

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Aquaculture

Sujet :

**Recherche des espèces algales à intérêt aquacole dans la région de
Tipaza : Utilisation et Valorisation**



Présenté par :

Mr. Chouiref Mohamed Lamine

Mr. Fatnassi Walid Oussama

Soutenu le 21 /07 /2010 devant le jury suivant :

Mr Hamdi. B. (Professeur à l'ENSSMAL)Président

Mr Belhasnat. K. (Maitre de conférences B à l'ENSSMAL)Examinateur

M^{elle} Amrouche. L. (Maitre assistante A à l'ENSSMAL)Examinatrice

M^{elle} Ould Ahmed .N. (Maitre assistante A à l'ENSSMAL).....Promotrice

Promotion: 2009/2010

Dédicace

Amine

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

A ma tante et son mari Dr Omar pour leur aide et leur soutien moral

A toutes mes tantes et mes oncles

A Soumia pour son aide et son soutien pendant les années que j'ai passées à L'ENSSMAL

A mon binôme Walid

A mes sœurs : Asma, Soumia, Djomana, Yousra et Basma

A mes cousins et cousines : Asma, Walid, Khawlah, Wiam, Menel, Redwane, Youcef.....

A mes amis : Akil, Hanafi, Rafik, Afaf, Hamdi, Houssine, Narimane, Wahiba, Safia et tous les étudiants de 5^{ème} Aquaculture.

A tous les étudiants de L'ENSSMAL.

Dédicace

Walid

Je dédié ce travail à mes parents ;

A ma mère qu'elle m'a donné la force et l'espoir

A mes sœurs

A mon binôme Amine

A mes cousins et mes cousines

A toute ma famille et mes amis.....

A tous les étudiants de 5^{ème} Année Aquaculture

A tous les étudiants de l'ENSSMAL

Table des matières

| | |
|---|----|
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre I : Généralités | |
| 1. Données générales sur la région d'étude..... | 3 |
| 1.1. Localisation..... | 3 |
| 1.1.1. Ain Tagourait..... | 3 |
| 1.1.2. Cherchell..... | 3 |
| 1.2. Géologie de la région de Tipaza..... | 4 |
| 1.2.1. Ain Tagourait (Baie de Bou-Ismaïl)..... | 4 |
| 1.2.2. Cherchell..... | 4 |
| 1.3. Facteurs hydrodynamiques..... | 4 |
| 1.3.1. Vents..... | 4 |
| 1.3.2. Houles..... | 5 |
| 1.3.3. Courants..... | 5 |
| 1.4. Paramètres physicochimiques..... | 5 |
| 1.4.1. Température..... | 5 |
| 1.4.2. Salinité..... | 6 |
| 1.4.3. Oxygène dissous..... | 6 |
| 1.5. Substrat..... | 6 |
| 1.6. Réseau hydrographique..... | 7 |
| 2. Généralités sur les algues..... | 8 |
| 2.1. Classification des algues..... | 8 |
| 2.1.1. Rhodobiontes..... | 8 |
| 2.1.2. Chromobiontes..... | 9 |
| 2.1.3. Chlorobiontes..... | 9 |
| 2.2. Production mondiale des algues..... | 10 |
| 2.3. Culture des algues..... | 11 |
| 2.4. Utilisation des algues..... | 12 |
| 2.4.1. Alimentation humaine..... | 12 |
| 2.4.2. Agriculture..... | 13 |
| 2.4.3. Epuration des eaux..... | 13 |
| 2.4.4. Cosmétologie..... | 13 |
| 2.4.5. Pharmacologie..... | 13 |
| 2.4.6. Industrie des phycocolloïdes..... | 14 |
| 2.4.6.1. Agars..... | 14 |

| | |
|---|----|
| 2.4.6.2. Alginates..... | 14 |
| 2.4.6.3. Carraghénanes..... | 14 |
| 3. Les agars..... | 15 |
| 3.1. Définition..... | 15 |
| 3.2. Localisation des agars..... | 15 |
| 3.3. Composition chimique..... | 15 |
| 3.4. Mécanisme de gélification..... | 16 |
| 3.6. Espèces agarophytes..... | 18 |
| 3.7. Extraction des agars..... | 18 |
| 3.7.1. Extraction classique..... | 18 |
| 3.7.2. Extraction alcaline..... | 19 |
| 3.8. Propriétés des agars..... | 20 |
| 3.9. Force de gel..... | 20 |
| 3.10. Domaines d'application des agars..... | 21 |
| 3.10.1. Agroalimentaire..... | 21 |
| 3.10.2. Agriculture..... | 21 |
| 3.10.3. Pharmacologie..... | 21 |
| 3.10.4. Bactériologie..... | 22 |
| 3.10.5. Biotechnologie..... | 22 |
| 3.10.5.1. Electrophorèse..... | 22 |
| 3.10.5.2. Immunologie..... | 22 |
| 3.10.5.3. Biochimie..... | 23 |
| 3.10.6. Cosmétologie..... | 23 |

Chapitre II : Matériels et méthodes

| | |
|---|----|
| 1. Localisation des sites d'étude..... | 24 |
| 1.1. Cherchell (Sidi Ghiles)..... | 24 |
| 1.2. Ain Tagourait..... | 25 |
| 1.3. Mesure des paramètres physico-chimiques..... | 25 |
| 2. Etude de la flore algale..... | 26 |
| 2.1. Echantillonnage..... | 26 |
| 2.2. Etude au laboratoire..... | 26 |
| 2.2.1. Détermination et systématique adoptée..... | 26 |
| 2.2.2. Paramètres analytiques..... | 27 |
| 2.2.2.1. Coefficient T..... | 27 |
| 2.2.2.2. Coefficient Q..... | 27 |
| 2.2.2.3. Dominance qualitative DQ..... | 27 |
| 2.2.2.4. Rapport R /P..... | 27 |
| 2.2.3. Groupes écologiques..... | 28 |
| 3. Utilisation des algues..... | 28 |
| 3.1. Valorisation des espèces identifiées..... | 28 |
| 3.2. Valorisation des agarophytes..... | 28 |
| 3.2.1. Récolte des algues destinées à l'extraction..... | 28 |
| 3.2.2. Etude au laboratoire..... | 29 |
| 3.2.2.1. Détermination spécifique..... | 29 |
| 3.2.2.2. Extraction des agars..... | 29 |
| 3.2.2.2.1. Séchage des algues..... | 29 |
| 3.2.2.2.2. Extraction classique..... | 29 |
| 3.2.2.2.3. Extraction alcaline..... | 30 |
| 3.2.2.2.4. Filtration et séchage..... | 30 |
| 3.2.2.2.5. Broyage..... | 30 |
| 3.2.2.3. Etude de la qualité d'agar..... | 30 |
| 3.2.2.3.1. Force de gel..... | 31 |
| 3.2.2.3.2. Point de gélification..... | 31 |
| 3.2.2.3.3. Point de fusion..... | 31 |

Chapitre III : Résultats et discussions

| | |
|--|----|
| 1. Paramètres physico-chimiques..... | 32 |
| 2. Etude de la flore algale..... | 32 |
| 2.1. La liste floristique des deux sites..... | 33 |
| 2.1.1. La liste floristique de Cherchell..... | 33 |
| 2.1.2. La liste floristique d'Ain Tagourait..... | 36 |
| 2.2. Paramètres analytiques..... | 38 |
| 2.2.1. Le coefficient T..... | 38 |
| 2.2.2. Le coefficient Q..... | 38 |
| 2.2.3. La dominance qualitative DQ..... | 39 |
| 2.2.4. Le rapport R/P..... | 40 |
| 2.3. Groupes écologiques..... | 40 |
| 3. Utilisation des algues..... | 41 |
| 4. Extraction des agars..... | 53 |
| 4.1. Le rendement de l'extraction..... | 53 |
| 4.2. La qualité des agars..... | 55 |

| | |
|---------------------------------|-----------|
| Conclusion générale..... | 57 |
|---------------------------------|-----------|

