

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

Université Abderrahmane Mira-Bejaia
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département de Biologie Physico-chimique

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme d'études supérieures en biologie moléculaire et
cellulaire
Option: Biochimie

Thème

*Aspects physiologiques et biologiques
des algues rouges*

Réalisé par :

M^{elle} AGOUN Ouassila

M^{elle} LOUNIS Safia

Membre de jury :

Présidente : M^{elle} ADRAR. S

Promotrice : M^{elle} SEBAIHI. S

Examinatrice : M^{me} RAHMANI. A

Année Universitaire : 2011/2012

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes très chers parents pour leurs sacrifices, leurs
patiences, leur soutien, leur confiance et leur amour, qu'ils
trouvent en se travail tout leurs encouragements pour moi.*

*Mon cher fiancé Abdrrzak pour son aide, ses conseils,
sa présence et surtout pour sa patience et sa famille.*

Mes frères : Mouloud et A. Hakim.

*Mes sœur: Wafa, Akila, Khalissa, Wahiba et son mari,
Souria et son mari, Fahima et leurs enfants Mayes et Neur
Islam et son mari.*

Mes oncles et mes cousins,

Mes copines de chambre ; et toutes mes amies.

Safia.



REMERCIEMENT

Nos remerciements vont tout d'abord à Dieu le tout puissant qui nous a donné la force et la patience tout au long de ce travail ;

Nous avons l'honneur et le plaisir d'exprimer notre profonde gratitude à M^{elle} Sbaihi S., Notre promotrice pour ses conseils et ses orientations ;

Nous tenons à remercier aussi :

M^{elle} ADRAR, de nous avoir consacré de son temps en nous faisant l'honneur d'accepter de présider et d'évaluer notre travail ;

M^{me} RAHMANI de nous avoir fait l'honneur d'examiner ce travail ;

En bref nous remercions toutes personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail ; un grand merci à tous.



Safia et Ouassila



Dédicaces

Avant toute chose je tiens à remercier Dieu le plus puissant pour m'avoir donné la force et la patience afin de réaliser ce modeste travail que je dédie particulièrement à

- ❖ A mes très chers parents, symboles de courage, de volonté et leurs amours, et que dieu offre une bonne santé et longue vie.
- ❖ A mes très chères sœurs : Salima, Samia, Souad et Dounia.
- ❖ A mes très chères frères : Omar, Abderrahmane, Zahir, Hamza et Bilal.
- ❖ A mes très chères neveux : Farida, Hadjar, Hadil et Oumaima .
- ❖ A mes très chères cousines: Khadra, Hidouche, Nacira et Saida.
- ❖ A mes très chères amies : Mounia, Yasmina, Karima, Souhila et Delloula.
- ❖ A ma collègue et Binome Safia
- ❖ A toute la promotion de Biochimie 2011/2012.



Ouassila



SOMMAIRE

Sommaire

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Introduction.....1

Chapitre I : Généralités sur les algues.

I-1. Historique2

I-2. Définition.....2

I-3. Les algues dans le règne végétal.....3

I-4. Classification des algues4

I-5. Reproduction des algues.....9

I-6. Les substances naturelles des algues9

I-7. Utilisations des algues.....13

I-8. Intérêt économique des algues.....16

Chapitre II : Les algues rouges (Rhodophycophyte).

II-1. Définition.....17

II-2. Caractères généraux des Rhodophycées.....18

II-3. Habitat et diversité.....18

II-4. La classification.....18

II-5. Compositions chimiques des Rhodophycées20

II-6. Utilisation des Rhodophycées22

II-7. Pigments photosynthétiques.....	23
II-8. Osides et polyholosides de réserve.....	23
II-9. Oxylipines	24
II-10. Les métabolites secondaires des algues rouges	26

Chapitre III : Importance biologique des algues rouges (Rhodophycophyte).

III-1. Activités biologiques des algues.....	29
III-2. Effets thérapeutiques de quelques composés isolés d'algues rouges.....	29
Conclusion.....	32
Liste des abréviations.	
Références bibliographiques.	

Liste des figures

Figure N ^o	Titre	page
01	Images de quelques espèces d'algues.	09
02	Répartition de l'utilisation des algues.	14
03	Structure des phycobilines.	17
04	Structure de caroténoïdes : Fucoxanthine et β -Carotène.	17
05	Structure du polymère d'agar.	20
06	Structures d'agarose (ou agar-agar).	21
07	Motif disaccharidique de répétition dans les carraghénanes	21
08	Structure des unités répétitives de différents types de carraghénanes.	22
09	Structure des différentes chlorophylles.	23
10	Formule de l'amidon floridéen.	24

Liste des tableaux

Tableau N ^o		page
I	Les algues dans l'ensemble du règne végétal.	04
II	Les thalles pluricellulaires de quelques espèces.	05
III	Composition pigmentaire des trois groupes d'algues.	06
IV	Classification des algues.	07
V	Classification des Rhodophyta.	19
VI	Exemple de Rhodophyceae contenant des oxylipines.	25
VII	Observations chimiotaxonomiques concernant les métabolites secondaires.	27

Les abriviations

AGPI : Acides Gras Polyinsaturés

Da : Dalton

Gal : Galactose

Galp :Galactopyranose

Glc : Glucane

KDa : KiloDalton

LDL : low-density lipoprotein

m : metre

mDa : milliDalton

mg : milligramme

nm : nano metre

Rha : Rhamnose

UV : Ultra violet

Xyl :Xylane

% : Pourcentage

INTRODUCTION

Introduction

Aujourd'hui une majorité de la population mondiale, plus particulièrement dans les pays en voie de développement, se soigne avec des remèdes traditionnels à base de plantes, sont toujours une source essentielle de médicaments (**Mc Hugh, 2003**).

Les algues sont parmi ces végétaux qui sont les plus anciens et furent les premiers êtres vivants à créer de l'oxygène, elles sont le point de départ de l'histoire des plantes et par conséquent des règnes animal et humain, elles produisent des substances antibiotiques, anti-mycosiques et antivirales qui les protègent des pollutions bactériologiques et nettoient le milieu (**Diane, 1994**).

Les algues puisent leur nourriture directement dans l'eau et non pas dans le sol, sont des végétaux inférieurs doués d'autotrophie par photosynthèse, participent activement à la production du dioxygène atmosphérique et constituent le phytoplancton à la base de la chaîne alimentaire du milieu marin (**Ali et al., 2010**).

Les algues sont utilisées comme aliment de base depuis des siècles, surtout par les pays asiatiques et toutes les études menées le siècle dernier ont confirmées ce potentiel alimentaire qui s'explique par une grande richesse en protéines, lipides, sucres, vitamines et minéraux, utilisées depuis des millénaires par les populations littorales pour leurs hautes valeurs nutritives (**Radmer et al., 1994**).

Sont couramment utilisés à travers le monde dans les domaines diététique, thérapeutique et cosmétologique, la valeur nutritive des algues et leurs bienfaits pour la santé suscitent depuis peu un certain intérêt, sont très utilisées dans la médecine chinoise, pourraient avoir une activité anticancéreuse, anti-inflammatoire, et antioxydant (**Shanmugam et al., 2000**).

Les algues interviennent donc directement ou indirectement dans la survie de nombreuses espèces, dont la nôtre, et il n'y a guère de grand problème humain actuel dans lequel elles n'interviennent pas d'une façon ou d'une autre, mais en plus, certaines d'entre elles peuvent aussi nous rendre de grands services pour nous bien ou nous mieux porter, ce sont ces algues-là, qui constituent en fait l'objet du présent travail.

CHAPITRE I

I-1.Historique :

Les algues sont le point de départ de l'histoire des plantes et de règnes animal et humain (**Diane, 1994**).

Le terme algue apparu en 1551, Connues depuis l'antiquité, ces plantes marines font partie intégrante des coutumes des pays Asiatiques telle que la Chine et le Japon (**Yuan, 2008**). Dès la fin de 19^{ème} siècle, le biologiste René quinton à établi la loi de similitude entre l'eau de mer et notre milieu intérieur, en 1957, le Dr. Basterman à découvert que l'administration d'extrait d'algues laminaires provoquait la clarification des gens souffrant de thrombose coronarienne. En plus il démontre leurs effets neutralisants sur les graisses et le cholestérol (**Faulkner, 2001**).

Il apparaît que les humains habitant au bord de la mer ont consommé des algues régulièrement, en Orient, les algues font partie de l'alimentation quotidienne depuis des millénaires, de nombreux peuples consomment des algues ; la Corée, la Chine, la Polynésie, les îles Hawaïennes, le Chili, le Pérou, l'Indonésie et les Philippines ont une tradition alimentaire où les algues occupent une place importante, il apparaît aussi que les Irlandais, les Écossais, les Bretons et les Canadiens des côtes ainsi que les Amérindiens ont consommé des algues dans leur alimentation quotidienne (**Diane, 1994**).

Dés la fin du XVII siècle, les japonais commençaient de cultiver certaines espèces dans les eaux saumâtres de la bais de Tokyo, les principaux pays producteurs sont la Chine, le Japon et la Corée (**Ruis. 2005**).

Ces plantes marines utilisées pour améliorer et maintenir la fertilité de sol chez les paysans des cotes de Bretagne et de Portugal, et leur usage en horticulture répandu en Amérique à partir des années cinquante dans la préparation de sushi ou comme condiment. Au japon, les algues entrent dans l'alimentation quotidienne dans une proportion allant jusqu'à 70% (**Trease et al, 1996**).

I-2.Définition:

Les algues sont des végétaux chlorophylliens essentiellement aquatiques (eaux douces, eaux thermales et milieux marines), caractéristique propre aux plantes inférieures, dépourvues de tige, de graines, de racines et de vaisseaux (**Gayral, 1975**).

Les algues sont des plantes marines, des organismes extrêmement variés de forme et de couleur, dont un grand nombre sont unicellulaires (**Gayral, 1975; Reviere, 2002**).

On dénombre 25 000 espèces d'algues à travers le monde, avec des tailles très variables de 3 microns jusqu'à 25 m de long, classées en algues bleues (Cyanophycées), algues brunes (Phéophycées), algues rouges (Rhodophycées) et algues vertes (Chlorophycées) (**Hillison, 1977**).

On peut définir une algue comme un organisme thallophytique photosynthétique jouant un rôle principal dans la productivité des océans et constituant la base de la chaîne alimentaire marine (**Hillison, 1977**).

Il y a trois critères pour reconnaître les algues:

-Le premier critère est d'ordre morphologique ; elles sont constituées d'un appareil végétatif non différencié appelée thalle; ce dernier ne possède pas la structure (tige, feuilles et racines) et certains présentent des thalles ressemblant à des cornues ; c'est le cas de l'algue brune *laminaria saccharina* qui possède une longue lame reliée à un organe de fixation appelé vasculaires et les parois des cellules jamais lignifiées (**Languedoc, 2011**).

-Le second critère est physiologique ; certaines sont hétérotrophes mais la plupart sont autotrophes vis-à-vis du carbone grâce à l'utilisation des pigments photosynthétiques (chlorophylle et caroténoïde) (**Gayral, 1975 ; Reviere, 2002**).

-Le dernier critère est basé sur la reproduction ; qui se fait par des sporophytes ou des gamétophytes, se déroule ainsi selon une alternance de phases de reproduction asexuée assurée par les thalles (sporophytes), et de phases de reproduction sexuée assurée par des thalles producteurs de gamètes (gamétophytes) (**Garon, 2004**).

