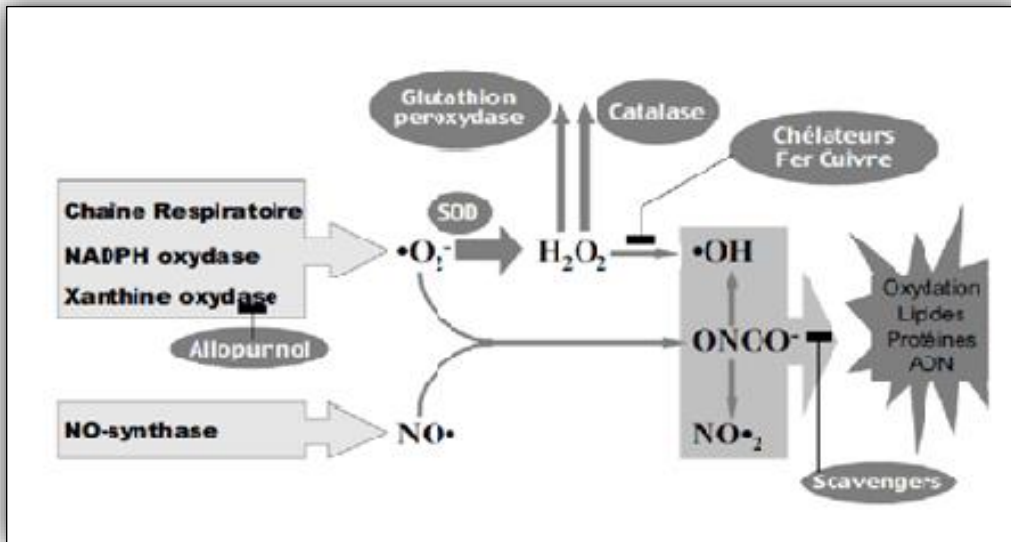


Figure I.8 : Action des antioxydants au cours du métabolisme des dérivés réactifs de l'oxygène.

### I.3.2.3.2. Antioxydants non enzymatiques :

Ce sont des antioxydants naturels capables de prévenir les dommages oxydatifs. Ils peuvent agir comme piègeurs de radicaux libres en agissant directement sur les molécules prooxydantes ou indirectement en chélatant les métaux de transition, empêchant la réaction de Fenton. Ce type d'antioxydant présente des avantages considérables par rapport aux antioxydants enzymatiques. En raison de leur petite taille, ils peuvent en effet facilement pénétrer au cœur des cellules et se localiser à proximité des cibles biologiques. Les antioxydants de ce type comprennent un grand nombre de substances hydrophiles ou lipophiles partiellement produites par l'organisme lors de la biosynthèse. Cependant, le nombre d'antioxydants produits dans l'organisme est très limité, les plus actifs étant : le glutathion, le NADPH, les dipeptides, l'acide urique, l'acide lipoïque ou encore la bilirubine (Boubekri, 2014).

Le niveau de ce système de défense dans l'organisme est essentiellement assuré par l'apport alimentaire. Parmi les antioxydants naturels de bas poids moléculaire, on peut citer les plus connus et les plus importants suivants :

- **Vitamine C ou Acide Ascorbique** : est un puissant antioxydant hydrosoluble capable de piéger/neutraliser les espèces réactives de l'oxygène à très faible concentration. C'est un agent réducteur capable de limiter la peroxydation des lipides et participe à la régénération d'autres antioxydants comme l'alpha-tocophérol.

- **Vitamine E (tocophérol)** : est le principal antioxydant, le plus biologiquement actif, joue un rôle important dans l'inhibition de la peroxydation des lipides et s'accumule à ces endroits au sein des cellules, là où davantage de radicaux libres d'oxygène sont générés. Il neutralise les radicaux peroxy, les radicaux alkyles et les radicaux alcoxy.
- **Caroténoïdes** : ce sont les pigments (orange, rouge et jaune) produits par les plantes. Les plus importants sont le bêta-carotène, l'alpha-carotène, la lutéine, la zéaxanthine et le lycopène. Leur fonction principale est de protéger les plantes. Ce sont d'excellents piègeurs d'espèces de radicaux libres, notamment dans la peroxydation lipidique des phospholipides membranaires, grâce à leur structure.
- **Composés phénoliques** : de par leur structure, ils ont un fort pouvoir antioxydant, notamment les flavonoïdes et les tanins. Les flavonoïdes peuvent neutraliser les radicaux libres en fournissant un atome d'hydrogène disponible dans leur groupe hydroxyle, et les tanins ont également une forte capacité antioxydante en raison de leur noyau phénolique, et ils jouent un rôle majeur dans l'activité antioxydante des lipides (**Vitamin 2020**).

#### **I.3.2.4. Mécanismes d'action des antioxydants :**

Un antioxydant peut agir de diverses manières :

- Il peut empêcher l'oxydation d'un autre substrat en s'oxydant plus rapidement que celui-ci, l'empêchant ainsi de s'oxyder.
- Il arrête la réaction en chaîne qui conduit à la prolifération des radicaux libres, qui est généralement due à la structure relativement stable des antioxydants.
- Il peut absorber l'excès d'énergie de l'oxygène singulet et le convertir en chaleur.
- Il ralentit également la réaction des métaux en les chélatant (le fer réagit avec le peroxyde d'hydrogène pour former des radicaux hydroxyles) (**Manar, 2012**).

#### **I.3.3. Activité antalgique :**

##### **I.3.3.1. Généralités sur la douleur :**

La douleur est un phénomène dont la dualité rend souvent le praticien perplexe. Cette dualité est en fait due à diverses raisons. Du point de vue sémiologique, la douleur est le premier symptôme qui attire l'attention sur un phénomène pathologique, elle peut aussi par son intensité et sa durée, devenir un véritable syndrome, retentissant sur les grandes fonctions organiques, capable

à lui seul d'aggraver l'état du malade. Sur le plan physiopathologique, la perception douloureuse est portée par des voies périphériques et centrales définies. Sur le plan thérapeutique, la suppression du symptôme « douleur » est souvent la première et même la seule demande du malade, mais l'établissement du diagnostic et la mise en œuvre du traitement étiologique sont habituellement les premières préoccupations du praticien (**Benoist, 1988**).

#### **I.3.3.1.1. Définition et physiopathologie de la douleur :**

La douleur est définie comme une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle. La transmission douloureuse est un phénomène complexe, impliquant des mécanismes électrophysiologiques et neurochimiques.

Il existe différents types de douleurs que l'on peut classer selon leur mécanisme physiopathologique (excès de nociception, neuropathique, psychogène) ou leur durée d'évolution (aiguë ou chronique) (**Besson et al, 2007**).

➤ Classification selon la durée d'évolution :

**Aiguës** : elles sont associées à un traumatisme et ont une cause organique précise. La récupération est complète.

**Chroniques** : elles ont une pathogenèse peu claire, avec souvent une absence de cause organique. Il y a une incapacité à restaurer les effets psychologiques normaux (**Inserm, 2017**).

#### **I.3.3.1.2. Types de douleur :**

➤ **La douleur nociceptive :**

La douleur nociceptive est causée par une activation des neurones primaires afférents appelés nocicepteurs et par un état d'inflammation en réponse à une lésion ou blessure. C'est donc une stimulation excessive des récepteurs périphériques. La douleur postopératoire est un exemple de douleur nociceptive. Elle est limitée dans le temps, souvent aiguë, remplit une fonction biologique, protège, prévient et rarement accompagnée de signes psychologiques (**Nehmé, 2006**).

➤ **La douleur neuropathique :**

Ce sont des douleurs qui peuvent survenir lorsque le système nerveux est lésé dans la partie qui transmet les sensations. Elle s'oppose à la douleur nociceptive (excitation périphérique) par son mécanisme qui est central. Lorsque les fibres nerveuses sensibles sont abîmées, elles sont liées à un défaut majeur de la transmission douloureuse et susceptibles de transmettre des informations

erronées et le malade se voit désinformé (**Danton, 2017**), il ressent alors des brûlures, des décharges électriques, des démangeaisons, des picotements, des sensations de froid douloureuses et des fourmillements dans des régions du corps qui sont d'apparence normale, pourtant la douleur est bien réelle (**Laroche et al., 2008**). On trouve ces symptômes dans les pathologies telles que le zona, les amputations et les traumatismes (**Danton, 2017**).

➤ **La douleur psychogène :**

La douleur psychogène regroupe toutes les douleurs que l'on ne sait pas classer dans les deux premières catégories. Ce sont des douleurs sans dommage ou lésions apparents. Leur dimension essentielle semble résider dans le psychisme, et l'intervention de phénomènes psychologiques amplifie le sentiment de souffrance. (**Wrobel, 2003**).

**I.3.3.1.3. Mécanisme et chemin de la douleur :**

Les stimulations thermiques et mécaniques activent directement les nocicepteurs. Les lésions traumatiques, inflammatoires ou ischémiques vont provoquer la libération par les tissus lésés de substances chimiques. Ces substances pourront, soit activer directement les nocicepteurs et sont dites algogènes (bradykinines, ions potassium, hydrogène, oxyde nitrique, histamine et sérotonine) soit sensibiliser les nocicepteurs à d'autres stimuli. Les prostaglandines et les leucotriènes, jouent un rôle de sensibilisateurs des nocicepteurs agissant sur d'autres substances tel que les peptides impliqués dans la transmission du message douloureux (**Rabaud et al., 2013**).

La substance P est la plus connue comme neuropeptide (neurotransmetteur) et qui joue un rôle primordial dans la nociception et a une action vasodilatatrice. Il existe d'autres neuropeptides tel que le peptide associé au gène de la calcitonine (CGRP) et la neurokine (**Rabaud et al., 2013**). Le chemin de la douleur emprunte celui du réseau neuronal nociceptif, à travers la moelle épinière et vers le cerveau. La douleur est détectée par des récepteurs de la nociception qui transforment le stimulus en influx nerveux douloureux (**Bernard, 2009**).

L'information détectée par les nocicepteurs est ensuite relayée par des fibres nerveuses qui arrivent au niveau de la moelle épinière par les racines dorsales puis à partir de la substance grise, le message électrique est transmis par les synapses, à un deuxième neurone qui est le neurone spinothalamique. Ce neurone chemine dans la substance blanche de la moelle épinière jusqu'au thalamus. L'influx nerveux parvient au cerveau par le thalamus et le cortex cérébral, où l'information est intégrée, ce qui engendre la localisation de la douleur (**Gaillard, 2014**).

### **I.3.3.2. Les antalgiques :**

Les antalgiques ou analgésiques sont des médicaments à action symptomatique qui atténuent ou abolissent les sensations douloureuses sans provoquer une perte de conscience ou une dépression des autres sensations contrairement aux anesthésiques (**Bounihi, 2015**).

Il existe plusieurs sortes d'antalgiques qui sont dispensés en fonction du type de douleurs (**Monassier, 2005**), selon **Bounihi, (2015)** les antalgiques sont généralement répartis en deux groupes :

- Les analgésiques morphiniques (opiacés) ;
- Les analgésiques non morphiniques (non opiacés).

#### **I.3.3.2.1. Les analgésiques morphiniques (opiacés) :**

Appelés aussi analgésiques centraux sont des substances naturelles ou synthétiques dérivées de l'opium. Sont des médicaments symptomatiques qui s'opposent à la neurotransmission des messages nociceptifs, et modifient la réaction psychique du malade à la douleur. Ils sont utilisés en médecine comme antalgiques puissants pour soulager les douleurs sévères ou chroniques (**Roulet et al., 2008**).

Leur emploi est limité par le risque de dépression respiratoire, et le développement d'un état de toxicomanie au cours d'une administration répétée. Ils sont classés en :

- **Peptides opioïdes endogènes produits dans le corps** : endorphines, dynorphines et enképhalines.
- **Alcaloïdes de l'opium** : morphine, codéine et thébaïne.
- **Opiïdes semi-synthétiques** : héroïne, oxycodone, hydrocodone, dihydrocodeine, hydromorphone, oxymorphone et nicomorphine.
- **Opiïdes totalement synthétiques** : pethidine OU demerol, méthadone, fentanyl, propoxyphène, pentazocine, buprenorphine, butorphanol, tramadol, etc (**Kumar et al., 2010**).

#### **I.3.3.2.2. Les analgésiques non morphiniques (non opiacés) :**

Ils sont soit seulement sédatifs de la douleur, on les appelle encore antalgiques purs, soit à la fois antalgiques et antipyrétique ou anti inflammatoire. Les antalgiques non opiacés sont représentés principalement par les « analgésiques périphériques » (dérivés salicylés, dérivés du para-amino-

phénol et de la pyrazolone, clométacine), dont l'action antalgique s'exerce, au moins en partie, directement au niveau du foyer lésionnel. Ils sont caractérisés par l'inhibition de la synthèse des prostaglandines. Ils sont utilisés par voie orale dans le traitement des douleurs d'intensité modérée (céphalées, myalgies, arthralgies,...) car ils ont une action analgésique beaucoup moins forte que celle des analgésiques centraux comme la morphine et par voie parentérale, plus active, pour éviter le recours aux analgésiques morphiniques. Certains sont antipyrétiques, car ils normalisent une température élevée, en agissant sur le centre de la thermorégulation (**Benoist, 1988**).

### **I.3.3.3. Classification des analgésiques selon l'OMS :**

La classification selon l'OMS nous donne quatre (04) classes d'antalgiques :

- Palier I : analgésiques non opioïdes correspondant à une douleur légère à modérée.
- Palier II : analgésiques opioïdes faibles correspondant à une douleur modérée à sévère.
- Palier III : analgésiques opioïdes forts : correspondant à une douleur sévère à intense.
- Les co-analgésiques (**Eba, 2017**).

### **I.3.3.4. Antalgiques traditionnel :**

Dans le domaine des analgésiques, les plantes et leurs extraits continueront d'être la source de nouveaux médicaments. Elles sont composées de plusieurs molécules actives agissant souvent en synergie. Chaque famille chimique de principes actifs (flavonoïdes, alcaloïdes, etc) peut avoir un effet pharmacologique différent. La classification par propriété médicinale n'est pas exclusive. Les plantes médicinales qui ont la propriété d'être antalgique ont pour fonction de soulager la douleur. La morphine fait parti des médicaments antalgiques, qui ont été isolée depuis des sources naturelles (**Bounihi, 2015**).

Les polysaccharides sont des produits bioactifs, identifiés comme étant des composés multifonctionnels, avec plusieurs activités biologiques (**Angone, 2010**). Au cours de ces dernières années, ils ont été largement étudiés en raison de leurs importantes propriétés chimiques et leurs diverses activités biologiques (**Jhamandas, 2005 ; Brudieux, 2007**).

Les polysaccharides sulfatés (PS) constituent un groupe de macromolécules hétérogènes et complexes d'origine non mammifère qui se trouvent à des concentrations élevées dans la matrice extracellulaire et sont impliquées dans les fonctions ioniques, mécaniques et osmotiques des algues marines. Récemment, plusieurs études ont porté sur les polymères qui ont été isolés à partir de différents espèces d'algues en raison de leur grande applicabilité biomédicale et de leur toxicité relativement faible (**José, 2012**).

Bien que les PS aient été couramment étudiées comme agents anticoagulants et antithrombotiques (Assreuy et al., 2008 ; Fonseca et al., 2008), elles sont également capables de moduler de nombreuses autres activités biologiques. Par exemple, pour les PS extraites de l'algue rouge marine *Bryothamnion seaforthii* (Viana et al., 2002), ont rapporté une activité antinociceptive chez la souris. Selon Leiro et al., (2007), il a été démontré que les polysaccharides acides de l'algue verte marine *Ulva rigida* (Chlorophyta) stimulent le macrophage (in vitro) à sécréter des prostaglandines (PGE2) et induisent une augmentation de l'expression de COX-2 (cyclooxygénase) et NOS-2 (nitrique synthase).

Qi et al., (2005), étudiant un hétéropolysaccharide hautement sulfaté isolé de l'algue verte marine *Ulva pertusa*, a observé une activité antioxydante in vitro. Les PS de l'algue brune marine *Lobophora variegata* ont exercé des effets anti-inflammatoires chez le rat (Medeiros, 2008). Dans une autre étude de Siqueira et al., (2011), ont suggéré que l'action anti-œdémogène d'une PS de cette espèce se produisait via l'inhibition des activités de l'oxyde nitrique synthase (NOS-2) et de la cyclooxygénase (COX).

#### **I.3.3.5. Principes généraux du traitement de la douleur :**

Le traitement est basé sur plusieurs objectifs et la prescription doit tenir compte de l'intensité, du caractère et de la nature du syndrome douloureux. Dans le traitement, les produits les plus puissants sont utilisés en dernier recours et la voie orale est la voie de choix pour le traitement, sauf si elle n'est pas utilisable (Gosselin, 2014). Le but du traitement est d'améliorer la qualité de vie des patients.

Objectifs du traitement :

- Identifier l'étiologie de la douleur,
- Prévenir la douleur,
- Supprimer la mémoire de la douleur,
- Faciliter l'administration des médicaments.

# **Chapitre II**

## **Matériels et méthodes**

## II. Matériels et méthodes :

Ce chapitre est consacré à la présentation en premier lieu de la zone d'échantillonnage et du matériel végétale, puis de l'ensemble du matériel et des protocoles expérimentaux utilisés au cours de nos travaux, pour l'extraction et les analyses qualitatives et quantitatives de biomolécules, ainsi que l'évaluation de trois activités biologiques : antibactérienne, antioxydante et antalgique.

Ce travail a été réalisé grâce à la collaboration de plusieurs établissements à savoir l'ENSSMAL, le Centre de Recherche et de Développement (CRD) et le laboratoire de Toxicologie-Pharmacologie de Groupe SAIDAL.

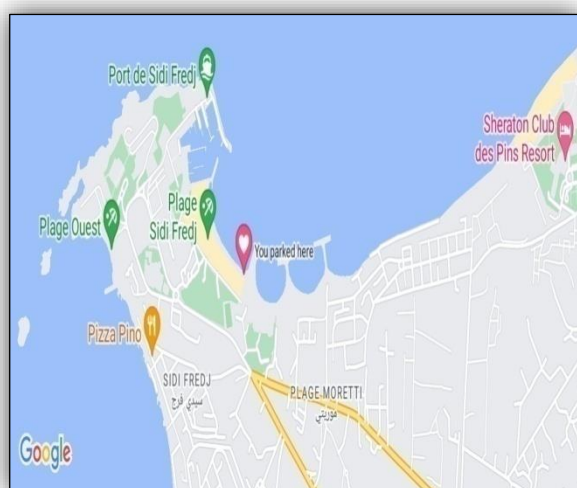
### II.1. Récolte et préparation de l'échantillon :

#### II.1.1. Présentation de la zone d'étude :

La localité de Sidi Fredj appartient, de point de vue administratif au commun de Staouali daïra de Zéralda, wilaya d'Alger. Elle se situe à 25km à l'ouest de chef lieu. C'est une presqu'île localisée dans la partie ouest de la baie d'El Djamila. Cette baie est délimitée par deux promontoires rocheux : Sidi Fredj à l'Ouest et Ras Acrata au Nord – Est.

Ses coordonnées Lambert sont : (Latitude Nord: 36°45'36.6"; Longitude Est : 2°51'02.2")

L'*Ulva fasciata* (verte) à été prélevés de la ligne côtière de la plage Est de Sidi Fredj en mars 2022 à une profondeur de 0,3m à 1m (Figure II.1 et Figure II.2).



