

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université 8 Mai 1945 Guelma  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et de la Terre et l'Univers



## Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

**Domaine** : Science de la Nature et de la Vie

**Filière** : Science biologique

**Master** : Qualité des produits et sécurité alimentaire

**Département** : Biologie

---

# Thème : Les polysaccharides extraits des macro-algues : étude bibliographique

---

**Présenté par:** TANDINA Djénéba

**Devant la commission composée de :**

<b>Président du jury :</b>	<b>Mr BOUSBIA Issam</b>	<b>Université de Guelma</b>
<b>Examineur :</b>	<b>Mr BOUCLAGEM El Hadi</b>	<b>Université de Guelma</b>
<b>Encadreur :</b>	<b>Mr MOKHTARI Abdel Hamid</b>	<b>Université de Guelma</b>
<b>Membre :</b>	<b>Mme SOUIKI Lynda</b>	<b>Université de Guelma</b>
<b>Membre :</b>	<b>Mr AISSAOUI Riad</b>	<b>Université de Guelma</b>
<b>Membre :</b>	<b>Mr GHRIEB Lassad</b>	<b>Université de Guelma</b>

**Juin 2017**

## Remerciements

*Ce mémoire est le résultat d'un travail de recherche après cinq années d'étude universitaire. En préambule, je veux adresser tous mes remerciements aux personnes avec lesquelles j'ai pu échanger et qui m'ont aidé pour la rédaction de ce mémoire.*

*J'adresse tout d'abord mes remerciements les plus sincères, au Docteur MOKHTARI Abdel Hamid, qui a très volontiers accepté d'être mon encadreur dans la réalisation de ce mémoire. Sa grande connaissance dans le domaine, ainsi que son expérience, ont joué un rôle important dans la conception de ce travail.*

*Je tiens à remercier Monsieur BOUSBIA Issam qui me fait l'honneur de présider ce jury, sans oublier l'examineur, Monsieur BOUHLAGEM El Hadi pour avoir accepté d'examiner mon travail.*

*Je remercie Professeur SOUIKI Lynda, la Responsable de la spécialité QPSA qui au cours de mon master elle m'a fait aimer ce domaine. L'aboutissement de ce travail me donne l'occasion de lui exprimer ma très sincère reconnaissance.*

*Mes remerciements s'adressent également à Monsieur GHRIEB Lassad et Monsieur AISSAOUI Riad pour leur très grande disponibilité et d'être très volontiers membres de ma commission.*

*Je remercie aussi le Docteur YOUNSI Mourad spécialiste en biologie marine pour son aide et son inestimable soutien.*

*Je me sentirais coupable d'ingratitude si je ne remerciais pas les différentes techniciennes de labos de la faculté de biologie.*

*Enfin, je remercie tous les professeurs qui m'ont épaulé durant ces cinq merveilleuses années passées en Algérie ainsi que mes collègues algériens et étrangers.*

*Je dédie ce mémoire,*

*À tous ceux et toutes celles  
Qui m'ont accompagné et soutenu  
Durant mon cursus*

## Liste des figures

Figure 1 : Evolution de la production mondiale d'algues.....	2
Figure 2 : <i>Laminaria digitata</i> .....	4
Figure 3 : <i>Chondrus crispus</i> .....	4
Figure 4 : champ d' <i>Ulva</i> .....	5
Figure 5: Reproduction d'une algue verte ( <i>Ulva lactuca</i> ).....	6
Figure 6 : schéma simplifié de la paroi des algues brunes. ....	10
Figure 7: structure de l'acide alginique .....	12
Figure 8: structure primaire des chaines de fucose $\alpha(1,2)$ .....	12
Figure 9: agarose et agaropectine.....	13
Figure 10: iota carraghénane .....	14
Figure 11 : kappa carraghénane .....	14
Figure 12: gélification de la carraghénane .....	15
Figure 13: mécanisme de gélification des alginates .....	15
Figure 14: gélification de l'agar agar .....	16
Figure 15: empreinte dentaire à base d'alginate.....	21
Figure 16 : Procédé d'extraction industrielle des carraghénanes.....	25
Figure 17 : Procédé industriel d'extraction de l'acide alginique : méthodes directe et indirecte.....	29
Figure 18 : extraction industrielle de l'agar.....	32

## Liste des tableaux

Tableau 1 : les différents embranchements des algues.....	3
Tableau 2 : Production mondiale de macro-algues marines .....	7
Tableau 3: macro-algues consommées en France .....	8
Tableau 4 : illustrant l'application des carraghénanes en agro-alimentaire.....	18

## Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction.....	2
Chapitre 1 : les algues marines.....	2
I. Généralités sur les algues :.....	2
II. Classification des algues :.....	2
1. Les algues brunes : Phéophycées.....	3
2. Les algues rouges : Rhodophycées.....	4
3. Les algues vertes :.....	4
III. Reproduction des algues :.....	5
IV. Les Différents types de polysaccharides des algues :.....	6
V. Rôle économique des algues :.....	7
1. Utilisations en alimentation:.....	7
2. Utilisation en agriculture.....	8
3. Utilisations médicale, paramédicale et pharmaceutique :.....	8
4. Matières premières pour l'extraction de produits gélifiants : Phycocolloïdes.....	9
Chapitre 2 : Substances polymériques algales.....	10
I. La paroi des algues :.....	10
II. Les polysaccharides matriciels : phycocolloïdes.....	11
III. Composition chimique et structure des polysaccharides matriciels :.....	11
1. Les polysaccharides matriciels des algues vertes :.....	11
1.1. Ulvanes.....	11
2. Les polysaccharides matriciels des algues brunes :.....	11
2.1. L'acide alginique ou alginate :.....	11
2.2. Les fucanes :.....	12
3. Les polysaccharides matriciels des algues rouges :.....	12
3.1. Les agars :.....	12
3.2. Les carraghénanes :.....	13
IV. Mécanismes de gélification des polysaccharides :.....	14
1. Carraghénane :.....	14

2. Alginates :	15
3. Agar :	15
Chapitre 3 : Applications des polysaccharides matriciels	17
I. Cas des carraghénanes (E407)	17
1. Application dans l'industrie agro-alimentaire :	17
2. Application en pharmacologie et cosmétologie :	18
2.1. Dans l'industrie pharmaceutique	18
2.2. En cosmétologie	18
II. Cas des agars (E406) :	19
1. Applications dans l'agro-alimentaire	19
2. Application en bactériologie	19
3. Application en pharmacie	20
4. Application en l'agriculture	20
III. Cas des alginates (E400-E405) :	20
1. Applications dans l'agro-alimentaire	20
2. Les applications des alginates dans le domaine médical	21
2.1. L'utilisation pour les empreintes dentaires	21
2.2. Dans les serviettes hygiéniques	21
3. Application en pharmacie	21
3.1. Excipient de médicaments	21
3.2. Les pansements et compresses	22
3.3. Médicament contre reflux gastro-œsophagien (RGO)	22
4. L'utilisation dans l'industrie papetière	23
5. Les emplois divers des alginates	23
5.1. Traitement des eaux usées	23
5.2. Atout contre le feu	23
5.3. Stabilisateur des bordures d'autoroutes	23
Chapitre 4 : Procédés d'extraction industrielle	24
I. La carraghénane	24
II. Les alginates	26
1. Préparation de la matière première :	26
2. Formation de l'alginate de sodium	26
3. Lixiviation (ou acidification)	26
4. Carbonatation	26

5.	<b>Flottation et filtration</b> .....	27
6.	<b>Précipitation de l'acide alginique</b> .....	27
7.	<b>Déshydratation</b> .....	27
III.	<b>Agar</b> .....	30
1.	<b>Prétraitements</b> .....	30
2.	<b>Extraction et filtration</b> .....	30
3.	<b>Concentration par méthode de congélation-décongélation</b> .....	30
4.	<b>Concentration par méthode de synérèse</b> .....	31
Conclusion :		33

## **Références bibliographiques**

## **Résumés**

## **Introduction**

Comment se promener sur les plages sans observer cette palette de couleur qu'offre la mer. L'océan possède de nombreux trésors dont les algues. Ces dernières sont à l'origine de la vie dans les océans, puis plus tard sur terre en produisant de l'oxygène.

Avec le progrès des sciences et technologie, les macro-algues sont utilisées dans bon nombre de secteurs industriels, à cause de leur abondance, leurs sources renouvelables, non-toxiques, biodégradables, dans l'agroalimentaire, la médecine, la pharmacie, le textile etc... [1]

Les polysaccharides extraits de ces macro-algues ou encore phycocolloïdes sont les substances exploitées par ces industriels. L'agar et la carraghénane chez les rhodophycées (algues rouges) ; les alginates et fucanes chez les phéophycées (algues brunes) mais aussi les ulvanes chez les chlorophycées (algues vertes).

Les pays de l'Afrique Occidentale comme le Mali étant continental, possède d'autres types de polysaccharides tels que la gomme arabique pouvant remplir les mêmes fonctions. Le but de cette étude bibliographique est de savoir ce qui se trouve dans nos aliments industriels importés.

Les polysaccharides algaux sont incolores, inodores, sans saveur, et non digestibles, c'est pourquoi ils sont abondamment employés par l'industrie alimentaire pour épaissir, gélifier ou stabiliser des préparations. Autorisés par l'Union Européenne comme additifs alimentaires. Dans les produits laitiers, ils peuvent être utilisés pour favoriser la gélification des flans, améliorer la texture des crèmes desserts et des crèmes glacées, ou stabiliser les laits chocolatés. Ils garantissent la cohésion des viandes et poissons reconstitués et peuvent être utilisés dans ces préparations comme substituts des graisses. Les propriétés texturantes des gélifiants sont également appréciées en cosmétologie (crèmes, dentifrices) et dans l'industrie pharmaceutique (excipients). [2]

Dans ce mémoire, nous allons détailler et expliquer les gélifiants utilisés dans le secteur industriel leur application et aborder l'extraction industrielle de l'agar, la carraghénane et les alginates.

## Chapitre 1 : les algues marines

### I. Généralités sur les algues :

Utilisées depuis des millénaires par les populations littorales pour leurs hautes valeurs nutritives, les macro-algues constituent aujourd'hui un enjeu majeur de développement économique. Les macro-algues sont présentes dans les eaux côtières tout autour du globe. On observe cependant des spécificités entre les différentes régions en termes de diversité spécifique, de techniques de production et d'utilisation. Au niveau mondial, la production d'algues connaît une croissance remarquable (Figure 1), passant de 2 millions de tonnes produites en 1970 à 20 millions en 2010. La production de la biomasse est majoritairement dominée par les apports de l'algoculture, en forte évolution depuis les années 1990, tandis que la récolte d'algues dans le milieu naturel a stagné au niveau mondial à 1 million de tonnes environ. 95% de la production s'est fait par aquaculture. [3]

Les principales substances extraites sont les polysaccharides de la famille des agars, des carraghénanes et des alginates dont les propriétés physicochimiques gélifiantes ou stabilisantes intéressent de nombreux secteurs industriels... [4]

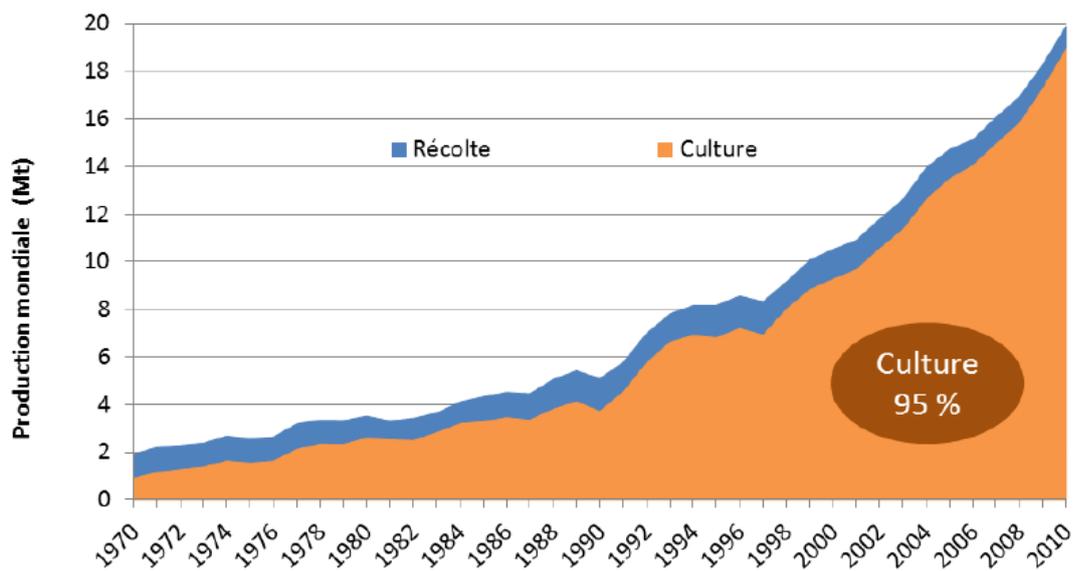


Figure 1 : Evolution de la production mondiale d'algues Source : FAO statistics, 2014

### II. Classification des algues :

De nombreux critères écologiques, physiologiques ou biochimiques interviennent dans la phylogénie des algues comme les structures cellulaires, le mode de nutrition, l'habitat ou même la nature et la

localisation des pigments et glucanes de réserve. Malgré une extrême diversité et complexité structurale, tant d'un point de vue macroscopique que microscopique, les algues peuvent néanmoins être classées en une dizaine d'embranchements (tableau 1) selon des critères basés sur leurs compositions pigmentaires, leurs polysaccharides de réserve ou des caractéristiques structurales. [4]

Tableau 1 : les différents embranchements des algues

Embranchements	Caractéristiques		
	Type de Chlorophylles <sup>a</sup>	Phycobilliprotéines <sup>b</sup>	Polysaccharides de réserve
Bacillariophyta	<i>a, c</i>	-	<i>Chrysolaminarane</i>
Chlorophyta	<i>a, b</i>	-	<i>Amidon intraplastidial</i>
Chrysophyta	<i>a, c</i>	-	<i>Chrysolaminarane</i>
Cryptophyta	<i>a, c</i>	<i>PE</i>	<i>Amidon périplastidial</i>
Cyanophyta	<i>a</i>	<i>PC, PE</i>	<i>Glycogène</i>
Dinophyta	<i>a, c</i>	-	<i>Amidon cytoplasmique</i>
Euglenophyta	<i>a, b</i>	-	<i>Paramylon cytoplasmique</i>
Phaeophyta	<i>a, c</i>	-	<i>Laminarane, mannitol</i>
Rhodophyta	<i>a, d</i>	<i>PC, PE, APC</i>	<i>Amidon floridéen</i>
Xantophyta	<i>a, c</i>	-	<i>Chrysolaminaranes</i>

Ici, on verra les 3 grandes catégories de macro-algues classifiées selon leur pigmentation qui sont : les algues brunes (phéophycées), les algues vertes (chlorophycées) et les algues rouges (rhodophycées).