I-3. Les algues dans le règne végétal

Que ce soit dans le règne animal ou végétal, on oppose deux grandes catégories d'êtres vivants dont les différences reposent sur la structure et le mode de division cellulaire :

Tableau N° I: Les algues dans l'ensemble du règne végétal (**Donadieu, 1985**).

EUCARYOTES	SPERMAPHYTES (vasculaires, avec fleurs et graines ; sont également regroupés sous le nom de PHANÉROGAMES) PTÉRIDOPHYTES = Fougères (vasculaires, sans fleurs ni graines) BRYOPHYTES = Mousses (vasculaires, sans fleurs ni graines)	CORMOPHYTES (présence de racines, tige et feuilles)
	LICHÉNOPHYTES = Lichens (résultent de la symbiose entre un champignon et une Algue) MYCOPHYTES = champignon (sans chlorophylles) PHYCOPHYTES = Algues (Avec chlorophylles)	THALLOPHYTES (absence de racines, tige et feuilles)
PROCARYOTES Ou SCHIZOPHYTES	CYANOSCHIZOPHYTES (avec chlorophylle) BACTÉRIOSCHIZOPHYTES (sans chlorophylles ou avec chlorophylles particulières).	

I-4. Classification des algues :

Il existe les macros et les micros algues marines ou d'eau douce, planctonique ou benthique, ce sont donc principalement des thallophytes, elles sont très variées, ces plantes marines appartiennent au règne végétal vert (chlorophycées), rouge (rhodophycées) et brunes (phéophycées), unicellulaires eucaryotes ou pluricellulaires dotées de plusieurs organes (**Garon, 2004**).

En plus de chlorophylle, les algues possèdent d'autres pigments accessoires, qui captent les rayons lumineux. Le mélange de pigment détermine la couleur de chaque variété

d'algue ce qui est un moyen permettant de différencier les espèces des unes des autres (Reviere, 2002).






I-4-1. Critères de la classification :

De nombreux critères écologiques, physiologiques et biochimiques interviennent dans la classification des algues comme les structures cellulaires, le mode de nutrition, l'habitat ou même la nature et la localisation des pigments (Reviere, 2002).

Les algues peuvent être classées selon :

- Les modes de reproduction (Garon, 2004).
- Existence ou non d'organe (Ruis, 2005).
- Existence ou non de vaisseaux conduisant la sève (Ruis, 2005).
- L'habitation (Chrétiennot, 1990).
- L'organisation du thalle (Languedoc, 2011).
- Thalle unicellulaire (microphyte) ou thalle pluricellulaire (macrophyte) (Garon, 2004).

Tableau N° II : Les thalles pluricellulaires de quelques espèces (Languedoc, 2011).

Thalles pluricellulaires	Exemple d'espèce	Les images des thalles
Thalles filamenteux	<i>Spyrogira</i>	
Thalles foliacé	<i>Ulva lactuca</i>	
Thalles en tube	<i>Enteromorpha</i>	
Thalles en cladomiens	<i>Sphocelaria / Plumaria</i>	
Thalles fucoïdes	<i>Laminaria</i>	

- Les pigments (**Matsuno et al., 1989**).

Les pigments ont dès le début du 19^{ième} siècle, constitué un critère important dans la classification des algues. Le rôle physiologique de ces molécules est de capter l'énergie lumineuse. Selon la nature des pigments associés à la chlorophylle, les plastes sont tantôt verts (Chlorophytes), tantôt jaunes ou bruns (Chromophytes), ou encore rouges (Rhodophycées) (**Ruis, 2005**).

Tableau N° III : Composition pigmentaire des trois groupes d'algues (**Genvès, 1990**).

	Algues vertes	Algues rouges	Algues brunes
Chlorophylles	a + b	a + d	a + c
Carotènes	a + b	a + b	B
Pigments	-	Phycocyanine Phycoérythrine	Fucoxanthine

En fonction de ces divers caractères, on distingue :

- Le groupe des algues eucaryotes ou phycophytes, divisé en 6 embranchements :
 - Les Chlorophycophytes
 - Les Phéophycophytes
 - Les Crysophycophytes
 - Les Euglénophycophytes
 - Les Pyrrophytocytes
 - Les Rhodophycophytes
- Le groupe des algues procaryotes :
 - Les Cyanoschizophytes

L'ensemble de cette classification récapitulée dans le tableau N°IV

Tableau N° IV: Classification des algues (Donadieu, 1985).

Algues	Embranchement	Classe	Habitat principale
EUCARYOTES	CHLOROPHYCOPHYTES (algues vertes)	Chlorophycées Zygophycées Charophycées	Eaux marines Eaux douces Eaux douces Eaux douces ou saumâtres
	PHÉOPHYCOPHYTES (algues brunes)	Phéophycées	Eaux marines
	CHRYSOPHYCOPHYTES (algues jaunes, vertes ou brunes)	Chrysophycées (jaunes) Xanthophycées (vertes) Bacillariophycées (brunes)	Eaux marines Eaux douces Eaux douces Eaux marines (Phytoplancton)
	EUGLÉNOPHYCOPHYTES (algues vertes ou incolores)	Euglénophycées	Eaux douces
	PYRROPHYCOPHYTES (algues de couleurs variées)	Dinophycées (jaunes ou brunes) Cryptophycées (brunes, bleues, rouges ou incolores) Raphidophycées (vertes)	Eaux marines (abondantes dans le phytoplancton) Eaux marines Eaux douces Eaux douces ou saumâtres
	RHODOPHYCOPHYTES (algues rouges)	Rhodophycées	Eaux marines Eaux douces
PROTOCARYOTES	CYANOSCHIZOPHYTES (algues bleues)	Cyanophycées	Eaux marines Eaux douces ou saumâtres

I-4-2. Systématiques des algues

Les algues sont divisées en six grands phylums d'après la coloration des pigments et la nature des réserves cellulaires (**Bourrelly, 1966**).

➤ **Embranchement des Cyanophytes**

Dénommées aussi algues bleues, *Schizophytes* ou *myxophytes*, ce sont des procaryotes, elles possèdent de la chlorophylle a et des pigments bleues et rouges (phycocyanine et phycoérythrine), ces pigments ne sont pas portés par des plastes mais sont diffus dans le cytoplasme et donnent aux cellules une coloration homogène, leurs réserves sont constituées par un polysaccharide voisin du glycogène (**Genvès, 1990**). Cet embranchement est représenté par une seule classe ; Cyanophyceae (**Bourrelly, 1966**).

➤ **Embranchement des Chlorophytes**

Cet embranchement se divise en cinq classes ; les Chrysophyceae, Xanthophyceae, Diatomophyceae, Phéophyceae et Raphidophyceae (**Bourrelly, 1966**).

➤ **Embranchement des Pyrrophytes**

Algues eucaryotes à noyau bien individualisé, elles possèdent des plastes verts contenant de la chlorophylle a et b, et des pigments accessoires, leurs réserves sont toujours constituées par l'amidon, elles sont représentées par quatre classes ; Chlorophyceae, Ulotrichophyceae, Zygothryxophyceae et Charophyceae (**Bourrelly, 1966**).

➤ **Embranchement des Euglenophytes**

Algues unicellulaires et flagellées, le plus souvent mobiles, avec des plastes verts contenant de la chlorophylle a et b, les réserves sont constitués des grains de paramylon «Polysaccharide très différent de l'amidon». Il y a une seule classe, celle des Euglenophyceae (**Bourrelly, 1966**).

➤ **Embranchement des Chromophytes ou Chrysophytes**

Algues caractérisées par des chromatophores bruns, jaunes ou vert-jaunâtre, elles ne possèdent jamais d'amidon et ne se colorent pas au contact de l'iode, il existe de nombreuses formes flagellées ; Algues avec des plastes bruns, plus rarement rouge ou bleu-verts contenant des chlorophylles a et c, les formes unicellulaires biflagellées sont très nombreuses, les

réserves sont constituées de l'amidon, on distingue deux classes ; les Cryptophyceae et les Dinophyceae ou Péridiniens (**Donadieu, 1985**).

Embranchement des Rhodophytes

Algues essentiellement marines, leurs pigments sont constitués par des chlorophylles a et d, les réserves sont constituées par de l'amidon floridéen proche du glycogène (**Donadieu, 1985**). Elles sont représentées par deux classes ; Bangiophyceae et Floridiophyceae (**Genvès, 1990**).



Algue bleue

Algue rouge

Algues verte

Algue brune

Figure N° 01 : Images de quelques espèces d'algues (**Calvodos, 2007**).

I-5. Reproduction des algues

Dans de très nombreux cas, la reproduction des algues s'effectue par multiplication végétative, il s'agit d'une multiplication asexuée qui consiste soit en la division d'une cellule isolée (cas des algues bleues), soit en une fragmentation de thalle aboutissant à la formation de plusieurs organismes identiques, elle est souvent réalisée par la formation de cellules spécialisées ; les spores. Les algues eucaryotes réalisent en plus une reproduction sexuée au cours de laquelle l'union de deux cellules reproductrices, ou gamètes, produit un œuf, ou une zygote (**Garon, 2004**).

I-6. Les substances naturelles des algues

I-6-1. Les substances de stress

Depuis quelques années, le monde des sciences biologiques et médicinales est envahi par un nouveau concept, celui du stress oxydant. Les algues, comme la plupart des végétaux, produisent des substances dites de stress.

Ce sont principalement les osmolytes, les composés phénoliques et les composés à activité antimicrobienne (**Beuchet, 2007**).

- **Les osmolytes**

Les algues synthétisent ou accumulent des solutés organiques pour rétablir une pression intracellulaire cytoplasmique favorable à la croissance en réponse à un stress osmotique. Ces solutés sont essentiellement des polyols, sucres solubles, acides aminés non essentiels, des composés à groupement ammonium quaternaire appelés bêtènes et des composés à groupement sulfonium diméthylés comme le β -diméthylsulfonio-propionate, les trois caractérisés de composés majeures ; le floridoside l'acide iséthionique et la N-méthyl-méthionine sulfoxyde (**Ulf et al., 1994**).

- **Les composés phénoliques**

Ce sont des métabolites secondaires présent chez toutes les plantes vasculaires et chez les algues. Les composés phénoliques algaux sont pour l'essentiel des polymères du phloroglucinol, dont les teneurs sont significativement plus importantes chez les algues brunes que chez les algues rouges ou vertes, les fonctions principales attribuées à ces composés chez les végétaux sont la protection contre les pathogènes et les herbivores ainsi que la limitation des dommages dues aux radiations UV, dans se dernier cas, ils agiraient par effets d'écran et par effets antioxydants (**Roussi, 2006**).

- **Les composés à activités antimicrobiennes**

Le milieu marin et les organismes qui l'habitent sont une source infinie de molécules actives à structures chimiques originales. Ces composées sont synthétisées par des voies métaboliques différentes de celle observés en milieu terrestre. Parmi les organismes marins, les algues qui sont le plus souvent fixées sur un substrat, ont élaboré des défenses chimiques pour empêcher leur colonisation par d'autres espèces y compris les micro organismes (**Nianjun, 2002**).