Bibliographie

Annexes

Liste des abréviations

- C° : degré Celsius
- cm : centimètre
- Da : Dalton (unité de masse moléculaire)
- EA : Extraction alcaline
- EC : Extraction classique
- FAO : Food and Agriculture Organization
- g: gramme
- ISR : Infralittoral de substrat dur
- km : kilomètre
- l : litre
- m : mètre
- Ma : Million d'années
- min : minute
- ml : millilitre
- mm : millimètre
- Mt : Million de tonnes
- N : Normalité
- N° : Numéro
- nm : nanomètre
- ONM : Office Nationale de Météorologie
- pH : potentiel d'Hydrogène
- PHIP : Photophile infralittoral portuaire
- PhIsl : Photophile au sens large
- Psu : Pratical salinity unit
- R/P : rapport des Rhodophytes sur les Phaeophytes
- Rmsl : Roche du médiolittoral au sens large
- s : seconde
- SICsl : Sciaphile au sens large
- Ssp : Sans signification précise

Liste de figures dans le texte

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Localisation des deux sites d'échantillonnages..... | 3 |
| Figure 2 : Production des algues liée à la culture et la cueillette..... | 10 |
| Figure 3 : Production mondiale des algues selon les groupes systématiques..... | 10 |
| Figure 4 : Tonnages des végétaux marins..... | 12 |
| Figure 5 : Structure moléculaire des agars | 16 |
| Figure 6 : Mécanisme de gélification de l'agar | 17 |
| Figure 7 : Évolution chimique expliquant les effets de l'Extraction alcaline..... | 19 |
| Figure 8 : Principales utilisations des agars..... | 21 |
| Figure 9 : Zone de récolte des algues à Sidi Ghiles..... | 24 |
| Figure 10 : Zone de récolte des algues à Ain Tagourait..... | 25 |
| Figure 11 : Dominance quantitative de la flore algale à Cherchell..... | 39 |
| Figure 12 : Dominance quantitative de la flore algale Ain Tagourait..... | 39 |
| Figure 13 : Dominance qualitative (DQ%) des différents groupes écologiques de la flore algale de Cherchell | 41 |
| Figure 14 : Dominance qualitative (DQ%) des différents groupes écologiques de la flore algale d'Ain Tagourait | 41 |

Liste des tableaux dans le texte

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Vitesse des vents dans la wilaya de Tipaza au cours de l'année..... | 4 |
| Tableau 2: Evolution annuelle des températures de surface moyennes dans la région de Tipaza(O.N.M) | 6 |
| Tableau 3 : Teneurs en agars de quelque agarophytes..... | 19 |
| Tableau 4 : Classification commerciale des agars selon leur force de gel..... | 20 |
| Tableau 5 : Rapport du R/P en fonction de latitude..... | 40 |
| Tableau 6 : Domaine d'utilisation des algues récoltées..... | 42 |
| Tableau 7: Teneur en agar extrait selon les deux méthodes d'extraction..... | 53 |
| Tableau 8 : Qualité de l'agar extrait par deux méthodes d'extraction..... | 55 |

Liste des tableaux en annexe

| | |
|--|--|
| Tableau1 : Affinité écologique des espèces recensées à Cherchell | |
| Tableau 2 : Affinité écologique des espèces recensées à Ain Tagourait | |

Illustration des algues en annexe

Introduction générale

Introduction générale

L'environnement marin est un écosystème rendu unique en raison de la diversité des organismes qu'il abrite dont les algues, qui font preuve d'une importante plasticité écologique. Une nouvelle espèce serait identifiée par semaine et des projections estiment que les 36000 espèces répertoriées ne représentaient en fait, que 17% des 200.000 espèces existantes.

Utilisées depuis des millénaires par les populations littorales pour leurs hautes valeurs nutritives, les algues constituent un enjeu majeur de développement économique. Ainsi la masse monétaire touchée chaque année par l'industrie algale est croissante et elle a été estimée en 2007, à environ 6 milliards de dollars. (Données FAO, 2007) (*in* Act Ifremer, 2007)

Le marché des algues marines à destination alimentaire se développe grâce à une puissante culture, notamment en Asie et en Bretagne. Ce marché dépasse ainsi en importance le deuxième grand débouché pour les algues marines, qui concerne également l'extraction des phycocolloïdes (les alginates, les carraghénanes, et les agars)

En effet, ces extraits, et principalement les agars sont considérés comme le meilleur gélifiant végétal utilisé dans les différents domaines, dans l'alimentation, l'agriculture, ainsi que la biotechnologie.

En Algérie, les études sur les algues marines benthiques sont essentiellement connues par des travaux anciens ; ceux de Montagne (1938-1846-1849) et ceux de Debray (1897) *in* Ould Ahmed (1994).

Une connaissance plus détaillée et plus complète, confirmant les signalisations antérieures, est surtout donnée par J.Feldmann (1931-1961), et J et G Feldmann (1939 et 1942) et G.Feldmann-Mazoyer (1940).

Il existe des travaux relativement plus récents qui ont concerné l'étude taxonomique et phytosociologique des algues marines benthiques des côtes algériennes qui sont réalisés par:

Seridi (1990), qui fit une étude systématique dans la région d'Alger.

Ould Ahmed (1994) dont l'étude est de type phytosociologique dans l'Ouest algérien (golfe d'Arzew).

Kadari-Meziane (1994) contribua à l'étude phytosociologique dans la baie de Bou-Ismaïl.

C'est suite a tous ces travaux que nous dénombrons actuellement quatre cent quatre vingt quinze (495) taxons et stades d'algues marines benthiques sur les côtes algériennes.

Une nouvelle espèce vient s'ajouter a cet inventaire: *Caulerpa racemosa* (forme invasive), par l'étude d'Ould Ahmed et Meinesz (2007).

Notre étude est réalisée pendant la saison printanière, sur deux sites de la région de Tipaza : Cherchell et Ain Tagourait à une profondeur allant de 0-100 cm.

Notre objectif est d'une part, de contribuer à la connaissance de la flore algale de cette région, d'autre part, de réaliser un essai d'extraction d'agar agar à partir des espèces agarophytes récoltées ; Il s'agit d'une première en Algérie.

Par ailleurs, des données précises de valorisation et d'utilisation ont été porté pour la majorité des espèces identifiées

Enfin ce présent travail pourrait s'intégrer dans le cadre d'un complément à la mise en place d'une base de données pour le recensement de la flore algale des côtes algériennes ainsi qu'à la mise en évidence des espèces à intérêt économique en vue de leur valorisation.

Chapitre I : Généralités

1. Données générales sur la région d'étude

1.1. Localisation

Notre étude a porté sur deux zones de la région de Tipaza : Cherchell et Ain Tagourait. La région de Tipaza couvre un linéaire de 115 km de côtes, elle s'étend de la baie de Bou-Ismaïl à l'Est vers la baie de Chenoua et Cherchell à l'Ouest.

1.1.1. Ain Tagourait (Baie de Bou-Ismaïl)

La baie de Bou-Ismaïl située à l'Ouest d'Alger entre $2^{\circ}20'E$ et $2^{\circ}55'E$, elle s'étend sur environ 350 km^2 , elle est délimitée par Ras Acrata à l'Est et Ras EL Kalia à l'Ouest, la pleine de la Mitidja au sud et la mer Méditerranée au Nord. (Leclaire, 1972). La zone d'étude située à 8,5 km à l'Ouest de la ville de Bou-Ismaïl à Ain Tagourait à la place communément appelée « plage Mahieddine ». (Karali A, 2010)

1.1.2. Cherchell (Sidi Ghiles)

C'est la continuité de la baie de Bou-Ismaïl ; son linéaire côtier est d'environ 40 km; la région d'étude se situe à environ 10 km à l'Ouest de la ville de Cherchell dans une petite commune dite « Sidi Ghiles ».