**Figure II.1:** Situation géographique du lieu d'échantillonnage, (GOOGLE EARTH.2022).



**Figure II.2:** Plage de Sidi Fredj de la wilaya d'Alger.

### II.1.2. Préparation du Matériel végétale :

L'algue (*Ulva fasciata*) a été détachée des rochers à mains nues (Figure II.3), rincée abondamment à l'eau de mer puis transporté rapidement au laboratoire où elle est rincer soigneusement à l'eau du robinet suivie de l'eau distillée pour écarter les matières étrangères telles que les épiphytes et les contaminations . L'identification de l'espèce a été effectués sous la direction de monsieur A. Kabrane à l'École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du littoral.

L'algue a été séchée pendant 3 jours dans une étuve à une Température de 40°C (Figure II.4), puis réduite en poudre et tamiser. Le produit final est conservé dans un bocal en verre à l'abri de la lumière.



Figure II.3: Echantillonnage des algues.



Figure II.4: Échantillon mis à 40°C.

### II.2. Détermination de la composition chimique globale :

Afin de voir les potentialités de l'algue *U. fasciata*, une étude de leur composition physico-chimique a été réalisée par la détermination des teneurs en humidité et en matière minérale. Les analyses chimiques ont été réalisées selon les normes décrites par l'AOAC (Association of Official Analytical Chemists).

#### II.2.1. Détermination du taux d'humidité :

##### II.2.1.1. Principe :

Cette analyse permet le calcul de la quantité d'eau contenue dans l'échantillon à étudier. Elle est déterminée par dessiccation dans une étuve jusqu'à poids constant selon la méthode officielle de (AOAC, 1997). Le poids du résidu correspond à la matière organique et les résultats sont exprimés en pourcentage.

**II.2.1.2. Mode opératoire :**

Dans le but de déterminer le taux d'humidité, nous avons procédé au séchage de la masse végétale (2g), en la pesant chaque jour jusqu'à atteindre une masse stable (Figure II.1.a). Les échantillons sont séchés dans l'étuve à  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 24h (Figure II.1.b). L'évolution de la perte de masse à un instant t est obtenue par l'équation (1) :

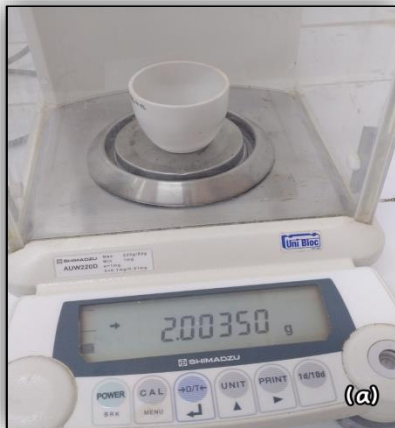
$$T_{H_2O} \% = \frac{M_h - M_s}{M_h} \times 100$$

Avec :

**W%** : La teneur en eau du matériel végétal ou taux d'humidité (%).

**M<sub>h</sub>** : Poids du matériel végétal humide en fonction de temps (g).

**M<sub>s</sub>** : Poids du matériel végétal sec (g).



**Figure II.5 :** détermination de taux d'humidité chez l'*U.fasciata*.

**II.2.2. Détermination du taux de la matière minérale :**

**II.2.2.1. Principe :**

Cette analyse permet le calcul de la quantité de la matière minérale contenue dans l'échantillon, réalisée selon les méthodes officielles de (AOAC, 1995) et (ISO 6884, 2008), qui consiste à incinérer un échantillon dans un four à moufle jusqu'à poids constant. Le poids du résidu correspond à la matière minérale et les résultats sont exprimés en pourcentage (%).

### II.2.2.2. Mode opératoire :

Afin de déterminer la composition en minéraux, nous avons procédé à l'incinération d'une quantité d'algue à 600°C dans un four à moufle pendant 6h (Figure II.6). L'évaluation de la teneur en matière minérale est déterminée selon l'équation (2) suivante :

$$T_{Mm} \% = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

Avec :

**T<sub>Mm</sub>%** : La teneur en matière minérale (%).

**P1** : Poids du matériel végétal (g).

**P2** : Poids du matériel végétal incinéré (g).



**Figure II.6** : l'incinération de la poudre d'algue *U.fasciata* dans un four à moufle.

## II.3. Extraction et analyse qualitatives et quantitatives des biomolécules actives :

### II.3.1. Polysaccharides :

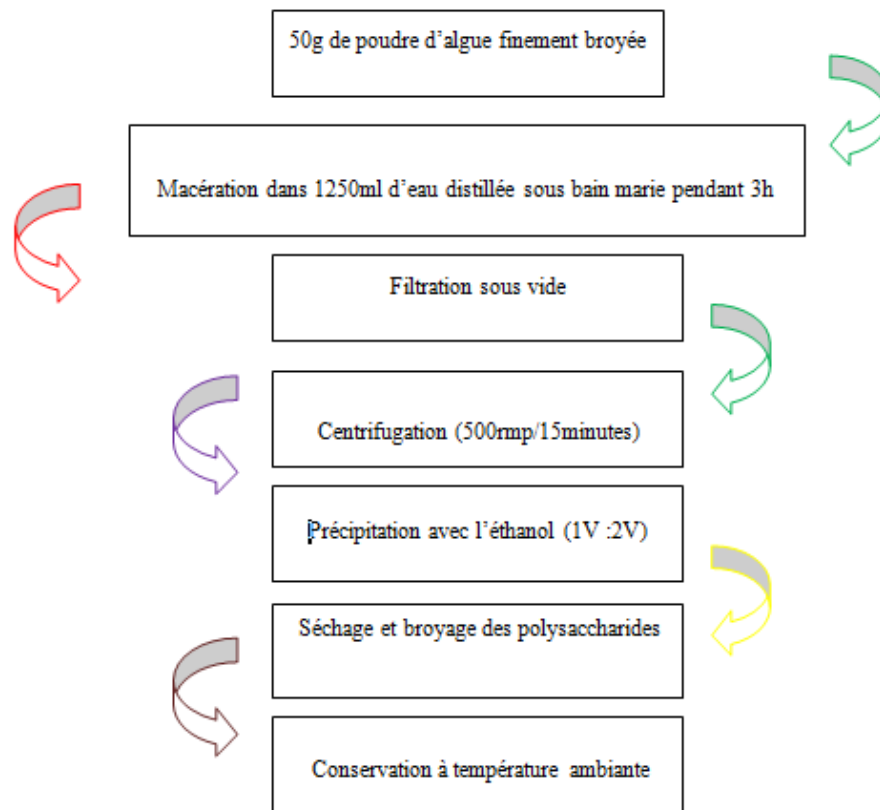
#### II.3.1.1. Extraction :

##### II.3.1.1.1. Principe d'extraction :

L'extraction des polysaccharides est réalisée avec une simple macération de la matière première selon, une technique classique pour l'extraction des molécules bioactives à partir des algues marines (Chiu et al., 2011).

**II.3.1.1.2. Procédé d'extraction :**

L'extraction des polysaccharides (Figure II.7) est réalisée selon le protocole de **Chiu et al., (2011)** en versant 50g de poudre d'algue dans un volume de 1250 ml d'eau distillée, la solution est mise dans un bain marie pendant 3h, puis centrifugée (5000 rpm/minute) pendant 15 minutes. Le filtrat obtenu est précipité avec de l'éthanol à raison de (V/2V) (Figure II.8), le mélange est laissé reposer pendant une nuit à température ambiante. La masse des polysaccharides obtenue est finalement séchée dans une étuve à 40°C pendant 24 heures puis, broyée avec un mortier en une poudre fine.



**Figure II.7 :** Protocole d'extraction des polysaccharides.

**II.3.1.2. Calcul du rendement d'extraction :**

Les rendements d'extraction des polysaccharides (Figure II.8) sont calculés selon la formule (3) suivante :

$$\text{Rendement d'extraction (\%)} = \frac{\text{masse polysaccharidique extraite(g)}}{\text{masse de la poudre seche de l'algue(g)}} \times 100$$



**Figure II.8:** Précipitations des polysaccharides avec l'éthanol.



**Figure II.9:** Extrait de polysaccharides obtenus avant séchage.

### II.3.1.3. Dosages colorimétriques des oses totaux :

#### II.3.1.3.1. Principe :

La quantification des oses constitutifs des polysaccharides s'effectue par des dosages colorimétriques. C'est en présence d'acide sulfurique, concentré et à chaud, que les liaisons glycosidiques des polysaccharides subissent une hydrolyse quantitative. La déshydratation des unités osidiques libérées conduit à la formation des dérivés furfuriques et des dérivés d'acide 5-hydroxyméthylfurfural. Ces derniers peuvent réagir par condensation avec le phénol pour les oses totaux (Dubois et al., 1956).

#### II.3.1.3.2. Mode opératoire :

La teneur en oses totaux constitutifs des polysaccharides d'*Ulva fasciata* est quantifiée par la méthode de Dubois et al., (1956) utilisant l'acide sulfurique et le phénol comme réactifs. Les liaisons glycosidiques sont hydrolysées, à chaud, en présence d'acide sulfurique concentré et la déshydratation des unités osidiques conduit à la formation de composés furfuriques. Ces derniers interagissent avec le phénol par condensation pour former des composés de coloration orange-jaune absorbant à 485 nm. Une gamme étalon de glucose (Figure II.10) est réalisée avec 6 concentrations différentes (0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.20, 0.25 g/L) dans l'eau distillée. Une solution de phénol à 5 % (m/v) est préparée avec de l'eau distillée.

Le principe du dosage est le suivant :

- Déposer dans les tubes de dosage 200 µl d'échantillon ;
- Ajouter 200 µl de la solution de phénol ;
- Ajouter 1 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 80 % ;
- Vortexer les tubes (5 secondes) puis les incuber 5 minutes dans un bain marie sec à 90 °C ;
- Laisser reposer à température ambiante et à l'obscurité pendant 30 min ;
- Mesurer l'absorbance à 485 nm.

La teneur en sucre soluble est déterminée à partir de l'équation de régression de la droite d'étalonnage, et elle est exprimée en % selon la formule suivante :

$$(MS \%) = \frac{\text{moyenne de } DO \times \text{facteur de dilution}}{a \times 10}$$



Figure II.10 : La gamme de glucose à différentes concentration.

#### II.3.1.4. Analyse spectroscopiques :

##### II.3.1.4.1. Analyses par spectroscopie infrarouge :

La spectroscopie infrarouge est une méthode d'analyse physique rapide, simple à mettre en œuvre et qui nécessite peu d'échantillon. Certains groupements, considérés comme marqueurs, peuvent révéler la présence de certaines classes de polysaccharides ou d'autres molécules associées (composés phénoliques, protéines). Les profils spectraux IR obtenus lors de l'analyse de polysaccharides de même structure, ainsi que les intensités relatives des bandes d'absorption, sont similaires (Chouana, 2017).

##### II.3.1.4.1.1. Principe :

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (ou FTIR : Fourier Transform Infrared Spectroscopy) est basée sur l'interaction entre un rayonnement de type infrarouge (IR) et les molécules à analyser. Par conséquent, la spectroscopie infrarouge peut déterminer l'empreinte digitale chimique des polysaccharides. Les spectres IR sont caractérisés par l'absorbance des photons en fonction du nombre d'onde ( $1/\nu$ ). Le nombre d'onde qui est l'unité la plus couramment utilisée en spectroscopie IR est directement proportionnel à la fréquence et donc à l'énergie du rayonnement absorbé par la molécule analysée. Le principe de la spectroscopie IR consiste à sonder la molécule au moyen d'un rayonnement IR situé dans la gamme  $4000 \text{ cm}^{-1}$  et  $450 \text{ cm}^{-1}$  et à analyser l'absorption du rayonnement émis par la molécule vibrant sous l'action

du IR. Une molécule, en fonction de ses degrés de liberté et des ondes infrarouges excitées, les molécules peuvent absorber une certaine quantité d'énergie pour la transformer en mouvement. Ainsi, pour une molécule donnée, il existe plusieurs modes vibrationnels correspondant à une fréquence propre donnée. Ces vibrations se répartissent en deux catégories : les vibrations dites de déformation (flexion) et les vibrations dites d'élongation (étirement) (**Chouana, 2017**).

#### **II.3.4.1.2. Mode opératoire :**

Les analyses ont été réalisées avec un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) de type Perkin-Elmer Spectrum Two FT-IR Spectrometer. Les deux poudres (poudre d'algue et la poudre de polysaccharide) sont mélangées avec du KBr en poudre puis pressé jusqu'à obtenir un comprimé. Les spectres IR ont été enregistrés à température ambiante avec une gamme de nombre d'onde allant de 450-4000  $\text{cm}^{-1}$  (**Chouana, 2017**).

### **II.3.2. Les composés phénoliques :**

#### **II.3.2.1. Extraction :**

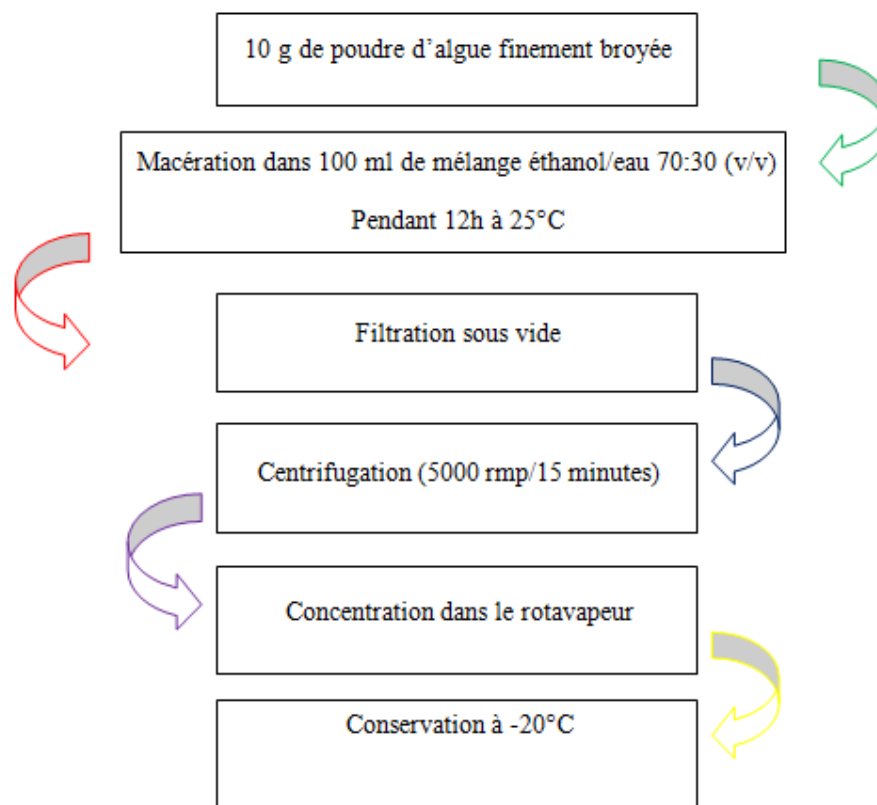
##### **II.3.2.1.1. Principe d'extraction :**

La poudre d'algue *Ulva Fasciata* est mise en contact avec une solution mélange (éthanol/eau) dont l'efficacité en matière d'extraction de composés phénoliques a été démontrée (**Pappou et al., 2022**). Le solvant effectue une lyse chimique des membranes cellulaires afin d'extraire leurs organites. La solution obtenue après une macération de 12h est filtrée, centrifugée et concentrée dans le rotavapeur puis, destinée à la conservation.

##### **II.3.2.1.2. Procédé d'extraction :**

10g d'algues séchées est finement broyées sont macérées dans 100 ml de mélange éthanol/eau 70:30 (v/v) durant 12h sous agitation magnétique et une température de 25°C.

(Nous avons effectué une filtration sous vide pour faciliter la centrifugation) le mélange poudre/solvant est centrifugé (5000 rmp/minute) pendant 15 minutes, le surnageant est récupéré puis concentré à l'aide d'un rotavapeur. La solution obtenue après la concentration est conservée dans des tubes à vice entourés de parafilm à -20°C jusqu'à l'utilisation (Figure II.11).



**Figure II.11** : Protocole d'extraction des polyphénols.

### II.3.2.2. Rendement d'extraction :

Le rendement de l'extrait phénolique est déterminé par l'équation (4) :

$$\text{Rendement d'extraction (\%)} = \frac{\text{Masse de l'extrait obtenu}}{\text{Masse de la matière végétale avant extraction}} \times 100$$

### II.3.2.3. Dosage des composés phénoliques :

#### II.3.2.3.1. Principe :

La spectrophotométrie permet de déterminer le dosage des polyphénols selon la méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu (**Singleton et al., 1999**). Ce réactif et un acide de couleur jaune constitué par un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Le réactif de Folin-Ciocalteu est réduit en un mélange bleu constitué d'oxyde de tungstène et de molybdène. La coloration obtenue est proportionnelle aux taux des composés phénoliques qui ont subis l'oxydation (**Boizot et al., 2006**).

#### II.3.2.3.1. Procédé de dosage :

Le dosage des composés phénoliques est réalisé selon le protocole de **Pappou et al., (2022)** modifié ; Un volume de 0,1 ml d'extrait algal est mis en contact avec 2ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> à 2%, la solution est agitée et incubée à température ambiante pendant 5 minutes. Après les 5 minutes d'incubation, 100 µl de réactif de Folin-Ciocalteu sont ajoutés au mélange. Les

mélanges réactionnels sont agités et portés à l'obscurité pour la deuxième fois pendant 30 minutes à température ambiante. L'absorbance est mesurée à 600 nm grâce à un spectrophotomètre UV contre un blanc. Dans les mêmes conditions, on effectue une gamme étalon avec un polyphénol témoin (l'acide gallique) à différentes concentrations. La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique et elle est exprimée en  $\mu\text{g}$  d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait ( $\mu\text{g}$  EAG/mg d'extrait).

### **II.3.3. Le screening (criblage) phytochimique :**

Cette caractérisation réalisée selon la méthode de **Danton, (2017)** nous a permis de détecter la présence des différentes familles de métabolites secondaires (tannins, flavonoïdes, coumarines, quinones et les anthraquinones) existant dans l'algue étudiée par les différents tests des réactions qualitatives de caractérisation. Ces réactions sont basées sur des phénomènes de précipitation ou de coloration par des réactifs spécifiques à chaque famille de composés ainsi que des examens en lumière ultraviolette.

#### **II.3.3.1. Préparation des extraits :**

##### **L'extrait végétal hydro-alcoolique (A) :**

Dans un dessiccateur on fait macérer, à température ambiante, 10 g du matériel végétal dans 100ml de mélange méthanol-eau (70/30) pendant 24 heures, l'extrait est ensuite récupéré par filtration.

##### **L'extrait éthérique (E) :**

Dans un erlenmeyer on fait macérer, 10g du matériel végétal dans 100 ml d'éther de pétrole pendant 10 minutes. L'extrait est récupéré par filtration sur du papier Whatman.

##### **L'extrait chloroformique (C) :**

On introduit 10 g du matériel végétal dans un erlenmeyer auquel, on ajoute 100 ml de chloroforme. Laisser reposer pendant 10 minutes puis filtrer le mélange à l'aide d'un papier Whatman et récupérer l'extrait.

##### **L'extrait végétal de l'acide sulfurique :**

On met 0,2 g de matériel végétal dans un erlenmeyer, on ajoute 10 ml d'acide sulfurique sous agitation pendant 2 minutes, l'extrait est ensuite récupéré par filtration.