I-6-2. Phytostérols

Ce sont des composés qui ressemblent au cholestérol sur le plan chimique, et empêchent l'absorption de se dernier dans l'organisme et réduisent son taux dans le sang, particulièrement le LDL (mauvais cholestérols). Les algues, dont le wakamé et la nori contiennent des phytostérols. Le wakamé séchée contiendrait environ 1 mg de

phytostérols par gramme et la nori séchée contiendrait près de 0,4 mg par gramme (Matteo, 2010).

I-6-3. Les polysaccharides

Ce sont des molécules intéressantes sur le plan nutritionnel, car elles ont une valeur calorique très faible par rapport à la gélatine d'origine animale. Les polysaccharides ont la propriété d'augmenter la viscosité lorsqu'ils sont dispersés dans une solution aqueuse (gélifiantes) (Aspinall, 1982).

Les différents types de polysaccharides des algues

Les polysaccharides algaux forment une vaste famille au sein de laquelle on distingue :

- **polysaccharides de réserve (stockés à l'intérieur de la cellule)**

Chez les algues brunes, il s'agit de la laminarine (polymère du 1,3- β -glucopyranose), chez les algues rouges, de l'amidon floridéen (polymère du 1,4- α -glucose), et chez les algues vertes, du glucane (polymère du 1,4- β -glucose) (Ruis, 2005).

- **polysaccharides de faible poids moléculaire**

Solubles dans le milieu aqueux, ils passent à travers la membrane pour réguler la pression osmotique (Aspinall, 1982).

Chez les algues rouges, on distingue plusieurs espèces dont deux isomères : le floridoside et l'isofloridoside participant à la régulation osmotique (Aspinall, 1982).

Chez les algues brunes, plusieurs espèces sont également présentes, est également présente un type particulier de saccharide sous forme de polyols, le D-mannitol, qui représente jusqu'à 25% du poids sec de l'algue, enfin, les algues vertes comportent des traces de monosaccharides tels que le fructose ou le saccharose (Aspinall, 1982).

- **polysaccharides de structure**, c'est à dire ceux de la paroi ; appelés polysaccharides pariétaux, ils comprennent :

- une phase **squelettique**, uniquement de structure et constituée de polysaccharides insolubles (celluloses, mannanes, xylanes) (Aspinall, 1982 ; Mc Neil *et al.*, 1984).

- une phase **matricielle**, La phase matricielle hydrosoluble, de nature mucilagineuse, parfois associée à des protéines est de nature très complexe, la matrice amorphe des Chlorophytes (algues vertes), constituée d'un polysaccharide polyanionique sulfaté (**Percival, 1978**). De haut poids moléculaire (entre 10^5 et 10^6 Da) est composée principalement par des oses neutres (Xyl, Glc, Gal, Rha) et en plus faible quantité d'acides uroniques (GlcA, GalA) (**Mc Neil et al., 1984**).

I-6-4. Les lipides et acides gras polyinsaturés(AGPI)

Les microalgues marines renferment une grande variété d'acides gras. La proportion de lipides dans les algues est très faible (1 à 3% de la matière sèche); elles contiennent en effets une proportion en acides oméga 3 supérieures à celle des plantes terrestres, car contrairement à ces dernières, elles possèdent une élongase-désaturase qui lui permet d'obtenir des longues chaînes d'AGPI (**Becker, 1994**).

I-6-5. Les protéines et acides aminés essentiels

Certaines algues pourraient être améliorées pour leur teneur protéique qui est parfois supérieure à celle de certaines plantes terrestres, comme le soja, la difficulté de l'exploitation de cette ressource reste surtout due à l'extraction de ces protéines, car elles sont liées dans la paroi cellulaire, aux polysaccharides, tel que les alginates, les carraghénanes, l'agar ou encore la cellulose, ce qui limite la solubilité des protéines et leurs disponibilités (**Rossana et al., 2006**).

Les taux protéiques varient selon les espèces, par exemple les algues vertes (chlorophycées) du genre *Ulva* peuvent contenir jusqu'à 26% de protéines par rapport au poids sec, et les algues rouges (Rhodophycées), comme *Palmaria palmata* (la dulse), ou *Porphyra tenera*, sont les plus riches avec 35 à 47% du poids sec. La teneur en protéine peut aussi varier pendant les saisons (**Rossana et al., 2006**).

I-6-6. Les vitamines

La composition vitaminique des algues est intéressante, mais elle varie selon la saison, l'ensemble des vitamines est bien représenté : vitamine A, B₁, B₂ et C. Certaines algues unicellulaires sont cultivées pour leur richesse en vitamines (**Biosvert, 1988**).

I-6-7. Les minéraux

Ces plantes marines sont aussi une source intéressante en minéraux : calcium, magnésium, potassium, iode, fer, cuivre et sélénium (**Biosvert, 1988**). Les algues brunes et rouges en contiennent d'avenage que les algues vertes, avec 36% de la masse sèche pour les premières contre 30% pour les vertes. Cette richesse minérale est surtout exploitée pour ce qui concerne l'iode et le calcium (**MacArtain et al., 2007**).

I-7. Utilisations des algues

Les algues sont utilisées depuis des temps immémoriaux dans l'alimentation humaine, elles constituent la base de la nourriture populaire, en particulier au Japon, au moins depuis le XVII^e siècle (**Trease et al., 1996**).

La plus grande partie des algues récoltées en Europe est utilisée pour l'extraction des substances particulières qui n'existent que chez les végétaux et qui n'ont pas leur équivalent de synthèse. Ces substances sont recherchées pour leurs propriétés physiques et utilisées surtout comme agent gélifiant, épaississant et stabilisateur, elles entrent dans une multitude d'application, que nous les consommons comme les crèmes glacées, les pâtisseries, les confiseries, les desserts lactés, les laits chocolatés (**Ruis, 2005**).

On les trouve aussi dans les conserves de viande, les jus de fruits, les gâteaux aux fruits, les confitures, les aliments de régime, la nourriture pour les bébés, les aliments pour animaux domestiques, ces substances extraites d'algue semblent également promises à un bel avenir comme agents d'immobilisation d'enzyme ou de Bactéries dans de nombreuses branches de la biotechnologie (**Cabioch'h et al., 2006**).

On attribue aux algues les vertus les plus diverse, incitant à les utiliser dans des domaines aussi variés que la médecine (douce), la cosmétique (antirides), la diététique (aliment allégés, correction de carences minérales) ou l'agriculture (engrais antipollution) (**Michel, 2000**).

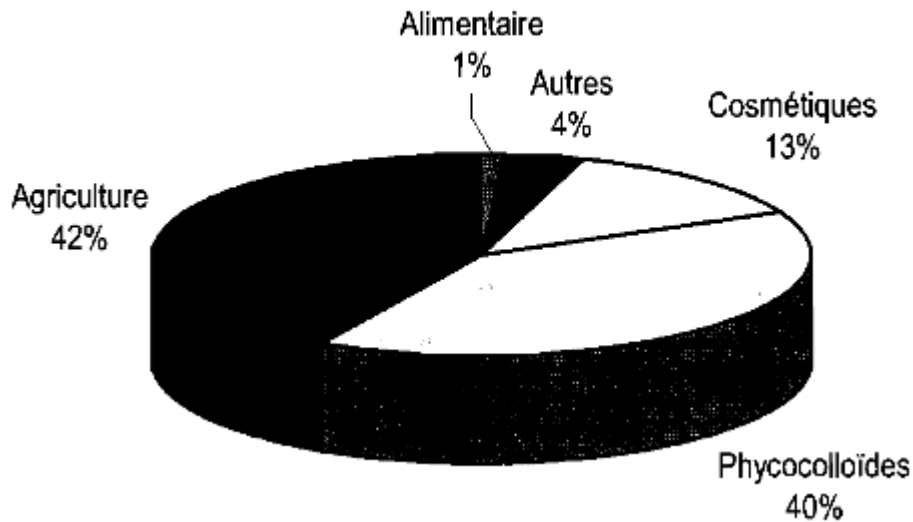


Figure N° 02: Répartition de l'utilisation des algues en 2001 (Garon, 2004).

I-7-1. Propriétés diététiques des algues marines

Toutes les algues alimentaires sont pauvres en calories par manque de sucres assimilables et de matières grasses. D'une façon générale, les algues alimentaires contiennent de 40 à 50% de fibres, de 10 à 15 % de protéines, et de 15 à 20% de sels minéraux avec seulement de 0,5 à 1% de lipides, la meilleure source de protéine reste cependant la Cyanobactérie *Spirulina platensis* avec des teneurs moyennes variant de 62 à 74% du poids sec (Josep, 2010).

I-7-2. Les algues en cosmétologie

Stimulante, les algues interviennent dans l'amélioration notable de la circulation sanguine locale à l'origine de vraisemblablement de certains effets positifs constatés dans les surcharges graisseuses localisées et dans la cellulite

Tonifiante, avec raffermissement des tissus cutanés en générale et par voie de conséquence d'excellent résultats dans la prévention ou le traitement des rides ;

Rééquilibrante, hybride, protéinique, vitaminique, et minérale, avec régulation rapide des problèmes de peaux grasses ou sèches et sensibles ;

Désintoxiquante, avec une meilleure élimination des déchets au niveau des glandes sébacées, source d'une meilleure vitalité cutanée (**Donadieu, 1985**).

I-7-3. Utilisation des algues dans l'agriculture

Les algues ont été tout d'abord utilisées par l'homme pour son alimentation, largement consommées en Extrême-Orient où elles sont utilisées comme légumes, elles sont de plus en plus utilisées dans les préparations alimentaires des pays occidentaux. En progression constante depuis 1984 (**Pérez, 1997**).

Il existe sur le marché des composés à base d'algues destinées à l'horticulture. Il convient d'ajouter l'utilisation du phycocolloïdes pour la rétention de l'humidité des sols, emploi comme fertilisants et engrais et la possibilité d'utiliser l'activité antivirale de certains alginates pour lutter contre le virus de la mosaïque du tabac (**Pérez, 1997**).

I-7-4. Utilisation des algues dans la médecine

Parmi les algues utilisées actuellement sur le plan médical

➤ **La plupart intervient comme stimulants du métabolisme général**

Certaines substances minérales (d'iode tout particulièrement) et des vitamines, activent le métabolisme général par stimulation des glandes endocrines, accroissement des échanges osmotiques et meilleure élimination des déchets, ceci aussi bien en ingestion que par pénétration transcutanée (**Donadieu, 1985**).

➤ **De nombreuses possèdent des actions**

- Hypocholestérolémiantes (*Alaria, Chondrus, Corallina, Laminaria...*)
- Hypoglycémiantes (*Corallina, Cytoseira...*)
- Hypotensives (*Chondrus, Laminaria...*)

- Anticoagulantes (*Chondrus, Corallina...*)
- Muco-protectrices digestives (*Chondrus, Hypnea...*)
- Laxatives (*Chondrus, Fucus, Gelidium...*)

➤ **Certain ont des propriétés**

- Cardiotoniques (*Undaria pinnatifida*)
- Vermifuges (*Alsiidom helminthocorton*)
- Antibactériennes, antifongiques et antivirales (*Cladophora*, *Gelidium*)
- Antitumorales *Marginisporum crassissimum* (**Shingo, 2001**).

I-8. Intérêt économique des algues

Les algues sont utilisées comme légumes, elles sont de plus en plus utilisées dans les préparations alimentaires des pays occidentaux. En progression constante depuis 1984 (**Perez et al., 1992 ; Perez, 1997**), la production des algues et des végétaux aquatiques a atteint près de 10 millions de tonnes en 2000 (**Mc Hugh, 2003**).