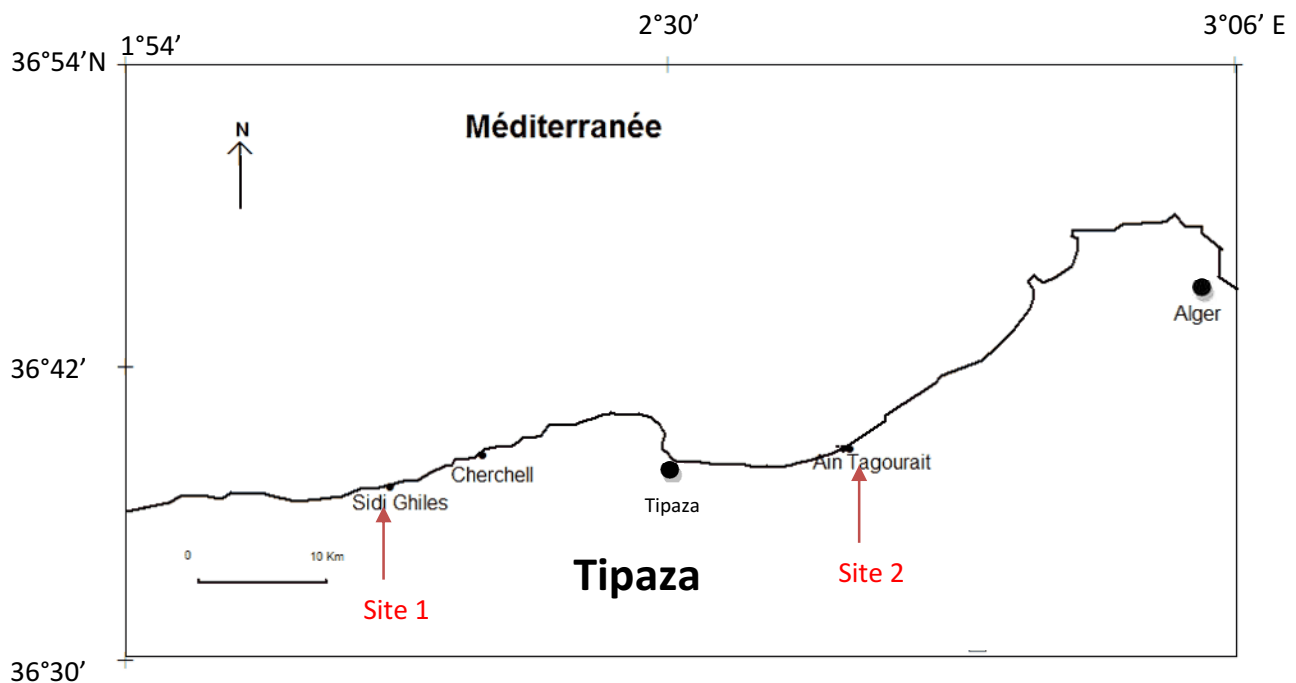


Figure 1 : Localisation des deux sites d'échantillonnages.

1.2. Géologie de la région de Tipaza

1.2.1. Ain Tagourait

Le littoral de la Baie de Bou-Ismaïl est bordé de grès calcaires non fossilifères qui tantôt s'élèvent en falaises abruptes hautes de quelques mètres, tantôt s'abaissent au niveau de la mer et disparaissent dans une dune. (Leclaire, 1972).

1.2.2. Cherchell

Des roches magmatiques caractérisent la région côtière de Cherchell, il s'agit d'un magmatisme calco-alcalin d'âge miocène (9-13Ma) (Bellon et al., 1977).

1.3. Les facteurs hydrodynamiques

1.1.3.1. Les vents

Dans la région de Tipaza les vents sont de secteur occidental en période hivernale, et les vents de secteur oriental dominant en période estivale.

La vitesse des vents est maximale entre février et mars et minimale entre Juillet et Aout, (Données de l'Office National de Météorologie de Dar el Beida (O.N.M, 2007) (in Ben Ali ,2010) (tableau1)

Les vents ayant un effet sur la dilution des matières en suspension, ainsi que sur le mouvement des polluants.

Tableau 1: Vitesse des vents dans la wilaya de Tipaza au cours de l'année 2007 (ONM, 2007) in Ben Ali, 2010)

| Mois | Vitesse moyennes (m/s) |
|-----------|------------------------|
| Janvier | 2 |
| Février | 3.2 |
| Mars | 3.8 |
| Avril | 2.6 |
| Mai | 2.8 |
| Juin | 2.6 |
| Juillet | 2.6 |
| Aout | 1.8 |
| Septembre | 2.8 |
| Octobre | 2.6 |
| Novembre | 2.3 |
| Décembre | 2.3 |

1.3.2. Les houles

Les houles sont sous la dépendance directe de la vitesse des vents, elles agissent sur les petits fonds.

En hiver les houles provenant de l'Ouest sont plus puissantes que les houles Est et Nord-est qui sont plus fréquentes (Bouhamadouche, 2007).

1.3.3. Les courants

Les courants jouent un rôle important dans l'arrivée des algues flottantes sur les côtes. Le courant dominant est d'origine atlantique, il a une largeur d'environ 50 km, pénètre par le détroit de Gibraltar et longe les côtes algériennes en direction de l'Est et devient instable, formant des tourbillons ou anticyclones accompagnés de phénomènes d'upwelling entre 1° et 2°. (Millot, 1985)

1.4 Paramètres physicochimiques

1.4.1. Température

La distribution des algues est fortement régie par la température (Gayral, 1966). Les températures de l'eau de mer sont étroitement liées à celles de l'air, car la mince température de la couche d'eau au niveau de la zone médiolittorale est hautement soumise aux variations de la température de l'air.

Les températures de surface minimales dans la région de Tipaza s'étendent de Février à Mars et les maximales entre Août et Octobre ainsi qu'une moyenne thermique annuelle entre 15°C et 23°C (Mouhoub, 1986).

Des données plus récentes (2002-2007) des températures durant quelques années ont été recueillies par l'O.N.M de Dar El Beida. (Tableau2)

Tableau 2: Evolution annuelle des températures de surface moyennes (T°C) dans la région de Tipaza (donnée O.N.M in Ben Ali., 2010)

| Mois | Année | | | | Moy |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2002 | 2005 | 2006 | 2007 | |
| Janvier | 12.7 | 11.5 | 12.5 | 14.15 | 12.71 |
| Février | 13.15 | 11.05 | 13.4 | 15.6 | 13.3 |
| Mars | 15.3 | 14.7 | 16.75 | 15.15 | 15.48 |
| Avril | 16.3 | 17.75 | 19.5 | 17.5 | 17.76 |
| Mai | 19.45 | 21.5 | 21.4 | 23.1 | 21.36 |
| Juin | 22.3 | 24.8 | 23.25 | 24.45 | 23.7 |
| Juillet | 24.55 | 27.1 | 27.5 | 26.15 | 26.33 |
| Aout | 24.85 | 26.75 | 27.3 | 27.65 | 26.64 |
| Septembre | 23.55 | 24.5 | 25.45 | 23.9 | 24.35 |
| Octobre | 20.95 | 22.75 | 23.85 | 21.45 | 22.25 |
| Novembre | 17.6 | 16.7 | 19.75 | 16.8 | 17.71 |
| Décembre | 15.6 | 13.6 | 14.45 | 13.75 | 14.35 |

1.4.2. Salinité

La salinité des eaux de surface est d'environ 36.5 psu (Benzohra, 1993), elle décroît aux embouchures d'oueds « Nador » et « Mazafran » où elle atteint 36psu (Lalami, 1971) Les fluctuations de salinité sont notamment liées aux précipitations en hiver (700mm/an) et à l'évaporation en été (Guilcher, 1979).