### 1. Les algues brunes : Phéophycées

Les algues brunes, aussi nommées *Phaeophyceae* ou Phéophycées (du grec φατός : brun, sombre) sont une classe d'algues l'embranchement des Ochrophyta. Ce sont des algues qui utilisent comme pigment collecteur de lumière de la chlorophylle c combinée à un pigment brun, la fucoxanthine. [5] Leur taille varie de l'échelle microscopique à environ dix mètres de long. Il existe environ 1 500 espèces de *Phaeophyceae*. Ce sont les algues les plus abondantes des mers tempérées et froides. [6]. Les macro-algues brunes sont plutôt typiques de l'estran bien que quelques espèces sont trouvées en profondeur, chacune s'installant à un niveau particulier, formant un étage de ceintures formées par les différentes espèces, ceintures fortement marquées par la marée dans les régions où elles se manifestent. [7]

Certaines espèces sont utilisées dans l'extraction de l'alginate telles que :

- Les laminariales : *Laminaria hyperborea*, *Laminaria digitata*, (voir figure 2) *Ecklonia maxima*, *Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata*, *Macrocystis pyrifera*
- Les fucales : *Ascophyllum nodosum*, *Fucus serratus*



Figure 2: *Laminaria digitata* [7]

## 2. Les algues rouges : Rhodophycées

Les Rhodophycées ou algues rouges sont en majorité marines. On en connaît plus de 4000 espèces, réparties dans 600 genres environ. Seule classe de l'embranchement des Rhodophycées, elles comprennent deux sous-classes: les *Bangiophycidées* et les *Floridéphytidées* ou *Floridées*. [8]

Les espèces utilisées dans la production de l'agar sont : *Gelidium*, *Gracilaria*, *Pterocladia*, *Gelidiella*, *Ahnfeltia*. Celles des carraghénanes sont : *Chondrus*, (voir figure 3) *Gigartina*, *Euchema*



Figure 3 : *Chondrus crispus* [7]

## 3. Les algues vertes : Chlorophycées

Les algues vertes sont des plantes aquatiques, qui peuplent les eaux douces, les mers et les océans. On les appelle aussi Ulvophytes, du nom de l'algue verte la plus courante, la laitue de mer, ou ulve.

Les algues vertes n'ont pas de feuilles, de tiges ni de racines, même si certaines ont de petits crampons pour s'accrocher aux rochers. Ce sont des plantes très simples, chez qui la plupart du temps toutes les cellules sont identiques, ou presque. [9]

### ***Ulva lactuca***

La laitue de mer *Ulva lactuca* est réellement cosmopolite. L'algue verte plate et mince se rencontre quasiment partout sur la planète entre les deux cercles polaires. Ainsi, cette espèce est l'holotype du genre *Ulva* sp. Il existe d'autres espèces d'ulves qui sont similaires et pas toujours faciles à différencier. [10]



Figure 4: champ d'*Ulva* [10]

### **III. 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. (Voir figure 3). 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 zygote. La reproduction des algues se déroule ainsi selon une alternance de phases de reproduction asexuée assurée par les thalles (sporophytes), et de phases de reproduction sexuée, assurée par des thalles producteurs de gamètes (gamétophytes).

Aux cycles d'alternance de génération plus ou moins variés caractérisant leur reproduction, se superpose également une alternance de phases (de  $n$  à  $2n$  chromosomes). [11]

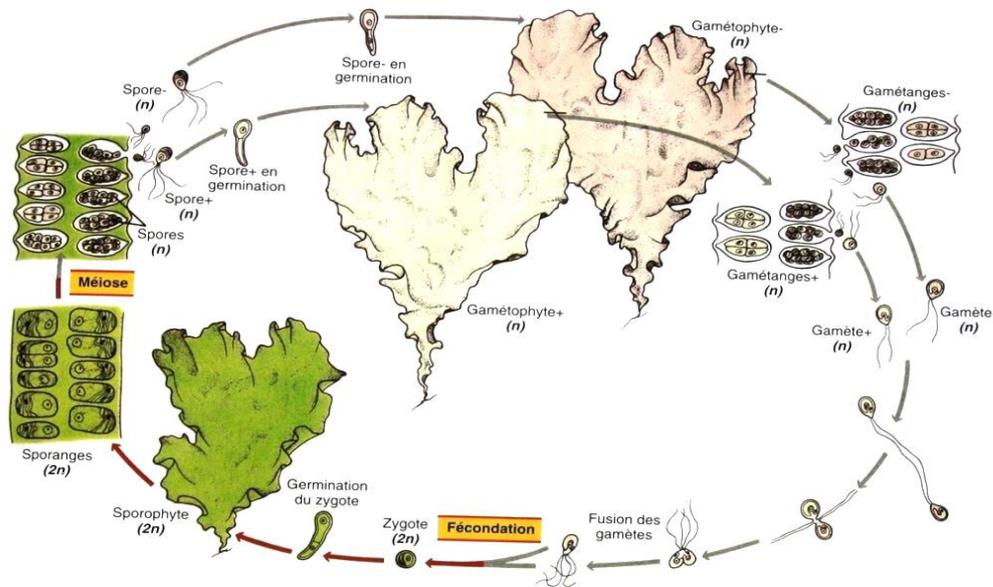


Figure 5: Reproduction d'une algue verte (*Ulva lactuca*) [12]

#### IV. Les différents types de polysaccharides des algues :

Les polysaccharides sont tous des polymères de sucres monomères, les plus représentés étant les hexoses : glucose, galactose, mannose etc... Ces sucres peuvent se trouver sous forme de molécule simple ou substituée en certaines positions par des groupements sulfates, éthers méthyliques, esters d'acétyle, acétals... [13]

##### • Les polysaccharides de réserve (stockés à l'intérieur de la cellule)

Chez les algues brunes, il s'agit de la laminarine (polymère du 1,3- $\beta$ -glucopyranose), chez les algues rouges, de l'amidon floridien (polymère du 1,4- $\alpha$ -glucose), et chez les algues vertes, du glucane (polymère du 1,4- $\beta$ -glucose). [14]

##### • Les polysaccharides de faible poids moléculaire

Solubles dans le milieu, ils passent au travers de la membrane pour réguler la pression osmotique.

Chez les algues rouges, on distingue plusieurs espèces dont deux isomères : le floridoside et l'isofloridoside participant à la régulation osmotique. Chez les algues brunes, plusieurs espèces sont également présentes (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. [14]

##### • Les 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 (cellulose, mannanes, xylanes)

- une phase **matricielle** contenant des polysaccharides de structure plus hydrosolubles noyés dans la matrice (ou zone amorphe), dans laquelle ont lieu les échanges cationiques. La nature des polysaccharides matriciels est spécifique à chaque type d'algue. [14] (voir chapitre 2 : la paroi)

#### V. **Rôle économique des algues :**

La quantité de macro-algues transformée annuellement dans le monde est de plus de 15,8 millions de tonnes (poids frais) soit 23% de toute la production aquacole et représentait une valeur marchande de 7,4 Milliards de dollars US en 2008. Approximativement 220 espèces sont cultivées. Les producteurs principaux sont la Chine, l'Indonésie et les Philippines qui, à eux seuls, totalisent les quatre cinquièmes de la production. Cette production est majoritairement destinée à l'alimentation humaine directe (76,1 %), à l'extraction des métabolites (11,2 %), le reste est exploité dans différents secteurs : l'alimentation animale et l'agriculture. L'ampleur de la consommation directe est due aux pays asiatiques. [15]

Tableau 2 : Production mondiale de macro-algues marines [15]

Régions	Pays	Quantité (tonnes/poids frais) en 2008
Asie de l'est et du sud-est	Chine	9922400 (62,8%)
	Indonésie	2 164 600 (13,7%)
	Philippine	1 674 800 (10,6%)
	République de Corée	932 200 (5,9%)
	Japon	458 200 (2,9%)
	RPD Corée	442 400 (2,8%)
Amérique	Chili	21 700 (0,14%)
Afrique	Tanzanie, Madagascar, Afrique du Sud	14 700 (0,093%)
Europe	Russie, France, Espagne	864

#### 1. **Utilisations en alimentation:**

Les macro-algues peuvent être intégrées dans certains ingrédients alimentaires, comme les pâtes. [16]. Quelques variétés sont plus produites en Bretagne dans l'alimentation humaine telles que : la laitue de mer (*Ulva lactuca*), le nori (*Phorphyra*), le haricot de mer (*Himanthalia elongata*), le

kombu royal ou kombu breton (*Laminaria saccharina* ou *digitata*), wakamé (*Undaria pinatifida*). [17]. En France, 21 espèces sont autorisées en alimentation humaine (tableau 3) [18]. Très riche en nutriments essentiels, la majorité est cultivée à Brest notamment la *Laminaria digitata* et les haricots de mer mais on peut retrouver aussi la laitue de mer vers Marseille dans la mer méditerranéenne.

Tableau 3: macro-algues consommées en France [18]

	Nom scientifique	Nom commun
Les algues brunes (8)	<i>Ascophyllum nodosum</i>	
	<i>Fucus vesiculosus et serratus</i>	
	<i>Himanthalia elongata</i>	Haricot de mer ou spaghetti
	<i>Undaria pinnatifida</i>	Wakamé
	<i>Laminaria</i> (3)	Kombu (kombu royal)
	<i>Alaria esculenta</i>	Atlantic wakamé
Les algues rouges (11)	<i>Palmaria palmata</i>	Dulse
	<i>Phorphyra</i> (7)	Nori
	<i>Chondrus crispus</i>	Pioca , lichen
	<i>Gracilaria verrucosa</i>	Ogonori
	<i>Lithothamnium calcaneum</i>	Maerl
Les algues vertes (2)	<i>Ulva</i>	Laitue de mer
	<i>Enteromorpha</i>	Aonori

## **2. Utilisation en agriculture**

Les agriculteurs, surtout biologiques, connaissent le pouvoir fertilisant des algues et emploient des extraits liquides pour stimuler la croissance des plantes et les protéger des maladies. [20]

Depuis longtemps les populations littorales fertilisent leurs terres à l'aide des macro-algues surtout avec les grandes algues brunes qui sont recueillies généralement au niveau des plages, puis lavées et découpées. Dans le Royaume-Uni, la pratique consistait à mélanger des macro-algues avec du sable, de laisser pourrir et puis de les enterrer. [19]

## **3. Utilisations médicale, paramédicale et pharmaceutique :**

Les macro-algues représentent une source de substances polymériques actives, mise en évidence par de nombreux travaux de recherche. Les potentiels thérapeutiques de certaines de ces substances sont extrêmement prometteurs notamment comme agents antimicrobiens, agents antiviraux ou pour leurs

activités envers certaines pathologies. On a ainsi mis en évidence un composé extrait d'une algue verte marine, le diméthylsulfoniopropionate, qui présente des potentialités anticancéreuses. Certains hétéropolysaccharides sulfatés matriciaux, comme les fucoïdanes, sont également appropriés pour lutter contre les processus de formation et de croissance de tumeurs malignes [21]

### **Principe actifs**

Les principes actifs sont particulièrement recherchés et différents selon les espèces, comme suit :

- Himanthalia* : vitamines C ;
- Fucus vesiculosus* : effet tenseur et bêta-glucanes ;
- Fucus spiralis* : propriétés drainantes ;
- Chondrus crispus* : polysaccharides, vitamines C et effet calmant ;
- Ascophyllum nodosum* : polyphénols, antioxydants ;
- Pelvetia* : acides aminés, vitamine E ;
- Corallina* : magnésium, calcium, effet calmant ;
- Laminaria digitata* : propriétés drainantes ;
- Palmaria palmata* : effet calmant, vitamines C. [22]

#### **4. Matières premières pour l'extraction de produits gélifiants : Phycocolloïdes**

Les polysaccharides extraits d'algues rouges, représentés par les agars et carraghénanes, sont des phycocolloïdes utilisés pour leur pouvoir gélifiant. [23]

Les algues brunes, et en particulier les Laminaires, sont riches en alginates. Les alginates, les carraghénanes et l'agar sont des hydrocolloïdes ayant des propriétés gélifiantes, stabilisantes et épaississantes qui entrent dans la composition de très nombreux produits cosmétiques et alimentaires, et sont commercialisés en tant qu'additif codé d'E400-E407. Près d'1 million de tonnes d'algues fraîches par an sont utilisées dans le monde pour extraire ces 3 composés. [24]

## **Chapitre 2 : Substances polymériques algales**

### **I. La paroi des algues :**

La paroi cellulaire des algues possède une architecture semblable à celle des végétaux terrestres. Elle est constituée de deux phases : une phase cristalline, qui correspond à un squelette de micro-fibrilles, enveloppée d'une phase amorphe, appelée également matrice prédominante (Figure 6). Elle se distingue cependant de celle des plantes par l'importance de la matrice sur le squelette, et par l'abondance des polysaccharides anioniques sur les polysaccharides neutres ce qui leur permettent entre autre de résister à l'immersion.