**II.3.3.1.1. Le screening phytochimique des flavonoïdes :**

**a) Test de bate-smith (test de flavan3, 4diols):**

Pour réaliser ce test 2 ml de l'extrait hydro-alcoolique (A) sont mélangés avec 0,5 ml de HCl concentré, puis porter au bain marie pendant 30 minutes. L'apparition d'une coloration rouge dénote la présence de Leucoanthocyanes qui sont des dérivés des flavan-3,4-diols.

**b) Test de Wilstater (test de flavonols et flavanones) :**

2,5 ml de l'extrait hydro-alcoolique (A) sont fusionnés avec 0,5 ml de l'HCl concentré. On ajoute tout doucement quelques fragments de magnésium et on laisse agir sous la hotte. L'apparition d'une couleur qui vire vers le rouge pourpre (Flavonols) ou le rouge violacées (Flavanones et Flavonols) confirme l'existence des flavonoïdes.

**II.3.3.1.2. Le screening phytochimique des Tannins :**

Pour la détection des deux différents types de tannins, deux différents tests sont utilisés :

Les tannins catéchiques sont identifiés par ajout de gélatine à 1%. 4 à 5 gouttes de gélatine ont été ajoutées aux extraits, le mélange a été maintenu au vortex pendant quelques secondes. La couleur vire au brun verdâtre en présence de tannins catéchiques avec précipitation.

Les tannins galliques sont identifiés par ajout de  $FeCl_3$ . En effet, nous avons filtré 5 ml de chaque extrait aqueux. Le filtrat est recueilli et saturé par l'acétate de sodium. L'addition de 5 gouttes de  $FeCl_3$  provoque l'apparition d'une coloration bleu-noir intense dénotant la présence de tanins galliques.

**II.3.3.1.3. Le screening phytochimique des Quinones :**

Pour mettre en évidence les Quinones, nous avons utilisé le NaOH à 10%. En effet, 2 ml de l'extrait (E) ont été mélangés avec un volume de 1ml de NaOH, Après agitation, l'apparition d'une coloration qui vire au jaune, rouge ou violet de la phase aqueuse confirme la présence des quinones.

**II.3.3.1.4. Le screening phytochimique des coumarines :**

Pour cela, un fragment de l'extrait (E) est dissout dans 2 ml d'eau chaude et après refroidissement La solution est mélangée avec 0,5 ml d'ammoniaque (25 % $NH_4OH$ )

L'apparition d'une fluorescence intense du tube sous lumières UV 365 montre la présence des coumarines.

#### **II.3.3.1.5. Le screening phytochimique des Alcaloïdes :**

Pour mettre en évidence les alcaloïdes, les réactifs de Dragendorff et de Mayer ont été utilisés. En effet, 4 ml de l'extrait sulfurique sont réparti dans 2 tubes à essai. Dans le premier tube, 5 gouttes du réactif de Dragendorff ont été ajoutées. L'apparition d'un précipité ou une coloration orangée indique un test positif. L'ajout de 5 gouttes du réactif de Mayer dans le deuxième tube provoque une coloration Blanc jaunâtre indiquant une réaction positive.

#### **II.3.3.1.6. Le screening phytochimique des anthraquinones :**

Pout prouver la présence des anthraquinones, on met dans un tube 2ml de l'extrait chloroformique (C) et on rajoute 1ml de KOH à10%. Après agitation, la présence des Anthraquinones est confirmée par un virage de la phase aqueuse en rouge.

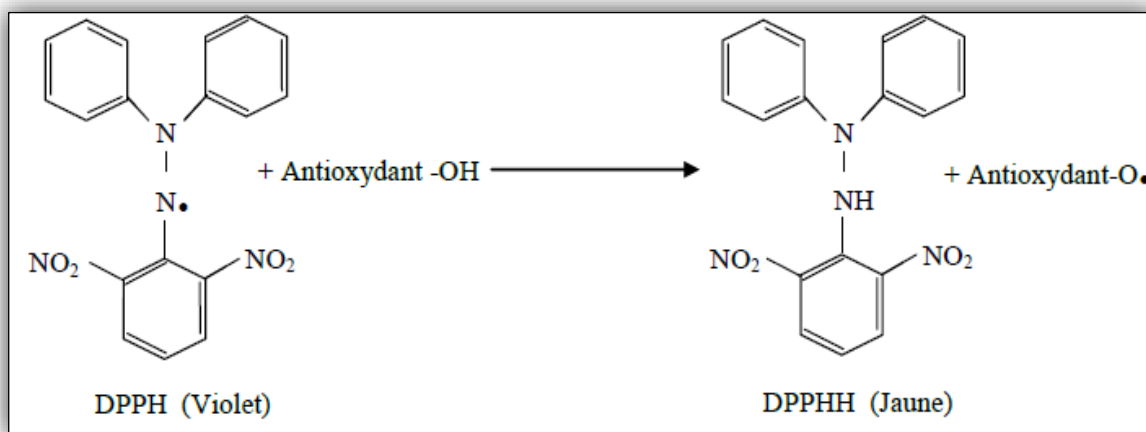
### **II.4. Étude des propriétés pharmacologiques :**

#### **II.4.1. Evaluation de pouvoir antioxydant :**

Beaucoup de tests standardisés évaluant l'activité antioxydant sont simples, peu coûteux et rapides à mettre en œuvre. La plupart de ces tests sont basées sur la coloration ou la décoloration d'un réactif dans le milieu réactionnel. Dans notre étude nous avons utilisé le test DPPH. Des modifications ont été, cependant, apportées afin de l'optimiser et de l'adapter à notre étude.

##### **II.4.1.1. Test DPPH :**

Le test de piégeage du radical DPPH est une méthode largement utilisée dans l'analyse de l'activité antioxydante, il est plus adapté pour le dosage qui se déroule en milieu alcoolique (méthanol, éthanol). C'est un radical libre, stable et accepteur d'électron ou d'hydrogène. Cette méthode est basée sur la réduction de la solution alcoolique de DPPH en présence d'un antioxydant donneur d'hydrogène et la formation de la forme non radicalaire (DPPH-H). La présence de ces radicaux (DPPH•) donne lieu à une coloration violet foncé de la solution, tandis que la réduction de ces radicaux par un agent antioxydant entraîne une décoloration vers la couleur jaune (DPPH-H), ce changement de couleur peut être suivi par spectrophotométrie UV à une longueur d'onde de 517nm (Figure II.11) et de cette façon, le potentiel antioxydant d'une substance ou d'un extrait algale peut être déterminé (Baliyan et al, 2022).



**Figure II.12 :** Réduction du radical DPPH•.

#### II.4.1.2. Mode opératoire :

L'activité de piégeage des radicaux DPPH est déterminée selon la méthode de **Rodeiro et al., (2015)** en y apportant quelques modifications. La solution mère est d'une concentration de 1mg/ml. La solution du DPPH est préparée dans 100 ml de méthanol pour 4mg de DPPH.

L'expérience est effectuée sur 6 échantillons de concentrations différentes (25 ; 50 ; 100 ; 200 ; 500 ; 1000 ; 2000 µg/ml) qui sont préparées dans des tubes à essais à partir d'une solution mère de 1mg/ml, complétées avec du méthanol jusqu'à 2ml et mélangées avec 3900µl de DPPH. L'acide ascorbique (vitamine C) est utilisé comme échantillon de référence et préparé dans les mêmes conditions opératoires.

La lecture de l'absorbance est faite à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible à 517 nm après 60 min d'incubation, à l'abri de la lumière et à température ambiante.

Le pourcentage d'inhibition du radical est calculé selon la formule (5) ci-dessous :

$$\% I = \frac{\text{DO blanc} - \text{DO échantillon}}{\text{DO blanc}} \times 100$$

**% I :** pourcentage d'inhibition de DPPH.

**DO Blanc :** densité optique de blanc.

**DO échantillon :** densité optique de l'échantillon.

IC50 la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50 % des radicaux DPPH est calculée graphiquement par la régression linéaire des graphes tracés donnant le pourcentage d'inhibition en fonction des différentes concentrations.

#### II.4.2. Évaluation de l'activité antibactérienne :

L'étude de l'activité antibactérienne a été réalisée au niveau de laboratoire de microbiologie de notre établissement (ENSSMAL). Dans notre travail nous allons nous intéresser à la méthode de diffusion sur disques. Elle consiste à mesurer in vitro l'effet antibactérien des extraits d'algues. Cette méthode est équivalente à un antibiogramme, dans ce cas l'antibiotique est remplacé par les extraits, elle fournit des résultats préliminaires sur la sensibilité des souches et les activités antibactériennes, grâce aux diamètres des zones d'inhibition apparaissant autour des disques mesurés en millimètres.

##### II.4.2.1. Matériel microbiologique :

L'activité antibactérienne des extraits polysaccharides et polyphénols a été testées in vitro (Figure II.12) contre six bactéries ; trois à Gram positif (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* et *Listeria monocytogenes*) et trois bactéries à Gram négatif (*Vibrio alginolyticus*, *Edwardsiella tarda* et *Escherichia coli*) en utilisant la technique de diffusion sur milieu gélosé (Lesueur et al., 2007 ; Boulekbache-Makhlouf et al., 2013).



**Figure II.13 :** Evaluation de l'activité antibactérienne in vitro des extraits d'*Ulva fasciata*.

#### II.4.2.2. Présentation des Souches testées :

Les souches bactériennes font partie des microorganismes rencontrés en pathologie humaine et ont été obtenues auprès d'un laboratoire de santé, les souches mère ont été conservées dans un congélateur de -10°C à -20°C jusqu'à ouverture en milieu stérile. Les bactéries choisies pour la réalisation de cette étude sont :

- *Staphylococcus aureus* :

*S. aureus* est une bactérie Gram+ de forme arrondie, immobile et anaérobie facultative, elle est classée dans la famille des Staphylococcaceae. *S. aureus* constitue un agent pathogène polyvalent et dangereux pour l'homme. Bien qu'elle soit naturellement sensible à presque tous les antibiotiques qui ont été développés, son traitement est devenu plus difficile en raison de sa capacité notoire à devenir résistante aux antibiotiques (**Leonel, 2018**).

- *Bacillus cereus* :

*B. cereus* est une bactérie Gram+ en forme de bâtonnets, mobile et aéro-anaérobie facultative. Classée dans la famille des Bacillaceae. Elles font partie des contaminants de laboratoire les plus courantes (**Carter, 1990**).

- *Listeria monocytogenes* :

*L. monocytogenes* est une bactérie Gram+ en forme de bâtonnets, mobile facultative anaérobie. Classée dans la famille des Listeriaceae. Dangereuse pour l'homme avec un taux de mortalité élevé. La transmission de la bactérie se fait par voie fécale-orale et implique le plus souvent des aliments tels que la charcuterie et les produits laitiers non pasteurisés (**Rogalla et Bomar, 2022**).

- *Vibrio alginolyticus* :

*V. alginolyticus* est une bactérie Gram- marine en forme de bâtonnets mobile anaérobie facultative. Classée dans la famille des Vibrionaceae. Présente dans les environnements marins, est connue pour provoquer des infections opportunistes chez l'homme, notamment des otites et des infections de plaies. Elle est présente dans le corps d'animaux tels que les poissons-globes (**Zhou et al., 2021 ; Noguchi et al., 1987**).

- *Edwardsiella tarda* :

*E. tarda* est une bactérie Gram- en forme de bâtonnets, mobile, anaérobie facultatif. Classée dans la famille des Entérobactéries (**Hirai et al., 2015**). *E. tarda* est généralement isolé des environnements d'eau douce ou saumâtre tels que les embouchures des rivières et les animaux qui y vivent (anguilles, reptiles, poissons...) (**Joh et al., 2011**) et également des intestins humains (**Wyatt et al., 1979**).

▪ *Escherichia coli* :

*E. coli* est une bactérie Gram- en forme de bâtonnets, *mobile* anaérobie facultative. Classé dans la famille des Enterobacteriaceae. C'est la bactérie la plus abondante de la microflore intestinale humaine capable de provoquer des maladies chez les individus en bonne santé, tels que la maladie entérique/diarrhée, les infections des voies urinaires ou la septicémie/méningite (**Kaper et al., 2004**).

Les souches choisies proviennent de deux laboratoires *d'analyse* à savoir ; l'institut pasteur (IPA) et le laboratoire *d'analyse* IMEN sont présentées dans le tableau II.2 ci-dessous :

**Tableau II.1** : Les bactéries (Gram + et Gram -) sélectionnés et leur provenance.

Gram	Bactéries	Codes internationaux	Origine
Positif	<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 25923	Clinique (Institut Pasteur)
	<i>Bacillus cereus</i>	ATCC 10876	Clinique (laboratoire <i>d'analyse</i> IMEN).
	<i>Listeria monocytogenes</i>	ATCC 19115	
Négatif	<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25922	Marine (laboratoire <i>d'analyse</i> IMEN).
	<i>Edwardsiella tarda</i>	ATCC 15947	
	<i>Vibrio alginolyticus</i>	ATCC 17749	

### **II.4.2.3. Préparations expérimentale :**

#### **a) Préparation des boîtes de Pétri de MH :**

Le milieu retenu pour la majorité des espèces bactériennes est celui de Mueller Hinton. Toujours en milieu stérile, le milieu MH a été coulé dans des boîtes de Pétri a une épaisseur de 4 mm, puis séchée dans une étuve à 37°C - 40 °C avant l'emploi pour éliminer toute trace d'humidité.

#### **b) Préparation des disques :**

Les disques de 6mm de papier filtre Whatman ont été découpés et stérilisés dans un autoclave à 121°C pendant 15min.

#### **c) Préparation des solutions :**

- **La solution du témoin positif (antibiotique) :** 1g d'antibiotique (Amoxicilline 1g) dans 10 ml d'eau physiologique stérile.
- **La solution du témoin négatif (eau physiologique stérile) :** solution saline 9g/L de NaCl stérilisée dans l'autoclave en 121°C pendant 15min.
- **La solution de l'extrait de polysaccharide :** 1g de polysaccharide dans 10ml d'eau physiologique stérile.
- **La solution de l'extrait de polyphénols.**
- **Les suspensions bactériennes :** prélèvement d'un anneau de l'anse de platine du tube de souche jeune (revivifiées auparavant en préparation) dans 10ml d'eau physiologique stérile.

### **II.4.2.4. Mode opératoire :**

L'ensemencement de l'inoculum est réalisé par écouvillonnage de la surface de chaque boîte de pétri, puis tous les disques imprégnés des solutions préparées auparavant ont été déposées délicatement avec une pince stérile sur le milieu gélosé ensemencé préalablement avec une suspension bactérienne des souches testées. Après 24h d'incubation à 37°C, le diamètre des zones claires d'inhibition est mesuré autour de chaque disque (**Lesueur et al., 2007 ; Boulekbach-mkhlouf, 2013**).

La lecture des résultats peut être représentée par des signes selon la sensibilité des souches vis-à-vis des extraits classés par le diamètre des halos d'inhibition (Tableau II.2) (**Benkiki, 2006 ; Ponce et al., 2003 ; Frouhat et Lahcini, 2013 ; Degaa et Latreche, 2019**).

**Tableau II.2 :** Classement des souches en fonction du diamètre de la zone d'inhibition.

Diamètre de la zone d'inhibition (mm)	Sensibilité des souches
Inférieur à 8mm	Non sensible (-) ou résistante
Compris entre 9 à 14 mm	Sensible (+)
Compris entre 15 à 19 mm	Très sensible (++)
Supérieur à 20 mm	Extrêmement sensible (+++)

### II.4.3. Evaluation de l'activité antalgique :

Cette étude a été effectuée au laboratoire de pharmacotoxicologie du Centre de Recherche et de Développement (CRD) du Groupe SAIDAL.

La douleur est l'un des problèmes de santé les plus importants en raison de sa prévalence et du handicap qu'elle peut induire. Pour cela la science est toujours en recherche pour trouver des nouvelles solutions qui traitent la douleur avec des substances naturelles et facile à exploiter.

Ce travail propose d'étudier l'activité analgésique de l'extrait polysaccharide brut de l'algue *Ulva fasciata* chez une espèce de rongeurs (souris). L'expérimentation est réalisée sur des souris Swiss provenant de l'élevage de l'Animalerie Centrale du Groupe SAIDAL. Les souris sont des deux sexes, âgées de 2,5 à 3 mois et pèsent entre 27 et 30 g. Les animaux sont sains et les femelles non gravides ; les souris sont à jeun de nourriture 18 heures avant l'administration du produit.

Le test de l'activité analgésique consiste à vérifier l'action inhibitrice des extraits sur la douleur provoquée chez les souris par l'injection intrapéritonéale (IP) d'une solution diluée d'acide acétique (test de Writhing) (Vogel et Vogel, 1997). Cette douleur se manifeste par des mouvements de torsion de l'abdomen, avec étirement des pattes postérieures (crampes), qui peuvent être réduite par un produit antalgique. Cette étude permet de comparer la réduction du nombre de crampes après administration du produit antalgique (polysaccharides issue de l'algue verte *Ulva fasciata*), et du produit pris comme référence (Paracétamol).

#### II.4.3.1. Mode opératoire :

##### II.4.3.1.1. Constitution des souris :

Nous avons constitué 3 lots de 6 souris albinos, chacun des lots a une caractéristique :

- **Lot témoin négatif:** le lot qui recevra de d'eau physiologique, pour but de démontrer l'effet neutre de l'eau pour la provocation du doleur chez les souris.

- **Lot témoin positif** : le lot dans lequel on administre le produit antalgique de référence (Paracétamol) qui nous permettra de comparer l'efficacité de nos échantillons.
- **Lot essai** : les lots qui recevront des doses diluées de nos échantillons.

Les souris ont été mises à jeun la nuit de test.

**Au temps T0 : (Gavage)**

Administrer aux quatre lots (Figure II.12) par voie orale les suspensions suivantes :

- **Lot témoin négatif** : 0,5 ml d'eau physiologique pour chaque souris par voie orale.
- **Lot témoin positif** : 0.5ml de la solution de Paracétamol à la dose de 200 mg/kg.
- **Lot essai** : 0.5ml de solution de polysaccharides à la dose de 5.6 mg/kg.



**Figure II.12** : Administration des solutions aux souris par gavage.

**Au T0+ 30 mm :**

Injecter à tous les souris, 0.2 ml de la solution d'acide acétique à 1%, par voie intrapéritonéale (Figure II.13). Les souris sont séparées dans plusieurs cages pour faciliter l'observation.



**Figure II.13** : Injection de l'acide acétique à 1% par voie intra péritonéale.

**Au T0 +35 min :**

Les souris ont été mises dans des cages et observée afin de noter les torsions (figure II.14), pendant 30 mn. Généralement les torsions commencent à 5 minutes après la provocation de la douleur.



**Figure II.16 :** Réaction typique de crampes : étirement de la patte postérieure et torsion de la musculature dorso-abdominale.

**II.4.3.1.1. Analyse statistique :**

Les résultats obtenus ont été analysés par le test ANOVA et exprimés sous forme de moyenne  $\pm$  déviation standard (D.S).

Le nombre total de crampes ou de torsions abdominales franches, permettant de calculer, le pourcentage d'inhibition de la douleur pour chaque lot traité par les différentes doses des extraits et d'acide acétique, en comparant la moyenne du lot traité avec celle du lot témoin. Le pourcentage d'inhibition de la douleur est calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = \frac{\text{moyenne de crampes de lot témoin} - \text{moyenne de crampes de lot essai}}{\text{moyenne de crampes de lot témoin}} \times 100$$

# **Chapitre III**

## **Résultats et Discussion**

### III. Résultats et discussion :

#### III.1. Identification de l'espèce :

##### III.1.1. Caractères morphologiques :

L'observation à l'œil nu et à la loupe binoculaire a montré des thalles plats de 8cm à 15cm de long en forme de rubans (qui semblent s'attacher à la base), mince de 1cm à 3cm de large, de couleur vert à vert foncé, se rétrécissant vers le haut jusqu'à moins de 1cm de large, (Figure III.1). Le thalle est profondément divisé en un certain nombre de lobes, irrégulièrement linéaires avec des extrémités légèrement irrégulières et ondulé. Les thalles sont sans rhizoïdes, se fixent aux rochers par de petits crampons à base discoïde dure (par rapport au thalle) et difficile à distinguer du thalle.