1.4.3. Oxygène dissous

Le taux d'oxygène dissous varie entre 4 et 6 mg/l dans la région de Tipaza. (Kadari-Meziane, 1994).

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

1.5. Substrat

Les algues sont très sensibles au substratum, car sa texture intervient dans leur fixation. Le substrat de la région d'Ain Tagourait est représenté par des grés. (Kadari-Meziane, 1994)

La côte de Cherchell est constituée par des fonds de sables ou des galets interrompus. (Feldmann, 1931)

1.6. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la zone de Bou-Ismaïl est essentiellement représenté par oued Mazafran et oued Nador, ce dernier joue un rôle important dans la sédimentation de la baie (Le Gall, 1969).

La côte de Cherchell est traversée par deux cours d'eau principaux, oued EL Bellah et oued El Hachem.

2. Généralités sur les algues

Les algues font partie des premiers êtres vivants présents sur Terre dont les Cyanobactéries et appartenant au règne des protistes. Les autres sont eucaryotes. Ainsi des stromatolithes âgés de 3,6 milliards d'années ont été trouvés en Australie et en Afrique du Sud.

Par ailleurs, elles constituent une partie importante de la ration alimentaire asiatique.

La consommation des algues en Europe et dans le monde en général croît avec l'augmentation de la demande des populations asiatiques et européennes en raison de leur faible teneur en lipides ainsi qu'un rôle important dans la thérapie des maladies cardiovasculaires.

2.1. Classification des algues

La classification des algues est basée surtout sur leur appareil végétatif « thalle », dépourvu de racines, de tiges et de feuilles (Gayral, 1975)

Le thalle est extrêmement variable, aussi bien en forme qu'en dimension. Une algue benthique varie de 2mm à plusieurs dizaines de mètres de longueur (70m).

Parmi les critères de classification des algues est leur pigmentation, permettant de définir plusieurs grands groupes : les algues bleues ou Cyanobiontes (1500-2500 espèces), les algues rouges ou Rhodobiontes (6 000 espèces), les algues brunes ou Chromobiontes ; Phaeophycées (2 000 espèces), les algues vertes ou Chlorobiontes (1 200 espèces) (Garon-Lardière, 2004).

2.1.1. Les Rhodobiontes (Les algues rouges)

Les Rhodobiontes ou algues rouges forment un groupe très diversifié au plan morphologique, les formes varient depuis les filaments simples et délicats (*Ceramium*) jusqu'aux lames foliacées épaisses de plusieurs cm de long (*Titanophora*). Elles montrent une originalité particulière avec leurs pigments surnuméraires rouges (Phycoérythrine) qui viennent masquer la chlorophylle.

Les algues rouges sont divisées en deux classes : celle des Bangiophycées (qualifiées de primitives) et celle des Floridéophycées (plus complexes)

2.1.2. Les Chromobiontes ; Phaeophycées (algues brunes)

Les algues brunes sont regroupées dans la classe des phycophycées. Ce sont des algues exclusivement marines, leur couleur brune résulte de la dominance du pigment xanthophylle, « la fucoxanthine », qui masque les autres pigments (chlorophylle a et c, ainsi que le β -carotène).

La grande majorité des algues brunes est marines.

Les phycophycées montrent une grande diversité morphologique depuis les formes filamenteuses relativement simples aux grandes algues brunes (*Sargassum*). (Payri et *al.*, 2000)

2.1.3. Chlorobiontes (Les algues vertes)

Elles sont de formes très variées, uni- ou pluricellulaires. Leurs plastes sont colorés en vert par les chlorophylles a et b, auxquelles sont associés des carotènes et des xanthophylles.

La photosynthèse permet la formation d'amidon intraplastidial, ce qui les rapproche aux plantes supérieures.

2.2. La production mondiale des algues

La production des algues liée à la culture augmente régulièrement au contraire à la cueillette qui stagne. Les productions pour l'année 2007 étant de 14,8 millions de tonnes pour l'algoculture et de 1,1 million de tonnes pour la collecte. (Données FAO, 2007) (*in Act Ifremer, 2007*)

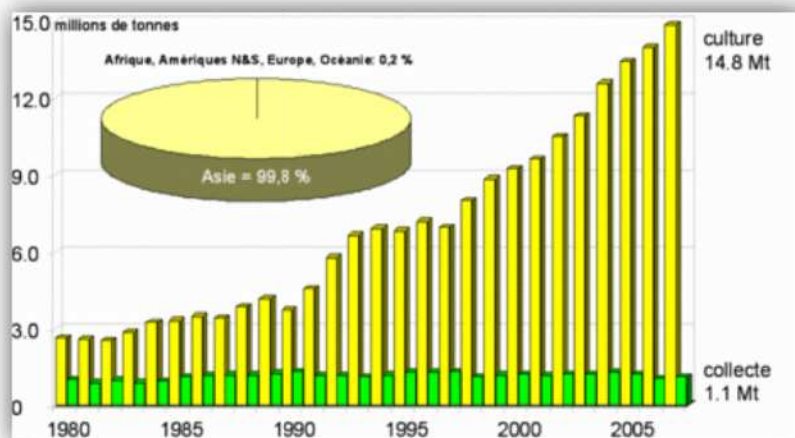


Figure 2: Production des algues liée à la culture et la cueillette. (Données FAO, 2007) (*in Act Ifremer, 2007*)

Cette production change avec le groupe systématique avec un maximum pour les algues brunes 6,5 millions de tonnes suivie de celle des algues rouges 5,9 millions de tonnes, celle des algues vertes reste limitée à 16 000 tonnes (Données FAO ; 2007)

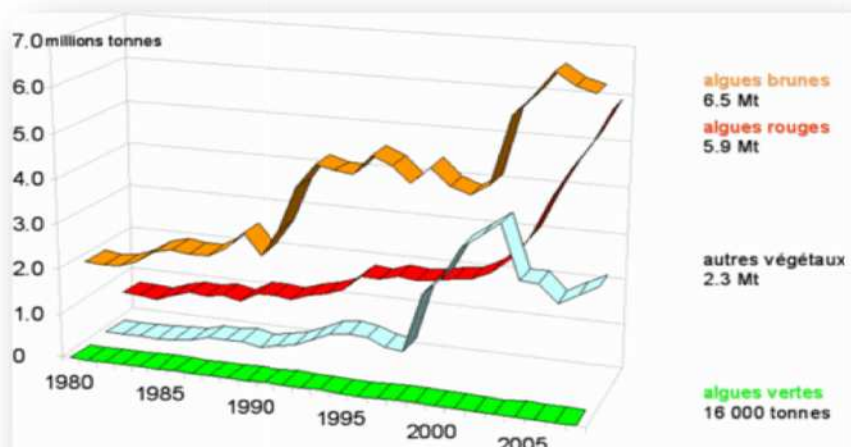


Figure 3: Production mondiale des algues selon les groupes systématiques (Données FAO, 2007) (*in Act Ifremer, 2007*)

2.3. La culture des algues

La situation de l'algoculture au sens large est un paradoxe : la production aquacole, de l'ordre de 15 millions de tonnes en 2007 (Donnée FAO, 2007) (*in* Act Ifremer, 2007), est treize fois plus élevée que la cueillette.