En ce qui concerne la phase cristalline des algues, essentiellement fibrillaire et neutre, elle est composée de molécules telles que la cellulose, les xylofucoglucanes et les mannanes, avec selon les espèces d'algues un polymère dominant.

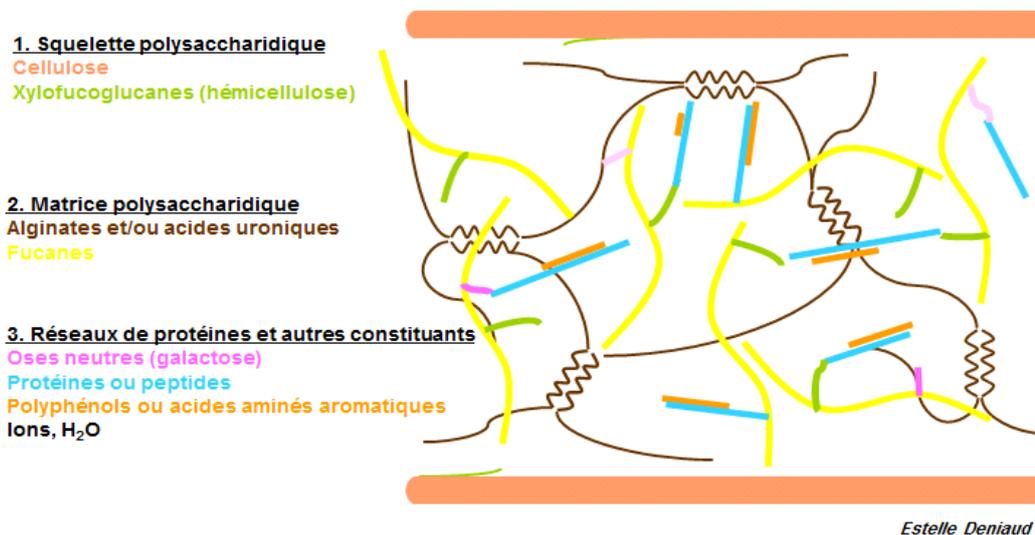


Figure 6 : schéma simplifié de la paroi des algues brunes. [25]

Enfin, ces parois cellulaires comportent également des protéines. Les rôles de ces dernières sont limités au transport des ions, d'adhésion cellulaire ou encore de détoxification. La protection physique du thalle de l'algue peut également être imputée à ces protéines. Elle possède donc un rôle spécifique, aussi bien structural que protecteur. En effet, ses composés interviennent dans la morphologie des thalles, notamment grâce à la flexibilité de leurs propriétés colloïdales. Ils participent en outre aux échanges ioniques de l'algue avec son milieu, ce qui permet notamment

d'abaisser la pression osmotique de l'eau de mer, et de réguler ainsi les pressions de turgescence dans les membranes cellulaires. [11]

## **II. Les polysaccharides matriciels : phycocolloïdes**

Les parois cellulaires de l'ensemble des algues contiennent outre la cellulose, l'hémicellulose, une forte proportion de polysaccharides anioniques. Ces polysaccharides désignés sous le nom de phycocolloïdes, ont une composition chimique variée suivant les groupes d'algues. Ils se localisent principalement dans la phase matricielle de la paroi des algues. Les parois des algues rouges contiennent essentiellement des galactanes sulfatés comme les carraghénanes et les agars ou les géloses. Les agars ou géloses extraits de certaines algues rouges comme *Gelidium amansii* ou *Gelidium corneum* capables de former spontanément des gels translucides thermoréversibles. C'est principalement leur teneur en sulfate (5 % de la masse) qui les distingue des carraghénanes. [26]

## **III. Composition chimique et structure des polysaccharides matriciels :**

### **1. Les polysaccharides matriciels des algues vertes :**

#### **1.1. Ulvanes**

Ulvane désigne un polysaccharide sulfaté soluble dans l'eau extrait de l'espace intercellulaire et dans la paroi fibrillaire des algues vertes (principalement *Ulva* sp.) et compte de 18% à 29% du poids sec des algues. Ces polysaccharides sont principalement composés d'acide glucuronique et d'acide iduronique unités avec des sulfates de rhamnose et de xylose, reliés par des liaisons -1 et -1, avec un moyen poids moléculaire des ulvanes allant de 189 à 8200 kDa. Les principales unités de disaccharides répétées, rapportées sont les types de sulfate d'acide ulvanobiouronique contenant de l'acide glucuronique ou iduronique. De plus, des unités répétitives ont été rapportées qui contiennent des xyloses sulfatées en remplacement de l'acide uronique ou de l'acide glucuronique en tant que branche sur O<sub>2</sub> de Le Rhamnose-3-sulfate. [27]

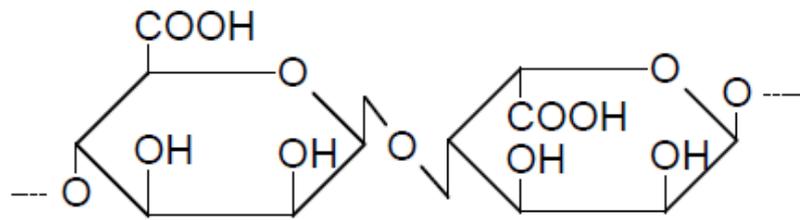
Mais il est nécessaire de signaler que ces deux types de polysaccharides ne sont pas utilisés à des fins industrielles agro-alimentaires.

### **2. Les polysaccharides matriciels des algues brunes :**

#### **2.1. L'acide alginique ou alginate :**

L'alginate est un phycocolloïde structurel d'algues brunes. Il a le pouvoir de former des gels stables à la chaleur avec certains métaux divalents. Il s'agit d'un polysaccharide ionique comprenant des sels de deux résidus: acide  $\beta$ -D-mannuronique (M) et Acide  $\alpha$ -L-guluronique (G) (Figure 7). Ces unités sont réparties aléatoirement dans une chaîne linéaire, où ils peuvent être disposés en blocs homogènes MM ou GG et alternes comme MG. Les propriétés physiques des alginates dépendent de

la proportion des trois types de blocs et sont liées à la source d'algues. Les alginates à haut G ont des propriétés gélifiantes supérieures, tandis que ceux à M élevé ont une viscosité plus élevée. [28]



**Acide  $\beta$ -D-mannuronique (M)**

**Acide  $\alpha$ -L-guluronique (G)**

Figure 7: structure de l'acide alginique [13]

### **2.2. Les fucanes :**

Les fucanes ou fucoidanes, constituent une famille hétérogène de polymères à base d'unité de fucose liées en  $\alpha$  (1,2) et sulfatées en 4 dont la composition varie depuis les molécules riches en fucose vers les molécules pauvres en cet ose comportant de grandes proportions de galactoses, de xyloses ou encore de l'acide uronique (voir Figure 8). [29]

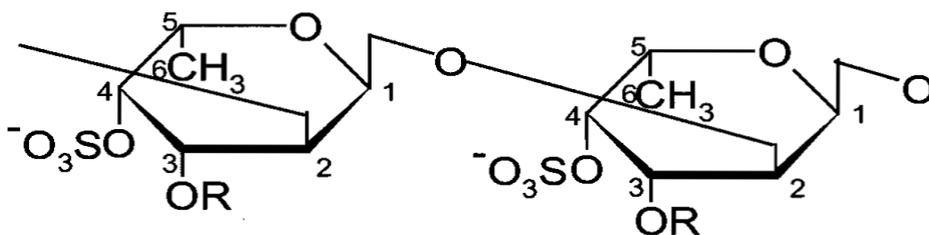


Figure 8: structure primaire des chaînes de fucose  $\alpha$ (1,2)

### **3. Les polysaccharides matriciels des algues rouges :**

#### **3.1. Les agars :**

L'agar-agar est constitué de deux types des polymères (longues molécules formées en attachant un grand nombre d'une ou plusieurs petites molécules l'une après l'autre) constitués de carbohydrates (c'est-à-dire des sucres, au sens où la chimie l'entend). L'un des deux est l'agarose, polymère qui ne possède pas de charges (figure 9), l'autre composant, l'agaropectine, est un polymère ayant une structure plus complexe. [30]

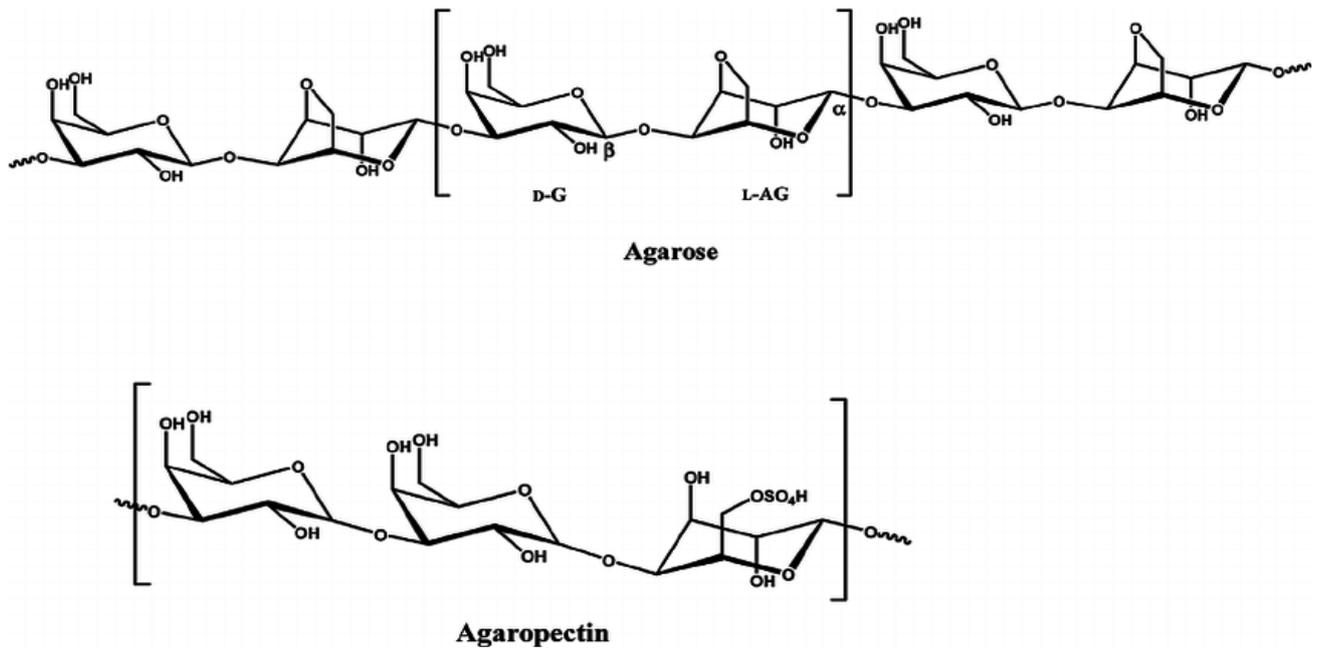


Figure 9: agarose et agaropectine

### 3.2. Les carraghénanes :

Ils sont constitués de motifs galactose sulfatés de configuration D, liés alternativement en  $\alpha$ -(1→3) et  $\beta$ -(1→4). Un certain nombre de galactoses liés en  $\beta$  (1→4) se présentent sous forme 3,6-anhydro (à l'instar de l'agar-agar). Le motif galactose-sulfate-3,6 anhydro s'appelle le « carrabiose »

Les masses moléculaires sont élevées, de l'ordre de 105 à 106 selon l'origine botanique et le processus d'extraction. Les carraghénanes peuvent être répartis en quatre groupes principaux, eux-mêmes répartis en deux groupes fonctionnels :

- Les carraghénanes gélifiants : kappa ( $\kappa$ ) et iota ( $\iota$ ), (voir figure ci-dessous)
- Les carraghénanes épaississants : lambda ( $\lambda$ ) et ksi ( $\xi$ ).

Les carraghénanes gélifiants sont sulfatés sur le carbone 4 du galactopyrannose lié en (1 → 3) et, pour le galactopyrannose lié en (1 → 4) sous forme de 3,6-anhydro non sulfaté pour le  $\kappa$  et sulfaté sur le carbone 2 pour le  $\iota$ . Les deux types de galactose sont dans une configuration « chaise », en  ${}^4C_1$  pour le motif A et  ${}^1C_4$  pour le type B.