CHAPITRE II

II-1. Définition

Les Rhodophycées sont d'une couleur rouge plus ou moins nette, due à la présence, dans leur appareil plastidial, de phycoérythrine toujours associée à une petite quantité de phycocyanine. Le pigment rouge masque les chlorophylles *a* et *d* toujours présentes. La plupart des Rhodophycées mesurent quelques centimètres ou décimètres de longs et se rencontrent sous toutes les latitudes. Elles sont toutefois moins nombreuses dans les mers arctiques que dans les zones proches des tropiques. On en dénombre environ 4 000 espèces, réparties en 700 genres (**Kraft et al., 1981**).

Chez les algues rouges, les antennes collectrices sont constituées de chlorophylles associées à des phycobilines (Figure 03) et à des caroténoïdes (Figure 04) (**Jahn et al., 1984**).

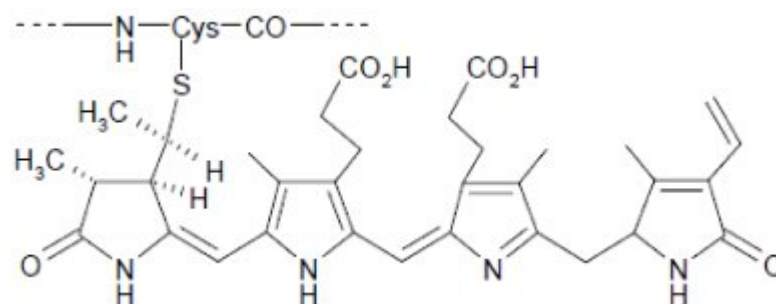


Figure N° 03 : Structure des phycobilines (**Jahn et al., 1984**).

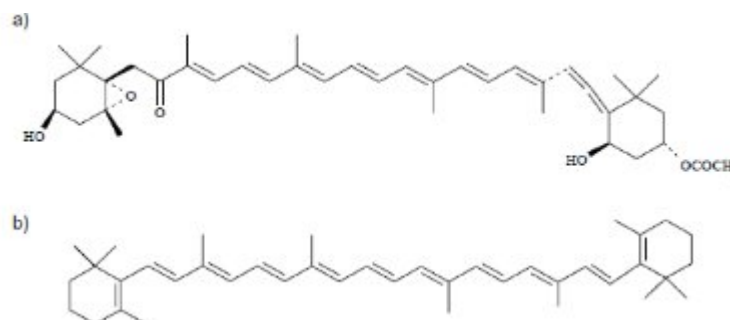


Figure N° 04 : Structure de caroténoïdes. a) Fucoxanthine ; b) β -Carotène (**Jahn et al., 1984**).

II-2. Caractères généraux des Rhodophycées

Elles sont de morphologie très variée dont les cellules renferment un appareil plastidial ou est localisé un mélange de chlorophylle a et d, de phycobiliprotéines et de caroténoïdes. Les produits du métabolisme sont de grains rhodamylon (toujours extraplastidiaux) et des hétérosides dissous dans le suc vacuolaire. Il n'y a jamais de cellules flagellées. La reproduction sexuée est une aplanogamie (cellules mal non mobiles ou spermatie, cellule femelle non mobile surmontée ou non d'un trichogyne (**Gayral, 1975**).

II -3. Habitat et diversité

La majorité sont marines, les Rhodophycées d'eau douce sont peu nombreuses et se rencontrent dans les eaux courantes et peu minéralisées ; on n'en recense qu'une vingtaine de genres réparties en 150 espèces environ (**Sheath, 1984**). Les Rhodophycées sont majoritairement benthiques excepté 3 genres de Porphyridiales unicellulaires (*Porphyridium*, *Rhodella*, *Rhodorus*) qui sont planctoniques (**Chrétiennot, 1990**). Généralement fixées sur les rochers, elles peuvent être épiphytes, endophytes (*Schmitziella endophloea*) ou parasites d'autres algues (*Polysiphonia lanosa*) ; grâce à leurs pigments surnuméraires (phycoérythrine en particulier) qui leur permettent d'absorber dans le vert (entre 500 et 565 nm), elles peuvent vivre jusqu'à 250 m de profondeur (**Litter et al., 1985**).

II -4. Les classes des algues rouges

II-4-1. Les Bangiophycidées

Les Bangiophycidées sont parmi les Rhodophycées qui présentent les caractères les plus primitifs (**Jean, 1978**).

La plupart des Bangiophycidées sont des algues marines. Le *rhodorus marinus* est le seul exemple ayant un mode de vie planctonique. Quelques Bangiophycidées vivent dans les eaux douces comme *chroothece*, et certains espèces du genre *Asterocystis* qui sont de petites épiphytes, enfin certaines espèces du genre *Bangia* qui se développent en touffes abondantes dans des eaux courantes (**Donadieu, 1985**).

II-4-2. Les Floridéophycidées (Floridées)

Les floridées constituent, par des nombres de leur représentant, un ensemble beaucoup plus important que celui des Bangiophycidées (**Garon, 2004**), dont la morphologie est très variée. Quelques Floridées vivent en eaux douces, dans nos régions tempérées on trouve dans des eaux courantes, plutôt froides (**Garon, 2004**).

La grande majorité des rhodophycées vit dans les eaux marines, la plus grande nombre en épiphyte ou fixé aux rochers ; exceptionnellement, les filaments de *Rhodothamniella floridula*) se développent dans le sable où leur enchevêtrement en un puissant réseau joue un rôle important dans la consolidation de ce sédiment (**Littler et al., 1985**).

Tableau N° V: Classification des Rhodophyta (Van Den et al., 1996).

Classe des Bangiophycideae	Classe des Floridophycideae	
Ordre Porphyridiales	Ordre Batrachospermales	Corallinales
<i>Famille Porphyridiaceae</i>	<i>Famille Batrachospermaceae</i>	Coralineaceae
Goniotrichaceae	Palmariales	Gigartinales
Compsopogonales	Palmariaceae	Solieriaceae
Compsopogonaceae	Nemadiales	Gigartinaceae
Erythropeptidaceae	Acrochaetiaceae	Phylloporaceae
Boldiaceae	Nemaliaceae	Gracilareaceae
Bangiales	Helminthocladiaceae	Rhodymeniales
Bangiaceae	Chaetangiaceae	Champiaceae
	Gelidiales	Ceramiales
	Bonnemaisoniales	Ceramiaceae
	Bonnemaisoniaceae	Dasyaceae
	Cryptonemiales	Delesseriaceae
	Dumontiaceae	Rhodomelaceae
	Glosiphoniaceae	
	Cryptonemiaceae	
	Kallymeniaceae	
	Choreocolaceae	

II-5. Compositions chimiques des algues rouges

❖ Les agars

Principalement extrait des Gracilaires et Gelidiales (**Indergaard, 1983 ; Painter, 1983**), le groupe des agars comprend une vaste gamme de polysaccharides principalement constitués d'une unité répétitive disaccharidique constituée d'un D-Galp et d'un 3,6-anhydro-L-Galp respectivement liés en β -1,4 et α -1,3 (**Araki et al., 1956**).

Les agars peuvent être considérés comme des analogues des carraghénanes (et vice-versa) tant sur le plan chimique que biologique, et diffèrent des carraghénanes par une plus faible quantité de sulfates (moins de 5 %) (**Yaphe, 1984**). Ces colloïdes, d'une masse moléculaire pouvant atteindre 1000 kDa, peuvent être selon leur origine, leur âge, les saisons ou leur méthode d'extraction, substitués par des groupements sulfates, méthyles, carboxyles ou pyruvates (**Araki, 1966**).

Leurs propriétés gélifiantes, variables en fonction de leur composition (**Guiseley, 1970; Yaphe et al., 1972**), sont dues aux conformations hélicoïdales des chaînes polysaccharidiques en milieu aqueux soluble dans l'eau bouillante, les utilisations de l'agar résultent de son aptitude à former des gels à basse température, ainsi, 90 % de la production d'agar est valorisée par les industries agro-alimentaires pour ses propriétés stabilisantes, gélifiantes et leurs faibles valeurs nutritionnelles, les 10 % restant trouvent des applications en biotechnologie et bactériologie comme gels d'électrophorèse ou supports de cultures cellulaires (**Chapman, 1980**).

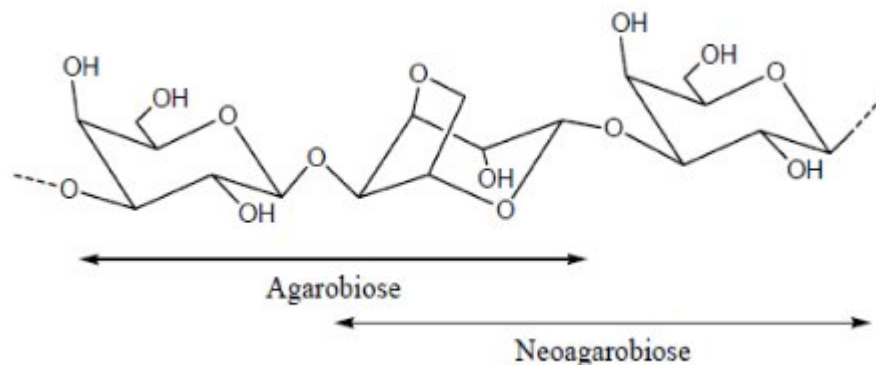


Figure N° 05 : Structure du polymère d'agar et dénomination des dimères (**Araki, 1956**).

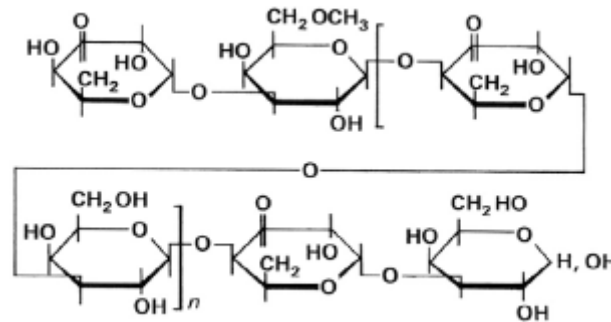


Figure N° 06: Structure d'agarose (ou agar-agar) (Busti, 2007).

❖ Les carraghénanes

Les carraghénanes sont principalement extraits des genres *Chondrus*, *Gigartina* et *Euchema*. Ils comprennent un groupe complexe de polysaccharides linéaires constitués de molécules de galactopyranoses alternativement liés en β -1,3 et α -1,4 et plus ou moins substituées (20 à 38 % de sulfates. Les familles de carraghénanes ont d'abord été distinguées en fonction de leur solubilité dans une solution de chlorure de potassium (Smith et al., 1953) puis en fonction du nombre et de la position des sulfates sur le galactose de la partie glycanique. (Rees, 1969). Trois familles ont ainsi pu être regroupées selon la position des groupements sulfates et en fonction de la présence ou non de 3,6-anhydro-galactopyranose. (Rees, 1969 ; Greer et al., 1984).