La demande en algues pour les secteurs alimentaires ou parapharmaceutiques a été à la base d'essais de culture sur un certain nombre d'espèces.

Ces utilisations exigent, en effet, des produits présentant des qualités stables et permettent de dégager des marges plus importantes que le secteur industriel basé sur les phycocolloïdes.

La culture des algues marines en Algérie reste à ce jour un domaine hélas, non exploré, seule la culture de la spiruline (Cyanobiontes d'eau douce est pratiquée au sud de pays)

La culture des algues est basée sur leur cycle de reproduction. Celle-ci peut s'effectuer soit de façon sexuée (spores ou gamètes) soit par voie végétative (bouturage)

2.3.1. L'ensemencement à des fragments de thalle « Boutures »

Elle consiste à insérer périodiquement des brins d'algues entre les torons de cordages qui seront suspendus en mer (*Gracilaria, Palmaria*), ou de les attacher à un fil fin (*Kappaphycus*), ou encore d'ensemencer des filets avec un broyat d'algues (*Asparagopsis*).

2.3.2. L'ensemencement au moyen d'éléments microscopique « Spores, zygotes »

L'ensemencement se fait au moyen d'éléments microscopiques unicellulaires (spores, zygotes) du cycle de reproduction, ce qui nécessite la parfaite maîtrise de ce cycle. Dans ce cas, le délai pour parvenir à la récolte est long puisqu'il faut passer d'une unique cellule reproductrice à un organisme macroscopique.

2.4. Utilisation des algues

Les algues font l'objet d'une exploitation industrielle basée d'une part sur leurs propriétés nutritionnelles et technologiques (l'industrie asiatique de l'algue alimentaire), d'autre part sur leur teneur en polysaccharides spécifiques (industrie des colloïdes).

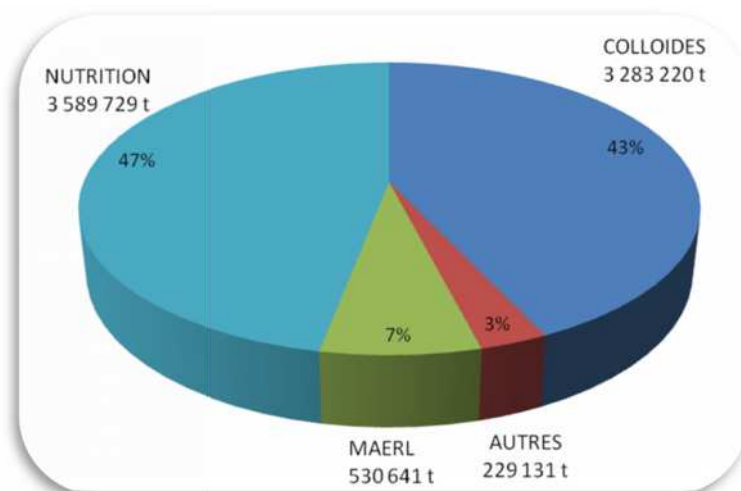


Figure 4 : Tonnages des algues marines. (Perez, 1997)

Aussi les algues marines ont démontré des propriétés pour adsorber des micropolluants à cause de leur grande concentration en polysaccharides présent dans leurs parois. (Fiset et al, 2007)

L'utilisation des algues peut être résumée dans les thèmes suivants :

2.4.1. Alimentation humaine

L'utilisation des algues à vocation alimentaire est très ancienne.

Les Spirulines font l'objet de recherches alimentaires poussées ; elles sont utilisées au Tchad depuis des temps immémoriaux et constituent au Mexique un nouvel apport alimentaire pour certaines populations dont le Japon, datant de plus de 10000 ans.

Cette application des algues a été développée surtout dans les communautés asiatiques. Au cours de ces dernières années, la consommation des végétaux alimentaires a fait une nouvelle apparition dans la zone européenne, comme en France, en Belgique et en Allemagne. (Perez, 1997)

Les algues ont un intérêt nutritionnel très important et se diffère d'une espèce à une autre (dépend de la composition chimique de chaque espèce). (Delepine et al., 1982)

2.4.2. Agriculture

Cette utilisation est l'une des plus anciennes puisque de nombreux peuples côtiers ont de tout temps récolté des algues pour s'en servir comme engrais. (Delepine et *al*, 1982)

Les algues sont aussi riches en matières organiques, et en oligo-éléments, dont la concentration est très élevée dans leurs tissus. (Mabeau, 1990) (*in* Benali et *al.*, 2006)

2.4.3. Epuration des eaux

Les algues jouent un rôle très important dans la décontamination des eaux qui consiste à faire éliminer les composés organiques par les bactéries aérobies. Ces dernières qui ne peuvent agir qu'en milieu riche en oxygène. Or, les eaux polluées en sont généralement dépourvues. Ce sont donc les algues qui, par le biais de la photosynthèse, apportent cet oxygène. La décomposition des matières organiques sera alors complète.

2.4.4. Cosmétologie

Les algues marines rentrent dans la composition de savon, pâtes à raser, shampoings, teintures, rouges à lèvres, crèmes toniques, produits de maquillage, et dans les mousses et les produits pour bains.

2.4.5. Pharmacologie

La pharmacologie a ainsi compris l'importance des algues, et ce depuis une décennie, diverses substances antibiotiques, ou bactériostatiques ont été signalées chez ces végétaux. (Delepine et *al*, 1982). Aussi les algues sont introduits dans plusieurs thérapies notamment celles traitant du goitre, de l'hypertension et des maladies cardio-vasculaires.

2.4.6. L'industrie des phycocolloïdes

2.4.6.1. Les agars (E 406)

L'agar-agar est une substance naturelle extraite d'algues rouges présentant des propriétés gélifiantes. (Amado *et al*, 1993)

2.4.6.2. Les Alginates (E400 à E405)

Les alginates sont des sels d'acide alginique à propriétés gélifiantes. Ils sont extraits de la paroi des algues brunes, principalement les « laminaires » et les « Fucus ». Les plus utilisés sont l'acide alginique (E400), l'alginate de sodium (E401) ou l'alginate de potassium (E402). L'acide alginique est insoluble dans l'eau froide mais, est très hydrophile, et peut stocker jusqu'à 140 fois son propre volume. (Francq *et al*, 2007)

2.4.6.3. Les carraghénanes (E407)

Les carraghénanes sont des substances extraites de la paroi des Rhodobiontes de l'ordre des Gigartinales et des Cryptonémiales. (Perez, 1997).

Ils sont principalement utilisés comme gélifiant et épaississant. Ils sont solubles dans l'eau chaude et insoluble dans l'alcool. (Francq *et al*, 2007)

3. Les agars

3.1. Définition

Agar-agar est un mot d'origine de la Malaisie qui désigne la gelée obtenue à partir de diverses algues rouges.

Il se présente sous la forme d'une poudre blanche, inodore et sans saveur. Il est en effet un mucilage, obtenu à partir de plusieurs algues rouges. (Un mucilage gonfle au contact de l'eau et produit une matière visqueuse). (Perez, 1997)

3.2. Localisation des agars

Les agars sont principalement localisés dans la paroi cellulaire des algues rouges, alors leur extraction concerne directement leurs parois. (Garon-Lardière, 2004)

3.3. La composition chimique

L'agar agar a pour formule brute : $(C_{12}H_{18}O_9)_n$, il se compose de deux fractions: l'agarose et l'agaropectine.

L'agarose, qui constitue 55 à 66% du polysaccharide, est responsable de l'action gélifiante. Il s'agit d'un polysaccharide neutre, en forme de chaîne où alternent D-galactose et 3,6-anhydro-L-galactose reliés par des liaisons β -1,4 et α -1,3-glycosidiques.