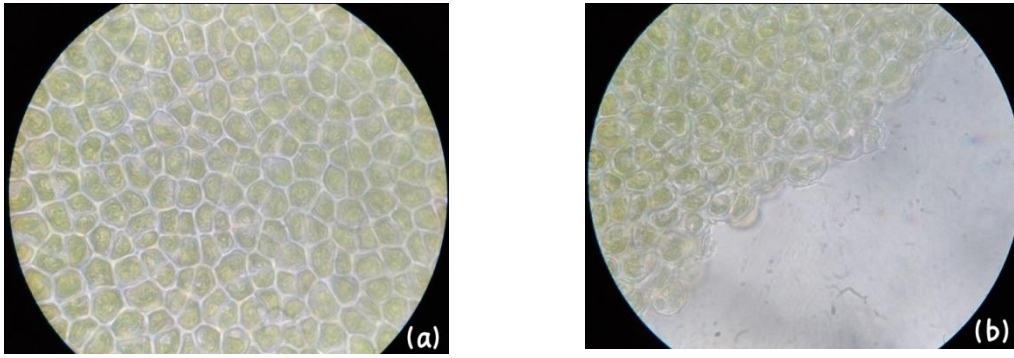


Figure III.1 : *Ulva fasciata* (photo originale).

##### III.1.2. Caractères structurelles cytologique :

###### a) Vue de surface :

Cellules polygonales, uninucléées, disposées irrégulièrement. Les extrémités ne sont pas dentelées (pas de forme conique) (Figure III.2).



**Figure III.2 :** Vue de surface des cellules d'*Ulva fasciata* en microscope optique  
a : Cellules du thalle (G x400) ; b : Extrémité non dentelé (G x400).

**b) En coupe transversale :**

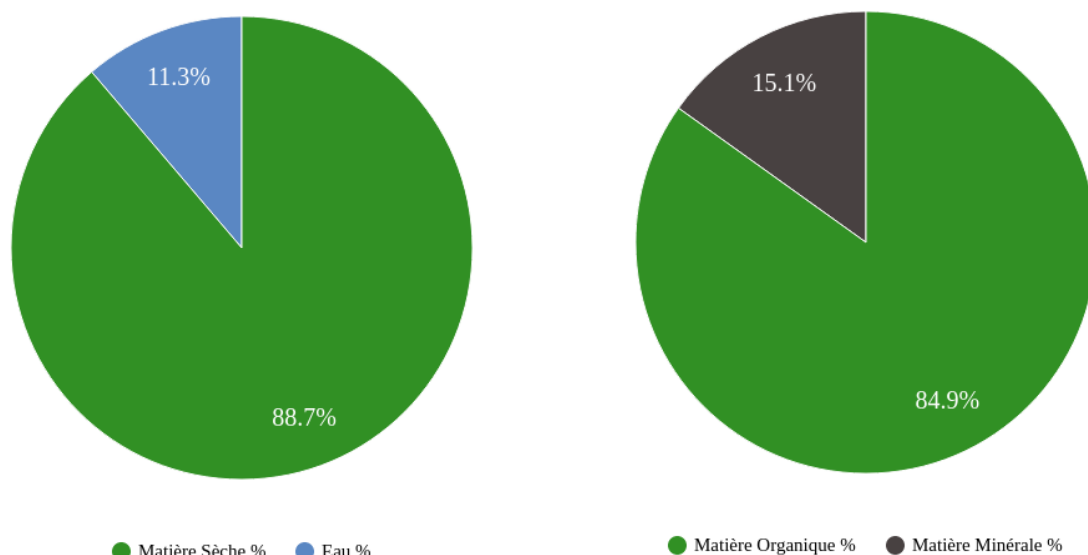
Thalle à lame distomatique, les cellules de forme palissadiques de deux cellules épaisses observé dans la (Figure III.3) alignées et étroitement unies entre elles. Le Chloroplaste remplit la partie externe de la cellule (orienter vers l'extrémité opposée de chaque cellule adjacente en sens horizontale).



**Figure III.3 :** Coupe transversale du thalle d'*Ulva fasciata*.

**III.2. Composition chimique d'*Ulva fasciata* : Teneur en eau et en matière minérale :**

On présente les résultats obtenus en suivant les formules (1) et (2) ; décrits dans les parties matériels et méthodes du calcul du taux d'humidité et du taux de la matière minérale dans la figure III.4 ci-dessus :



**Figure III.4 :** Résultats du calcul du taux d'humidité et du taux de la matière minérale.

D'après les normes établies par la fiche annexe (Ceva, 2021) : La teneur en eau varie entre 0% et 22%, et la teneur en matière minérale varie entre 9,3% et 45,8% chez l'algue l'*Ulva spp.* Notre étude et les études réalisées dans d'autres pays montrent que les valeurs obtenues (Tableau III.1) sont en accord avec les normes établies par (Ceva, 2021).

**Tableau III. 1 :** Comparaison des teneurs en cendres et en matière minérale entre l'*Ulva fasciata* issue de différentes origines et notre échantillon.

Auteurs	Padua et al., 2004	Mcdermid et al., 2003	Jayakody, 2021	De Melo, 2021	Anis, 2018	Présente étude
Pays	Paraná, Brésil	Hawaïi	Matara, Sri Lanka	Bahia, Brésil	Karachi, Pakistan	Alger, Algérie
Espèce	<i>U. fasciata</i>					
% Eau	16-20%	86,1%	12.52%	10.29%	14.55%	11,27%
% MM	19,8%	32,2%	13.91%	20.89%	20.48%	15,13%

La différence des valeurs trouvées par les nombreux auteurs (Tableau III.1) est certainement due à différents paramètres tel que: la localisation géographique, la saison, les variations environnementales et physiologiques, la procédure de minéralisation... (Siddique et al., 2013; Sanchez-Machado, 2004; Kaehler et al., 1996; Mabeau et al., 1993).

La teneur en minéraux obtenues avec notre algue constitue un facteur intéressant pour combler les carences en minéraux de certains régimes alimentaires humains mais surtout animale et assurer une bonne croissance du microbiote ruminal.

### III.3. Caractérisation des polysaccharides :

#### III.3.1. Rendement d'extraction :

Le rendement de l'extraction des polysaccharides sulfatés de l'algue *Ulva fasciata* et les caractéristiques organoleptiques sont rapportés dans le tableau Tableau III.2.

**Tableau III.2 :** Caractéristiques et rendement d'extraction des polysaccharides d'*Ulva fasciata*.

<b>Couleur</b>	<b>Jaune brunâtre</b>
<b>Aspect</b>	<b>Solide</b>
<b>Rendement %</b>	<b>30%</b>

Les résultats montrent que les polysaccharides hydrosolubles extraits d'*Ulva fasciata* sont caractérisés par un aspect solide et une couleur jaune brunâtre.

Le rendement massique de l'extrait brut des polysaccharides obtenu par macération est déterminé par l'équation (4) et s'inscrit dans l'intervalle donné par **Faradila et al, (2020)** qui stipulent que les polysaccharides représentent entre (9 % et 36%) de la biomasse en poids sec chez les Ulvales. Pour l'algue *Ulva fasciata* issue d'Egypte (**Madelyn et al, 2021**), le rendement d'extraction des polysaccharides est de 11.81%.

Plusieurs facteurs interviennent de manière plus au moins significative sur les performances de l'extraction, à savoir ; la méthode d'extraction appliquée, la polarité du solvant utilisé, l'origine géographique de l'échantillon, la durée du stockage du matériel végétal et la méthode de séchage (**Podsdek, 2007 ; Falleh et al, 2008**).

La valeur élevée du rendement obtenu dans notre étude suggère l'intervention de tous ces facteurs notamment l'opération de macération sous bain marie à 95°C pendant 3h.

#### III.3.2. Teneur en sucres totaux :

D'après la droite d'étalonnage (Figure III.5), la teneur en sucres représente 51,05% du poids de l'algue sèche. Selon les travaux de **Shao et al, (2013)** pour la même algue la teneur obtenue varie entre 1.37% et 54.64%, ce qui montre que notre résultat est compris dans cette intervalle.

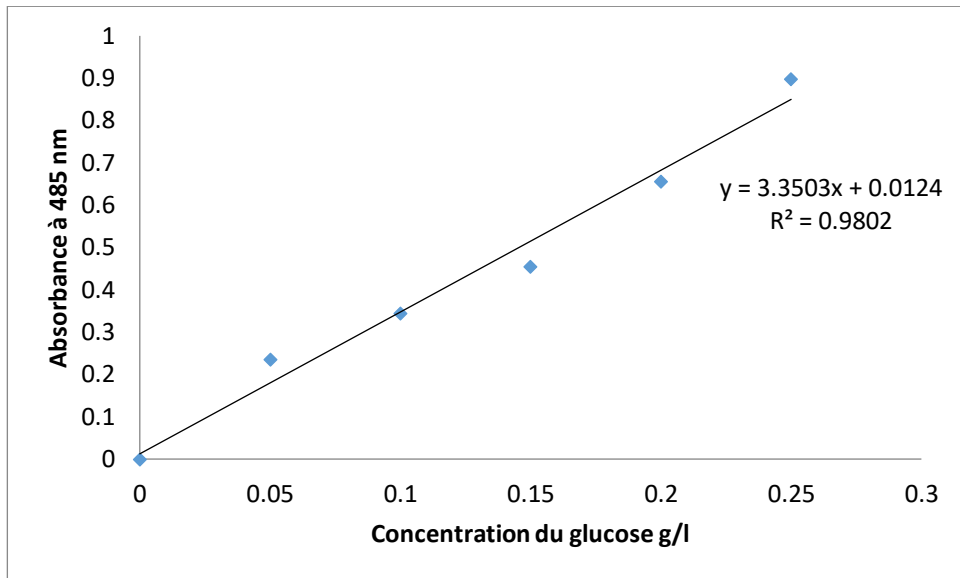


Figure III.5 : Droite d'étalonnage de glucose.

### III.3.3. Analyse FTIR des polysaccharides :

L'analyse FTIR des polysaccharides obtenus nous a permis d'obtenir le spectre de (Annexe 2) qui est légende dans la Figure III.6 suivant :

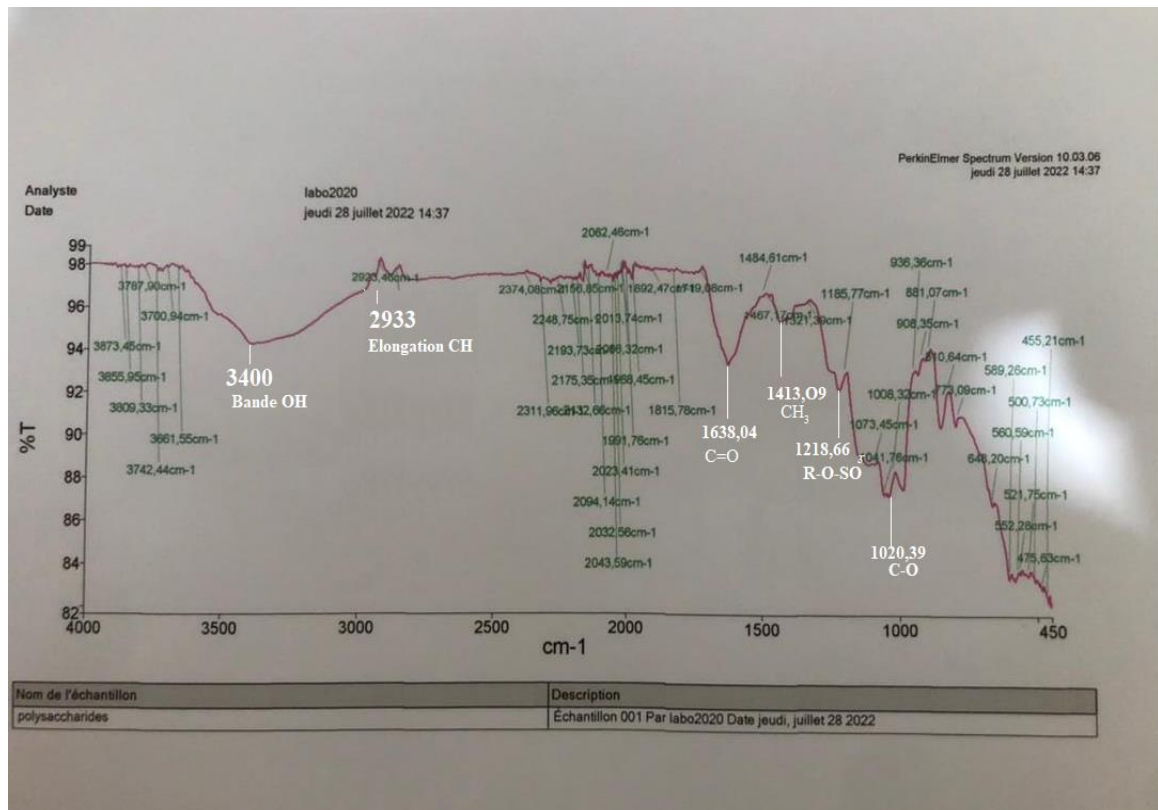


Figure III.6 : Spectre FTIR des polysaccharides d'Ulva fasciata

Le spectre infrarouge des polysaccharides extrait révèle plusieurs bandes majoritaires d'absorption : autour de 3400 cm<sup>-1</sup> qui correspondent aux vibrations d'élongation des liaisons O-H associées à la fonction alcool. On observe également des bandes entre 2933-2830 cm<sup>-1</sup> qui peuvent être attribuées aux liaisons asymétrique et symétrique des liaisons C-H appartenant au squelette carboné de la structure saccharidique. Une autre bande à forte intensité est observée vers 1638 cm<sup>-1</sup> montre l'existence de vibration d'élongation de la liaison C=C. La bande à 1413 cm<sup>-1</sup> peut être attribuée aux vibrations d'élongation asymétrique de la liaison C=O d'une cétone aromatique et qui peut provenir de la présence protéines notamment, connues comme amide I (AmI), On voit aussi deux pics vers 1388 cm<sup>-1</sup> caractéristiques des vibrations des groupes CH-OH et CH<sub>2</sub>OH, comme on voit la bande à 1218 cm<sup>-1</sup> qui peut être liée à la présence de groupement R-O-SO<sub>3</sub>, une autre 1020,39 cm<sup>-1</sup> C-O attribuable à des alcools primaires et PII : modes de vibration complexe des polysaccharides), et d'autres entre 100 et 920 attribuables aux bandes d'élongation asymétrique C-O-C.

### III.4. Caractérisation des polyphénols totaux :

#### III.4.1. Rendement d'extraction :

Après extraction et récupération de l'extrait, le rendement a été déterminé par rapport à 10 g de poudre d'algue verte exprimés en pourcentage (%). Le tableau III.3 résume les résultats de rendement de l'extrait de l'algue étudiée, obtenus par l'extraction des composés phénoliques par un mélange éthanol/eau (70 : 30) exprimés en pourcentage (%) ; par rapport au poids sec de la poudre végétale.

**Tableau III.3** : Caractéristiques et rendement des polyphénols d'*Ulva fasciata*.

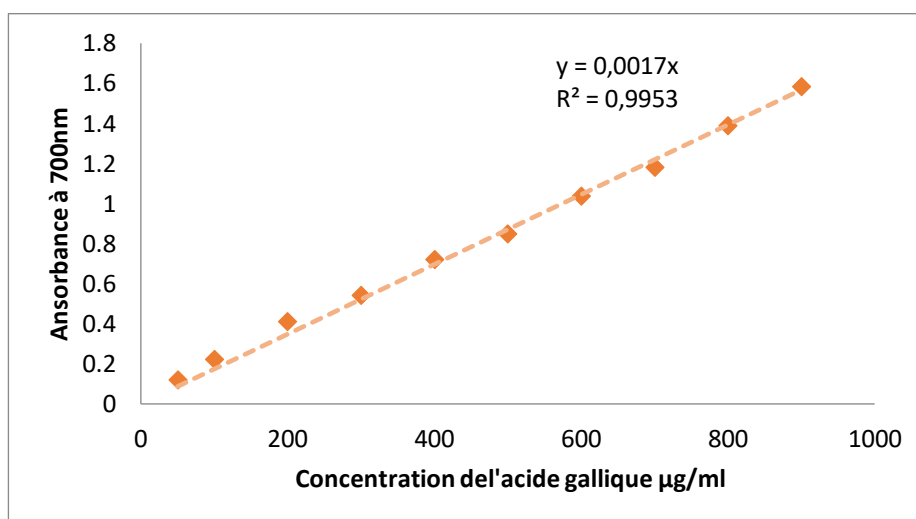
Algue	Extrait	Couleur	Aspect	Masse de l'extrait(g)	Rendement
<i>Ulva fasciata</i>	Ethanol/eau	Vert foncé	Huileux	2.7	27%

Le rendement des extraits phénoliques d'*Ulva fasciata* varie énormément en fonction du type d'extrait. Le rendement d'extraction de cette étude est en accord avec de nombreux résultats issus de la littérature. en effet, la présence d'eau dans le solvant augmente la perméabilité des tissus végétaux et favorise le phénomène de diffusion de masse dans l'étape d'extraction (**Moure et al., 2000; Trabelsi et al., 2010; Arimboor et Arumughan, 2011**), en revanche ; l'utilisation des solvants purs ne favorise pas des rendement élevés.

### III.4.2. Dosage des polyphénols totaux :

L'analyse quantitative de polyphénols de l'extrait d'*Ulva fasciata* de Sidi Fredj a été déterminée par la méthode spectrophotométrique au réactif de Folin-Ciocalteu en se référant à une courbe d'étalonnage dressée à partir d'une gamme de solutions standard d'acide gallique établie séparément. La quantité des phénols totaux dans les extraits est exprimée en microgramme d'équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait ( $\mu\text{g EAG} / \text{mg}$ ).

Les concentrations des polyphénols totaux sont calculées à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique ( $y = 0,0017x$ ). Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait ( $\mu\text{g EAG}/\text{mg}$  d'extrait). Ces résultats ont permis de donner des estimations sur les quantités des polyphénols totaux contenus dans les échantillons d'*Ulva fasciata* (Figure III.7).



**Figure III.7 :** Droite d'étalonnage de l'acide gallique.

La teneur en constituants phénoliques totaux de l'extrait ethanologique de l'algue est de  $29.23 \pm 0,001$   $\mu\text{g}$  équivalent d'acide gallique par mg d'extrait ( $\mu\text{g EAG}/\text{mg}$  d'extrait).

En se référant à la littérature, les travaux de **Ishakani, (2016)** sur l'*Ulva fasciata* d'origine indienne, montrent que les extraits méthanoliques obtenus contiennent une teneur en phénols totaux de  $21.75 \pm 0.5$   $\text{mg EAG} / \text{g}$  de MS. La variabilité des teneurs en polyphénols obtenue serait due selon **Hayouni et al., (2007)** au type de matériel végétal utilisé, les conditions biotiques (espèce, organe et l'état physiologique) et abiotiques comme les facteurs édaphiques et la nature du sol (**Atmani et al., 2009**).