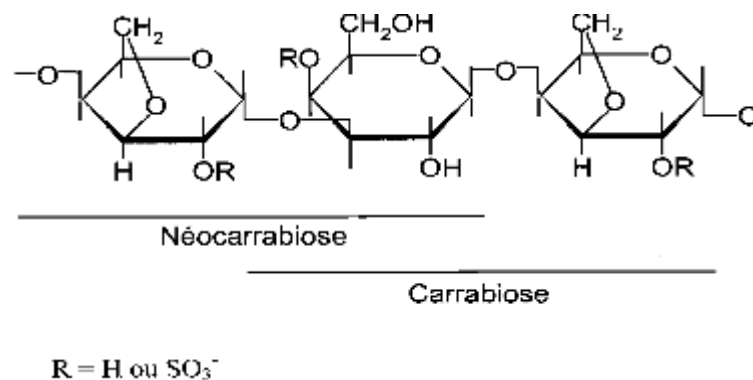


Figure N° 07 : Motif disaccharidique de répétition dans les carraghénanes (Rees, 1961).

On distingue :

- **Lambda carraghénane** est le plus hydrophile car il ne possède pas de pont 3,6 anhydro-galactose, et sa solubilisation se fera à température ambiante quel que soit le cation associé aux sulfates.
- **Kappa carraghénane** est moins hydrophile, sa solubilisation totale ne pourra être assurée que par élévation de la température. Cette température de solubilisation dépendra en outre du cation associé, la forme sodique étant plus facilement soluble que la forme potassique.
- **Iota carraghénane** a un comportement intermédiaire (Rees, 1961).

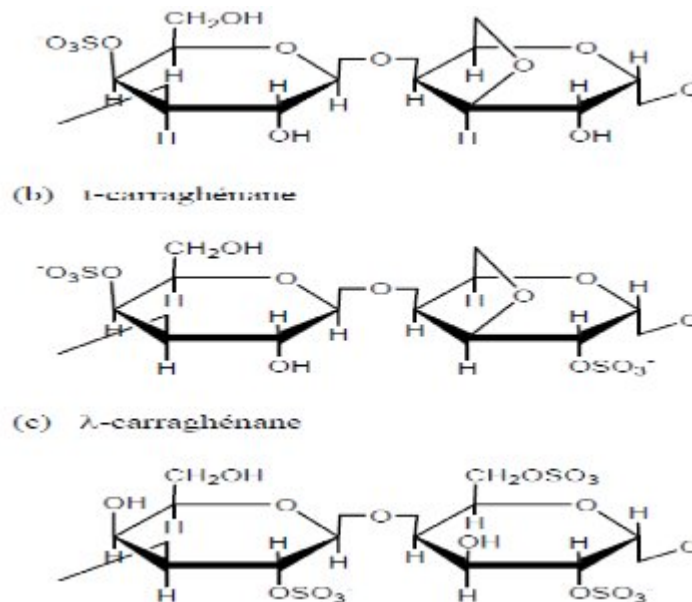


Figure N° 08 : Structure des unités répétitives de différents types de carraghénanes (Rees, 1969).

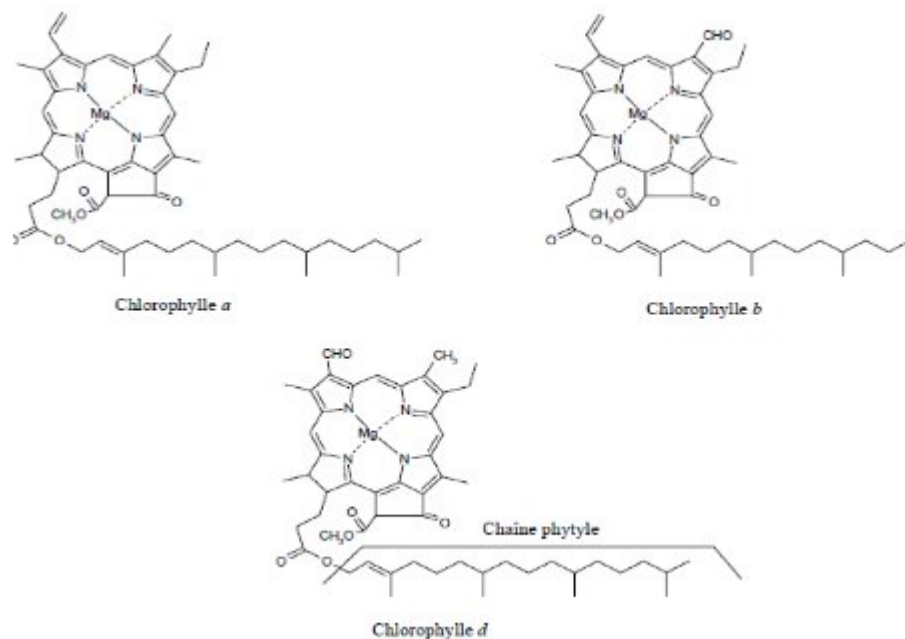
II-6. Utilisation des Rhodophycées

Les algues rouges sont employées comme engrais, car leur décomposition dans le sol apporte à celui-ci de nombreux sels minéraux, certaines algues calcaires sont recherchées pour amender des terrains trop pauvres en chaux (Garon, 2004). Dans certains pays, comme Japon, certaines algues rouges entrent couramment dans l'alimentation telles les *Porphyra* (Garon, 2004).

Utilisées dans la production industrielle de substances polysaccharidiques renfermant une certaine proportion de monomères sulfatés. Ces substances élaborées au niveau des parois, sont plus ou moins solubles dans l'eau bouillante et donnent deux produits industriels: l'agar-agar ou gélose et la carraghénane. Ces produits tirent leurs applications de la propriété qu'ils ont donné des solutions visqueuses à chaud, solidifient en se refroidissant (**Garon, 2004**).

II-7. Pigments photosynthétiques

Les algues rouges possèdent un équipement photosynthétique complet, comparable à celui des Cyanobactéries car elles possèdent à la fois des chlorophylles, des phycobiliprotéines, des caroténoïdes et des xanthophylles, les Rhodophyceae contiennent de la chlorophylle *a* et *d* (**Meeks, 1974 ; Rowan, 1989**). La chlorophylle *d* ne diffère de la chlorophylle *a* que par substituent sur le carbone 2 : vinyl pour la *a*, aldéhyde pour *d* ; Les algues rouges possèdent les α et β -carotènes avec des proportions variables selon les espèces (**Matsuno et al., 1989**).



Figures N° 09 : Structure des différentes chlorophylles (**Ruiz, 2005**).

II-8. Osides et polyosides de réserve

Les algues rouges possèdent α -1,4 glucane forment apparenté aux amidons, mais beaucoup plus ramifié et avec un degré de polymérisation plus élevé, avec des masses

moléculaires moyennes de 100 à 200 MDa. L'amidon floridées apparait ainsi comme « intermédiaire » entre l'amylopectine des végétaux terrestre et le glycogène des vertébrés supérieurs (Busti, 2007).

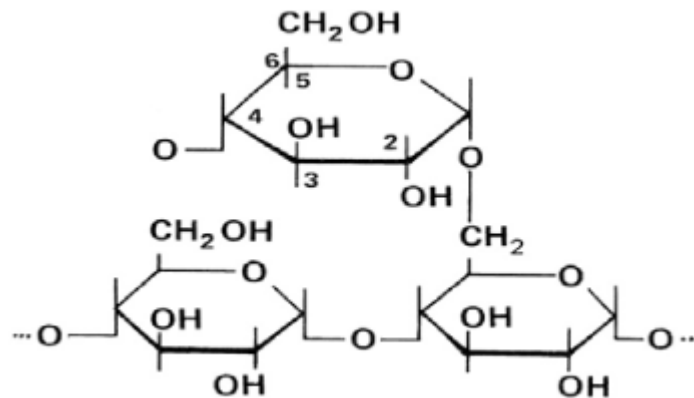


Figure N° 10 : formule de l'amidon floridéen (Busti, 2007).

L'amidon floridéen n'est pas la seule forme de stockage d'énergie pour les algues rouges. Celles-ci utilisent deux galactosylglycérols isomères, le floridoside et l'isofloridoside, qui ne diffèrent que par le site de liaison entre le glycérol et α -galactose. Ces deux molécules interviendraient en tant que régulateurs osmotiques (Manners *et al.*, 1982 ; Karsten *et al.*, 1993 ; Barrow *et al.*, 1995).

II-9. Oxylipines

Les oxylipines sont les métabolites d'acides gras polyinsaturés à longues chaînes, principalement à 18 et à 20 atomes de carbone, impliqués dans les mêmes mécanismes d'oxydation que ceux qui sont observés avec l'acide arachidonique chez globalement les Mammifères, les dérivés de l'acide arachidonique sont globalement qualifiés d'eicosanoïdes par référence au nombre vingt d'atomes de carbone, alors que le terme d'oxylipines regroupe les mêmes types de dérivés, mais avec un nombre de carbone variable, bien que souvent égal à 18 ou à 20, les analogies de structures entre les eicosanoïdes et les oxylipines laissent supposer des analogies dans les propriétés biologiques, les oxylipines ont été trouvées dans la quasi-totalité des phylums d'organisme marin (Mc Phail *et al.*, 2004).

Tableau N° VI : Exemple de Rhodophyceae contenant des oxylipines (Gerwick *et al.*, 1990).

Ordre	Familles	Espèces	Références
Céramiales	Céramiaceae	<i>Neoptilota asplenioides</i>	Gerwick <i>et al.</i> , 1993
		<i>Ptilota filicina</i>	Wise <i>et al.</i> , 1994
	Delesseriaceae	<i>Cotoniella filamentosa</i>	Gerwick, 1996
		<i>Platysiphonia miniata</i>	Moghaddam <i>et al.</i> , 1989
		<i>Polyneura latissima</i>	Jiang and Gerwick, 1997
			<i>Laurencia spectabilis</i>
		<i>Murrayella pericladus</i>	Bernart and Gerwick, 1994 Gerwick, 1996
Corallinales	Corallinaceae	<i>Bossiella orbigniana</i>	Burgess <i>et al.</i> , 1991
		<i>Lithoyhamnion corallioides</i>	Gerwick <i>et al.</i> , 1990, 1993
		<i>Lithoyhamnion calcareum</i>	Guerriero <i>et al.</i> , 1990
Cryptonémiales	Peyssonneliaceae	<i>Peyssonnelia caulifera</i>	Mc Phail <i>et al.</i> , 2004
Gélidiales	Géldiaceae	<i>Gélidium latifolium</i>	Gerwick, 1994
Gicartinales	Dumontiaceae	<i>Constantinea simplex</i>	Nagle and Gerwick, 1990, 1994
			<i>Farlowia mollis</i> Solem <i>et al.</i> , 1989 Lumin and falk, 1990
Gracilariales	Gracilariaceae	<i>Gracilaria edulis</i>	Gerwick <i>et al.</i> , 1990, 1993
		<i>Gracilaria lichenoides</i>	Gerwick <i>et al.</i> , 1990, 1993
		<i>Gracilaria verrucosa</i>	Gerwick <i>et al.</i> , 1990
		<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	Jiang, Gerwick, 1991 Moghaddam and Gerwick, 1991
Rhodyméniales	Rhodyméniaceae	<i>Rhodyménia pertusa</i>	Jiang <i>et al.</i> , 2000

II-10. Les métabolites secondaires des algues rouges

L'aspect le plus caractéristique de la chimie des métabolites secondaires des algues rouges est l'extrême abondance dérivés, halogénés qu'ils dérivent d'acétogénines.