L'agaropectine possède la même structure de base que l'agarose, mais contient jusqu'à 10% de groupements de sulfates.

La masse moléculaire moyenne de l'agar se situe entre 5000 et 160 000 Da.

L'agar est un mélange de polymères du galactose, sous deux configurations

- la configuration « galactose » proprement dite, associée ou non à des ions hydrophiles OSO_3^- sans que la proportion de OSO_3^- ne dépasse 5 %.

- la configuration « anhydrogalactose » présentant entre les 3^{ème} et 6^{ème} carbone, un radical hydrophobe CH_2-O . (Yaphe et *al.*, 1984)

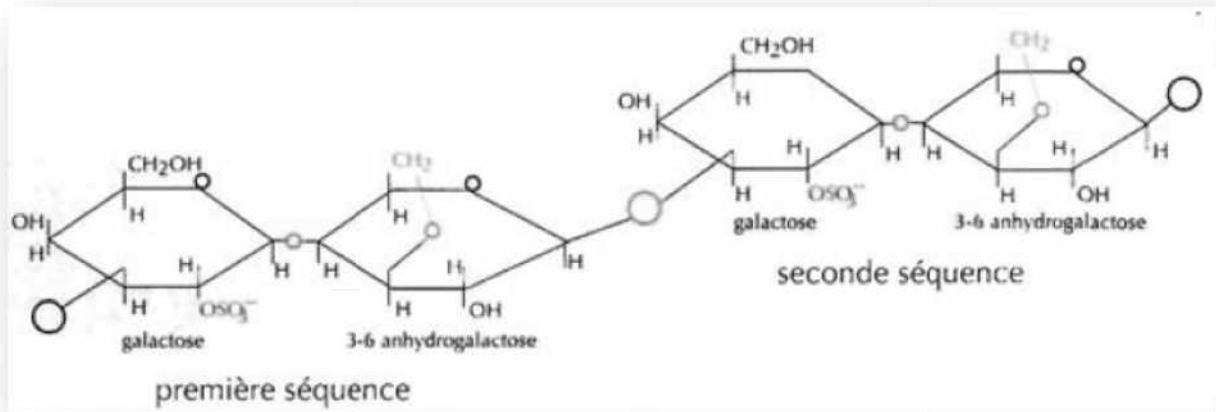


Figure 5 : Structure moléculaire des agars (Araki, 1937) (*in* Perez, 1997)

3.4. Mécanisme de gélification

Les agars forment des gels thermoréversibles, en solution à haute température, ils seraient sous forme de simples hélices allongées.

Ces simples hélices s'associeraient en plus en double hélice lors de la gélification.

Les dimensions réduites de la cavité interne font que cette dernière est uniquement occupée par des molécules d'eau qui stabilisent la structure en double hélice par le biais de liaisons hydrogène entre les groupements hydroxyles portés par les carbones 2 de l'unité galactose, et ceux portés par les carbones 5 des unités 3-6 anhydrogalactose positionné vers l'intérieur de l'édifice. Les gels sont alors solide puisqu'il n'y a pas de répulsions des charges, leur température de gélification est entre 35°C et 50°C, et celle de fusion aux alentours de 80°C et 90°C. (Garon-Lardière, 2004)

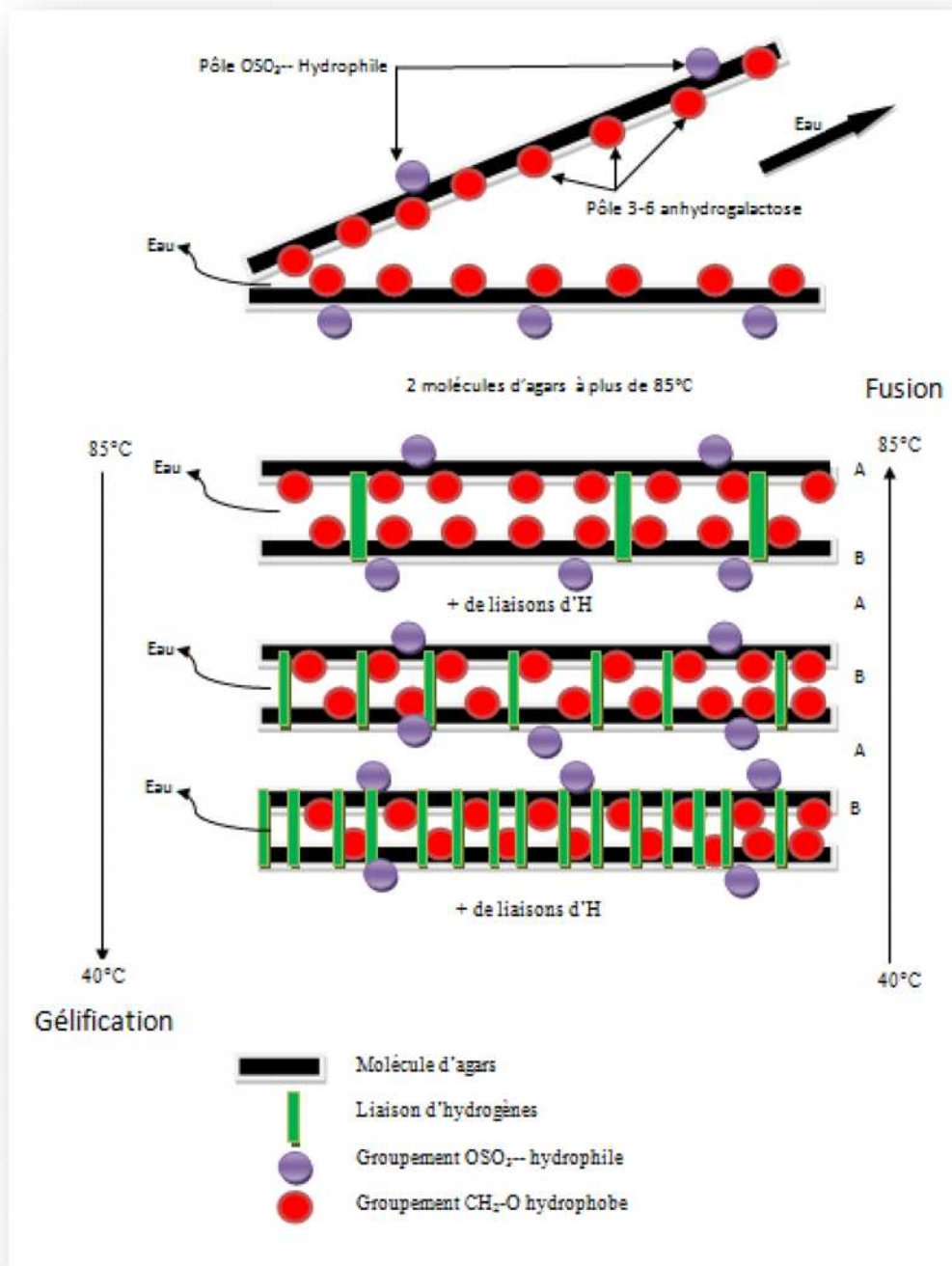


Figure 6: Mécanisme de gélification de l'agar. (Perez, 1997)

3.5. Les espèces agarophytes

Les agarophytes sont les algues rouges utilisées comme matière première pour la fabrication d'agar et sont principalement de deux ordres :

-les Gélidiales avec en particulier les *Gelidium*, comme *Gelidium sesquipedale*, *Gelidium latifolium*, *Gelidium amansii*, et *Gelidium pacificum*.

-les Gigartinales, notamment *Gracilaria verrucosa*, *Gracilaria multipartita*, et *Gracilaria gracilis*. (Hnini, 2006)

3.6. Extraction des agars

3.6.1. Extraction classique (Perez, 1997)

L'extraction classique s'applique surtout sur les Gélidiales (*Gelidium*, *Pterocladia*, *Gelidiella*).