Les carraghénanes épaississants ont un motif A sulfaté sur le carbone 2, B étant sulfaté sur le carbone 2 pour  $\xi$  et sur les carbones 2 et 6 pour  $\lambda$ . Tous les galactoses sont de type  ${}^4C_1$  et ne présentent pas l'alternance rencontrée avec les carraghénanes gélifiants. [13]

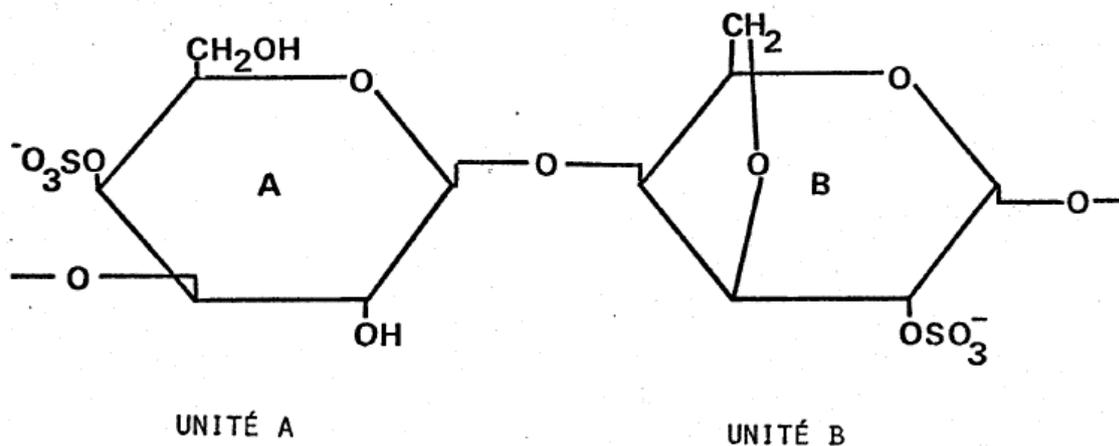


Figure 10: iota carraghénane [31]

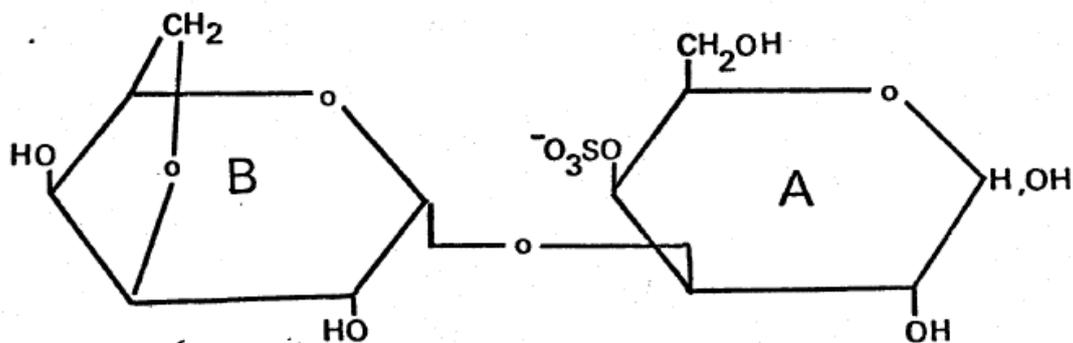


Figure 11 : kappa carraghénane [31]

#### IV. Mécanismes de gélification des polysaccharides :

##### 1. Carraghénane :

Il faut savoir que la carraghénane Lambda, même diluée dans une solution aqueuse froide ne peut pas former de gels. Seules les carraghénanes Kappa et Iota ont la capacité de former des gels, tant que la température est élevée.

Les molécules des carraghénanes sont très longues et chargées négativement. Elles se repoussent donc et les molécules cherchent à être les plus étendues possibles pour être à la plus grande distance possible. Fortement allongées, les molécules de carraghénane empêchent le déplacement de l'eau. De plus, après être réchauffées, donc lors du refroidissement, les carraghénanes Kappa et Lambda vont instinctivement se rapprocher, créant des zones de jonctions entre elles. C'est alors que se forme progressivement le gel (Voir figure 12). [32]

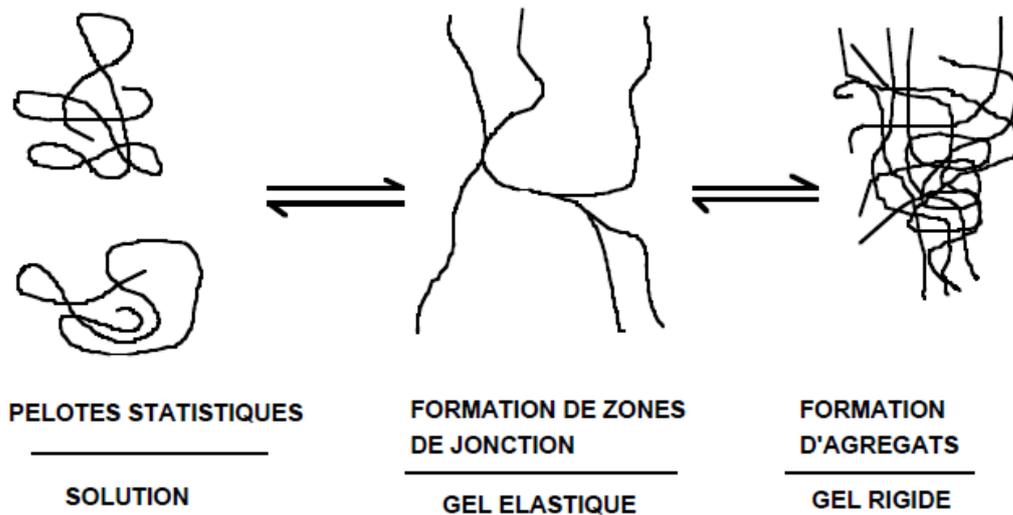


Figure 12: gélification de la carraghénane [33]

## 2. Alginates :

Les alginates peuvent former un gel qu'en présence des ions  $\text{Ca}^{2+}$  (figure 13). Au début, les alginates sont des chaînes éparpillées, en forme de pelotes. L'ajout des ions  $\text{Ca}^{2+}$  va débuter la gélification : les ions  $\text{Ca}^{2+}$  s'incorporent dans les chaînes de la molécule d'alginate et soudent les molécules. Ces chaînes vont peu à peu s'entasser formant ainsi le gel (c'est la gélification par entassement de chaînes, aussi appelée gélification par "boîte à œufs"). [34]

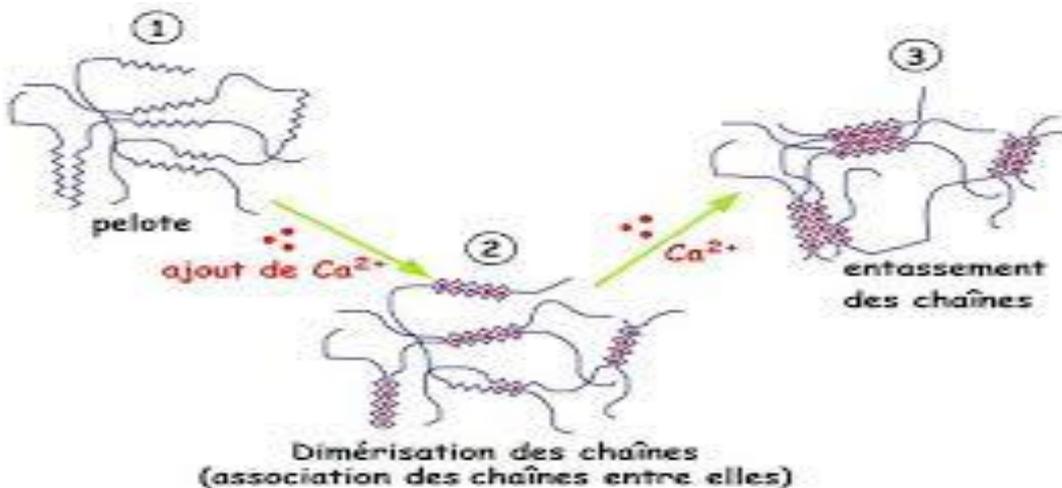


Figure 13: mécanisme de gélification des alginates. [34]

## 3. Agar :

Pour se gélifier, l'agar agar doit prendre en compte deux critères : il doit être au contact de l'eau et de la chaleur. C'est grâce à l'agarose que l'agar agar peut se gélifier car il possède beaucoup de radicaux

hydrophobes. Lorsque l'agar agar est mis au contact de l'eau, ses radicaux hydrophobes  $\text{CH}_2\text{-O}$  vont chercher à éviter l'eau. Pour cela, chacun des radicaux de la molécule d'agar agar va se placer le plus possible vers l'intérieur de la molécule, étant alors alignés les uns par rapport aux autres. Par ailleurs, les molécules d'agar agar vont se rapprocher pour chasser l'eau. Plus les molécules se rapprochent, plus ils se forment des liaisons hydrogènes entre molécules. Ces liaisons permettent aux polymères qui composent l'agar agar (agarose et agaropectine) de s'enrouler entre eux. Il se forme alors un groupement de polymères à doubles hélice emprisonnant l'eau en grande quantité (figure 14). Le deuxième critère à prendre en compte pour aboutir à la formation du gel agar est la température. Il lui faut en effet une température élevée ( $90^\circ\text{C}$ ) pour se dissoudre dans l'eau et une température plus basse ( $40^\circ\text{C}$ ) pour prendre la consistance d'un gel. [33]

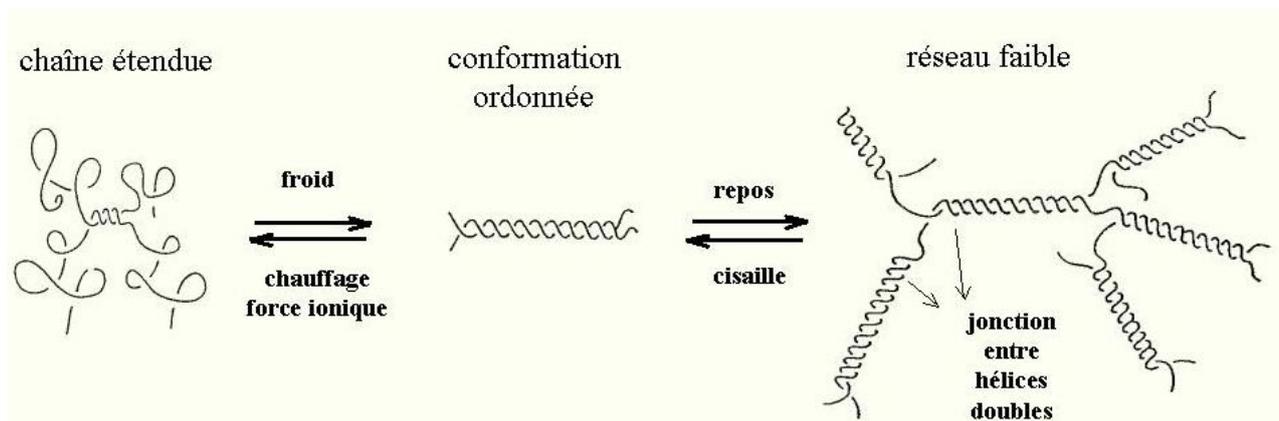


Figure 14: gélification de l'agar agar. [32]

## **Chapitre 3 : Applications des polysaccharides matriciels**

### **I. Cas des carraghénanes (E407)**

L'intérêt majeur des carraghénanes réside dans leur capacité à modifier la texture des préparations auxquelles ils sont mélangés. Ainsi leur ajout à une solution permet d'en augmenter drastiquement la viscosité, voire de former des gels. La présence des groupements sulfates et des unités anhydrogalactose est à l'origine de ces propriétés. [2]

#### **1. Application dans l'industrie agro-alimentaire :**

Les carraghénanes sont identifiés sous le code E407 parmi les additifs autorisés par la CEE comme agent de texture réputé pour ses propriétés épaississantes, gélifiantes...

Les applications des carraghénanes dans l'industrie laitière sont très vastes : crèmes, glaces, gâteaux, flans... Le  $\iota$ -carraghénane intervient essentiellement dans la confection des desserts, par la légèreté des gels qu'il produit. Les gels de  $\kappa$ -carraghénanes sont plus durs, plus cassants. Afin de les améliorer, on peut y inclure de la farine de konjac ou de graine de guar. [35]

- Dans les desserts, les glaces, les crèmes, les milkshakes, le lait concentré, le lait au chocolat, et les sauces: le gel augmente la viscosité ;
- Dans la bière : pour clarifier en enlevant l'écume formée par les protéines ;
- Dans les viandes industriels (jambon, etc.) : c'est un substitut du gras ; augmente la rétention en eau et le volume, et améliore la facilité de coupe ;
- Dans les sodas : pour améliorer la texture et maintenir les exhausteurs de goût en suspension ;
- Dans le lait de soja : comme gélifiant, pour simuler la consistance du lait entier ;
- Dans l'alimentation pour animaux. [36]

Le tableau 4 résume l'application des carraghénanes dans l'agroalimentaire. On a les différents types de carraghénanes utilisés, en précisant leur rôle ainsi que leur concentration dans les produits alimentaires.

Tableau 4 : illustrant l'application des carraghénanes en agro-alimentaire

Emploi	Fonctions	Type de carraghénanes	Concentration (%)
Desserts gélifiés	Gélation	$\kappa + \iota$	0,6-0,9
Gels basses calories	Gélation	$\kappa + \iota$	0,5-1,0
Flans lactés	Texturation/Goût	$\kappa, \kappa + \iota$	0,2-0,3
Petit déjeuner instantané	Texturation/Suspension	$\lambda$	0,1-0,2
Chocolat lait	Suspension/Goût	$\kappa, \lambda$	0,01-0,03
Lait artificiel	Emulsifiant	$\iota, \lambda$	0,05
Crèmes glacées	Contrôle de la fonte	$\kappa + \text{galactomannane}$	0,01-0,03
Sauces	Texturation	$\kappa$	0,2-0,5
Garniture tartes	Glaçage/Gélation	$\kappa$	0,7-1,0
Sirops	Suspension/Texturation	$\kappa, \lambda$	0,3-0,5
Bière/Vin clarification	Complexation des protéines	$\kappa$	?
Aliments pour animaux	Stabilisation des lipides	$\kappa + \text{galactomannane}$	0,5-1,0

## 2. Application en pharmacologie et cosmétologie :

### 2.1. Dans l'industrie pharmaceutique

Les carraghénanes sont inscrits à la Pharmacopée Européenne (monographie 04/2015, 2138).