Il est toutefois important de préciser que la présence d'halogènes sur des squelettes carbonés ne concerne en fait que trois ordres seulement, les Cérariales, les Gigartinales et les Némaliées, et qu'ils totalisent à eux trois environ 800 structures différentes, une deuxième caractéristique des métabolites secondaires des Rhodophyceae est la précision des relations chimiotaxonomiques entre les ordres et la nature des métabolites qu'ils produisent (**Garon, 2004**).

D'une manière générale, on constate que les structures chimiques varient peu à l'intérieur d'un ordre mais beaucoup d'un ordre à l'autre, et il n'y a guère d'exceptions à ces observations sur un peu plus de 1200 structures. Ces relations chimiotaxonomiques sont rassemblées dans le tableau N^o VII, où l'on considère une classification à six ordres (**Garon, 2004**).

Seules les espèces appartenant aux ordres des Cérariales et des Gigartinales possèdent des terpènes halogénés et on constate que les monoterpènes sont fortement majoritaires dans les sesquiterpènes dans les Cérariales (**Jean, 2005**).

Les diterpènes sont présents dans les deux ordres, et seules certaines Cérariales contiennent des triterpènes bromés. Enfin, les dérivés halogénés des Némaliées sont particulièrement caractéristiques dans la mesure où il ne s'agit que de molécules linéaires très peu condensées en carbones (de 1 à 4). Et aucun terpène n'a encore été mis en évidence dans une espèce appartenant à cet ordre (**Jean, 2005**).

Tableau N^o VII : Observations chimiotaxonomiques concernant les métabolites secondaires (Jean, 2005).

Ordre	Caractéristiques chimiques des métabolites secondaires
Cryptonémiales	Peu de métabolites secondaires identifiés, mais une série de monoterpènes halogénés atypiques pour le genre <i>Ochtodes</i> (squelette de l'ochtodane)
Géliidiales	Peu de métabolites secondaires identifiés, dérivés halogénés rarissimes.
Rhodyméniales	Peu de métabolites secondaires identifiés, aucun terpène halogéné connu mais des dérivés iodés de la tyrosine.
Céramiales	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Beaucoup de terpènes, mais de très rares monoterpènes et pas encore de sesteterpènes. Les sesquiterpènes sont particulièrement abondants et presque tous halogénés. Les seuls terpènes iodés actuellement connus sont des sesquiterpènes isolés de Céramiales. Viennent ensuite par ordre d'abondance, les diterpènes et les triterpènes qui sont également halogénés dans la majorité des cas. Beaucoup de squelettes carbonés originaux sans équivalents terrestre connus. ✓ Présence de très nombreux éthers cycliques et d'acétogénines halogénés à 15 carbones qui pourraient être caractéristiques de l'ordre. ✓ Nombreux dérivés aromatiques et hétéroaromatiques, en particulier des bromophénols et des bromoindoles. ✓ Présence de polysulfures cycliques pour le genre <i>Chodria</i>.
Gigartinales	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Très nombreux monoterpènes halogénés pour les genres <i>Chondrococcus</i>, <i>Ochtodes</i>, <i>Plocamium</i>, <i>Portieria</i>.. ✓ Une famille unique diterpènes, bromés pour la plupart, qui semble caractéristique du genre <i>Sphaerococcus</i>. ✓ Quatre homosésquiterpènes et pas encore de triterpènes (fin 2003).
Némaliales	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Très nombreux dérivés halogénés et polyhalogénés volatils, peu condensés en carbones ; halogénocétones et γ-lactones halogénées à chaînes courtes (buténones, heptanones et octanones). ✓ Une série d'alcools triterpéniques sulfatés.

II-10-1. Métabolites secondaires des Cryptonémiales

C'est l'un des ordres les plus « riche » avec une dizaine de familles et une certaine de genre et qui reste parmi les moins étudiés pour les métabolites secondaires, l'espèce *Ochtodes secundiramea*, famille des Rhizophylliraceae contient trois monoterpènes halogénés : l'ochtodiène, l'ochtodiol et le chondrocole A (McConnell et al., 1979).

La similitude des structures et le fait que le chondrocole-A ait déjà été isolé de la Gigartinale *Chondrococcus hornemanii*. Dans une seconde espèce du même genre récoltée aux îles Galapagon, *Ochtodes crockery*, une série de 13 autres monoterpènes à squelette Ochtodane a été mise en évidence, toujours associés au chondrocole-A (Paul et al., 1980).

Les monoterpènes de *Chondrococcus*, les peyssonol et le sesquiterpène irrégulier de *Marginosporum aberrans* sont actuellement les seuls terpènes isolés de Cryptonémiales. Parmi les métabolites secondaires, on trouve les gloiosiphones A et B, isolées de l'espèce *Gloiosiphonia verticillaris* (Orégon). La biosynthèse de ces métabolites atypiques reste inconnue (Jean, 2005).

Les autres molécules isolées de Cryptonémiales sont des dérivés azotés, et bien qu'il soit difficile de les considérer comme des métabolites secondaires. Les molécules azotées des Cryptonémiales sont presque toutes des acides aminés, des bêtaïnes, et des sulfoniobêtaïnes (Sciuto et al., 1988).

II-10-2. Métabolites secondaires des Géliidiales

Les Géliidiales sont très connus et très étudiées pour la production d'agars, mais les études sur leurs métabolites secondaires sont rares. Un monoterpène polyhalogéné, le gélidène, a été isolé de l'espèce *Gelidium sesquipedale*. Cette molécule possède un des squelettes carbonés types du genre *Plocamium* (Aazizi, et al., 1989).

Quelques bêtaïnes et des acides aminés non protéiques ont également été mentionnés, mais beaucoup d'entre eux, comme la trigonelline, et la β -stachydrine, sont largement répandus dans les organismes marins (Sciuto et al., 1988). plusieurs de ces bêtaïnes ont des teneurs qui varient avec la saison et leur rôle physiologique dans l'algue est encore mal connu (Sciuto et al., 1988).

II-10-3. Métabolites secondaires des Rhodyméniales

L'espèce *Rhodymenia palmata* est consommée sous le nom de dulce pour sa richesse en protéines (environ 40% du poids sec) et en vitamines, mais hormis les oxylipines vues précédemment, il n'existe que très peu de publication sur les métabolites secondaires des Rhodymeniales, parmi ceux-ci, la mise en évidence du 3-formylindole dans l'espèce *Botryocladia leptopoda* mérite d'être signalée car ce dérivé pourrait provenir de l'acide β -indole acétique (auxine), une hormone végétale de croissance particulièrement répandue (**Bugni et al., 2002**).

CHAPITRE III

III-1. Activités biologiques des algues

Les algues sont laxatives, antirhumatismales, anti-inflammatoires, stimulent la circulation sanguin, les échanges métaboliques, elles renforcent l'immunité, protègent les muqueuses intestinales et possèdent des propriétés amaigrissantes, elles sont aussi reconnues pour posséder des éléments antibactériens (**Nianjun, 2002**), anti-virales (**Wang, 2007**), antioxydants, anti-parasitaires et d'autres propriétés comme celle qui entre dans la régulation du taux du cholestérol sanguin ou dans la régulation du système immunitaire (**Faulkner, 2001**).

Il apparaît que l'administration d'hormones thyroïdiennes (thyroxine) réduit le cholestérol et le taux de lipides sanguins des personnes âgées dont les fonctions thyroïdiennes diminuent, or les algues contiennent des substances s'apparentant aux hormones thyroïdiennes, ces substances se présentent sous forme d'acides amino-iodés et on les retrouve plus particulièrement dans le fucus et les laminaires (**Diane, 1994**).

Les algues sont indiquées dans les cas d'obésité, des troubles de la thyroïde, de goitres, d'hémorroïdes, d'arthrose, de rhino-pharyngites, de déminéralisation, de fatigue générale, de constipation, d'intestins irritables, de parasites, d'anémie, de cellulite, de lymphatisme (**Diane, 1994**).

Les algues sont aussi utilisées en usage externe. De par la grande capacité d'absorption de la peau, l'application d'algues en externe s'avère bénéfique dans les cas de rhumatismes, de fractures, d'arthrose, de cures amaigrissantes, de goutte, d'hypertension, de blessures, d'asthme (**Diane, 1994**).

II-2. Effets thérapeutiques de quelques composés isolés d'algues rouges

Les algues rouges synthétisent une grande variété de métabolites secondaires chimiquement actifs, qui sont utilisées pour la défense contre les autres organismes prédateurs ou colonisateurs, qui sont efficaces dans le domaine thérapeutique (**Paul et al., 2004**).

Les polysaccharides des algues rouges ont des effets anti-coagulants, et anti-tumeurs (**Ali et al., 2010**).

- Les algues rouges sont très riches en polysaccharides sulfatés, ceux-ci possèdent des propriétés anti-inflammatoires en activant la réaction immunitaire non spécifique nécessaire aux mécanismes de défense de l'organisme (**Wang, 2007**). Ils pourraient aussi être utilisés dans l'activation de la microcirculation, la prolifération des fibroblastes du derme ou encore la synthèse de collagène
- Ils possèdent également une grande quantité de peptides et d'acides aminés qui, en plus d'avoir des propriétés hydratantes, permettent:
 - de stimuler la production de collagène;
 - d'inhiber des enzymes de dégradation du collagène;
 - de restructurer des tissus cicatriciels ou sénescents;
 - d'agir pour une immunoprotection face aux rayonnements UV ;
 - anti-inflammatoire (dans les cas d'arthrite, de rhumatismes, de douleurs articulaires et musculaires après un exercice) (**Vernooy et al., 2002**).

On trouve dans les algues rouges de nombreuses substances antioxydantes. Dont les tannins, les vitamines C et E, les caroténoïdes, démontrée sur l'homme et l'animal pour la protection de la peau contre les effets des rayons UV, la stimulation du système immunitaire (**Wang, 2007**), la stimulation du métabolisme énergétique (**Martini et al., 2006**).

Les caroténoïdes, tels que le bêta-carotène ont des propriétés utiles pour le milieu médical (**Jang et al., 2005**).

En effet, le bêta-carotène peut:

- réduire les risques de cancer de la prostate, des poumons, de la gorge, du larynx, des seins, de l'œsophage, et de l'estomac.
- avoir des effets bénéfiques sur la vision (vitamine A = rétinol);
- avoir des effets bénéfiques sur le système immunitaire;
- protéger la peau contre des agressions extérieures;
- protéger les cellules cérébrales contre les dommages liés à l'âge;
- diminuer les risques d'infarctus et d'accidents vasculaires cérébraux.

Les algues rouges sont donc d'une grande utilité dans la protection contre :

- maladies cardio-vasculaires et du diabète (**Rahila et al., 2010**) grâce aux fibres solubles, aux antioxydants et acides gras qu'elles renferment(**Jimenez et al., 2001**).

- déminéralisation, rachitisme ou retard de croissance.
- fragilité immunitaire : de nombreux éléments qu'elles contiennent jouent un rôle dans les mécanismes de défense du corps.
- surpoids et de constipation fonctionnelle : les mucilages, fibres non assimilables accélèrent le transit et régulent l'appétit.
 - Les algues rouges contiennent une quantité importante de polyphénole et Carraghenane, qui possèdent des actions sur l'activité anti-cancérogène (**Shanmugam et al., 2000**).

CONCLUSION

Conclusion

Les algues sont des végétaux chlorophylliens aquatiques, eucaryotes thallophytes, dépourvues de tige, de graines, de fleurs, de racines et de vaisseaux, classées en algues bleues, algues brunes, algues vertes et algues rouges.