La première étape consiste à laver les algues avec de l'eau, puis avec un milieu acide, et enfin avec un milieu alcalin chauffé dans un but d'élimination des sels et des pigments rouges.

Une deuxième étape capitale permet le découpage et la dissolution en eau chaude des molécules d'agars. La plante est mise à macérer à 127 °C pendant 3 h, dans de l'eau douce, sous une pression de 2 bars et un pH de 4 à 6.

Par suite, La filtration consiste à séparer le liquide des matières insolubles et s'effectue à chaud dans un cylindre maintenu sous pression.

Le jus d'agars obtenu après filtration est laissé à refroidir, jusqu'à l'obtention d'un gel. Le gel ainsi obtenu est soumis à une congélation à -10 °C. Au cours de cette dernière, une partie de l'eau interne migre progressivement sur les bords du bloc où elle forme une couronne de glace. Celle-ci est éliminée par décongélation sous une douche d'eau à 25 °C, le gel final contient en principe moins de 8 % d'eau.

Le gel est ensuite dilacéré par un broyeur. Les grumeaux obtenus sont entraînés sur un tapis-roulant chauffé par une rampe à gaz.

3.6.2. Extraction alcaline (Perez, 1997)

L'extraction alcaline consiste à placer le plant dans une solution d'hydroxyde de sodium à 7 % qui est portée à 90 °C pendant 2 à 3 heures. La présence d'hydroxyde de sodium permet la formation de radicaux hydrophobes accentuant le pouvoir de gélification.

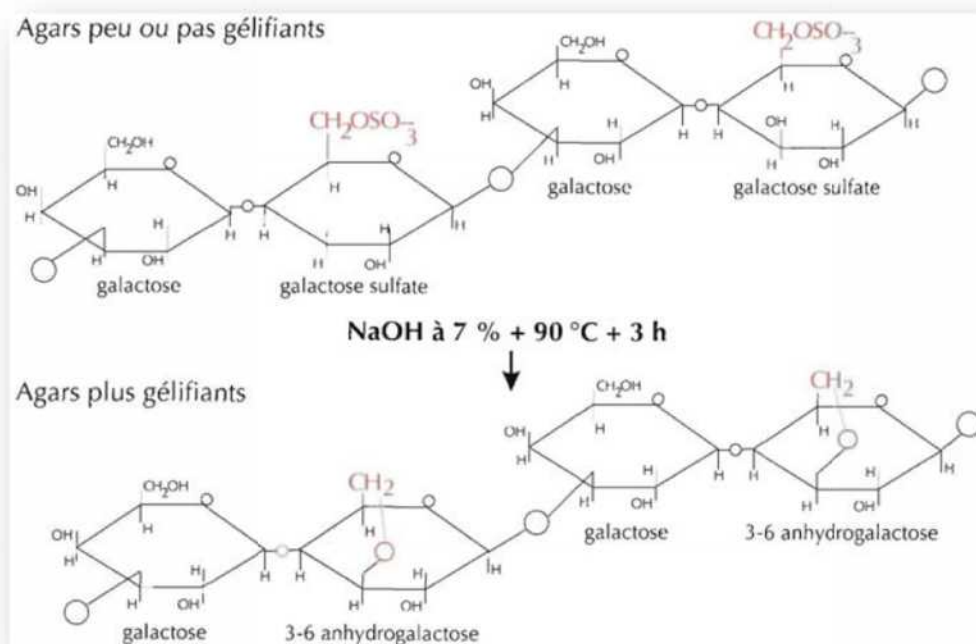


Figure 7 : Évolution chimique expliquant les effets de l'extraction alcaline (Perez, 1997).

Le rendement de l'extraction d'agar agar diffère d'une espèce à une autre, et diffère selon la saison et le lieu de récolte.

La teneur moyenne en agar des agarophytes dépend largement des variations climatiques, des variétés concernées et du mode d'extraction. (Tableau 3) (Perez, 1997).

Tableau 3 : Teneurs en agars de quelque agarophytes

| Espèce | Teneur en % de matière sèche |
|------------------------------|------------------------------|
| <i>Gelidium robustum</i> | 21 à 38 |
| <i>Gelidium amansii</i> | 26 à 40 |
| <i>Gelidium sesquipedale</i> | 27 à 42 |
| <i>Gelidium latifolium</i> | 27 à 38 |
| <i>Gracilaria verrucosa</i> | 27 à 31 |
| <i>Gracilaria gracilis</i> | 38 à 42 |

3.7. Les propriétés des agars

Les agars conduisent à un gel translucide, sans goût, ni odeur. Ils peuvent donc être utilisés pour gélifier les produits alimentaires sans altérer la couleur et la saveur de ces derniers. Ils rehaussent le goût originel et fixent l'arôme, donnent de l'éclat. Ils ont une excellente réversibilité : on peut les faire fondre et les faire gélifier de façon répétitive sans baisse de qualité. Ils supportent un traitement thermique au-dessus de 100 °C, ce qui permet de les employer dans des préparations à stériliser à chaud.

Ils sont stables dans une large gamme de pH (5 - 8). La solution à 1,5 % gélifie entre 34 et 38 °C pour les agars de *Gelidium*, entre 40 et 53 °C pour ceux de *Gracilaria*.

En outre, aucun réactif n'est nécessaire pour les conserver indéfiniment. La fusion a lieu à partir de 85 °C. (Ruiz, 2005)

3.8. La force du gel

La qualité des agars se mesure à la force de gel. Les industriels producteurs et les clients utilisateurs font appel, en général, à l'appareil de « Nikan Sui ». Celui-ci permet de déterminer la charge pondérale qui, à 20 °C, rompt, en moins de 20 secondes, un gel composé de 1,5 % de poudre d'agars.

Tableau 4 : Classification commerciale des agars selon leur force de gel. (Perez, 1997)

| Espèce | Force de gel (g.cm ⁻²) | Qualité |
|--|------------------------------------|--------------|
| <i>Gelidium sesquipedale</i> <i>Gelidium amansii</i> | 1 000 à 1200 | EXTRA |
| <i>Gelidium latifolium</i> <i>Pterocladia, Gelidiella</i> | 600 à 900 | HAUTE |
| <i>Gracilaria gracilis</i> <i>Gracilaria verrucosa</i> | 400 à 600 | Moyenne |
| <i>Acanthopeltis, Porphyra</i> | Moins de 350 | Médiocre |

3.9. Domaines d'application des agars

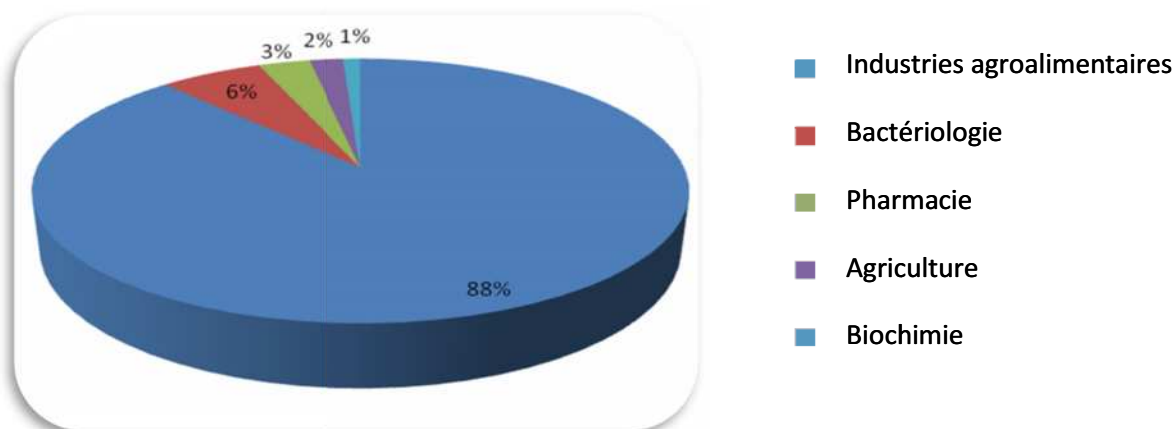


Figure 8 : Principales utilisations des agars (Pérez, 1997)

3.9.1. Applications dans le domaine Agroalimentaire

Les agars identifiés sous le code E406, 88% de leurs utilisations est consacrées dans le domaine alimentaire, en raison de leurs neutralités organoleptiques, et grâce à leur grande stabilité thermique.