Les carraghénanes, sous forme de différents sels, sont très largement utilisés pour leurs propriétés viscosifiantes à faible concentration. Ils ne sont ni absorbés ni dégradés dans l'intestin. Ce sont essentiellement des agents gélifiants, émulsifiants ou stabilisants de suspensions, utilisés dans les préparations pharmaceutiques non parentérales (gels, crèmes, lotions, suspensions, comprimés...) et comme additifs alimentaires (carraghénanes  $\iota$  et  $\kappa$ , E<sub>407</sub>). Les carraghénanes, sous l'appellation de carragénine, sont utilisés comme inducteurs de la réponse inflammatoire en pharmacologie expérimentale animale. [37]

### 2.2. En cosmétologie

La filière cosmétique utilise les algues sous forme d'extraits de plantes, broyées (pour les gommages par exemple) ou en tant qu'agents de coloration. Etant donné que le marketing joue un rôle important dans l'industrie des cosmétiques, les algues sont souvent utilisées afin de véhiculer une image de produits naturels apportant les bienfaits de la mer. [38]

## II. Cas des agars (E406) :

L'agar-agar est un gélifiant neutre au goût qui peut être mélangé à de nombreux ingrédients sans surprise. Il n'entraîne pas la précipitation des protéines, ne s'associe pas avec et n'est pas sensible à la dégradation par acides, enzymes présents dans les autres ingrédients. [39]

### 1. Applications dans l'agro-alimentaire

Ce sont des gélifiants ou des stabilisants qui permettent de contrôler la viscosité avec de faibles quantités (moins de 1%). De plus, ils ne modifient pas l'apport calorique des aliments car l'homme n'en absorbe qu'une faible partie. Ils sont rarement employés seuls, on a pour habitude de les associer à des substances telles que l'amidon, la gélatine, le sucre, la pectine, la gomme de caroube, la poudre de guar ou bien encore les carraghénanes ou les alginates afin d'obtenir différentes viscosités, gels ou textures. Voici diverses utilisations de cet additif :

#### **Glaces et crèmes glacées**

Ils sont utilisés comme stabilisateurs. Leur rôle essentiel est d'éviter la formation de cristaux de glace.

#### **Gel à eau**

- Fruités ou aux fruits = gelées;
- Confiserie gélifiée;
- Nappages de diverses pâtisseries pour éviter le dessèchement;
- Enrobage des viandes et poissons.

#### **Desserts laitiers**

- Crème, crème fouettée "tapping";
- Mousses desserts en poudre à préparer, crèmes pâtisseries
- Fromages fondus et à tartiner. [40]

### 2. Application en bactériologie

Le gélifiant le plus utilisé est l'agar-agar ou gélose : il s'agit d'un polygalactoside sulfaté présentant la propriété de former avec l'eau un gel solide à une température inférieure à environ 60 °C tout en étant liquéfiable par ébullition, auquel cas, il reste en surfusion (liquide) jusqu'aux environs de 45°C. D'autre part, très peu de micro-organismes sont capables d'hydrolyser l'agar. Il s'agit donc du procédé le plus utilisé pour fabriquer des milieux solides, l'addition de diverses autres molécules ne posant aucun problème particulier dans ce milieu aqueux. Les milieux solides destinés à être coulés en boîte de Pétri ou en tube ont une teneur en gélose assez élevée (15 g.L<sup>-1</sup>) tandis que les géloses molles ou semi-solides sont peu gélosées (3 à 5 g.L<sup>-1</sup>) et présentent une consistance intermédiaire. [41]

### **3. Application en pharmacie**

Les agars sont très utilisés comme excipients dans l'industrie pharmaceutique comme gélifiants, stabilisants et épaississants. Leurs propriétés stabilisantes sont intéressantes pour des solutions contenant de l'alcool ou du cholestérol. Quant à leurs propriétés gélifiantes, elles sont employées notamment dans la confection des pommades et des suppositoires, mais aussi comme lubrifiant en chirurgie, comme agents de suspension du sulfate de baryum en radiologie... Ils rentrent aussi dans la composition de coupe-faim. [42]

### **4. Application en l'agriculture**

Les recherches sont en cours afin d'utiliser les agars comme bio-engrais permettant d'améliorer la croissance des plantes cultivées mais également de renforcer leur défense naturelle contre les agresseurs extérieurs (parasites, champignons, bactéries). [43]

### **III. Cas des alginates (E400-E405) :**

Ces gels ont des applications diverses et sont trouvés dans les produits sous les codes E400 pour l'acide alginique, E401 pour l'alginate de sodium, E402 pour l'alginate de potassium, E403 pour l'alginate d'ammonium, E404 pour l'alginate de calcium, E405 pour l'alginate de propane-1,2 diol. [25]

### **1. Applications dans l'agro-alimentaire**

Dans les industries agroalimentaires. Les alginates sont utilisés comme agents de texture. En solution, les sels d'alginates n'ont ni goût, ni odeur, ni couleur; ils ne modifient donc pas les qualités organoleptiques des produits de l'industrie agroalimentaire où on les introduit. Ils sont généralement employés comme additifs à des concentrations relativement faibles (0,5 à 2%). Ils sont épaississants de sauces, de potages, de crèmes dessert. Dans les produits lactés où ils sont introduits, ils provoquent une gélification à froid à cause du calcium présent dans le lait. Ces gels sont stables à la chaleur (non thermoréversibles). Pour ces capacités de gélification en présence de cations, ils sont très utilisés dans les produits reconstitués, qu'il s'agisse de viande (steaks hachés), de poisson, de fruits ou de légumes. C'est ainsi qu'à partir de pommes ou d'oignons broyés en présence d'alginates de sodium et d'un sel de calcium, on obtient une pâte gélifiée. Celle-ci est soit mise en moules, soit extrudée à partir de fentes appropriées permettant d'obtenir des tranches de pommes ou d'oignons toutes identiques et régulières, ce qui facilite une production automatisée. On fabrique de la même façon de fausses cerises qui gardent bien leur forme à la cuisson. Très utilisées dans certains cakes industriels, ces fausses cerises présentent l'avantage de conserver leurs pigments à la cuisson. [44]

## **2. Les applications des alginates dans le domaine médical**

### **2.1.L'utilisation pour les empreintes dentaires**

Les hydrocolloïdes irréversibles, ou alginates, sont les produits à empreinte les plus utilisés en dentisterie (voir figure 10). Depuis 1981, ces matériaux sont classés selon leur capacité à enregistrer les détails : les alginates de classe A, ou alginates de haute définition, sont indiqués pour la confection des inlays et des couronnes. Les alginates de classe B, ou traditionnels, sont indiqués pour la réalisation d'empreintes en prothèse adjointe partielle, et ceux de classe C pour la réalisation de modèles d'étude et de modèles antagonistes. [45]



Figure 15: empreinte dentaire à base d'alginate

### **2.2.Dans les serviettes hygiéniques**

L'acide alginique est souvent utilisé pour les serviettes hygiéniques du fait de son pouvoir absorbant. Il est capable d'emmagasiner jusqu'à 140 fois son propre volume d'eau. Ce polymère est placé juste sous le voile doux qui protège la peau. Le procédé d'insertion de produits pulvérulents dits "super-absorbants" dans une structure fibreuse. On dépose la poudre du produit super-absorbant sur un matelas fibreux, on recouvre l'ensemble d'une nappe de fibres et on lie la nappe de fibres audit matelas fibreux, selon des lignes et/ou des points de cohésion, de manière à définir entre le dit matelas et la dite nappe des espaces dans lesquels une certaine quantité de poudre de produit super-absorbant est emprisonnée.[46]

## **3. Application en pharmacie**

### **3.1.Excipient de médicaments**

Les alginates sont établis parmi les biopolymères les plus polyvalents, utilisés dans un large éventail d'applications. L'utilisation conventionnelle de l'alginate comme excipient dans les produits pharmaceutiques dépend en général des propriétés épaississantes, formant un gel et stabilisantes. Un

besoin d'un contrôle prolongé et meilleur de l'administration du médicament a augmenté la demande de polymères sur mesure. Les hydrocolloïdes comme l'alginate peuvent jouer un rôle important dans la conception d'un produit à libération contrôlée. À faible pH, l'hydratation de l'acide alginique conduit à la formation d'un «gel acide» à haute viscosité. L'alginate est aussi facilement gélifié en présence d'un cation divalent comme l'ion calcium. Les perles d'alginate de sodium séchées résistent, créant une barrière de diffusion réduisant la migration de petites molécules (p. Ex., Les médicaments). [47]

### **3.2. Les pansements et compresses**

Les pansements à base d'alginate sont composés essentiellement à partir d'algues brunes : les laminaires. Ce sont des pansements à très fort pouvoir absorbant : de 10 à 15 fois le poids du pansement par diffusion passive et par capillarité. Certains alginates peuvent contenir de la CMC. Au contact des sécrétions, les fibres d'alginate se gélifient les bactéries sont piégées, ce qui évite la contamination microbienne. Les alginates sont également hémostatiques. La plaie est détergée, le pansement ne se délite pas ni n'adhère à la plaie. Enfin, le processus de cicatrisation accéléré par concentration des éléments favorables. [48]

De plus, la douleur était moindre au renouvellement des compresses. Ces compresses ont une bonne tolérance et réduisent le temps de cicatrisation.

### **3.3. Médicament contre reflux gastro-œsophagien (RGO)**

Les principes actifs extraits des algues sont utilisés comme anti-inflammatoire œsophagien, pour lutter contre l'embonpoint, pour leur effet laxatif ou encore pour les pansements. A ce jour, l'alginate est le principal principe actif utilisé en pharmacie. [49]

En effet, l'alginate de sodium entre dans la composition de médicaments destinés à traiter les personnes souffrant de reflux gastro-œsophagien. La forte viscosité de cette molécule permet, ainsi, de tapisser et de protéger les muqueuses de l'œsophage soumises aux remontées acides. Il s'agit d'un traitement symptomatique, c'est-à-dire qu'il permet de soulager l'inflammation, mais qu'il n'en traite pas l'origine. Les alginates sont souvent prescrits en complément de l'administration d'antiacides qui, quant à eux, vont réduire la production d'acides au sein du suc gastrique. Là encore, ce type d'alternative est généralement préconisé dans les cas de reflux légers à modérés. En présence d'œsophagite, les gastroentérologues vont plutôt privilégier les antagonistes des récepteurs H<sub>2</sub> ou les inhibiteurs de la pompe à protons qui, eux, vont faciliter la cicatrisation des parois lésées par les remontées acides. Mais la voie chirurgicale reste la seule stratégie thérapeutique permettant une réelle guérison d'un reflux gastrique permanent. Celle-ci consiste à rétablir une barrière anatomique anti-reflux. [50]

#### **4. L'utilisation dans l'industrie papetière**

Les alginates sont utilisés dans les finitions du papier, conférant, en surface, un film doux, continu et sans crochet. Ils sont notamment employés pour les papiers d'emballage. L'alginate d'ammonium est incorporé dans la pâte à papier pour jouer le rôle de retardateur au feu. Les extraits d'algues sont également employés dans les emballages biodégradables, voire dans les vêtements jetables. [51]

#### **5. Les emplois divers des alginates**

##### **5.1. Traitement des eaux usées**

L'alginate de sodium ou de potassium joue un rôle d'accélérateur de sédimentation. On ajoute de l'alginate de sodium aux eaux turbides stockées dans les bassins. Il faut ensuite compléter avec un acide, ainsi dès que le pH est proche de 2, l'alginate se décompose, libérant un nuage d'acide alginique (plus dense que l'eau) qui entraîne les particules en suspension vers le fond du bassin. Ce même procédé est utilisé pour clarifier le vin, la bière ou encore le jus de betterave destiné à la fabrication du sucre. [40]

##### **5.2. Atout contre le feu**

L'alginate de béryllium donne des fibres ininflammables. Ces fibres sont tissées pour former la trame des habits des sapeurs-pompiers. Quant à l'alginate d'ammonium, il est mélangé à l'eau que les bombardiers d'eau projettent dans les incendies. L'alginate augmente la viscosité de l'eau, améliorant l'adhérence sur les végétaux et diminuant la progression des flammes. [52]

##### **5.3. Stabilisateur des bordures d'autoroutes**

Une couche d'alginate de sodium est pulvérisée sur les bas-côtés et bordures d'autoroutes, suivie d'une solution de chlorure de calcium. Il se forme une couche d'alginate de calcium solide qui résiste au ravinement par l'écoulement des eaux de pluies. Les graines des plantes peuvent également être enrobées d'alginate pour assurer une protection supplémentaire. [53]

## **Chapitre 4 : Procédés d'extraction industrielle**

### **I. La carraghénane**

Afin de conserver la qualité des carraghénanes, les opérations de séchage des algues et de nettoyage après la récolte doivent être réalisées avec soin. Il s'agit à la fois d'éliminer le sable et tous les matériaux non algaux pour conserver une valeur marchande acceptable, et de sécher les algues jusqu'à obtenir un pourcentage d'humidité compris entre 35 et 40 %, qui permet de préserver la qualité des carraghénanes tout en évitant que les algues ne se brisent. Pour cela les algues sont en général séchées au soleil, soit à même le sol, soit sur des claies qui permettent au sable de tomber au fur et à mesure du séchage. Aux Philippines et en Indonésie, 2 à 3 jours sont en général suffisants pour atteindre le bon taux d'humidité.