Les algues ont réveillée l'intérêt de l'Homme il ya longtemps déjà (presque 5 siècles), et elles ont été utilisé comme alimentation depuis la préhistoire.

Aujourd'hui elles focalisent des efforts de recherche de nombreux domaines, agro-alimentaire et pharmaceutique surtout.

Les difficultés essentielles qui sont rencontrées sont en premier lieu leur diversité l'immensité de leur domaine de vie, en particulier pour les algues marines ce que laisse le chercheur biologiste en permanente course pour découvrir et exploiter des nouvelles techniques d'extraction et de la caractérisation.

En effet, les algues sont de merveilleux complément alimentaire à même de prévenir la plupart des maladies de siècle qui font payer un très lourd tribut à nos sociétés, à savoir essentiellement : les maladies cardio et cérébro- vasculaires, les troubles neuro-psychiques, les rhumatismes chroniques, des allergies diverse et les surcharges pondérales avec toutes leurs conséquences.

Le présent travail est une contribution pour la connaissance des propriétés thérapeutiques des algues rouges qui dues à la présence de polyphenols, polysaccharides, acides amines, fibres, minéraux, lipides et vitamines ; curatives non négligeables dans le traitement de nombreux troubles et affections fréquemment rencontrés dans la pathogène quotidienne contemporaine et sur le plan cosmétologique, elles permettent de préserver efficacement la jeunesse de la peau et du corps.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

A

- **Aazizi M.A., Assef G.M. and Faure R.** (1989). Gelidene, a new polyhalogenated monocyclic monoterpene from the red marine alga *Gelidium sesquipedale*, *Journal of Natural Product*. **52**, 829-831.
- **Ali A. and El Gamal.** (2010) Biological importance of marine algae. *Saudi Pharmaceutical Journal*. **18**, 1–25
- **Araki, C. (1956).** Structure of the agarose constituent of agar-agar. *Bull. Chem. Soc. Jap.* **29**, 543-544.
- **Aspinall, G.O.** (1982). Caractérisation de Chimical et détermination de structure des polysaccharides. Dans les polysaccharides, Édité par A.G.O. (edition). *Orlando: Academic Press Inc.* p.35-131.

B

- **Barrow K.D., Karsten U., King R.J. and West J.A.** (1995). Floridoside in the genus *Laurencia* (Rhodomelaceae: Cerameales)-a chemosystematic study, *Phycologia*, **34**, 279-283.
- **Becker, E.W.** (1994). *Microalgae biotechnology and microbiology*. University Press, Cambridge, p 293.
- **Bernart M.W. and Gerwick W.H.** (1994). Eicosanoids from the tropical red alga *Murayella pericladus*, *Phytochemistry*, **36**, 1233-1240.
- **Beuchet P.** (2007). Influence des nitrates, de la salinité et du stress lumineux sur la teneur en acides gras et en β -carotène de *dunaliella salina*, *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, **146** : 235-250.
- **Biosvert.** (1988). *Les jardins de la mer du bon usage des algues*. Edition. Terre vivant. Parise. p 149.
- **Bourelly P, (1966),** *Les algues d'eau douce les algues vertes*. Edition: *N. Boubée et Cie.* p-68.

Références bibliographiques

- **Bugni T.S., Conception G.P., Mangalindan G.C., Harper M.K., James R.D. and Ireland C. M.** (2002). *P*-sulfooxyphenylpyruvic acid from the red macro alga *Ceratodictyon spongiosum* and its sponge symbiont *Haliclona cymaeformis*, *Phytochemistry*, **60**: 361-363.
- **Burgess J.R., De la Rosa R.I., Jacobs R.S., Butler A.** (1991). A new eicosapentaenoic acid from arachidonic acid in the coralline red alga *Bossiella orbigniana*, *Lipids*, **26**: 162-165.
- **Busti David.** (2007). Algues et Lignée verte. Edition *Molaine S.A. Paris*. p, 15-20.

C

- **Cabioch'h J. et Floc'h J.Y.** (2006). Guide des algues des mers d 'Europe: March, Atlantique, Mediterranee. Édit.Delachaux et niestle. Paris, p.24-25.
- **Calvodos.** 2007. Inventaire des algues Édition. *Luc-sur-mer*. p15.
- **Chapman, V.J. and Chapman, D.J.** (1980). Seaweeds and their uses. *In*: Chapman, Hall (Edition), London and New York, p 334.
- **Chrétiennot-Dinet, M.J.** (1990). Atlas du phytoplancton marin. *C.N.R.S., Paris*, p, 121.

D

- **Diane Langlois,** (1994). Alimentation vivante, Aspects théoriques et pratiques 2^{ième} édition. p 47-53.
- **Donadieu Y.** (1985). Les algues thérapeutiques naturelles : Edition *Molaine S.A. Paris*, p.37-72.

F

- **Faulkner DJ.** (2001). Marine natural products. *Naturals Products Report* **18**, 1-49.

G

- **Garon lardiere.** (2004). Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales) : These de Doctorat. Université de Bretagne occidentale école doctorale des sciences de la matière, de l'information et du vivant : Spécialité : Chimie.
- **Gayral P.** (1975). Les algues : morphologie, reproduction, écologie. Edition *Dion. Paris.* p 55-70.
- **Genvès L.** (1990). Biologie végétale, thallophytes, et microorganisme. Edition *Biosciences Dunode.* p 159.
- **Gerwick W.H., Bernart M.W., Moghaddam M.F., Jiang Z.D., Solem M.L. and Nagle D.G.** (1990). Eicosanoids from the rhodophyta: new metabolism in the algae, *Hydrobiologia*, **204/205**: 621-628.
- **Gerwick W.H.** (1993a). Carbocyclic oxylipins of marine origin, *Chem. Rev.*, **93**: 1807- 1823.
- **Gerwick W.H. and Bernart M.W.** (1993b). Eicosanoids and related compounds from marine algae, in: *Advances in Marine Biotechnology: Pharmaceutical and Bioactive Natural Products*, O.R. Zaborsky, D.H. Attaway, Editions., *Plenum Press*, **1**, 101-152.
- **Gerwick W.H., Proteau P.J., Nagle D.G., Wise M.L., Jiang Z.D., Bernart M.W. and Hamberg M.** (1993c). Biologically active oxylipins from seaweeds, *Hydrobiologia*, **260/261**, 653-665.
- **Gerwick W.H., Asen P. and Hamberg M.** (1993d). Biosynthesis of 13(R)-hydroxyarachidonic acid, an unusual oxylipin from the red alga *Lithothamnion corallioides*, *phytochemistry*, **34**, 1029-1033.
- **Gerwick W.H.** (1994). Structure and biosynthesis of marine algal oxylipins, *Biochim. Biophys. Acta*, **1211**, 243-255.
- **Gerwick W.H.** (1996). Epoxyallylic carbocations as conceptual intermediates in the biogenesis of diverse marine oxylipins, *Lipids*, **31**, 1215-1231.
- **Greer, C. W. and Yaphe, W.** (1984). Characterization of hybrid (beta-kappa-gamma) carrageenan from *Eucheuma gelatinae* j. agardh (Rhodophyta, Solieriaceae) using carrageenases, infrared and C N.M. R. spectroscopy. *Botanica Marina* **27**, 473-478.

Références bibliographiques

- **Guerriero A., D'Ambrosio M. and Pietra F.** (1990). Novel Hydroxyisocatetraenoic and hydroxyl-icosapentaenoic acids and a 13-oxoanalog. Isolation from a mixture of the calcareous red algae *Lithothamnion corallioides* and *Lithothamnion calcareum* of Brittany waters, *Helv. Chim. Acta*, **73**, 2183-2189.
- **Guiseley, K.B.** (1970). The relationship between methoxyl content and gelling temperature of agarose. *Carbohydr. Res.*, **13**, 247-256.

H

- **Hillison, C.I.** (1977). Seaweeds, a color-coded, illustrated guide to common marine. Plants of east coast of the United States, Keystone Books. *The Pennsylvania State University Press*, p. 1-5.

I

- **Indergaard, M.** (1983). The aquatic resource. In: Cote, W.A. (Eds.), *Biomass utilization*. Plantum Press, New York. p137-168.

J

- **Jahn, W., Steinbeiss, J. and Zetsche, K.** (1984). adaptation d'intensité de la lumière de la teneur en phycobiliprotéine de l'algue rouge *Porphyridium*. *Planta*, 161, 536-539.
- **Jang, K.H., Lee, B.H., Choi, B.W., Lee, H.S. and Shin, J.** (2005). Chromenes from the brown alga *Sargassum siliquastrum*. *Journal of Natural Product*. **68**, 716-723.
- **Jean Feldmann.** (1978). Espece de *porphyra* et remarques sur l' evolution des plastes chez les Rhodophycees (bangiophycidees et acrochaetiales). *Vie Milieu*, XXVIII-XXIX, fasc. **3**, 425-435.
- **Jean Michel Kornprobst.** (2005). Substances naturelles d origine marine. Tome 1 édition *TEC et DOC*, paris, *Lavaisier*, **75008**, 316-335
- **Jiang Z.D. and Gerwick W.H.** (1991). Eicosanoids and other hydroxylated fatty acids from the marine alga *Gracilariopsis limaneiformis*, *Phytochemistry*, **30**, 1187-1190.

Références bibliographiques

- **Jiang Z.D. and Gerwick W.H.** (1997). Novel oxylipins from the temperate red alga *Polyneura latissima*-evidence for an arachidonate 9(S)-lipoxygenase, *Lipids*, **32**, 231-235.
- **Jiang Z.D., Ketchum S.O. and Gerwick W.H.** (2000). 5-Lipoxygenase-derived oxylipins from the red alga *Rhododymenia pertusa*, *Phytochemistry*, **53**, 129-133.
- **Jimenez-Escrig, A., Jimenez-Jimenez, I., Pulido, R. and Saura-Calixto, F.** (2001). Antioxidant activity of fresh and processed edible seaweeds. *J. Sci. Food Agric.* **81**, 530–534.
- **Josep Lloret.** (2010). Human health benefits supplied by Mediterranean marine biodiversity. *Marine Pollution Bulletin* **60**, 1640–1646

K

- **Karsten U., Barrow K.D. and King R.J.** (1993). Floridoside, L-isofloridoside, and D-isofloridoside in the red alga *Porphyra columbina*. Seasonal and osmotic effects, *Plant Physiol.*, **103**, 485-491.
- **Kraft G.T.** (1981). Rhodophyta: morphology and classification. In: Lobban, C.S., Wynne, M.J. (Eds), *The biology of Seaweeds*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, **17**, 6-51.

L

- **Languedoc Roussillon.** (2011). reconnaissance et de suivi des macrophytes des lagunes. P16-21.
- **Littler, M.M., Littler, D.S., Blair, S.M. and Norris, J.N.** (1985). Deepest known plant life discovered on an uncharted seamount. *Science*, **227**, 57-59.
- **Lumin S.D., Flack.J.R.** (1990). Synthesis and chemical revision of a bioactive dihydroeicosanoid isolated from the red marine alga *Farlowia mollis*, *Tetrapedron Lett.*, **31**: 2971-2974.

M

- **Mac Artain P, Gill CIR, Brooks M, Campbell R. and Rowland IR.** (2007). Valeur nutritive des algues comestibles. La nutrition passe en revue, **65**, 535.