Selon **Falleh et al. (2008)**, la localisation géographique et les conditions climatiques peuvent influencer la biosynthèse et l'accumulation des métabolites secondaires de la plante. Ceci justifie la différence entre les teneurs de nos extraits et celles citées dans la bibliographie.

### **III.5. Criblage phytochimique des extraits aqueux :**


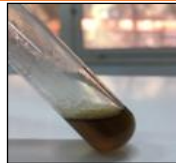





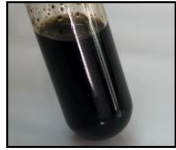
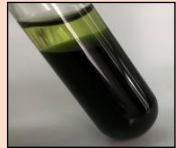
La mise en évidence de différentes classes des métabolites secondaires constituant l'algue, permet d'avoir une idée sur sa composition phytochimique donc sur ses activités pharmacologiques. Nous avons réalisé des tests phytochimiques des différents extraits d'*Ulva fasciata*. Ces tests sont en relation avec la masse du précipité et l'intensité de la coloration qui sont proportionnelles à la quantité de la substance recherchée.

Ainsi :

- Une réaction franchement positive est représentée par : +++
- Une réaction moyennement positive est représentée par : ++
- Une réaction faiblement positive est représentée par : +
- L'absence de la substance est représentée par : -

Les résultats du screening phytochimique sont reportés dans le Tableau III.4.

**Tableau III.4 :** Criblage phytochimique des différentes familles chimiques contenues dans les différents extraits.

	GROUPES CHIMIQUES	RESULTATS	
FLAVONOÏDES	Flavan-3,4-diols (Leucoanthocyanes)	++	
	Flavonols/Flavanones	++	
TANNINS	Tannins (test gélatine)	+++	
	Tannins (test FeCl3)	+	
	Quinones	+++	
	Coumarines	+++	
ALCALOÏDES	Alcaloïdes (réactif de Mayer)	-	
	Alcaloïde (réactif de Dragendorff)	+	
	Anthraquinones	-	

Le tableau III.4 révèle que ; c'est principalement les flavonoïdes, les tanins, les coumarines et les quinones qui sont détectés dans notre algue d'étude, en revanche, les alcaloïdes et les anthraquinones ne le sont pas.

L'étude complète du screening phytochimique met en évidence la présence des composés chimiques possédant des activités biologiques intéressantes, notamment les substances polyphénoliques (Tanins et Flavonoïdes).

Les tanins surtout galliques exercent une activité antidiarrhéique, certains sont connus pour leurs propriétés antiseptiques, antibactériennes et antifongiques, comme ils possèdent une grande activité antioxydante, ce sont de très bons piègeurs des radicaux libres et inhibent la formation du radical superoxyde.

Les flavonoïdes possèdent des activités antioxydante, anti-inflammatoire et jouent un rôle positif dans le traitement des maladies cardiovasculaire et neurodégénérative. Dans certains cas ils sont connus pour leur activité antivirale, antimicrobienne et anti-tumorale. Les extraits d'*Ulva fasciata* par la présence de ses familles chimiques révèlent des activités pharmacologiques potentielles, ces drogues constituent donc une cible de choix pour enrichir la production des médicaments.

**III.6. Etude des propriétés pharmacologiques : activités in vitro des extraits de l'algue verte *Ulva fasciata* :**

**I. Évaluation de l'activité antioxydante :**

Les valeurs de l'activité antioxydante in vitro de l'extrait méthanolique d'*Ulva fasciata* (UF) évaluées selon le test de DPPH sont exprimées en pourcentage d'inhibition (I%) du radical DPPH, calculé selon la formule (5). Les résultats sont comparés avec ceux trouvés par l'acide ascorbique pris comme référence.

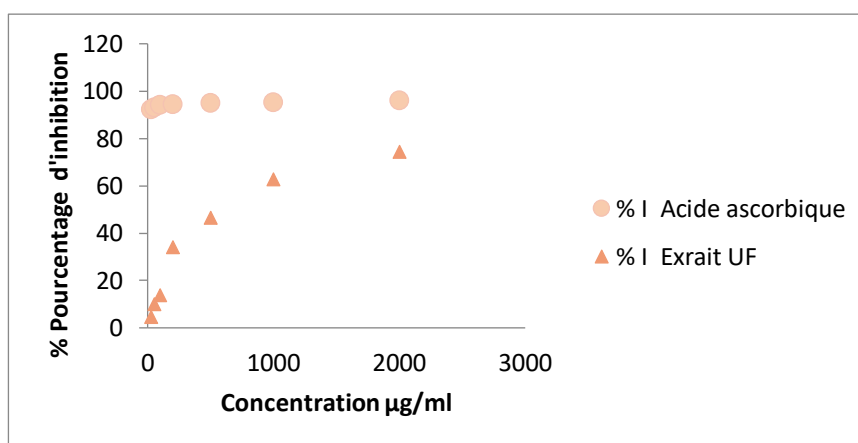
Les densités optiques mesurées par la spectrophotométrie à 515 nm sont représentées dans le tableau III.6 :

**Tableau III.5 :** les densités optiques mesurées pour chaque concentration de l'extrait méthanolique d'*Ulva fasciata* (UF) et de l'acide ascorbique.

Concentration $\mu\text{g/ml}$	25	50	100	200	500	1000	2000
DO Extrait UF	0,580	0,542	0,523	0,400	0,325	0,225	0,155
DO Acide ascorbique	0,082	0,071	0,062	0,058	0,051	0,048	0,042

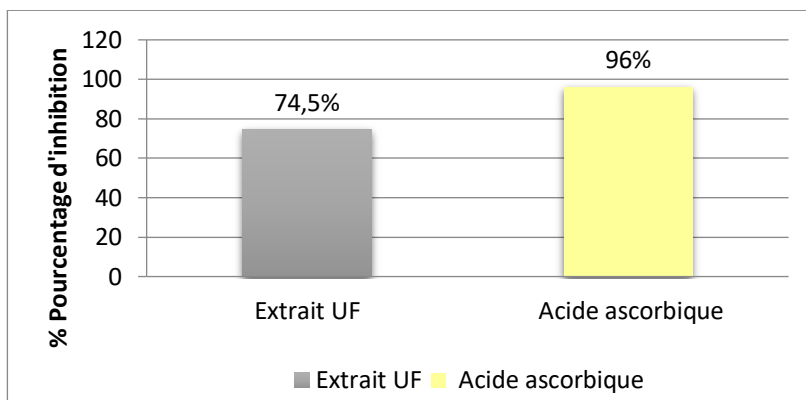
La densité optique (DO) du blanc est de 0,608

Les résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique d'*Ulva fasciata* estimée par le test de DPPH sont exprimés par le pourcentage d'inhibition et la concentration inhibitrice 50 du radical DPPH et sont représentés graphiquement (Figure III.8 et III.9).



**Figure III.8 :** Variation du pourcentage d'inhibition en fonction des concentrations de l'extrait UF et de l'acide ascorbique.

La figure III.8 révèle un pourcentage d'inhibition du radical libre de 74,5 % à 2000 $\mu\text{g/ml}$  pour l'extrait UF et de 96% pour l'acide utilisé comme référence.

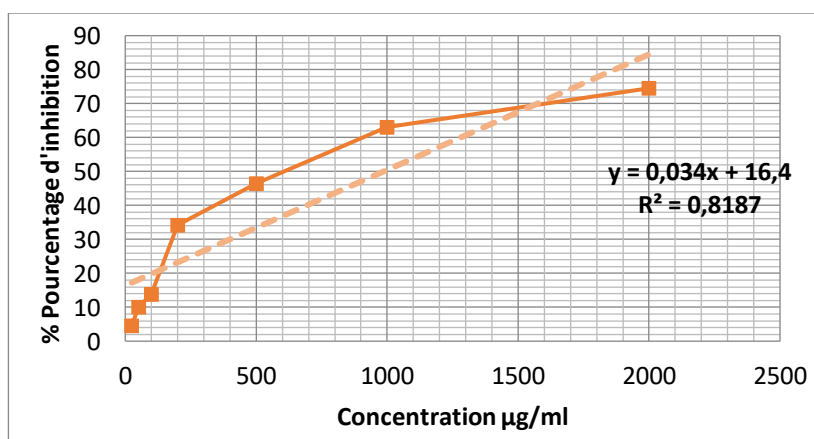


**Figure III.9** : Activité antiradicalaire du DPPH : pourcentage d'inhibition de l'extrait méthanolique d'*Ulva fasciata* et de l'acide ascorbique.

La figure III.9 montre que plus la concentration de l'extrait algale est élevée plus la réduction du radical croit, contrairement à l'acide ascorbique où un palier est atteint au environ de 95% à 100µg/ml.

L'IC<sub>50</sub> est inversement lié à la capacité antioxydante d'un composé, il exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50 %. Plus la valeur d'IC<sub>50</sub> est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est élevée.

Les résultats présentés dans la figure III.9 de l'activité antiradicalaire de l'extrait méthanolique de l'*Ulva fasciata*, montrent un IC<sub>50</sub>% (Concentration inhibant 50% de la réaction) = 600 ± 0.08µg/ml. Les travaux de **Rodeiro et al, (2016)** sur l'*Ulva fasciata* d'origine iranienne, montrent que l'extrait méthanolique obtenu présente un IC<sub>50</sub>% estimé à 155.3 µg/ml et un pouvoir maximal de 58.26% à 500 µg/ml ; alors que pour notre algue d'étude et pour la même concentration ont a noté un pourcentage d'inhibition de 46,54%.



**Figure III.10** : Pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique d'*Ulva fasciata*.

Selon les résultats trouvés, l'extrait méthanolique est doté d'un bon pouvoir antioxydant (74,5%) son IC<sub>50</sub> a atteint (600 µg/ml). Les polyphénols et les polysaccharides contenus dans les extraits

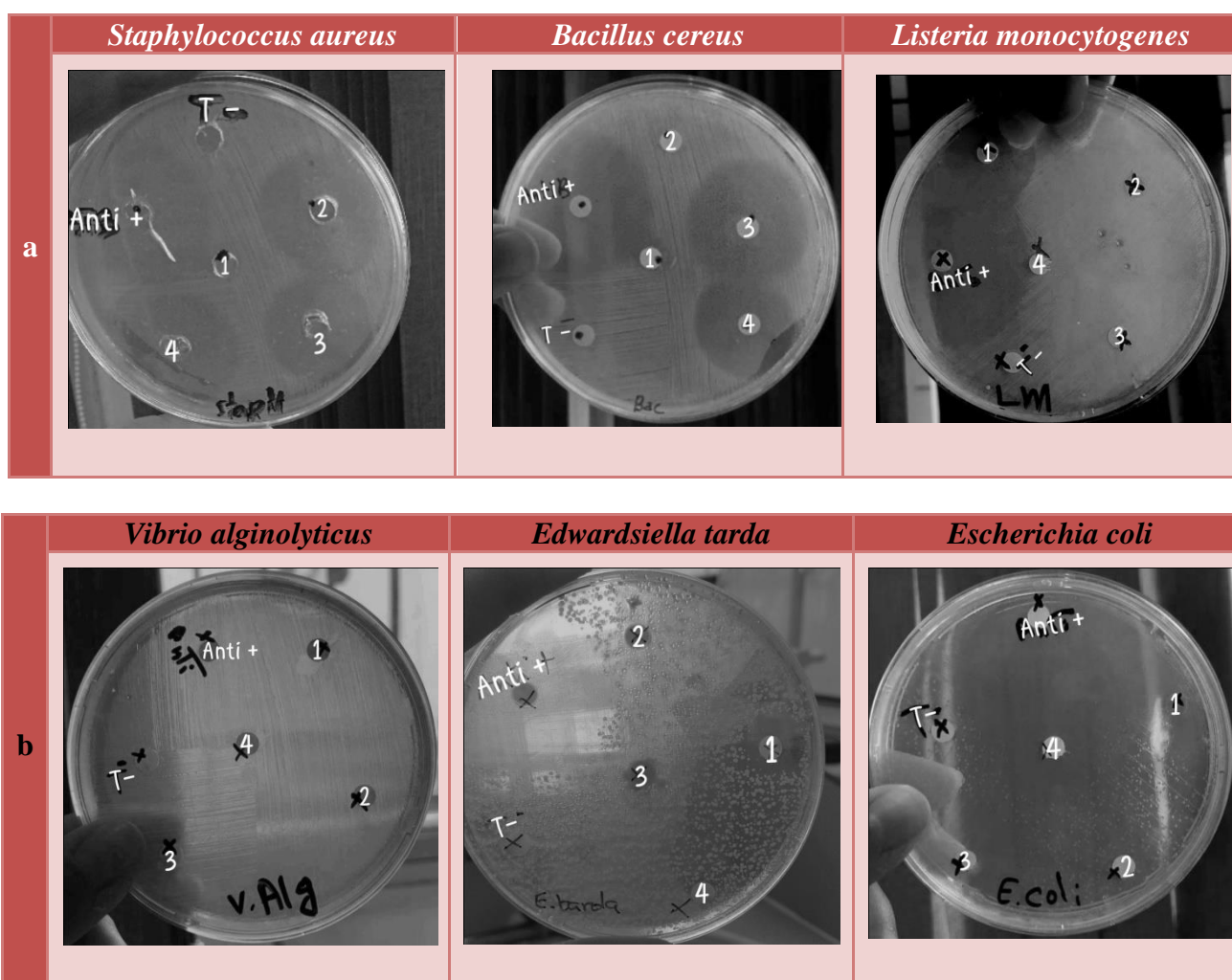
d'*Ulva fasciata* sont probablement responsables de cette activité. Il a été démontré que les molécules antioxydantes telles que l'acide ascorbique, les flavonoïdes et les tanins réduisent et décolorent le DPPH en raison de leur capacité à céder l'hydrogène (De Pooter et al, 1986).

## II. Évaluation de l'activité antibactérienne :

Dans la présente étude nous avons étudié in vitro le potentiel antibactérien des extraits isolés de l'algue *Ulva fasciata* par la technique de diffusion sur milieu gélosé solide MH. (Boulekbache-Makhlouf, 2013 ; Lesueur et al, 2007).

L'activité antimicrobienne des extraits polysaccharides et polyphénols a été testée contre six bactéries ; trois à Gram positif (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* et *Listeria monocytogenes*) et trois bactéries à Gram négatif (*Vibrio alginolyticus*, *Edwardsiella tarda* et *Escherichia coli*). Les résultats ont été détectés sous forme d'une zone d'inhibition claire avec des bordures bien distinctes autour de chaque disque comme suit :

**Tableau III. 6 :** Zones d'inhibition des extraits vis-à-vis des bactéries : (a) à Gram+, (b) à Gram-



(Anti +) : Antibiotique ; (T-) : Eau physiologique stérile ;  
(1) et (2) : extrait de polysaccharides ; (3) et (4) : extrait de polyphénols.

La lecture de l'activité antimicrobienne est faite par la mesure du diamètre d'inhibition autour du disque, exprimée en mm (Pulsani et al, 1979), nous avons considéré qu'un extrait a une activité antibactérienne si son diamètre d'inhibition est supérieur à (10 mm). (Ponce et al, 2003). Les résultats sont représentés dans le Tableau III.7 ci-dessous :

**Tableau III. 7 :** Résultats d'analyses microbiologiques : L'activité antibactérienne des extraits de polysaccharides et polyphénols vis-à-vis des souches à Gram Positif et négatif.

Solutions	Diamètre de la zone d'inhibition (mm/disque)					
	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>V. alginolyticus</i>	<i>E. tarda</i>	<i>E. coli</i>
<b>Eau physiologique stérile</b>	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
<b>Antibiotique (Anti +)</b>	60mm (+++)	40mm (+++)	48mm (+++)	(-)	54mm (+++)	60mm (+++)
<b>Polysaccharides</b>	42mm (+++)	(-)	28mm (+++)	(-)	14mm (++)	26mm (+++)
<b>Polyphénols</b>	36mm (+++)	31mm (+++)	(-)	(-)	(-)	26,5mm (+++)

(-) : Absence d'inhibition et non sensibilité de la souche, (++) Souche très sensible, (+++) Souche extrêmement sensible.

D'après le tableau, on a pu observer que :

- l'eau physiologique stérile (contrôle négatif) n'a montré aucune zone d'inhibition ;
- L'antibiotique Amoxicilline 1g (contrôle positif), mis à part la *Vibrio alginolyticus* a montré une zone d'inhibition allant de 40 à 60mm ± 1 mm contre toutes les bactéries pathogènes à Gram positif et négatif.
- *U. fasciata* a montré la zone d'inhibition la plus élevée (42 mm) contre la bactérie à Gram positif *Staphylococcus aureus*, suivi de *Bacillus cereus* (31 mm), et *Listeria monocytogenes* (28 mm).
- L'algue étudiée montre une action inhibitrice des extraits contre les bactéries à Gram négatif ; une zone d'inhibition maximale a été enregistrée contre *Escherichia coli* (26,5 mm) suivi de *Edwardsiella tarda* (14 mm). Par contre, la bactérie à Gram négatif *Vibrio alginolyticus* a montré une résistance élevée au extraits d'*Ulva fasciata*, elle est aussi la seule parmi toutes les souches à montrer une résistance élevée à l'antibiotique (Amoxicilline 1g).

Nos résultats corroborent avec ceux trouvés par de (**Schobier et al 2022 ; Chiheb et al, 2009 ; Selvin et al, 2004**) qui ont montré que les extraits de l'algue *U. fasciata* présentent un effet inhibiteur contre les bactéries *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*.

Contrairement à notre étude celle menée par **Priyadharshini et al, (2011)** a montré que les extraits de la même algue aurait inhibé avec succès la *Vibrio alginolyticus*.

Nous avons pensé que l'activité antibactérienne des polysaccharides sulfatés de l'algue *U. fasciata* est probablement due aux composants chimiques majeurs. Ces composés peuvent provoquer l'altération de la paroi cellulaire et des protéines membranaire ou la dégradation de la membrane plasmique bactérienne. Ainsi, en perturbant le métabolisme cellulaire elles vont affecter les fonctions vitales de la bactérie telles que la respiration ou encore l'équilibre ionique de la cellule bactérienne.

Quand à l'activité antibactérienne des polyphénols ; la croissance bactérienne est empêchée grâce à la présence des flavonoïdes et des tanins qui sont des composés impliqués dans les dommages de la membrane, la liaison aux parois cellulaires, l'inactivation des enzymes microbiennes et des transporteurs protéiques. (**Aruwa et al., 2019; Duda-Chodak et al., 2015; Cowan, 1999**).

En conclusion, les polysaccharides et les polyphénols extraits de l'algue verte *Ulva fasciata* possèdent une bonne activité antibactérienne. Ils montrent une bonne activité inhibitrice sur la formation des colonies bactériennes notamment les pathogènes suivants : *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Edwardsiella tarda* et *Escherichia coli*.

### **III.7. Étude des propriétés pharmacologiques : activités in vivo des extraits de l'algue verte *Ulva fasciata* :**

#### **III.7.I. Évaluation de l'activité antalgique :**

Le test du Writhing a permis d'évaluer l'effet de l'extrait d'*Ulva fasciata* à la dose de 200mg/Kg comparé à celui du produit de référence employé (Paracétamol ® 200 mg/kg) sur la réduction du nombre de crampes induites chez les souris par injection de l'acide acétique à 1%.

Les Tableaux III.8 et III.9 exposent le pourcentage de protection et le nombre de torsion de lot traités par les polysaccharides en comparaison avec le lot de produit de référence.