L'extraction en elle-même est réalisée sur des algues, lavées ou non, en milieu aqueux alcalin à chaud, sous agitation vigoureuse, et parfois sous pression. L'hydroxyde de sodium ou de calcium, ou encore le carbonate de sodium, sont utilisés comme agents alcalins. Ces conditions alcalines permettent d'éviter que l'auto-hydrolyse acide ne diminue le poids moléculaire des carraghénanes et donc leurs propriétés gélifiantes. Cela permet également d'induire la formation des ponts 3,6-anhydro et ainsi d'augmenter le pouvoir de gélification. [2]

Lors de cette étape les carraghénanes passent en solution. Tous les matériaux insolubles sont ensuite éliminés, soit directement par filtration, soit par centrifugation suivie d'une filtration sur gel de silice (voir figure 11). La solution clarifiée ainsi obtenue est parfois concentrée par évaporation ou ultrafiltration. Le carraghénane est ensuite récupéré sous forme solide (ou gélifiée) par précipitation dans l'alcool (le plus souvent l'isopropanol). Le chlorure de potassium est dans certains cas utilisé à la place de l'alcool, avec l'inconvénient que beaucoup d'ions potassium sont retrouvés dans le produit final. Le coagulum obtenu est pressé pour éliminer un maximum de liquide, il est parfois de nouveau lavé dans l'alcool pour éliminer toute l'eau. Le matériel ainsi obtenu est séché puis broyé pour former une poudre. Le rendement final est d'environ 25%, par rapport à la masse initiale d'algues sèches. [2]

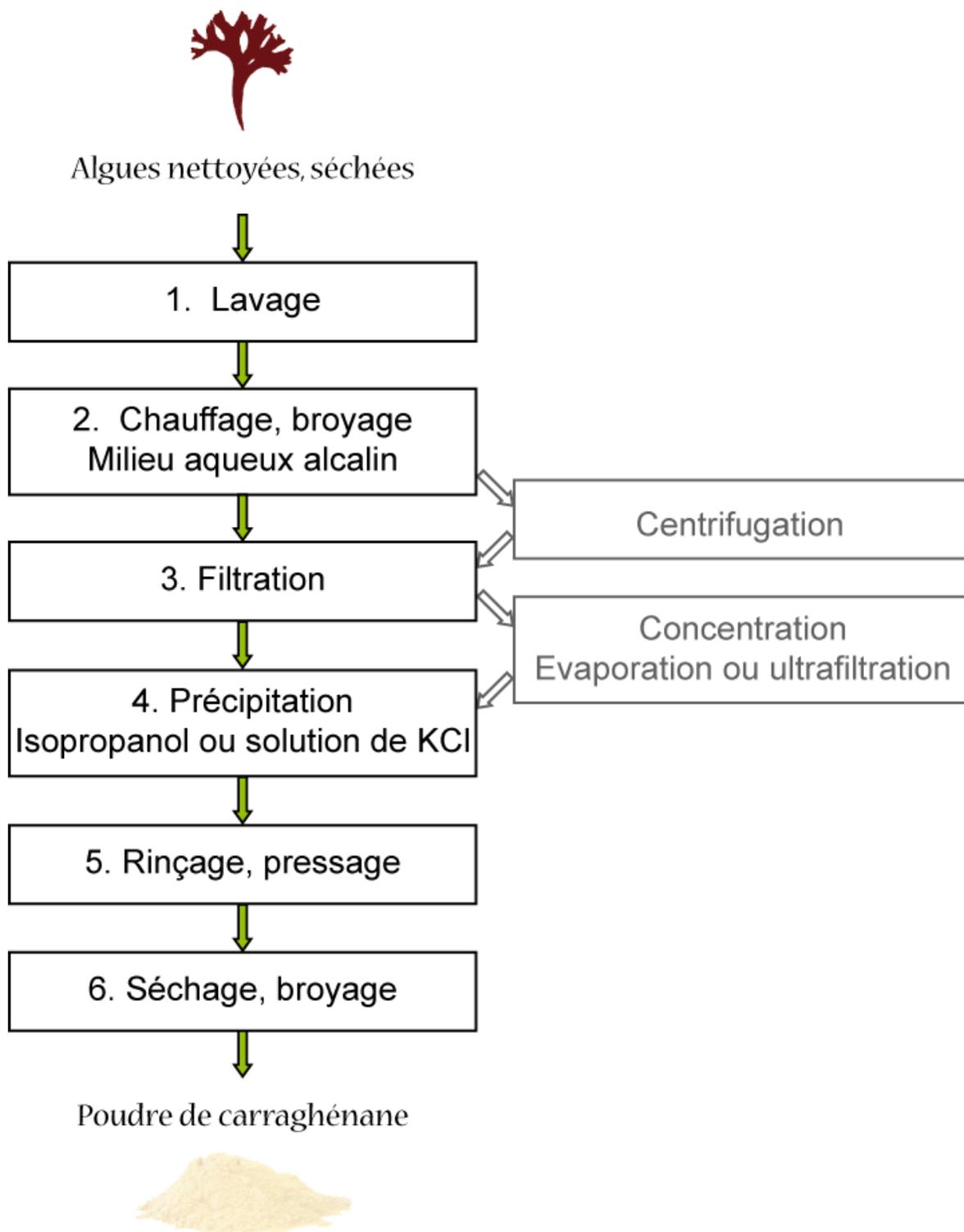


Figure 16 : Procédé d'extraction industrielle des carraghénanes.

Les étapes indiquées en gris sont facultatives.

La qualité des carraghénanes est extrêmement variable d'une production à l'autre, et de nombreux paramètres peuvent en être à l'origine, comme la qualité du séchage ou la durée de stockage. La solution la plus simple et la moins onéreuse consiste à réaliser des formulations permettant d'obtenir

les propriétés rhéologiques recherchées, en mélangeant des carraghénanes provenant de différentes productions.

## II. Les alginates

Dans les algues brunes, les alginates sont présents sous forme de sels insolubles (principalement de calcium). Le principe de l'extraction est de convertir ces sels insolubles en sels de sodium soluble. L'algue pourrait être traitée par une solution alcaline. En industrie, il existe deux protocoles classiquement utilisés pour extraire les alginates, la méthode dite directe et la méthode dite indirecte, qui reprennent toutes les deux le principe du prétraitement acide suivi d'une extraction alcaline. C'est le mode de précipitation utilisé ensuite qui différencie la méthode directe de la méthode indirecte (Figure 12). Le choix de l'une ou l'autre est lié à l'espèce d'algue traitée. Dans cette étude, les travaux ont été menés exclusivement sur l'algue *Laminaria digitata*. Cette espèce est traitée dans l'industrie suivant la méthode directe, qui permet d'obtenir un acide alginique de bonne qualité et de couleur blanche sans avoir recours à un agent chimique. Les différentes étapes de cette méthode directe sont schématisées et détaillées ci-après. [53]

### 1. Préparation de la matière première :

Il existe différents modes de conservation des algues fraîches : le formol, la congélation, le séchage. C'est généralement le formol qui est utilisé, car il présente plusieurs avantages : il est peu coûteux, il provoque une dépigmentation des algues (amélioration de la blancheur du produit final) et une libération des phénols. Les algues sont plongées dans un bain de formol à environ 1% puis stockées. Avant utilisation, les algues sont rincées, puis découpées en fragments de 20 à 30 cm de longueur pour faciliter le transport par pompage. Si les thalles ont été conservés sèches, il faut les réhydrater.

### 2. Formation de l'alginate de sodium

L'alginate se trouve dans les cellules de l'algue sous forme de sels de sodium, calcium et magnésium. Les alginates de calcium et magnésium étant insolubles, les étapes de lixiviation et de carbonatation décrites ci-après permettent de les transformer en sel de sodium soluble dans l'eau.

### 3. Lixiviation (ou acidification)

Les algues sont immergées dans une solution d'acide sulfurique à environ 0,5N pendant plusieurs heures. Les sels d'alginates insolubles situés dans les cellules de l'algue passent sous forme d'acide alginique insoluble et les ions calcium, sodium et magnésium sont libérés sous forme de sulfates avec les eaux de rinçage. Deux à trois rinçages à l'eau douce sont nécessaires.

### 4. Carbonatation

Les algues sont immergées dans une solution de carbonate de sodium à environ 4 %.

L'acide alginique insoluble présent dans les cellules de l'algue réagit avec le carbonate de sodium pour donner de l'alginate de sodium soluble, qui passe en phase aqueuse. Au terme de cette opération, on obtient un « jus de carbonatation » : la matière algale est décomposée sous forme de particules en suspension dans la solution d'alginate de sodium.

Suivant l'espèce d'algue traitée et la gamme de viscosité que l'on désire obtenir pour le produit final, on peut faire varier la température et le temps de contact. Pour *Laminaria digitata*, on préfère opérer à froid ou à 25-30°C de façon à préserver une haute viscosité.

A noter que le mélange réactionnel serait propice au développement bactérien et à l'activité d'alginate lyases endogènes, catalysées par les polyphénols naturellement présents dans les algues, pouvant provoquer la dégradation des alginates. Un scientifique a mis en évidence une perte de viscosité durant l'extraction alcaline des alginates de *Macrocystis pyrifera*. Leurs travaux ont consisté à suivre la viscosité du jus de carbonatation pour obtenir une mesure indirecte du rendement d'extraction. On peut donc supposer que l'évolution du rendement a pu interférer avec celle de la viscosité. [53]

### **5. Flottation et filtration**

Il s'agit de séparer la solution d'alginate de sodium des particules de matière algale en suspension. Théoriquement, la séparation pourrait se faire par simple filtration. En fait, les particules de cellulose et autres composés insolubles sont si fins et si mucilagineux qu'ils colmatent rapidement les filtres. Dans l'industrie, on utilise le plus couramment l'émulsifiations (injection d'air dans le jus de carbonatation dilué) puis la flottation. au laboratoire, on utilise le plus souvent la centrifugation.

### **6. Précipitation de l'acide alginique**

L'acide alginique est précipité par ajout d'acide sulfurique à la solution d'alginate de sodium, de façon à ce que le pH soit inférieur à 2. Le carbonate de sodium resté en excès dans la solution se décompose en libérant du gaz carbonique qui se prend dans les fibres d'acide alginique en formation et les amène à la surface : il se forme une « mousse » d'acide alginique, qui s'épaissit et se tasse progressivement.

### **7. Déshydratation**

Dans l'industrie, des systèmes de filtre-presses ou de presses à vis sont utilisés, parfois associés à de l'alcool, pour déshydrater la mousse d'acide alginique. A la sortie de la presse, on obtient un acide alginique à environ 30% d'humidité. Ce produit est ensuite traité avec les bases adéquates pour produire les différents sels d'alginates qui sont commercialisés :

- l'acide alginique (E400),
- l'alginate de sodium (E401),
- l'alginate de potassium (E402),

- l'alginate de calcium (E403),
- l'alginate d'ammonium (E404),
- l'alginate propylène glycol (E405),

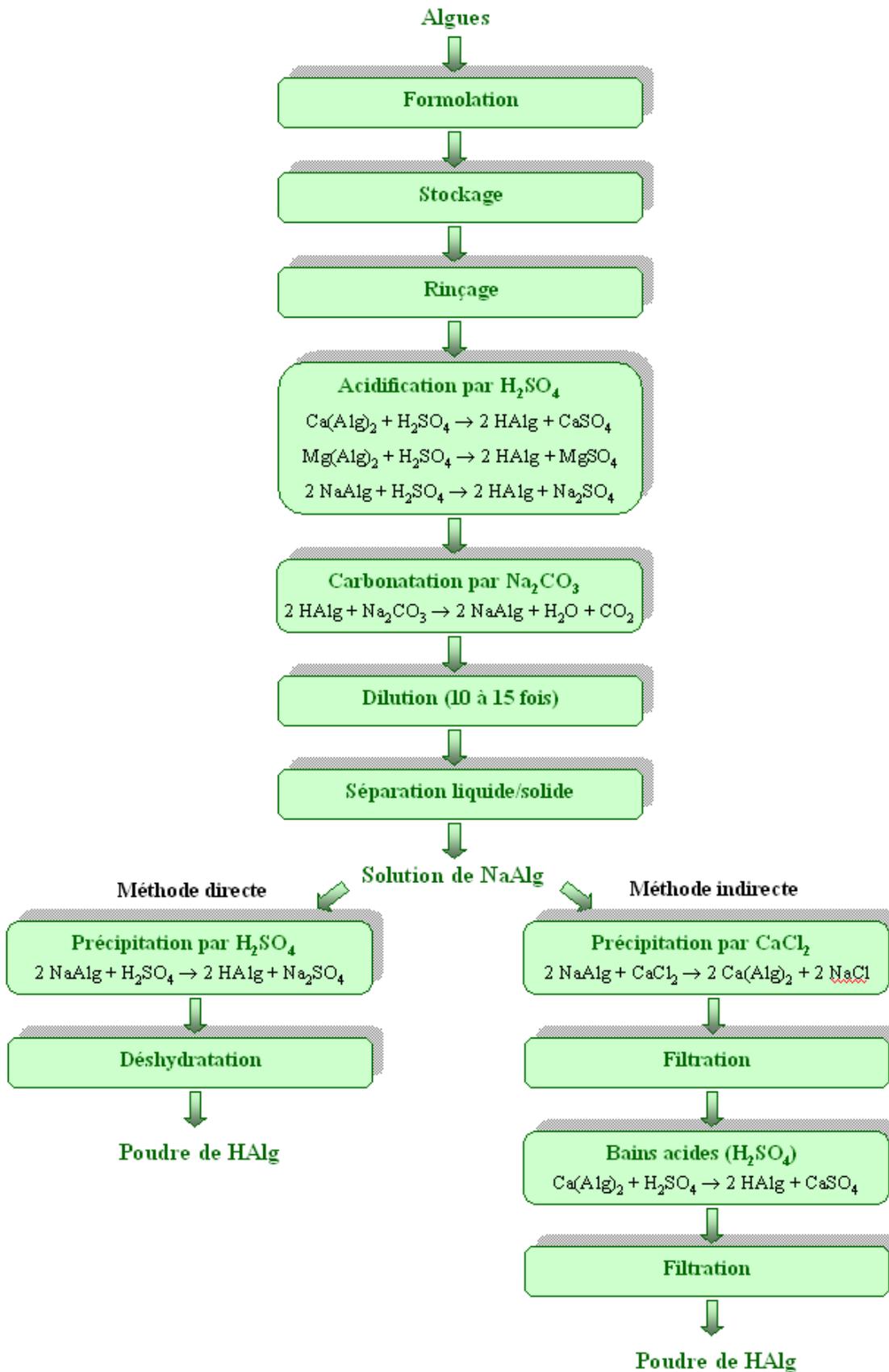


Figure 17 : Procédé industriel d'extraction de l'acide alginique : méthodes directe et indirecte

### III. Agar

Le processus de production de l'agar peut être séparé en certaines étapes clés: prétraitement, Extraction, filtration, concentration et déshydratation (figure 16).