Références bibliographiques

- **Manners D.J. and Sturgeon R.J.** (1982). Reserve carbohydrates of algae, Fungi, and lichens, in: *Encyclopedia of plant physiology, New Series, Plant Carbohydrates*, F.A., Loewus, W. Tanner, Eds., *Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg*. **3**, 472-514.
- **Martini Marie-Claude and Seiller Monique.** (2006), Actifs d'origine marine. In: Actifs et additifs en cosmétologie 3^{ème} édition, Paris : Editions *Tec et Doc Cachan* : Éditions *Médicales internationales, Collén Jonas*, **2**, 280-282.
- **Matsuno T. and Hirao S.** (1989). Marine Carotenoids, in: *Marine Biogenic Lipids, Fat and oils*, (Ackman, R.G.ed), *CRC Press*, pp.251-388.
- **Matteo Francavilla, Pasquale Trotta, and Rafael Luque.** (2010). Phytosterols from *Dunaliella tertiolecta* and *Dunaliella salina*: *A potentially novel industrial application* *Bioresource Technology* **101**, 4144–4150
- **Mc Candless, E.L., Craigie, J.S.** (1979) polyasaccharides sulfatés en algues rouges et brunes. *Annu. Rev. Biochem.* **30**, 41-53.
- **Mc Hugh, D.J.** (2003). A guide to the seaweed industry. FAO Fisheries Technical Paper -T441, FAO Fisheries Department & FAO Regional Fisheries Officers, *Rome, Italy*. p 118.
- **Mc Neil, M., Darvill, A.G., Fry, S.C. and Alberstein, P.** (1984). Structure and function of the primary cell walls plants. *Annu. Rev. Biochem.* **53**, 625-663.
- **McPhail K.L., France D., Cornell-Kennon S. and Gerwick W.H.** (2004). Peyssonenyne A and B, novel enediynes oxylipins with DNA methyl transferase inhibitory activity from the red marine alga *Peyssonnelia Caulifera*, *Journal of Natural Product*, **67**, 1010-1013.
- **Meeks J.C.** (1974). Chlorophylls, in: *Algal Physiology and Biotechnology*, W. D. P. Stewart, Ed., *Blackwell scientific publication*, p. 162-175.
- **Michel Cavalla.** (2000). Les algues, les microalgues *Microbiologie, De Boeck Université*. p 18.
- **Moghaddam M.F. and Gerwick W.H.** (1991). Cell-free biosynthesis and source of hydroxyls in (12R, 13S)-dihydroxy-(5Z, 8Z, 10E, 14Z)-eicosatetraenoic acid, an eicosanoid from alga *Gracilaria lemaneiformis*, *Journal of Natural Product*, **54**, 1619-1624.
- **Moghaddam M.F., Gerwick W.H. and Ballantine D.L.** (1989). Discovery of 12(S)-hydroxy-5, 8, 10, 14-icosatetraenoic acid [12(S)-HETE] in the tropical red alga *Platysiphonia miniata*, *Prostaglandins*, **37**, 303-308.

N

- **Nagle D.G. and Gerwick W.H.** (1990). Isolation and structure of constanolactones A and B, new cyclopropyl hydroxyl-eicosanoids from the temperate red alga *Constantinea simplex*, *Tetrapedron Lett.*, **31**, 2995-2998.
- **Nagle D.G. and Gerwick W.H.** (1994). Structure and stereochemistry of constanolactones A-G, lactonized cyclopropyl oxylipins from the red marine alga *Constantinea simplex*, *J. Org. Chem.*, **59**, 7227-7237.
- **Nianjun Xu, Xiao Fan, Xiaojun Yan, Xiancui Li, Rongli Niu and Tseng C. K.** (2002). Antibacterial bromophenols from the marine red alga *Rhodomela confervoides*. *Phytochemistry*, **62**, 1221-1224.

P

- **Painter, T.J.** (1983). Algal polysaccharides. In: Aspinall, G.O. (Edition.), *The Polysaccharides*, *Academic Press, New York*, **2**, 195-285.
- **Paul V.J., Mc Connell O.J. and Fenical W.** (1980). Cyclic monoterpene feeding deterrents from the red marine alga *Ochtodes crockery*, *Journal Org. Chem.*, **45**, 3401-3407.
- **Percival, E.** (1978). Sulfates d'hydrate de carbone. Série de colloque d'ACS, dans : *Scheweiger, R.G.* Edition, 203-213.
- **Pérez, R.** (1997). Ces algues qui nous entourent. Conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisation, culture. Edited, *E. IFREMER. Plouzané*. pp. 272.
- **Pérez, R., Kaas, R., Campello, F., Arbault, S., Barbaroux, O.** (1992). La culture des algues marines dans le monde. *Ifremer*. p 614.

R

- **Radmer, R.J.** (1994). application commerciale des algues : occasions et contraintes. *J. Phycol.* **6**, 93-98.
- **Rahila Najam, Shahida P Ahmed and Iqbal Azhar.** (2010). Pharmacological Activities of *Hypnea musciformis* Department of Pharmacology, Faculty of Pharmacy,

Références bibliographiques

- University of Karachi University Road-Karachi-75270Afr. *Journal Biomed. Res.* **13**, 69 -74
- **Rees, D.A.** (1969). Structure, conformation and mechanism in the formation of polysaccharides gels and networks. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.* **24**, 267-332.
 - **Rees, D.A.** (1961a). Enzymatic synthesis of the 3, 6-anhydro-L-galactose within porphyran from L-galactose-6-sulphate units. *Biochem.J.* **81**, 347 -352.
 - **Rees, D.A.** (1961b). Estimation Of The relative amounts of isomeric sulphate in some sulphated polysaccharides. *Journal of Chemical Society*, 5168-5171.
 - **Reviere, B.** (2002). Biologie et phylogénie des algues. Édition par Belin ; Paris : *Sup de Belin*. p 352-353.
 - **Rossana Aguiar Cordeiro, Valdirene Moreira Gomes, Ana Fontenele Urano Carvalho and Vânia Maria Maciel Melo.** (2006). Effect of Proteins from the Red Seaweed *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux on the Growth of Human Pathogen Yeasts, *Printed in Brazil.* **49/ 6**, 915-921
 - **Roussi, S.** (2006). Etude de la signalisation cellulaire de l'apoptose induite par 7 β -hydroxystrol dans les cellules cancéreuses coliques humaines. *Thèse de Doctora.* Université de Strasbourg. Spécialité : Aspects Moléculaire et Cellulaires de la Biologie p 678.
 - **Rowan K.S.** (1989). Photosynthetic pigments of algae, *Cambridge University Press*, 325.
 - **Ruis Gaël.** (2005). Extraction, Détermination Structurale et Valorisation Chimique de Phycocolloïdes d'Algues Rouges : *Thèse de Docteur.* L'Université de Limoges Discipline : Chimie appliquée-Chimie des Substances Naturelles. Thèse: **58**, 22-34.
- S**
- **Sciuto S., Chelemi R., Morone R., Patti A. and Piatteli M.** (1988a). Two new Dragendorff-positive compounds from marine algae, *Journal of Natural Product*, **51**, 1017-1020.

Références bibliographiques

- **Sciuto S., Chelemi R. and Piattelli M.** (1988b). Onium Compounds from the red alga *Pterocladia capellacea*, *Journal of Natural Product*, **51**, 322-325.
- **Shanmugam, M. and Mody, K. H.** (2000). Heparinoid-active sulfated polysaccharides from marine algae as potential blood anticoagulant agents. *Current Science*, **79**, 1672–1683.
- **Sheath, R.G.** (1984). The biology of freshwater red algae. *Prog. Phycol. Res.* **3**, 89-157.
- **Shingo Hiroishi, Kazutomo Sugie, Takashi Yoshida, Junji Morimoto, Yuzo Taniguchi and Shunsuke Imai Junichi Kurebayashi.** (2001). Antitumor effects of *Marginisporum crassissimum* (Rhodophyceae), a marine red alga *Cancer Letters* **167**, 145-150
- **Smith, D.B. and Cook, W. H.** (1953) fractionation of carrageenin. *Arch. biochem. Biophys.* **45**, 232-233.
- **Solem M.L., Jiang Z.D. and Gerwick W.H.** (1989). Three new and bioactive icosanoids from the temperate red marine alga *Farlowia mollis*, *Lipids*, **24**, 256-260.

T

- **Trease, G.E. and Evans, W.C.** (1996). Pharmacognosy. 14^{ème} edition, *W.B Saunders Company Ltd., London, Philadelphia, Toronto, Sydney, Tokyo*, p. 18–27.

U

- **Ulf Karsten, Kevin D. Barrow, Anlka S. Mostaert and Robert J. King.** (1995). The Osmotic Significance of the Heteroside Floridoside in the Mangrove Alga *Catenella nipae* (Rhodophyta: Gigartinales) in *Eastern Australia Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **40**, 239-247

V

- **Van den Hoek, C., Mann, D.G. and Jahns, H.M.** (1996). Algae. An introduction to phycology. *Cambridge University Press*. p 637.
- **Vernooy, J.H., Dentener, M.A., van Suylen, R.J., Buurman, W.A. and Wouters, E.F.**, (2002). Long-term intratracheal lipopolysaccharide exposure in mice results in

chronic lung inflammation and persistent pathology. *Am. Journal Resp. Cell. Mol.* **26**, 152–159.

W

- **Wang S.C., Bligh S.W.A., Shi S.S., Wang Z.T., Hu Z.B., Crowder J., Branford-White C. and Vella C.** (2007). Structural features and anti-HIV-1 activity of novel polysaccharides from red algae *Grateloupia longifolia* and *Grateloupia filicina*. *International Journal of Biological Macromolecules* **41**, 369–375
- **Wise M.L., Hamberg M. and Gerwick W.H.** (1994). Biosynthesis of conjugated triene-containing fatty acids by a novel isomerase from the red marine alga *Ptilota filicina*, *Biochemistry*, **33**, 15223-15232.

Y

- **Yaphe, W. and Duckworth, M.** (1972). The relationship between the structure and biological properties of agars. *Proc. Int. Seaweed Symp*, **7**, 15-22.
- **Yaphe, W.** (1984). Properties of *Gracilaria* agars. *Hydrobiol.*, **116/117**, 171-186.
- **Yuan, Y. V.** (2008). Marine algal constituents. In C. Barrow and F. Shahidi Edition, Marine nutraceuticals and functional foods Boca Raton: *Taylor and Francis*. p. 259–296.

Résumé

Les algues occupent une place importante dans le milieu marin, capables de produire des substances dont l'action constitue dans certains cas, un élément de protection contre les prédateurs naturels. Les algues rouges constituent un énorme réservoir de molécules naturelles potentiellement actives, les études ont permis d'identifier un très grand nombre de molécules nouvelles de grande originalité structurale et dont beaucoup d'entre elles ont une activité biologique intéressante. Sur le plan pharmacologique, la présence de différentes activités a été mise en évidence depuis longtemps chez plusieurs espèces d'algues rouges.

Les algues rouges sont stimulantes, tonifiantes, revitalisantes, rééquilibrantes et désintoxicantes.

L'activité antibactérienne, antivirale, antitumorale, anti-inflammatoire et d'autres propriétés comme celle qui entre dans la régulation du taux du cholestérol sanguin ou dans la régulation du système immunitaire et prévenir la plupart des maladies de siècle.