**Tableau III.8 :** Activité antalgique de l'extrait de polysaccharides d'*Ulva fasciata* sur la douleur chimique provoquée par l'acide acétique (Nombre de torsions).

Traitements doses/mg/kg	Nombre de torsion (M ± DS)	Significativité par rapport au témoin
Témoin (eau physiologique)	25±06,84	--
Polysaccharides 200mg/kg	6,83±01,14	(P<0,001) très significatif
Paracétamol 200mg/kg	1,66±00	(P<0,001) très significatif

M = Moyenne de 6 souris ; DS = Déviation Standard

**Tableau III.9 :** Activité antalgique de l'extrait de polysaccharides d'*Ulva fasciata* sur la douleur chimique provoquée par l'acide acétique (Pourcentage d'inhibition).

	Témoin négatif	Témoin positif	Essai
Souris 1	55	2	11
Souris 2	47	1	13
Souris 3	59	2	16
Souris 4	45	1	15
Souris 5	62	2	18
Souris 6	53	1	12
Moyenne des crampes	53,5	1,66	6,83
% d'inhibition	-	97,19%	73,52%

D'après les deux tableaux précédents, le nombre moyen de crampes pour le lot essai à la dose de 200 g/ml, avec un pourcentage de protection de 73.52%. Le Paracétamol (produit de référence) supprime de 97.19% les crampes induites par l'acide acétique en comparaison avec le lot témoin ou la moyenne des crampes induite est de 53.5 crampes/20min.

L'acide acétique met en jeu les mécanismes périphériques de la douleur (Collier *et al.*, 1968) en induisant la libération de nombreux médiateurs chimiques impliqués dans la douleur tels que l'histamine, les prostaglandines (PGE2 $\alpha$ , PGF2 $\alpha$ ), la sérotonine et la bradykinine. Ces médiateurs ont été mis en évidence en proportions élevées dans les exsudats péritonéaux de rongeurs après injection d'acide acétique. Un antalgique agirait sur les mécanismes de la douleur en intervenant dans la biosynthèse de prostaglandines.

Les résultats de ce test ont révélé que les traitements oraux par les polysaccharides sulfatés exercent une forte activité antalgique chez l'animal. Ce qui confirme l'effet analgésique central de ces extraits et tendent à suggérer qu'ils exercent probablement leur action analgésique centrale en inhibant les récepteurs opioïdes de la douleur centrale.

Donc, la solution préparée de polysaccharides pourrait avoir des molécules à l'origine de l'effet inhibiteur sur la libération des médiateurs impliqués dans la douleur périphérique probablement par inhibition de l'activité ou de la synthèse des prostaglandines.

Les polysaccharides sulfatés dérivés des algues vertes en générale et notamment des ulvacées ont montré un grand potentiel pour le développement de médicaments antalgiques (**Wang, 2014**).

Selon les travaux de **De Araújo et al., (2016)**, les polysaccharides sulfatés extraits de l'algue verte *Ulva lactuca* présentent une activité antalgique moyenne, avec un pourcentage de protection variant entre 34,17 % et 34,80% pour la dose de 9 mg/kg.

# **CONCLUSION**

## CONCLUSION

---

L'objet de cette étude est de démontrer que des biomolécules contenues dans l'algue marine *Ulva fasciata*, peut être valorisés à travers une voie à visée pharmaceutique.

Après analyse qualitative et quantitative de la matière première, ce travail se penche en premier lieu sur l'extraction des polysaccharides sulfatés et des polyphénols puis, à l'évaluation des activités pharmacologique.

L'évaluation complète du screening phytochimique de L'Ulva Fasciata a révélé une forte présence des flavonoïdes, des tanins, des coumarines et des quinones. Les résultats d'extractions des polysaccharides et polyphénols révèlent respectivement des pourcentages de (30 %) et (27%). L'analyse quantitative par le dosage spectrophotométrique UV-visible de ces extraits a montré en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu pour les polyphénols totaux une teneur de (29,23µgEQ/mg). Pour les polysaccharides en suivant la méthode de DUBOIS il en ressort une teneur de (51,05%) du poids de l'algue sèche.

La méthode appliquée pour mesurer l'activité antioxydante de la poudre d'algue, est celle du piégeage des radicaux libres en utilisant le 1,1'-diphényle-2 - picrylhydrazyl (DPPH<sup>•</sup>) et le suivi de la réaction a été effectué par colorimétrie. Cette méthode révèle 74,5 % d'inhibition du radical libre, avec une IC50 de 600µg/ml.

L'activité antibactérienne des deux extraits a été testé in vitro en utilisant la technique de diffusion sur milieu gélosé en comparaisons à un antibiotique commerciale (amoxicilline) sur trois souches bactériennes à Gram positif (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* et *Listeria monocytogenes*) et trois à Gram négatif (*Vibrio alginolyticus*, *Edwardsiella tarda* et *Escherichia coli*). Les résultats ont montré que mise à part la bactérie *Vibrio alginolyticus*, toutes les autres souches testées ont montrés une sensibilité élevée vis-à-vis des deux extraits.

L'évaluation de l'activité antalgique de l'extrait polysaccharidique a révélé un potentiel d'inhibition très significatif ( $P < 0,001$ ) de la douleur qui est de l'ordre de 73,52%.

Les résultats obtenus montrent que l'*Ulva fasciata* renferme des métabolites secondaires avec des caractéristiques thérapeutiques et pharmacologique typique qui demandent une prospection plus poussée. Cependant, la recherche dans ce domaine reste vaste et un défi à relever, avec des techniques plus fines et plus développées telles que la RMN, LCMS, UPLC-MC...pour l'étude phytochimique ainsi que pour l'étude pharmacologique d'autres extraits de l'*Ulva fasciata*.

**REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUE**

-A-

**Agence de valorisation des algues (2022).** Écologie des algues. [en ligne]. [Consulté le 25/05/2022]. Disponible sur le site web: <http://algae-consulting.e-monsite.com/pages/ecologie-des-algues.html>.

**Ahnich A. (2013).** Etude des polysaccharides des macro-algues alginophytes: caractérisation et dosage des alginates. [En ligne]. Mémoire Licence. Biologie appliquée à la production végétale. Maroc : Université Cadi Ayyad Marrakech. Disponible sur le web : [https://www.memoireonline.com/10/13/7626/m\\_etude-des-polysaccharides-des-macro-algues-alginophytes-caracterisation-et-dosage-des-alginates1.html](https://www.memoireonline.com/10/13/7626/m_etude-des-polysaccharides-des-macro-algues-alginophytes-caracterisation-et-dosage-des-alginates1.html) .

**Akretch D., Mokrani S. (2020).** Etude bibliographique portant sur les activités biologiques des algues marines. Mémoire Master. Biochimie appliquée. Tizi Ouzou : Université Mouloud Mammeri. P.100.

**Allain P. (1996).** Les médicaments. Editions Estem : 1ère édition, P.414.

**Angone S.A., Nguema-Ona E., Driouich A. (2010).** La thérapie par les plantes en Afrique: activités immunostimulantes des polysaccharides de la paroi végétale. Vol.8. N°4, P.230.

**Annette B., Jonas D., Henrik B.N., Lars N., Michael B.R., Stiig M., Birgit O., Carlos A., Peter D.J. (2011).** Bioenergy potential of *Ulva lactuca*, Biomass yield, methane production and combustion. Bioresource Technology. Vol.102. N° 3, P.2604.

**AOAC (1995).** Official methods of analysis. 16th Edition. Washington DC, USA : Association of Official Analytical Chemists, AOAC International. Vol.6. N°11, P.P.382-382.

**AOAC (1997).** Official methods of analysis. Arlington, USA : Association of Official Analytical Chemists, AOAC International.

**Aquaportail (2007).** Macroalgues : définition, explications [en ligne].[Consulté le 01/02/2022]. Disponible sur le site web: <https://www.aquaportail.com/definition-1501-macroalgue.html>.

**Aquaportail (2007).** Phéoplaste : définition, explications [en ligne].[Consulté le 15/02/2022]. Disponible sur le site web: <https://www.aquaportail.com/definition-1304-pheoplaste.html>.

**Aquaportail (2010).** Antibactériens : définition, explication [en ligne].[Consulté le 24/06/2022]. Disponible sur le site web: <https://www.aquaportail.com/definition-8584-antibacterien.html>.

**Aquariophilie (2022).** Genre ulva (Ulves). [en ligne]. [Consulté le 18/06/2022]. Disponible sur le site web: <https://www.aquaportail.com/genre-ulva-526.html>.

**Aquino R.S., Landeira-Fernandez A.M., Valente A.P., Andrade L.R., Mourão P.A.S. (2005).** Occurrence of sulfated galactans in marine angiosperms: Evolutionary implications. Vol.15, P.20.

**Arévalo R., Pinedo S., Ballesteros E. (2007).** Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: descriptive

study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. Vol.55. N°1-6, P. 113.

**Arimboor R., Arumughan C. (2011).** Sea buckthorn (*hippophae rhamnoides*) proanthocyanidins inhibit in vitro enzymatic hydrolysis of protein. Vol.76. N°6, P.137.

**Aruwa C.E., Amoo S.O., Kudanga T. (2019).** Extractable and macromolecular antioxidants of *Opuntia ficus-indica cladodes*: Phytochemical profiling, antioxidant and antibacterial activities. Vol.125. N°402, P.410. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.08.007>.

**Assreuy A.M.S., Gomes D.M., Silva M.S.J., Torres V.M., Siqueira R.C.L., Pires A.F., Criddle, D.N. et al (2008).** Biological effects of a sulfated polysaccharide isolated from the marine red algae *Champia feldmannii*. Vol.31. N°4, P.695.

**Atkins E.D.T., Parker K.D. (1969).** The helical structure of a beta-D-1,3-xylan. Vol 28.N°1, 81p. <https://doi.org/10.1002/polc.5070280109>.

**Atmani D., Chafer N., Berboucha M., Ayouni K., Lounis H., Boudaoud H., Debbache N. (2009).** Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian photophosphorylation. Vol.112. N°2, P.309.

**-B-**

**Baliyan S., Mukherejee R., Priyadarshini A., Vibhuti A., Gupta A., Pati Pandey R., Chang C.M., (2022).** Determination of antioxidants by DPPH Radical scavenging activity and quantitative phytochemical analysis of *Ficus religiosa*. Vol 27. N°4, 1326. Doi : 10.3390/molecules27041326.

**Barsanti L., Gualtieri P. (2014).** Algae Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology. CRC Press Taylor & Francis Group : 2ème édition, P.326.

**Bédane C. (2008).** Photodermatologie : Photobiologie cutanée, photoprotection et photothérapie. Wolters Kluwer : 2ème édition, P.272.

**Ben-Ari T., Neori A., Ben-Ezra D., Shauli L., Odintsov V., Shpigel M. (2014).** Management of *Ulva lactuca* as a biofilter of mariculture effluents in IMTA system. Vol.434, P.498. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.08.034>.

**Benchabane O., (1988).** Les algues brunes: source d'additifs alimentaires. Ann.Inst.Nat.Agro. El-Harrach. Vol.12. P.633.

**Benchabane O., (1989).** Etude de la fraction lipidique de *Cystoseira sedoides*: Algue brune endémique des cotes d'Algérie. Ann.Inst. Nat.Agro.El Harrach. Vol.13. P.655.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Benkiki N. (2006).** Etude phytochimique des plantes médicinales algériennes: *Ruta montana*, *Matricaria pubescens* et *Hypericum perforatum*. Thèse doctorat. Chimie. Batna : Université El Hadj Lakhdar. P.198.
- Benoist J.M. (1988).** Analgésiques morphiniques, in Pharmacologie clinique, bases de la thérapeutique. Expansion Scientifique Française : 2ème édition, P.863.
- Bernard J.F., Villanueva L. (2009).** Architecture fonctionnelle des systems nociceptifs. Arnette. P.P.1-27.
- Besson (2007).** Pratique de traitements de la douleur. Institut UPSA de la douleur : 2ème édition P.199.
- Betit N., Chiha N. (2019).** Effet des extraits d'algues marines sur la restauration de la croissance de l'orge cultivé sous stress salin. Mémoire Master. Génie des Procédés. Bejaia : Université Abderrahmane Mira, P.55.
- Blunden G. (1991).** Agricultural uses of seaweeds and seaweed extracts. Seaweed resources in Europe. P.P.65-81.
- Boizot N., Charpentier J.P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Cahier des Techniques de l'INRA. P.P.79-82.
- Botany (2001).** *Algae : native Ulvo*s*a lactuca C Agardh 1823 : University of Hawaii at Manoa*
- Boubekri C. (2014).** Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de *Solanum melongena* par des techniques électrochimiques. Thèse doctorat. Chimie. Biskra : Université Mohamed Khider. P.93.
- Boulekbache-Makhlouf .L., Slimani S., Madani K. (2013).** Total phenolic content, antioxidant and antibacterial activities of fruits of *Eucalyptus globulus* cultivated in Algeria. Vol 41. N°1, 89p. doi : 10.1016/j.indcrop.2012.04.019.
- Bounihi A. (2015).** Criblage phytochimique, Étude Toxicologique et Valorisation Pharmacologique de *Melissa officinalis* et de *Mentha rotundifolia* (Lamiacées). Thèse doctorat. Sciences du médicament. Maroc : Université Mohammed V. P.199.
- Bourgougnon N., Gervois A., Jégou C. (2021).** Les algues marines, biologie, écologie et utilisation. Ellipses, Peru : 1 ère édition, P.384.
- Bravo L. (1998).** Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. Vol.56. N°11, P.333.
- Brudieux V. (2007).** Extraction, modification enzymatique et caractérisation chimique de nouvelles structures pectiques, Application de la relation structure/activité à la dermocosmétique. Thèse de doctorat. Chimie appliqué. France : Université de Limoges. P.198.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

**Bruneton J. (1999).** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. Techniques et documentations : 3ème édition, P.494.

-C-

**Cabioc'h J. F.J.Y., Le Toquin A., Boudouresque C.F., Meinesz A., Verlaque M. (1992).** Guide des algues des mers d'Europe : Manche/Atlantique. Delachaux et Niestlé : 1ère édition. P.231.

**Cano N., Barnoud D., Schneider S.M., Vasson M.P., Hasselmann M., Leverve X. (2006).** Traité de nutrition artificielle de l'adulte. Springer : N°3, P.250.

**Carl C., de Nys R., Paul N. A. (2014).** The seeding and cultivation of a tropical species of filamentous *Ulva* for algal biomass production. Vol.9. N°6, P.9.

**Carole A.L. (2003).** Fresh water Algae of North America, Ecology and Classification, Aquatic Ecology. Academic Press: 24ème édition, P.P.805-834.

**Carter G.R., John R., Cole J.R. (1990).** Diagnostic procedure in veterinary bacteriology and mycology. Academic Press : 5ème édition, P.620.

**Cayla. M. (1995).** Découvrez des algues propriétés applications recettes. Chiron : 1ère édition. 94p.

**CEVA (2021).** *Ulva* spp, Fiche Nutritionnelle. [en ligne]. [Consulté le 01/06/2022]. Disponible sur le site web: <https://www.ceva-algues.com/en/document/nutritional-data-sheets-on-algae/>.

**Chanzy H., (1990).** Aspects of cellulose structure. P.12.

**Chiheb I., Riadi H., Martinez-Lopez J., Dominguez S.J. F., Gomez V.J.A., Bouziane H., Kadiri M. (2009).** Screening of antibacterial activity in marine green and brown macroalgae from the coast of Morocco. Vol.8. N°7, P.1262.

**Chirapart PR-aaA. (2006).** Nutritional evaluation of tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulata*. Vol.40, P.83.

**Chiu Y.H., Chan Y.L., Li T.L., Wu C.J. (2011).** Inhibition of Japanese Encephalitis Virus Infection by the Sulfated Polysaccharide Extracts from *Ulva lactuca*. Vol.14. N°4, P.478. doi:10.1007/s10126-011-9428-x.

**Chouana T. (2017).** Caractérisation structurale et activités biologiques des polysaccharides d'*Astragalus gombo bunge*. Thèse doctorat. Nutrition et sciences des aliments. Ouargla : Université Kasdi Merbah. P.205.

**Chouikhi, A. (2013).** Les applications potentielles des macro-algues marines et les activités pharmacologiques de leurs métabolites. International Congress of the Populations and Animal Communities Dynamics and Biodiversity of the terrestrial and aquatic Ecosystems. Algeria: P.40.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

**Collier H.O.J., Dinneen L.C., Johnson C. A., Schneider C. (1968).** The abdominal constriction response and its suppression by analgesic drugs in the mouse. *Br. J. Pharm.Chemother.* Vol.32. N°2, P.310.

**Coombe D.R., Parish C.R., Ramshaw I.E., Snowden J.M. (1987).** Analysis of the inhibition of tumor metasis by sulfate polysaccharides. Vol.39. N°1, P.88.

**Costa L. S., Fidelis G. P., Cordeiro S. L., Oliveira R. M., Sabry D. A., Câmara R. B. G., D. B. Nobre L. T.... (2010).** Biological Activities of Sulfated Polysaccharides from Tropical Seaweeds . Vol.64. N°1, P.28.

**Cowan, M.M. (1999).** Plant Products as Antimicrobial Agents. Vol.12, N°4, P.582.

**Craigie, J. S., & Wen, Z. C. (1984).** Effects of temperature and tissue age on gel strength and composition of agar from *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyceae). Vol.62. N°8, P.1670.

### -D-

**Dacosta Y. (2003).** Les phytonutriments bioactifs. Yves Dacosta. P.318.

**Danton O. (2017).** Extraction de substances naturelles antalgiques à partir de plantes utilisées dans la pharmacopée traditionnelle au Mali. Chimie organique. Université Clermont Auvergne.

De Araujo I.W.F., Rodrigues J.A.G., Quinderé A.L.G., Silva J.F.T., Maciel G.F.M., Ribeiro N.A., ...Benevides N.M.B. (2016). Analgesic and anti-inflammatory actions on bradykinin route of a polysulfated fraction from alga *Ulva lactuca*. *International Journal of Biological Molecules.* Vol.92. P.P. 820-830.

**De Pooter H.L., Schamp N. (1986).** Comparaison of the volatils composition of some *Calamintha satureja* species. *Progress in essential oil research.* Berlin : E-J. Brunk, Walter De Gruyter. P.150.

**Degaa N., Latreche H. (2019).** Contribution à l'étude de l'effet biologique des polysaccharides hydrosolubles de *Ferula communis L.* Mémoire master. Toxicologie. El Oued : Université Echahid Hamma Lakhdar. P.82.

**Di Donato, P., Poli A., Taurisano V., et Nicolaus B. (2015).** Polysaccharides, Applications in Biology and Biotechnology, P.637.

**Diallo D., Martson A., Terreaux C., Touré Y., Smestad Paulsen B., Hostettmann K. (2001).** Screening of malian medicinal plants for antifungal, larvicidal, molluscicidal, antioxidant and radical scavenging activities. Vol.15. N°5, P.406.

**Dougherty, T.J., Pucci M. J. (2012).** Antibiotic Discovery and Development. Springer New York : 1ère édition, P.1127.

**DuBois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith F. (1956).** Colorimetric for determinatio of sugars and related substances. Anal Chem. Vol.28. N°3. P.P.350-356.

**Duda-Chodak A., Tarko T., Satora P., Sroka P. (2015).** Interaction of dietary compounds, especially polyphenols, with the intestinal microbiota: a review. Vol.54. N°3, P.341. <https://doi.org/10.1007/s00394-015-0852-y>.

**-E-**

**Eba J. O. (2017).** évaluation de l'efficacité, l'innocuité et la qualité du remède SERANTA. Université Félix Houphouët-Boigny abidjan-cocody. P.117.