#### 1. Prétraitements

Afin d'obtenir l'extraction la plus pure possible, les algues sont d'abord lavées pour enlever le sable, les sels, les coquilles et autres matières étrangères. Il y a quelques différences dans le prétraitement selon le genre utilisé. Pour *Gelidium*, cette phase consiste en un traitement correcteur avec une solution alcaline douce (habituellement Carbonate de sodium) pour éliminer le pigment phycoérythrine et pour macérer et préparer les algues pour une meilleure extraction. Pour *Gracilaria*, le traitement alcalin avant l'extraction est effectué pour augmenter la force du gel. Les algues sont chauffées à 85-90 ° C dans une solution d'hydroxyde de sodium, à des concentrations allant de 0,5% à 7% de NaOH, pendant 1 à 2 heures. La concentration de l'alcali, ainsi que la température et le temps, doit être adapté à chaque espèce de *Gracilaria* pour obtenir la plus grande désulfation possible tout en évitant les pertes de rendement processus. Après élimination de l'alcali, les algues sont lavées avec de l'eau et, occasionnellement, avec un acide très faible pour neutraliser tout alcali résiduel. [28]

#### 2. Extraction et filtration

L'extraction de la gélose implique nécessairement la cuisson des algues en excès d'eau à l'ébullition. Afin de favoriser une bonne extraction, un acide pour ajuster le pH à 6,3-6,5 est généralement requis. L'extraction sous pression réduit le temps de traitement et augmente le rendement en gélose. Cependant, la méthode de pression et la cuisson acide sont efficaces pour l'extraction de gélose.

Ces deux conditions sont potentiellement destructives pour la gélose extraite. Par conséquent, des conditions d'extraction optimales doivent être établies pour chaque type d'algues. L'agar dissout dans l'eau doit être filtré pour d'algues résiduelles et le filtrat chaud est refroidi pour former un gel. Cela dépend de la qualité d'agar recherchée, le gel peut être traité avec de l'eau de Javel (habituellement du sodium Hypochlorite) pour réduire toute couleur. Après un tel traitement, le gel doit être lavé pour éliminer l'agent de blanchiment, laissant un gel qui contient environ 1% d'agar. Les 99% restants sont de l'eau et doivent être éliminés du gel, soit par Congeler-dégel ou en le serrant à l'aide de la pression. [50]

#### 3. Concentration par méthode de congélation-décongélation

La technique traditionnelle adaptée par Minoya Tarozaemon basée sur le gel et la décongélation est encore utilisée dans une faible mesure pour produire de la «gélose naturelle». Cette technique est le lavage de *Gelidium amansii*, en utilisant des dispositifs similaires à ceux utilisés pour laver les feuilles de thé. Dans le passé, l'ajustement du pH pendant l'extraction a été réalisé avec du vinaigre ou du saké, mais l'acide sulfurique dilué est plus couramment utilisé employés. L'extrait liquide est filtré à chaud dans des sacs de coton, versé dans des plateaux en bois et on les laisse gélifier par refroidissement. Selon le volume de gel, il peut être coupé en barres carrées ou extrudé pour produire des bandes 25-40 cm bien avant que le processus naturel de congélation-décongélation ne soit utilisé pour déshydrater et concentrer le gel avant le séchage. L'extrait d'algues, qui contient normalement 1-1,2% d'agar pendant le processus, est concentré après décongélation et déformation (normalement par centrifugation) pour contenir de 10 à 12% d'agar - une augmentation de dix fois. L'eau éluée emporte des oligomères, des sels organiques et inorganiques et des protéines des algues, y compris les phycoérythrine responsables de la production rouge de la famille Rhodophycée. [50]

#### 4. **Concentration par méthode de synérèse**

Une autre méthode pour réduire la teneur en eau dans le gel est basée sur la synérèse. Le gel de gélose est placé entre des tissus de filtre poreux et pressé dans une presse hydraulique pour enlever l'eau. Cette technique de synérèse s'est répandue rapidement dans le monde entier en raison de la réduction des coûts énergétiques qu'elle facilite. À titre d'exemple comparatif, la méthode de congélation nécessite la production de glace de c.100 tonnes pour produire une tonne de gélose, ce qui nécessite beaucoup plus d'énergie que la faible consommation d'énergie de la synérèse méthode. En outre, la pureté de la gélose augmente dans la méthode de synérèse car une plus grande quantité d'eau et d'impuretés solubles peut être éliminée.

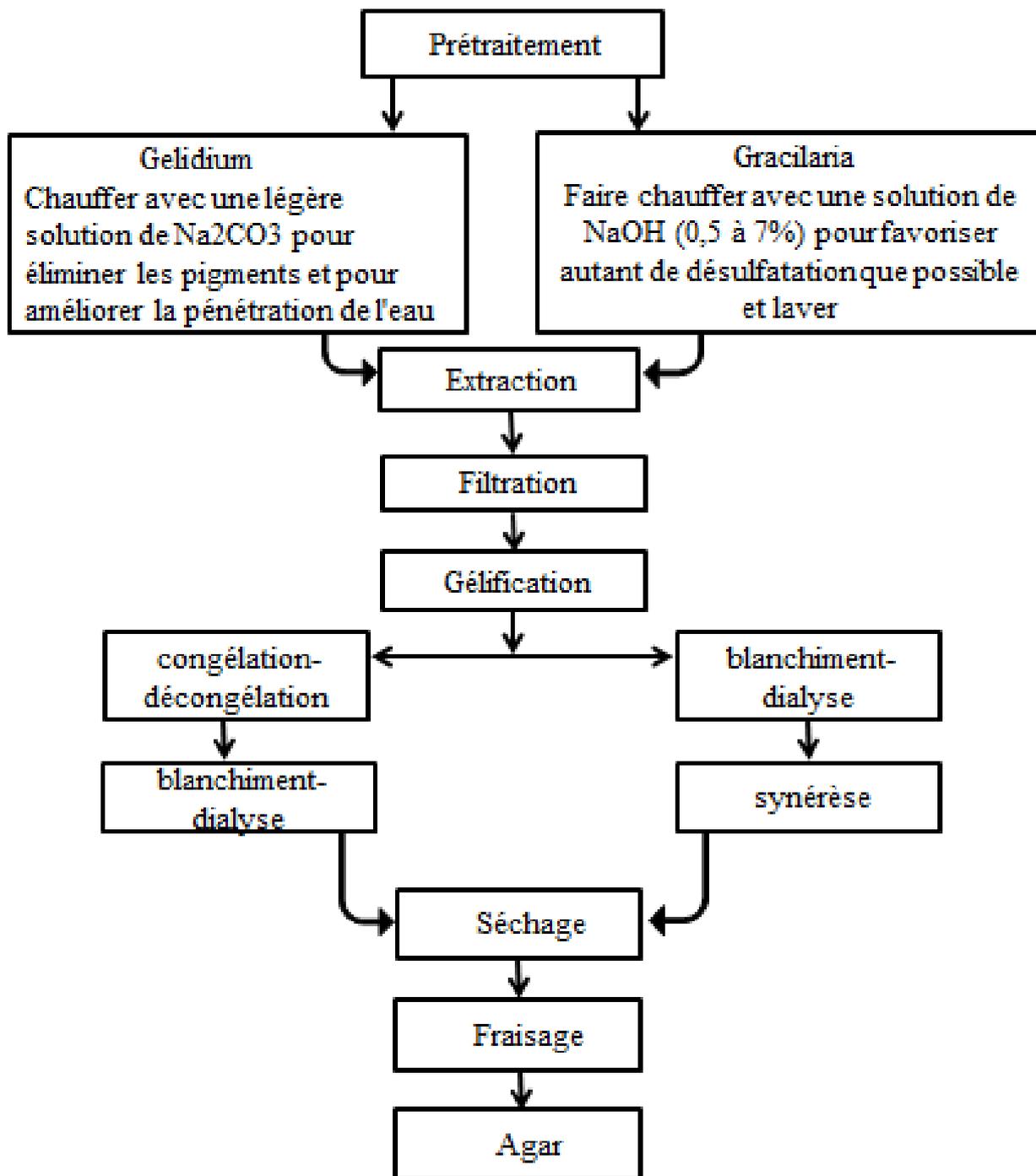


Figure 18 : extraction industrielle de l'agar

## **Conclusion :**

Sur la base de notre étude bibliographique, nous avons pu nous rendre compte des potentialités d'applications des macro-algues marines. Ces dernières disposent de leur place autant dans une alimentation courante que dans des régimes particuliers comme source complémentaire ou d'apport spécifique. Elles constituent une ressource potentielle et prometteuse à fournir encore plus de nouvelles substances biologiquement actives aux applications biomédicales etc...

Différents types de polysaccharides sont extraits des algues marines. Ils sont exploités généralement dans les pays développés dans la production des gélifiants, des stabilisants ainsi que les épaississants.

Ces polysaccharides sont autorisés par la Communauté Economique Européenne (CEE) comme des additifs alimentaires. Les agents de textures tels que l'agar, la carraghénane et les alginates sont très utilisés dans l'agroalimentaire dans la conception des produits laitiers, dans la clarification des boissons alcoolisées et dans beaucoup d'autres produits alimentaires.

Ils sont employés également dans d'autres secteurs industriels mais aussi dans la conception des autoroutes. Ils sont reconnus aussi comme un atout contre les incendies, dans le traitement des eaux usées etc...

En agriculture, les algues sont principalement utilisées comme engrais ou comme ingrédient dans la fabrication d'aliment pour le bétail. En effet, les algues favorisent la croissance des plantes, la résistance aux maladies et produisent des substances protectrices contre les agressions par les gastéropodes. Pour l'alimentation animale, les fucales sont utilisées comme additifs alimentaires pour leurs qualités digestives. Elles sont transformées en farines mélangées à la nourriture.

Cependant, des recherches sont en cours concernant l'application des ulvanes en cosmétique et dans la conception des antibiotiques. Ce polysaccharide est extrait des algues vertes (*Ulva sp* et *Enteromorpha sp*) relativement présents dans la mer méditerranéenne. Les Ulvales se sont proliférés à cause de la pollution chimique provoquée par les rejets des nitrates des agriculteurs ou des phosphates que l'on trouve dans nos lessives causant des gigantesques marées vertes envahissant les plages et bouleversent ainsi nos écosystèmes aquatiques. L'exploitation des ulvanes permettra de cultiver et récolter les algues vertes contribuant ainsi à la préservation de ces derniers.

## **Références bibliographiques :**

- [1] : FALLER. H., (2011). Les applications et la toxicité des algues marines, Pharmacie, Université de Limoges, 116p.
- [2] : JOUANNEAU.D, (2010). Détermination de la composition et de la distribution des carraghénanes par hydrolyse enzymatique. Biochimie [q-bio.BM]. Paris 6. Français
- [3] : LE BRAS Quentin, RITTER Léa, FASQUEL Dimitri, LESUEUR Marie, LUCAS Sterenn, GOUIN Stéphane. (2014). *Etude nationale de la consommation d'algues alimentaires : Contexte et méthodologie*. Programme IDEALG Phase 1. Les publications du Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST n°30, 24 p.
- [4] : RUIZ.G., (2005). Extraction détermination structurale et valorisation chimique des phycocolloïdes d'algues rouge, chimie-appliquée des substances naturelles, Université de Limoges, 229p.
- [5] : M. L'abbé J. Augier (1965) Biochimie et taxinomie chez les Algues, Bulletin de la Société Botanique de France, 112:sup1, 8-15 [en ligne], URL : <http://dx.doi.org/10.1080/00378941.1965.10838283>. Consulté le 10/06/17
- [6] : SELOSSE M.A (2006) *Animal ou végétal ? Une*. Pour la science, (350), 66.
- [7] : PELLEGRINI.M, VALLS.R, PELLEGRINI.L. CHIMIOTAXONOMIE ET MARQUEURS CHIMIQUES DANS LES ALGUES BRUNES. Lagasalia 19(1-2): 145-164 (1997)
- [8] : DELEPINE.R., (1979). Rôles des algues marines dans l'économie régionale de l'Océan Indien Occidental, Université Pierre et Marie Curie, p285-288.
- [9] : Laplace C, Treyture M, Peltre MC, Lambert E, Rodriguez S & Vergon JP ,(2015) *Guide pratique de détermination des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes*, IRSTEA, Université de Lorraine et UCO (= Édition révisée et enrichie du « Guide pratique de détermination générique des algues macroscopiques d'eau douce », Sylvaine Rodriguez et Jean - Paul Vergon, Ministère de l'Environnement, 1996) (PDF), Les Éditions d'Irstea Bordeaux, Cestas, décembre 2014, 204 p.

- [10] : ANEMONE-CLOWN. Ulva lactuca : Laitue de mer [en ligne]. Disponible sur :  
[url=https://www.aquaportail.com/fiche-algue-1361-ulva-lactuca.html]Ulva lactuca [/url].consulté le 10/06/17
- [11] : GARON-LARDIERE.S., (2004). Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue *Asparagopsis armata* (Bonnemaison), chimie, Université de Bretagne Occidentale, 211p.
- [12] : FELDMANN, MAGNE, « RHODOPHYCÉES », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 21 mai 2017. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/rhodophycees-algues-rouges/>
- [13] : Additif4-1 .les agents épaississants et gélifiant de nature glucidique .disponible sur : [www.utc.fr/~cochet/BT10JPB/additifs4-1.pdf](http://www.utc.fr/~cochet/BT10JPB/additifs4-1.pdf). Consulté le 22/05/17
- [14] : AKARI.C. , (1966). Some recent studies on the polysaccharides of agarophytes, *Proceedings of the international seaweed symposium* 5, 3-17.
- [15] : CHOUIKHI.A., (2013). Les applications potentielles de macro-algues marines et les activités pharmacologiques de leurs métabolites, pharmacologie, *Institute of Marine Sciences & Technology/ Dokuz Eylul University Inter-Islamic Science & Technology Network on Oceanography, Izmir-TURKEY*, 27p.
- [16] : N. EIMtili, F.Z. Fakihi Kachkach et M. El Harchi., (2013). Les algues marines: nouvelle potentialité économique pour le Maroc. Quelle stratégie biotechnologique? Laboratoire de Biologie et Santé, Faculté des Sciences, Université Abdelmalek Essaadi, Tétouan, 6p.
- [17] : OCEALG. Les algues alimentaires en Bretagne [en ligne].disponible sur : <https://www.ocealg.com/> . Consulté 21/05/17
- [18] : LE GUILLARD Cécile., Colloque PONAN novembre 2013. VALORISATION PROTEIQUE DES MACROALGUES, Laboratoire STBM, Ifremer Laboratoire MMS EA 2160, Université de Nantes.
- [19] : Brault D., Briand X., Golven P. (1982). **Les marées vertes**. In : Colloque Valorisation des végétaux aquatiques, Bombannes, 16-19 novembre 1982, pp.87-90.
- [20] : Conso Globe. Algues et alimentation [en ligne]. Disponible sur : [https://www.encyclo-ecolo.com/Algues\\_et\\_alimentation](https://www.encyclo-ecolo.com/Algues_et_alimentation). Consulté le 21/05/17

- [21] : GUILLAUME. P, (2010). Caractérisation biochimique d'exopolymères d'origine algale du bassin de Marennes-Oléron et étude des propriétés physico-chimiques de surface de micro-organismes impliqués dans leur adhésion. Sciences du Vivant [q-bio]. Université de La Rochelle.
- [22] : MESNILDREY Lucile, JACOB Céline, FRANGOUEDES Katia, REUNAVOT Mélanie, LESUEUR Marie, (2012). *La filière des macro-algues en France*. Rapport d'étude. NETALGAE – Interreg IVb. Les publications du Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST n°9, 38 p.
- [23] : Lahaye M., Robic A. (2007). Structure and functional properties of ulvan, a polysaccharide from green seaweeds. *Biomacromolecules*, 8, pp. 1765-1774.
- [24] : UEB et Partenaires .UEB – Idealg : Projet Investissement d'Avenir [en ligne]. Disponible sur : <http://www.idealg.ueb.eu/macroAlgues/utilisation/> consulté le 22/05/17
- [25] : Diane JOUANNEAU. Les phycocolloïdes [en ligne]. Disponible sur : <https://f.hypotheses.org/wp-content/blogs.dir/.../cours-phycocolloïdes170825.ppt>. consulté le 23/05/17
- [26] : BOUAL. Z., (2009). Contribution à l'étude des polysaccharides de quelques plantes spontanées à caractère médicinal de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional Est algérienne), *Biochimie et Analyse des Bioproduits*, UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA, 80p.
- [27] : PEREZ.M.J., FALQUE.E and DOMINGEZ.H., (2016). Antimicrobial Action of Compounds from Marine Seaweed, *Mar. Drugs*, 14, 52, 4p
- [28] : G. Hernandez-Carmona., Unidad Merida., E. Hernandez-Garibay.,( 2013). Conventional and alternative technologies for the extraction of algal polysaccharides, *Woodhead*, 476-508p.
- [29] : PERCIVAL.E., (1979). The polysaccharides of green red and brown seaweed : their basic structure, biosynthesis and function. *British phycological journal* 14, 103-117.
- [30] : Matsushashi T., (1990). *Food Gels* (ed. P. Harris), Elsevier.
- [31] : MOLLEON.J., (1977). Recherche sur les carraghénanes et leur extraction : variations saisonnières du carraghénane de hypnea, génie des procédés, Université des sciences et techniques de Lille, 67p.

- [32] : DOUBLIER J-L. Les systèmes alimentaires gélifiés : structure et propriétés fonctionnelles *INRA-Laboratoire de Physico-chimie des Macromolécules BP 71627 - 44316 Nantes Cedex 3*
- [33] : la cuisine moléculaire. Les mécanismes de gélification [en ligne]. Disponible sur : <file:///C:/Users/acer/Downloads/la%20g%C3%A9lification.html> consulté le 02/06/17
- [34] : Gastronomie moléculaire .le phénomène de gélification [en ligne]. Disponible sur : <https://vanilombre.wordpress.com/> consulté le 02/06/17
- [35] : **Brault D., (1998).** *Les algues, sources de médicaments.* Sciences Ouest n°140.
- [36] : ALFAWAZ M. A., (2006). Chemical composition of hummayd (*Rumex vesicarius*) grown in saudi arabia. *Journal of food composition and analysis*, vol. 19: 552–555.
- [37] : BENCHABANE.O., (1988). Les algues brunes: source d'additifs alimentaires, agronomie, Institut Nationale d'agronomie El Harrach, 639p.
- [38] : DPMF Lyon .les milieux de culture en bactériologie [en ligne]. Disponible sur : [www.dmipfmv.ulg.ac.be/bacvet/m/cours3VMB/TP/milieux.doc](http://www.dmipfmv.ulg.ac.be/bacvet/m/cours3VMB/TP/milieux.doc) consulté le 23/05/17
- [39] : Manuel Gonzales. Utilisation de l'agar [en ligne]. Disponible sur : <http://manuel.gonzales.free.fr/pages/utilisation2.html> consulté le 23/05/17
- [40] : Fabienne GOULARD. Utilisation des algues [en ligne].disponible sur : <http://sm-wimereux.univlille1.fr/formation/DocumentsPedagogiques/documents/macroalgues/UtilisationAlgues.pdf> consulté le 23/05/17
- [41] : CHIRAZ .les polysaccharides d'algues : les alginates [en ligne]. Disponible sur : <http://sciences.savoir.fr/les-polysaccharides-d-algues-les-alginates/> consulté le 23/05/17
- [42] : B. CHAUVEL, Y-L. TURPIN .les matériaux a empreintes [en ligne]. Disponible sur : <http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap13/site/html/cours.pdf> . consulté le 23/05/17
- [43] : Brevet. Procédés d'insertion des produits super-absorbants dans une structure fibreuse [en ligne]. Disponible sur : <https://www.google.com/patents/EP0022792B1?cl=fr> consulté le 23/05/17
- [44] : PubMed-NCBI .Alginate in drug delivery systems [en ligne].disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12149954> consulté le 23/05/17

[45] : KLINION .Les pansements d'alginate [en ligne]. Disponible sur : <https://www.klinion.fr/les-pansements-alginates/> consulté le 24/05/17

[46] : **La Rédaction Médisite**. Reflux gastrique : l'alginate de sodium comme traitement [en ligne]. Disponible sur : <http://www.medisite.fr/troubles-digestifs-les-remedes-naturels-reflux-gastrique-lalginate-de-sodium-comme-traitement.2254352.524108.html#UzKw6DAr7FUcQJHr.99> consulté le 24/05/17

[47] : FORT Laure. Les algues : une « agroressource » d'avenir [en ligne]. Disponible sur : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/print/893?print=yes&nid=893>. consulté le 24/05/17

[48] : HAL. Les pansements et compresses [en ligne]. Disponible sur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01226208/document> consulté le 24/05/17

[49] : PEREZ R., (1997). Ces algues qui nous entourent: conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisations, culture. Edition Quae, Amazon France, 272p.

[50] : VAUCHEL.P., (2007). OPTIMISATION DE PROCÉDES INNOVANTS POUR L'OBTENTION DE PHYCOCOLLOIDES, génie des procédés, Université de Nantes, 147p

[51] : Jaime ZAMORANO. Carraghénane : agents gélifiants épaississants et stabilisants. Disponible sur : <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/ressources-marines-et-biotechnologies-bleues-42834210/carraghenanes-agents-gelifiants-epaississants-et-stabilisants-f5080/> .consulté le 23/05/17

[52] : MANCHE. Gélifiants algaux des carraghénanes [en ligne]. Disponible sur : [https://www.manche.fr/tatihou/iso\\_album/5-4gelifiants\\_algaux\\_carraghenanes.pdf](https://www.manche.fr/tatihou/iso_album/5-4gelifiants_algaux_carraghenanes.pdf) consulté le 23/05/17

[53] : ACADPHARM. Carraghénane [en ligne]. Disponible sur : <http://dictionnaire.acadpharm.org/w/Carragh%C3%A9nane> .consulté le 23/05/17

## **Résumé**

Les macro-algues sont présentes dans les eaux côtières tout autour du globe. Elles peuvent être marines ou dulcicoles mais la majorité d'entre elles sont marines. Il est indispensable de signaler aussi que les espèces dulcicoles sont exclusivement des algues vertes. On distingue trois grandes catégories à savoir les Phéophycées (algues brunes), les Rhodophycées (algues rouges) et les Chlorophycées (algues vertes). Elles contiennent des polysaccharides au niveau de leur paroi : les agars et carraghénanes extraites des Rhodophycées, les alginates et fucanes des Phéophycées et les ulvanes des algues vertes, etc...

Les plus utilisés sont l'agar (E406), la carraghénane (E407) et les alginates (E400-405) reconnus comme des additifs alimentaires dans la catégorie des agents de texture. Ces polysaccharides ont des propriétés gélifiante, stabilisante et épaississante, d'où leur application dans différentes industries telles que l'agroalimentaire. Ils jouent un rôle très important dans la fabrication des desserts lactés, des confiseries gélifiées mais aussi comme agent d'enrobage des viandes et poissons, etc...

En pharmacie, les polysaccharides sont utilisés comme des excipients dans la conception de certains médicaments, voire même comme principe actif (dans les sirops qui soulagent les reflux-gastro-intestinaux).

De même, on les utilise dans le textile et d'autres industries. Mis à part l'application industrielle, les macro-algues sont utilisées dans l'alimentation humaine (surtout dans les pays asiatiques), du bétail mais aussi dans l'agriculture comme fertilisant. Ainsi au niveau mondial, la culture des algues est en forte croissance.

**Mots clés : macro-algues, phycocolloïdes, polysaccharides**

## **Abstract**

Macro-algae are found in coastal waters all around the globe. They can be marine or freshwater, but the majority of them are marine. It is also important to note that freshwater species are exclusively green algae. There are three main categories: Pheophyceae (brown algae), Rhodophyceae (red algae) and chlorophyceae (green algae). The latter contain polysaccharides present at the level of the wall. The agars and carrageenans extracted from the Rhodophyceae, the alginates and fucans of the Pheophyceae and the ulvanes of the green algae etc...

Most commonly used are agar (E406), carrageenan (E407) and alginates (E400-405), which are recognized as food additives in the texture agent category.

These polysaccharides have gelling, stabilizing and thickening properties, hence their application in various industries such as agro-food. They play a very important role in the manufacture of dairy desserts, gelled confectionery but also as a coating agent for meat and fish...

In pharmacies, polysaccharides are used as excipients in the design of certain drugs and sometimes even as an active ingredient (in syrups that relieve gastrointestinal reflux)

They are also used in textiles and other industries. Apart from the industrial application, macro-algae are also used in human food (especially in Asian countries), livestock but also in agriculture as fertilizer. Thus, at the global level, algae cultivation is growing rapidly.

**Key words: macro algae, phycocolloids, polysaccharides**

## ملخص

ماكرو الطحالب موجودة في المياه الساحلية حول العالم. ويمكن أن تكون البحرية أو المياه العذبة ولكن الغالبية منهم البحري. ومن الضروري أن نذكر أيضا أن أنواع المياه العذبة هي حصرا الطحالب الخضراء. هناك ثلاث فئات رئيسية وهي Phaeophyceae (الطحالب البني)، ورودوفيتا (الطحالب الحمراء) وChlorophyceae (الطحالب الخضراء). هذه تحتوي على السكريات الموجودة في الجدار. Agars والكارجينان المستخرجة من Rhodophyceae، وأملاح الجينييه fucan من Phaeophyceae وulvans الطحالب الخضراء الخ ...

الأكثر استخداما هي أجار (E406)، الكارجينان (E407)، وأملاح الجينييه (E400-405) التعرف على المضافات الغذائية في وكلاء فئة الملمس.

هذه السكريات لها التبلور، وتحقيق الاستقرار وسماكة وبالتالي تطبيقها في مختلف الصناعات مثل الصناعات الغذائية. أنها تلعب دورا هاما جدا في صناعة الحلويات منتجات الألبان والحلويات هلام ولكن أيضا كعامل طلاء على اللحوم والأسماك الخ ... الصيدلة، وتستخدم السكريات كما سواغ في تصميم بعض الأدوية وأحيانا كعنصر نشط (في العصائر التي تخفف-الجزر المعدي المعوي)

أيضا، يتم استخدامها في صناعات النسيج وغيرها من الصناعات. وبصرف النظر عن التطبيق الصناعي الكلي الطحالب تستخدم أيضا في الغذاء (وخاصة في البلدان الآسيوية)، وتربية الماشية ولكن أيضا في الزراعة كسماد. وهكذا عالميا، والثقافة الطحالب تنمو بسرعة.

كلمات البحث: الطحالب الكبيرة، phycocolloids، السكريات