**Editorial (2005).** Dual inhibition of cyclo-oxygénases and 5-lipoxygenase a novel therapeutic approach to inflammation. Vol.72. P.382.

**El Hattab-Bouzi, D. (2003).** Détermination des stérols de l'algue rouge *Asparogopsis armata* par spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier en employant l'extraction en phase solide :Etude comparative avec la chromatographie liquide à haute performance. Mémoire de magistere. Chimie industrielle. Blida : Univ Saad Dehleb. P.87.

**EL-SHEEKH M. M., EL-SAIED A. E. (2000).** Effect of crude seaweed extracts on seed germination, seedling growth and some metabolic processes of *Vicia faba L.* Vol.101. P.P.23-35. Encyclopaedia Universalis, 1968. Paris, France : Encyclopædia Universalis.

**-F-**

**Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M., AbdelyC (2008).** Phenolic composition of cynara cardunculus L. organs, and their biological activities. Vol.331. N°5, P.379.

**Faller H. (2011).** Les applications et la toxicité des algues marines. Mémoire de doctorat. Pharmacie. France : Université de Limoges. P.132.

**FAO, Cai J., Lovatelli A., Aguilar-Manjarrez J., Cornish L., Dabbadie L., Desrochers A., Diffey S., Garrido Gamarro E., Geehan J., Hurtado A., Lucente D., Mair G., Miao W., Potin P., Przybyla C., Reantaso M., Roubach R., Tauati M., Yuan X. (2021).** Seaweeds and microalgae an overview for unlocking their potential in global aquaculture development. FAO Fisheries and Aquaculture Circular. N°1229.

**Faradila R.C., Wilar G., Devkota H.P., Wathoni N. (2020).** Ulvan, a polysaccharide from macroalga *Ulva sp* : a review of chemistry, biological activities and potential for food and biomedical applications. Applied Sciences. Vol.10. N°16, P.5488. doi :10.3390/app10165488.

**Faucher J., René L., Campbell N.A., Cain M.L. (2012).** Campbell biologie.. Pearson : 9èmeédition, P.1480.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Favier A. (2003).** Le stress oxydant: Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité chimique. P.P.108-115.
- Favot G., Engelen A.E., Cunha M.E., Serrão M.E.A. (2019).** Identification of *Ulva* sp. Grown in Multitrophic Aquaculture Systems. Vol.3. N°024, P.11.
- Fellous S. (2019).** Etude biologique et biochimique de l'algue brune *Cystoseira amantacea stricta* de la baie d'Oran. Thèse de doctorat en sciences de l'environnement. Sidi Bel Abbes : Université Djillali Liabes. P. 52.
- Fleurence J. (1999).** Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. Vol.10. N°1, P.28.
- Fleurence J., Guéant J.L. (1999).** Les algues : une nouvelle source de protéines. N°191, P.36.
- Floc'h J. Y., Leclerc V. (2010).** Les secrets des algues. Carnets de sciences, Quae : 1ère édition, P.167.
- Fonseca R., Oliveira S., Melo F., Pereira M., Benevides N. (2008).** Slight differences in sulfatation of algal galactans account for differences in their anticoagulant and venous antithrombotic. *Thromb Haemost.* Vol.99. P.545.
- Franz G., Blaschek W. (1990).** Cellulose. Vol.2, P.322.
- Frouhat Z., Lahcini B. (2013).** Biological control by essential oil of *Rosmarinus officinalis*. Academic master thesis. Ouargla : University of Kasdi Merbah. P.13.
- G-**
- Gaillard A. (2014).** Emotional pain, physical pain, neurobiological mechanisms and treatment. *Annales Med psy.* Vol.172. N°85, P.P.104-107.
- Gardes Albert M. (2004).** De la physico-chimie à radiobiologie les radicaux libres. Les nouvelles orientations en radiobiologie et radiopathologie.
- Garon-Ladiere S. (2004).** Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). Thèse de doctorat en chimie. France : Université De Bretagne Occidentale. P.210.
- Gayral (1968).** Morphologie et morphogénèse des Ulvales, bulletin de la société botanique de France. P.P.130-141.
- Ghestem A., Seguin E., Paris M., Orecchioni A.M. (2001).** Le préparateur en pharmacie dossier 2ème édition TEC&DOC. Paris. P.275.
- Gorostiaga J.M., DÍEZ I. (1996).** Changes in the sublittoralbenthic marine macroalgae in the polluted area of Abra de Bilbao and proximal coast (Northern Spain). Vol.130. P.167.
- Gosselin S. (2014).** Antalgique du bon usage à l'abus. Thèse doctorat. Pharmacie. France : Université de Limoges. P.117.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

**Guillaume P. (2010).** Caractérisation biochimique d'exopolymères d'origine algale du bassin de Marennes-Oléron et étude des propriétés physico-chimiques de surface de microorganismes impliquées dans leur adhésion. Thèse doctorat. Biochimie. France : Université de La Rochelle. P.30.

### -H-

**Hamed I.O.F, Ozogul Y.M., Regenstein J. (2014).** Marine Bioactive Compounds and Their Health Benefits: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol.14, P.465.

**Harborne J.B., Williams C.A. (2000).** Advances in flavonoid research since 1992 *Phytochemistry*. Vol.55. P.504.

**Hayouni E.K., Abedrabba M., Bouix M., Hamdi M., (2007).** The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. *Food Chemistry*. Vol.105, P.1134.

**Hirai Y., Asahata-Tago S., Ainoda Y., Fujita T., Kikuchi K. (2015).** *Edwardsiella tarda* bacteremia. A rare but fatal water and foodborne infection: Review of the literature and clinical cases from a single centre. Vol.26. N°6, P.318. Doi: 10.1155/2015/702615.

**Hugh M.D.J. (2003).** FAO Fisheries technical paper. N° 441.

### -I-

**IFREMER (2022).** Fiche macroalgue. [en ligne]. [Consulté le 27/05/2022]. Disponible sur le site web: <https://wwz.ifremer.fr/envlit/DCE/Etat-ecologique/Fiche-macroalgues>.

**Ilknur A.k., Cenk O.Z.Y.O., Zu"Dog"Ru., Tolgo K. (2015).** Effect of sodium acetate and sodium nitrate on biochemical composition of green algae *Ulva rigida*. *Aquaculture International* Vol.23, P.11.

**Indergaard M. M.J. (1991).** Animal and human nutrition. : John Wiley & Sons, Chichester. Vol.21, P.64.

**Inserm (2017).** Douleur, un symptôme fréquent , parfois vécu comme une fatalité. [en ligne].[consulté le 02/09/2022]. Disponible sur le site web: <https://www.inserm.fr/dossier/douleur/>.

**Iriki Y., Suzuki T., Nisizawa K., Miwa T. (1960).** Xylan of siphonaceous green algae. Vol.187. N°4731, P.83.

**Ishakani A.H., Joshi N.H., Ayaz M., Sumara K., Vadher K.H. (2016).** Antioxidant Potential, Polyphenols and Diphenol Content of Seaweed Available at Veraval Coast, Saurashtra Region - Gujarat. *Indian Journal of Science and Technology*. Vol.9. N°4.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

**ISO 6884 (2008).** Animal and vegetable fats and oils Determination of ash  
<https://www.iso.org/standard/51415.html>

**Izydorczyk M., Brummer Y., Cui SW., Wang Q., Liu Q., Xie S.X. (2005).** Food carbohydrates. Chemistry, physical properties, and applications. CRC Press. 1ère édition, P.432.

### -J-

**Jérémy V., (2015).** L'utilisation des bactériophages pour combattre les bactéries est millénaire. Intérêt des bactériophages dans les infections à *Pseudomonas aeruginosa* résistant aux antibiotiques, chez les patients atteints de la mucoviscidose. Thèse doctorat. Pharmacie. France : Université De Nantes. P.93.

**Jhamandas JH, Wie MB, Harris K, MacTavish D, Kar S. (2005).** Fucoidan inhibits cellular and neurotoxic effects of betaamyloid (A beta) in rat cholinergic basal forebrain neurons. *Eur J Neurosci.* Vol.21, P.2659.

**Jin Z., Lukashin C., Qiao Y., Gopalan A. (2013).** An efficient and effective method to simulate the earth spectral reflectance over large temporal and spatial scales. Vol.40. N°2, P.379. Doi: 10.1002/grl.50116.

Joh S.J., KIM M.J., Kwon H.M., Ahn E.H., Jang H., Kwon J.H. (2011). Characterization of *Edwardsiella tarda* isolated from farm-cultured eels, *Anguilla japonica*, in the Republic of Korea. Vol.73. N°1, P.11. Doi: 10.1292/jvms.10-0252.

**José A.G. (2012).** Rodrigues et al Pharmacological effects from Caulerpaceae sulfated polysaccharide. *Pharmacological Reports.* Vol 64, 292p.

**José M. L. R.C., Jon A. A., Jesús L. (2007).** Immunomodulating activities of acidic sulphated polysaccharides obtained from the seaweed *Ulva rigida* C. Agardh. *International Immunopharmacology.* Vol.7, P.888.

### -K-

**Kadari-Méziane Y. (1994).** Contribution à l'étude de l'impact de la pollution sur la distribution spatio-temporelle des peuplements phytobenthiques dans la Baie de Bou Ismail. Thèse de magister. Alger : ENS. P.226.

**Kaehler S., Kennish R. (1996).** Summer and winter comparisons in the nutritional value of marine macroalgae from Hong Kong. Vol.39. N°6, P.17.

**Kaper J.B., Nataro J.P., Mobley H.L.T. (2004).** Pathogenic *Escherichia coli*. Vol.2. N°2, P.140.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

**Kim M.J.D.J., Giraud T.J. (1996).** Seasonal variations of triacylglycerols and fatty acids in *Fucus serratus*. *Phytochemistry Reviews*. Vol.43, P.55.

Kloareg B., Quatrano R.S. (1988). Structure of the cellwalls of marine algae and ecophysiological functions of the matrix polysaccharides. Vol.26, P.315.

**Kornprobst J.M. (2005).** Substances naturelles d'origine marine. Chimiodiversité, pharmacodiversité biotechnologie. Paris : Tec et Doc. P.1830.

**Kumar M., Shete A., Akbar Z. (2010).** A review on analgesic , from natural sources. Vol.1. P.P.95-100.

**Kwakman P.H.S., Te Velde A.A., De Boer L., Speijer D., Vandenbroucke-Grauls C.M.J.E., Zaat S.A.J. (2010).** How honey kills bacteria.Vol.24. N°7, P.2582.

### -L-

**Labib W., Hosny S. (2020).** Nitrogen and protein contents of *Ulva fasciata* and *Corallina officinalis* under environmental variations. Vol.24. N°3. P.P.425-438.

**Lahaye M. (1991).** Marine Algae as Sources of Fibres: Determination of Soluble and Insoluble Dietary Fibre Contents in Some 'sea Vegetables'. Vol.54. N°4, P.594.

**Lahaye M. (2001).** Developments on gelling algal galactans, their structure and physicochemistry.Vol.13, P.184. <https://doi.org/10.1023/A:1011142124213>.

**Lakhdar F. (2018).** Contribution à l'étude des potentialités antiproliférative et antibactérienne des algues brunes et rouges de la côte d'El Jadida pour une valorisation médicale et environnementale .Thèse de doctorat en Sciences de la Mer et du littoral. Maroc, Université de nante, El jadida. P.207.

**Laplace C.T.M., Peltre M.C., Lambert E., Rodriguez S., Vergon J.P. (2014).** Guide pratique de détermination des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes. Irstea Bordeaux. P.175.

**Laroche F., Doubrere J.F., Soyex E. (2008).** Vivre avec des douleurs-,neuropathiques. Editions Scientifiques L&C. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. Vol.4. N°2, P.8.

**Laurienzo P., (2010).** Marine polysaccharides in pharmaceutical applications. Vol.8. N°9, P.2465.

**Le Cointra G.H., Le Guyader B. (2011).** Classification phylogénétiques du vivant. P.4.

**Lecointre et al (2001).** Classification phylogénétique du vivant. [en ligne].[consulté le 28/02/2022]. Disponible sur le site web: <https://agronomie.info/fr/classification-des-algues/>

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

**Leiro J.M., Castro R., Arranz J.A., Lamas J. (2007).** Immunomodulating activities of acidic sulphated polysaccharides obtained from the seaweed *Ulva rigida* C. Agardh. Int Immunopharmacol. Vol.7, P.888.

**Leonel P. (2018).** Therapeutic and nutritional uses of algae. CRC Press, Taylor and Francis group, A science publishers book : 1ère édition. P.640.

Lesueur D., Serra D., De Rocca., Bighelli A., Hoi, T.M., Ban N.K., Thai T.H., Casanova J. (2007). Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Michelia faveolata* Merryll ex Dandy from Vietnam. Vol.22. N°4, P.321.

**Li Y., Huang H.J., Li H., Liu J., Yang W., (2016).** Genetic diversity of *Ulva prolifera* population in Qingdao coastal water during the green algal blooms revealed by microsatellite. Vol.111. N°2, P.246.

**Lugasi A., Hovari J., SagiK., Biro L. (2003).** The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. J.Acta.biologica. Szegediensis. Vol.47. N°1-4, P.125.

### -M-

**Maameri F. (2017).** Recherche du caractère pharmacologique chez l'algue marine *Ulva lactuca* du littoral de Béni-Saf (Wilaya d'Ain-Temouchent). Mémoire de master. Sciences de la mer. Tlemcen : Université Abou Beker Belkaid. P.61.

**Mabeau S., Fleurence J. (1993).** Seaweed in food products: Biochemical and nutritional aspects. Vol.4. N°4, P.107.

**Mabeau S., Joël F. (1993).** Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. Vol.4. N°4, P.107.

**Madelyn N. M., Abeer A.M. El-Sayed, Hala H.A.E.L., Naglaa A.E.N., Nihal G. S.E.D., Hermine R.Z.T. (2022).** Chemical characterization and biochemical activity of polysaccharides isolated from Egyptian *Ulva fasciata Delile*, Oceanologia. Vol.64. N°1, P.130. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2021.09.008>.

**Madelyn N. Moawad, Abeer A.M. El-Sayed, Hala H. Abd El Latif, Naglaa A. El-Naggar, Nihal G. Shams El-Din, Hermine R.Z. Tadros (2021).** Chemical characterization and biochemical activity of polysaccharides isolated from Egyptian *Ulva fasciata Delile*. Vol.64. N°1, P.130.

**Manar A. (2012).** L'oxydation modifie les effets métaboliques d'acides gras polyinsaturés de la série n-3 incorporés par différents vecteurs dans des régimes hyperlipidiques. Mémoire doctorat. Biochimie. France, Lyon : INSA. P.209.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Mares J., Leskinen, E., Sitkowska, M., Skácelová, O., Blomster, J. (2011).** True identity of the European freshwater *Ulva* (Chlorophyta, Ulvophyceae) revealed by a combined molecular and morphological approach. Vol.47. N°5, P.1192.
- Medeiros V.P., Queiroz K.C., Cardoso M.L., Monteiro G.R., Oliveira F.W., Chavante S.F., Guimarães L.A. et al (2008).** Sulfated galactofucan from *Lobophora variegata*: anticoagulant and anti-inflammatory properties. Biochemistry. Vol.73, P.1024.
- Meenakshi S., Gnanambigai D.M. (2009).** Global Journal of Pharmacology. Vol.3, P.P.59-63.
- Melo N.S.M., Cardoso L.G., De Castro Nunes J.M., Brito G.B., Caires T.A., De Souza C.O., Druzian J.I. (2021).** Effects of dry and rainy seasons on the chemical composition of *Ulva fasciata*, *Crassiphycus corneus*, and *Sargassum vulgare* seaweeds in tropical environment. Vol.44. N°2, P.344.
- Metting B., Rayburn W.R., Reynaud P.A. (1988).** Algae and agriculture. In: Lembi, C.A., waaland, J.R., Algae and human affairs, UK : Cambridge University Press. P.370.
- Meyer A., Deiana J., Bernard A. (2004).** Cours de microbiologie générale avec cours et exercices corrigés. Doin : 1ère édition. P.430.
- Michel C. (2000).** Algues-operon. Biologie Module 1, Diversité des algues et des plantes . [en ligne].[consulté le 21/02/2022]. Disponible sur le site web: [http://mcavalla.free.fr/rsr/Algues\\_operon.pdf](http://mcavalla.free.fr/rsr/Algues_operon.pdf)
- Michel G., Tonon T., Scornet D., Cock J. M., Kloareg B. (2010).** The cell wall polysaccharide metabolism of the brown alga *Ectocarpus siliculosus*. Insights into the evolution of extracellular matrix polysaccharides in Eukaryotes. Vol.188. N°1, P.87.
- Mohamed S., Hashim S.N., Rahman A. (2012).** Seaweeds: A Sustainable Functional Food for Complementary and Alternative Therapy. Vol.23. N°83, P.69.
- Monassier, L. (2005).** Les anti-inflammatoires stéroïdiens. Pharmacologie Clinique DCEM3. ;Vol.2. N°1, P.34.
- Moure A., Franco D., Sineiro J., Dominguez H., Nunez M. J., Lema J. M. (2000).** "Evaluation of extracts from *Gevuina avellana* hulls as antioxidants." Journal of Agricultural and Food Chemistry Vol.48. N°9, P.3897.

-N-

- Nauciel C., Vilde J.L. (2005).** Bactériologie Médicale. Masson : 2ème édition, P.58.
- Nehme C. (2006).** La douleur neuropathique : Un défi pour les soignants. Inf MSC. Vol.4.
- Neto (2015).** Marine Algae : Biodiversity, Taxonomy, Environmental Assessment, and Biotechnology. CRC Press Taylor & Francis Group : 1ère édition. P.103.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

**Neurotiker (2007).** Fructose. [en ligne].[consulté le 23/08/2022]. Disponible sur le site web: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Beta-D-Fructofuranose.svg>.

**Neurotiker (2007).** Saccharose. [en ligne].[consulté le 23/08/2022]. Disponible sur le site web: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saccharose2.svg>

**Newton R. (2000).** Molecular mechanisms of glucocorticoid action: what is important?. Vol.55, P.613.

**Nicholls P. (2012).** Classical catalase: Ancient and modern. Archives of Biochemistry and Biophysics. Vol.525, P.101.

**Noguchi T., Hwang D. F., Arakawa O., Sugita H., Deguchi Y., Shida Y., Hashimoto K. (1987).** *Vibrio alginolyticus*, a tetrodotoxin-producing bacterium, in the intestines of the fish *Fugu vermicularis vermicularis*. Vol.94. N°4, P.630. doi:10.1007/bf00431409.

**Norziah M.H.C.C. (2000).** Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changgi*. Food Chemistry Vol.68, P.76.

### -O-

**Olivier Coste, Erik-jan Malta, José Callejo López, Catalina Fernández-Díaz, (2015).** Production of sulfated oligosaccharides from the seaweed *Ulva* sp. using a new ulvan-degrading enzymatic bacterial crude extract, Algal Research. Vol.10, P.231.

**Olsen J.L., Rouzé P., Verhelst B., Lin Y. C., Bayer T., Collen J., et al. (2016).** The genome of the seagrass *Zostera marina* reveals angiosperm adaptation to the sea. Vol.530. N°7590, P.335.

**Ould Ahmed N. (1994).** Etude des espèces phytobenthiques, au voisinage de la centrale thermique de Mersa El Hedjadj (Golf d'Arzew) ouest algérien, mention particulière sur une espèce remarquable, cualerpal : *Caulerpa prolifera* (Forsskal) LAMARROUX. Thèse de magistère. Alger : ENSSMAL. P.181.

### -P-

**Pappou S., Dardavila M.M., Savvidou M.G., Louli V., Magoulas K., Voutsas E. (2022).** Extraction of Bioactive Compounds from *Ulva lactuca*. Vol.12. N°4, P.2117. <https://doi.org/10.3390/app12042117>.

**Paris M., Hurabielle (1981).** Abrégé de matière médicale, pharmacognosie. Tome 1. Paris : Masson. P.107.

**Pelletier E., Campbell P. G. C., Denizeau F. (2004).** Écotoxicologie moléculaire : Principes fondamentaux et perspectives de développement. *PUQ*. P.182.

**Percival E. (1979).** The polysaccharides of green, red and brown seaweeds: their basic structure, biosynthesis and function. Vol.14, P.P.103-107.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

**Perez R. (1997).** Ces algues qui nous entourent: conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisations, culture. Ifremer. P.272.

**Pierre G. (2010).** Caractérisation biochimique d'exopolymères d'origine algale du bassin de Marennes-Oléron et étude des propriétés physico-chimiques de surface de micro-organismes impliquées dans leur adhésion. Thèse de doctorat. Sciences agricoles. France : Université de La Rochelle. P.307.

**Pincemail J., Bonjean K., Cayeux K., Defraigne J.-O. (2002).** *Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante*. Vol.16. N°4, P.P.233-239. doi:10.1016/s0985-0562(02)00166-8.

**Podsdek A. (2007).** Naturel antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. LWT-Food Science and Technology. Vol.40. N°1, P.11.

Ponce A.G., Fritz R., Del Valle C., Roura S.I. (2003). Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. Vol.36. N°7, P.684.

**Poseidon (2022).** Macroalgues. [en ligne]. [Consulté le 27/05/2022]. Disponible sur le site web: <https://www.poseidon.com/macroalgues>.

**Priyadharshini S., Bragadeeswaran S., Prabhu K., Ran S. S. (2011).** Antimicrobial and hemolytic activity of seaweed extracts *Ulva fasciata (Delile 1813)* from Mandapam, Southeast coast of India. Vol.1. N°1, P.39. doi:10.1016/s2221-1691(11)60118-4.

**Provasoli L., Carlucci A.F. (1974).** Vitamins and growthregulators, algalphysiology and biochemistry. Blackwell : W. D. P. Stewart. P.P.741-787.

**Pulsani S. R., Rao D. R., Sunki G. R. (1979).** Antimicrobial Activity of lactic cultures: partial purification and characterization of antimicrobial compounds produced by *Streptococcus thermophilus*. Vol.44. N°2, P.578. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1979.tb03839.x>.

### -Q-

**Qi H., Zhang Q., Zhao T., Chen R., Zhang H., Niu X., Li Z. (2005).** Antioxidant activity of different sulfate content derivates of polysaccharide extracted from *Ulva pertusa (Chlorophyta)* *in vitro*. Int J Biol Macromol. Vol.37, P.199.

### -R-

**Rabanal M., Ponce N.M.A., Navarro D.A., Gómez R.M., Stortz C.A. (2014).** The System of Fucoidans from the Brown Seaweed *Dictyota Dichotoma*: Chemical Analysis and Antiviral Activity. Vol.101, P.811.

**Rabaud C., Rogeaux O., Launay O., Strady C., Mann C., Chassany O., Bouhassira D., Gaillat J. (2013).** Early antiviral treatment fails to completely prevent herpes-related pain. Med and maladie inf. Vol.43. P.P.461-466.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

**Radmer R.J., Parker B.C. (1994).** Commercial Applications of Algae: Opportunities and Constraints. Vol.6. N°2, P.98.

**Raven P.H. Evert R.F., Eichhorn S.E. (2007).** Biologie végétale. De Boeck : 2ème édition. 733p.

**Rebouh M., Belkhiat S. (2015).** Évaluation de l'activité antibactérienne et le pouvoir cicatrisant d'une *Asclepiadaceae*. Mémoire master. Biologie des populations et des organismes. Boumerdes : Université M'hamed Bougara. P.42.

**Robyt J. F. (1998).** Essentials of Carbohydrate Chemistry. Springer New York : 2ème édition, P.227. <https://doi.org/10.1007/s00897980241a>.

**Rodeiro I., Olguín S., Santes R., Herrera J. A., Pérez C. L., Mangas R., Espinosa-guirre, J. J. (2015).** Gas Chromatography-Mass Spectrometry Analysis of *Ulva fasciata* (Green Seaweed) Extract and Evaluation of Its Cytoprotective and Antigenotoxic Effects. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. P.11. Doi:10.1155/2015/520598

**Rogalla D, Bomar PA, (2022).** *Listeria Monocytogenes* [en ligne]. [consulté le 10/06/2022]. Disponible sur le site web: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30521259/>.

**Rolland Y. (2004).** Actualités des lipides en cosmétique : Antioxydants naturels végétaux. OCL. Vol.11. N°6, P.424.

**Roulet V., Gourdon C., Santisteban L. (2008).** Exercices thérapeutiques en vue de la reprise de la marche du paraplégique incomplete. Vol.8. N°81, P.P.53-62.

-S-

**Sánchez-Machado D.-I., López-Cervantes J., López-Hernández J., Paseiro-Losada P. (2004).** Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. Vol 85. N°3, 444p. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.08.001>.

**Sandrine G. L., (2004).** Étude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata*. Thèse de doctorat. Chimie. Bretagne occidentale : école doctorale des sciences de la matière de l'information et du vivant. P.226.

**Schobier A.H., Ismail M.M., Hassan S. (2022).** Variation in Anti-inflammatory, Anti-arthritis, and Antimicrobial Activities of Different Extracts of Common Egyptian Seaweeds with an Emphasis on Their Phytochemical and Heavy Metal Contents. P.17. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03297-1>.

**Selvin J, Lipton A.P. (2004).** Leaching and residual kinetics of oxytetracycline incorporated medicated feed treated to juvenile black tiger shrimp *Penaeus monodon* Fabricious. Vol 41. 100p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Selvin J., Lipton A.P. (2004).** Biopotential of *Ulva fasciata* and *Hypnea musciformis* collected from the peninsular coast of india. Vol.12. N°1, P.6. Doi:[10.51400/2709-6998.2214](https://doi.org/10.51400/2709-6998.2214).
- Seyoum A., Asres K., El-Fiky F.K. (2006).** Structure–radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Phytochemistry*. Vol.67. P.2070.
- Shalaby E.A. 2011.** Algae as promising organisms for environment and health. *Plant Signal Behavior*. Vol.6. P.1350.
- Shao, P., Chen, M., Pei, Y., & Sun, P. (2013).** *In vitro* antioxidant activities of different sulfated polysaccharides from chlorophyten seaweeds *Ulva fasciata*. *International Journal of Biological Macromolecules*. Vol.59, P.300. doi:10.1016/j.ijbiomac.2013.04.048.
- Sharma O.P. (2011).** Algae. India : Tata McGraw Hill Education Private Limited, P.389.
- Siddique M.A.M., Khan M.S.K., Bhuiyan M.K.A. (2013).** Nutritional composition and amino acid profile of a sub-tropical red seaweed *Gelidium pusillum* collected from St. Martin's Island, Bangladesh. Vol.20. N°5, P.2292.
- Silva M. VL, Almeida A.P., Kijjoo A. (2013).**The Marine Macroalgae of the Genus *Ulva*: Chemistry, Biological Activities and Potential Applications. *Oceanography*. P.1.
- Simeon A. (2018).** Localisations et rôles des polysaccharides de paroi au cours du développement de deux modèles d'algues brunes : le zygote de *Fucus* et *Ectocarpus*. Thèse de doctorat. Biologie végétale. France : Université de Sorbonne. 129p.
- Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. (1999).** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*. Vol.299. P.P.152-178.
- Siqueira R.C.L., Silva M.S.J., Alencar D.B., Pires A.F., Alencar N.M.N., Pereira M.G., Cavada B.S. et al (2011).***In vivo* anti-inflammatory effect of a sulfated polysaccharide isolated from the marine brown algae *Lobophora variegata*. *Pharm Biol*. Vol.49, P.174.
- Sirbu R.S.C., Ghergic D.L., Passy Mouima N. (2006).**Caractérisation de certains principes actifs de *Ulva lactuca* et *Ulva rigida*, algues vertes du littoral roumain de la mer noire. *Scientific study and research*. P.2.
- Skerget M., Kotnik P., Hadolin.M., Hras A.R., Simonic M., Knez Z. (2005).** Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food chem*. Vol.89, P.198.
- Starks T.L., Shubert L.E., Trainor F.R. (1981).** *Phycologia*. Cambridge University Press : 4ème édition, P.80.
- Stewart J., Kellett N., Castro D. (2003).** *The central nervous system and cardiovascular effects of levobupivacaine and ropivacaine in healthy volunteers*. Vol.97, P.416.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

**Swain S.D., Rohn T.T., Quinn M.T. (2002).** Neutrophil priming in host defense:role of oxidants as priming agents. *Antioxid Redox Signal*. Vol.4, P.83.

-T-

**Tebbal A. (2011).** Composition chimique et minérale de quatre algues benthiques de la région de Kouali (Tipaza). Mémoire de magister. École nationale supérieure des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral.

**Trabelsi N., Megdiche W., Ksouri R., Falleh H., Oueslati S., Soumaya B., Hajlaoui H., Abdelly C. (2010).**Solvent effects on phenolic contents and biological activities of the halophyte *Limoniastrum monopetalum* leaves. *Food Science and Technology*. Vol.43. N°4, P.639.

**Trigui M.G.L., Zouari I., Tounsi S. (2013).**Seasonal variation in phenolic composition, antibacterial and antioxidant activities of *Ulva rigida* (Chlorophyta) and assessment of antiacetylcholinesterase potential. *Journal of Apply Phycology*. Vol.25, P.328.

**Tuney I.C.B., Unal D., Sukatar A. (2006).** Antimicrobial activities of the extracts of marine algae from the coast of Urla. *Turk J Biol*. Vol.30, P.5.

-U-

**Ulanowska K., Majchrzyk A., Moskot M. et al (2007).** Assessment of antibacterial effects of flavonoids by estimation of generation times in liquid bacterial cultures. Vol.62. N°2, P.135. <https://doi.org/10.2478/s11756-007-0042-3>.

**Underwood G.J.C., Paterson D.M., (2003).** The importance of extracellular carbohydrate production by marine epipellic diatoms. Vol.40, P.240. doi:10.1016/S0065-2296(05)40005-1.

-V-

**Viana G.S.B., Freitas A.L.P., Lima M.M.L., Vieira L.A., Andrade M.C., Benevides N.M.B. (2002).** Antinociceptive activity of sulfated carbohydrates from the red algae *Bryothamion seaforthii* (Turner) Kütz. and *B. triquetrum* (S.G. Gmel.) M. Howe. *Braz J Med Biol Res*. Vol.35, P.722.

**Vitamin (2020).** Consommez ces 4 types d'antioxydants pour une bonne hygiene de vie. [en ligne]. [consulté le 28/09/2022]. Disponible sur le site web: <https://www.vitamin-22.com/fr/dossiers/conseils-energisants/4-types-antioxydants-pour-une-bonne-hygiene-vie> .

**Vogel H.G, Vogel W.H. (1972).** Analgesic, anti-inflammatory and antipyretic activity. *Drug Discovery and Evaluation*. Springer-Verlag. P.P.360-420.

**Volman J. J., Ramakers J. D., Plat J. (2008).** Dietary modulation of immune function by  $\beta$ -glucans. Vol.94. N°2, P.284.

-W-

**Wang, L., Wang, X., Wu, H., & Liu, R. (2014).** Overview on Biological Activities and Molecular Characteristics of Sulfated Polysaccharides from Marine Green Algae in Recent Years. *Marine Drugs*. Vol.12. N°9, P.5020. doi:10.3390/md12094984.

**Wijesinghe W.A.J.P., Jeon Y.J. (2011).** Biological activities and potential cosmeceutical applications of bioactive components from brown seaweeds. Vol.10, P.P.431-443.

**Wrobel J. (2003).** Aspects psychologiques de la douleur chronique. Paris: Institut UPSA de la douleur. Vol.20. N°6, P.160.

**Wyatt L.E., Nickelson R., Vanderzant C. (1979).** *Edwardsiella tarda* in freshwater catfish and their environment. Vol.38. N°4, P.714. Doi: 10.1128/aem.38.4.710-714.1979.

-X-

**Xiao R., Grinstaff M. W., Grinstaff (2017).** Article chemical synthesis of Polysaccharides and Polysaccharide Mimetics. Vol.74, P.116. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2017.07.009>.

-Z-

**Zarrouq B. (2010).** Étude phytochimique et activité antibactérienne d'*Anabasis aretioides*. Mémoire Master. Biologie et santé. Maroc : Université Sidi Mohammed Ben Abdellah.

**Zehlila A. (2017).** Caractérisation structurale et fonctionnelle des métabolites de l'algue verte *Ulva Rigida* au moyen d'une approche protéomique. Thèse de doctorat. Sciences biologiques. Normandie : Université de Tunis El Manar. P.199.

**Zhou K, Tian KY, Liu XQ, Liu W, Zhang XY, Liu JY, Sun F. (2021).** Characteristic and Otopathogenic Analysis of a *Vibrio alginolyticus* Strain Responsible for Chronic Otitis Externa in China. Vol.12. N°750642, P.15. doi: 10.3389/fmicb.2021.750642.

# ANNEXES

## ANNEXES

### Annexe 01 : Fiche Nutritionnelle (CEVA, 2021)

Teneurs pour 100g d'algue déshydratée (produit brut)

Version décembre 2021

Paramètres	Unité	Teneur Moyenne	Min	Max	Nb données
Energie	kJ	848			
Energie	kcal	203			
Eau	g	11,9	0,0	22,0	50
Minéraux	g	23,1	9,3	45,8	96
Protéines(Nx6.25)	g	15,7	1,1	28,8	163
Glucides(pardifférence)	g	13,8			
Sucres	g	0,22	0,00	0,56	9
FibresAlimentaires	g	33,5	10,5	53,3	23
Lipides	g	1,9	0,04	9,16	92
AGsaturés	g	0,47	0,07	1,87	15
AGmonoinsaturés	g	0,27	0,04	0,76	10
AGpolyinsaturés	g	0,53	0,03	1,02	10
Polyphénols	g	0,5	0,1	1,7	8
Chlorures	mg	5472	969	10525	20
Sodium	mg	2250	88	8151	72
Magnésium	mg	2663	150	6606	56
Phosphore	mg	173	26	458	54
Potassium	mg	1960	150	5461	64
Calcium	mg	1134	44	5109	79
Manganèse	mg	5,6	0,1	42,4	27
Fer	mg	70,9	0,0	510,0	101
Cuivre	mg	1,3	0,0	5,5	38
Zinc	mg	3,4	0,1	16,6	47
Iode	mg	8,5	0,7	26,4	45
Sélénium	µg	12,2	0,9	70,5	21
Chrome	µg	404,5	0,0	2420,0	24
Molybdène	µg	176,5	3,0	280,0	6
VitamineA(eqrétinol)	mg	0,18	0,16	0,19	2
Beta-carotène	mg	2,32	0,03	9,95	11
VitamineD	µg	1,29	0,62	1,90	6
VitamineE(eqtocophérols)	mg	2,46	0,30	10,38	14
VitamineKouphytoménadione	µg	18	8	29	4
VitamineC	mg	68,9	0,0	264,2	35
VitamineB1ouThiamine	mg	0,1	0,0	0,4	16
VitamineB2ouRiboflavine	mg	0,2	0,0	0,5	11
VitamineB3ouPPouNiacine	mg	5,8	1,1	10,6	10
VitamineB5ouacidepanthothénique	mg	0,15	0,15	0,15	1
VitamineB6ouPyridoxine	mg	0,3	0,2	0,4	4
VitamineB8ouHouBiotine	µg	0,01	0,01	0,01	1
VitamineB9ouFolates	µg	102,3	8,8	279,7	9
VitamineB12ouCobalamines	µg	13,6	1,1	74,6	7

Elaboré par le CEVA (Centred'EtudeetdeValorisationdesAlgues), Pleubian, France -[www.ceva.fr](http://www.ceva.fr)

## ANNEXES

### **Annexe 02 : Spectre infrarouge des polysaccharides extrait de l'algue *Ulva fasciata***

## Résumé

Dans le but d'établir l'*Ulva fasciata* comme une thérapie complémentaire pour contrôler plusieurs maladies, notre recherche s'est orientée vers la détermination du profil pharmacologique des extraits de cette algue verte, à savoir les effets antioxydante et antibactérienne in vitro ainsi qu'analgésique in vivo. Après l'évaluation complète du screening phytochimique de l'algue brute qui a révélé une forte présence des flavonoïdes, des tanins, des coumarines et des quinones et après l'estimation du pourcentage d'extractions des biomolécules qui a montré un taux de 30 % pour les polysaccharides sulfatés et 27% pour les polyphénols. Les résultats des trois activités ont montré ; 74,5 % de pouvoir antioxydant de l'algue brute, des propriétés intéressantes pour l'activité antibactérienne des deux extraits et un pouvoir analgésique avec un pourcentage d'inhibition de 73,52% pour l'extrait polysaccharidique. Enfin Les résultats suggèrent que l'*Ulva fasciata* de la côte algérienne offre une grande variété des composés naturels à différents pouvoirs pharmacologiques très intéressants.

### ملخص

بهدف إنشاء أولفا فاسياتا كعلاج تكميلي للسيطرة على العديد من الأمراض ، ركز بحثنا على تحديد الخصائص الدوائية لمستخلصات هذه الطحالب الخضراء، وهي التأثيرات المضادة للأكسدة والمضادة للبكتيريا في المختبر وكذلك المسكنات في الجسم الحي. بعد التقييم الكامل للفحص الكيميائي النباتي للطحالب الخام الذي كشف عن وجود قوي للفلافونويد والعفص والكومارين والكينونات وبعد تقدير نسبة استخراج الجزيئات الحيوية التي أظهرت نسبة 30 ٪ للسكريات الكبريتية و 27 ٪ للبوليفينول. أظهرت نتائج الأنشطة الثلاثة ؛ 74.5 ٪ قوة مضادة للأكسدة من الأعشاب البحرية الخام ، خصائص مثيرة للاهتمام للنشاط المضاد للبكتيريا من المستخلصين وقوة مسكن مع نسبة تثبيط 73.52 ٪ لمستخلص السكريد. وأخيرا ، تشير النتائج إلى أن أولفا فاسياتا من الساحل الجزائري يقدم مجموعة واسعة من المركبات الطبيعية مع مختلف القوى الدوائية مثيرة جدا للاهتمام

### Summary

With the aim of establishing *Ulva fasciata* as a complementary therapy to control several diseases, our research has focused on determining the pharmacological profile of the extracts of this green algae, namely the antioxidant and antibacterial effects in vitro as well as analgesic in vivo. After the complete evaluation of the phytochemical screening of the raw algae which revealed a strong presence of flavonoids, tannins, coumarins and quinones and after the estimation of the percentage of extractions of the biomolecules which showed a rate of 30% for sulphated polysaccharides and 27% for polyphenols. The results of the three activities showed; 74,5% antioxidant power of the raw seaweed, interesting properties for the antibacterial activity of the two extracts and an analgesic power with a percentage of inhibition of 73,52% for the polysaccharide extract. Finally, the results suggest that the *Ulva fasciata* from the Algerian coast offers a wide variety of natural compounds with different very interesting pharmacological powers.