Les agars peuvent jouer un rôle de gélifiant ou encore de stabilisant, et de contrôler la viscosité des milieux dans lesquels sont dissous. (Garon-Lardiere, 2004)

3.9.2. En agriculture

Les agars interviennent dans la protection des semences par enrobage, la synthèse des milieux de culture destinés aux plantes obtenues à partir de méristème (orchidées). (Perez, 1997) et pour la production de clones, technique qui est maintenant devenue courante en horticulture.

3.9.3. En pharmacie

Les agars sont employés en tant qu'excipients dans de nombreuses préparations pharmaceutiques, comme stabilisants dans les solutions contenant du cholestérol ou de l'alcool. On fait également appel à eux comme gélifiants dans les pommades, les suppositoires, certains liquides chirurgicaux, comme coupe-faim dans les préparations diététiques. (Perez, 1997)

Dans le passé ils ont été employés comme des « laxatif ». Ils entrent également dans la composition des pâtes à empreintes dentaires en dentisterie. (Garon-Lardiere, 2004)

3.9.4. En bactériologie

C'est l'utilisation la plus remarquable des agars. Les agars forment le substrat de base dans la confection des milieux de culture solides.

Les agars permettent une étude des colonies bactériennes en fonction des substances qui sont incorporées dans le gel.

3.9.5. En biotechnologies

La biotechnologie fait souvent appel à la partie « agarose » des agars. Cette dernière peut en effet être isolée et purifiée. Le produit obtenu est une substance très riche en radicaux hydrophobes et presque totalement dépourvue d' OSO_3^- .

Elle intervient dans des techniques de pointe telles que l'électrophorèse, l'immunologie.

3.9.5.1. L'électrophorèse

La légère charge électrique du gel d'agarose est utilisée pour séparer, en fonction de leur charge et de leur masse, les polyélectrolytes dont les protéines. Ces derniers, ayant des charges différentes et des poids moléculaires différents les uns par rapport aux autres, migrent sur le gel d'agarose à des vitesses différentes, ce qui permet de les séparer.

3.9.5.2. L'immunologie

Pour la détection et l'étude du matériel génétique, les gels d'agarose présentent trois atouts principaux : ils possèdent une macroporosité qui convient parfaitement à la migration des grosses molécules, ils sont neutres du point de vue chimique et n'interfèrent ni avec l'antigène, ni avec l'anticorps ; ils sont clairs, ce qui facilite le repérage de la précipitine (précipité obtenu quand l'antigène rencontre l'anticorps). (Perez, 1997)

3.9.5.3. La biochimie

Des laboratoires spécialisés utilisent aussi des « capsules » ou des « perles » d'agarose pour y fixer des principes actifs sans pour autant empêcher ces derniers d'agir.

Ils créent par exemple, des « filtres » fabriqués pour retenir telle ou telle substance lors d'hémoperfusions. La technique remarquable par son efficacité a servi maintes fois à sauver des patients victimes d'overdose.

3.9.6. En cosmétologie

Les agars servent comme un excipient dans les dentifrices, ou encore comme un gélifiant dans les crèmes. (Garon-Lardiere, 2004)

Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Localisation des sites d'étude

1.1. Cherchell (Sidi Ghiles)

Le premier site d'échantillonnage se situe à 2 km à l'ouest de la commune de Sidi Ghiles à proximité d'une centrale électrique, les prélèvements d'algues ont été effectués sur une longueur de côte d'environ 400 m.

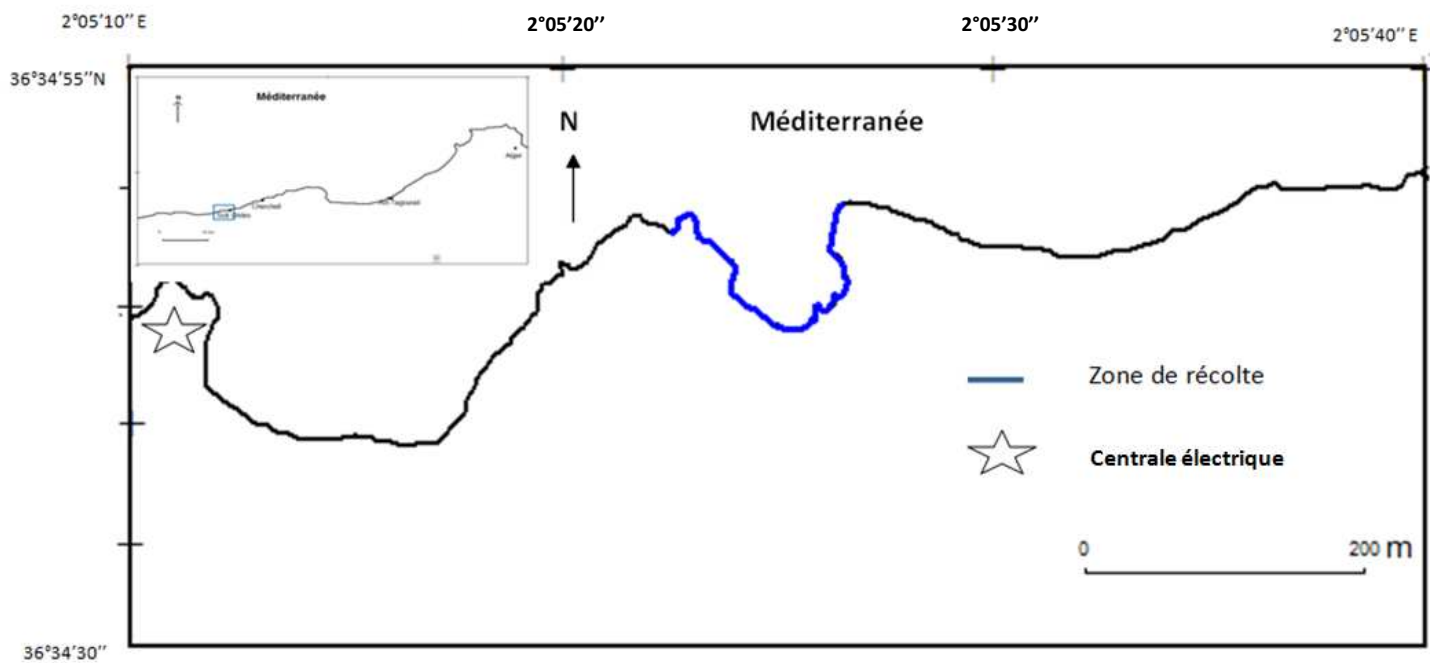


Figure 9 : Zone de récolte des algues à Cherchell (Sidi Ghiles).

1.2. Ain Tagourait

Le deuxième site d'échantillonnage se situe à Ain Tagourait à environ 2 km du centre ville. Les récoltes d'algues ont été effectuées sur un linéaire de 300 m. Une agriculture vivrière surplombe cette partie de la côte, ainsi qu'une ferme mytilicole implantée au niveau du site.

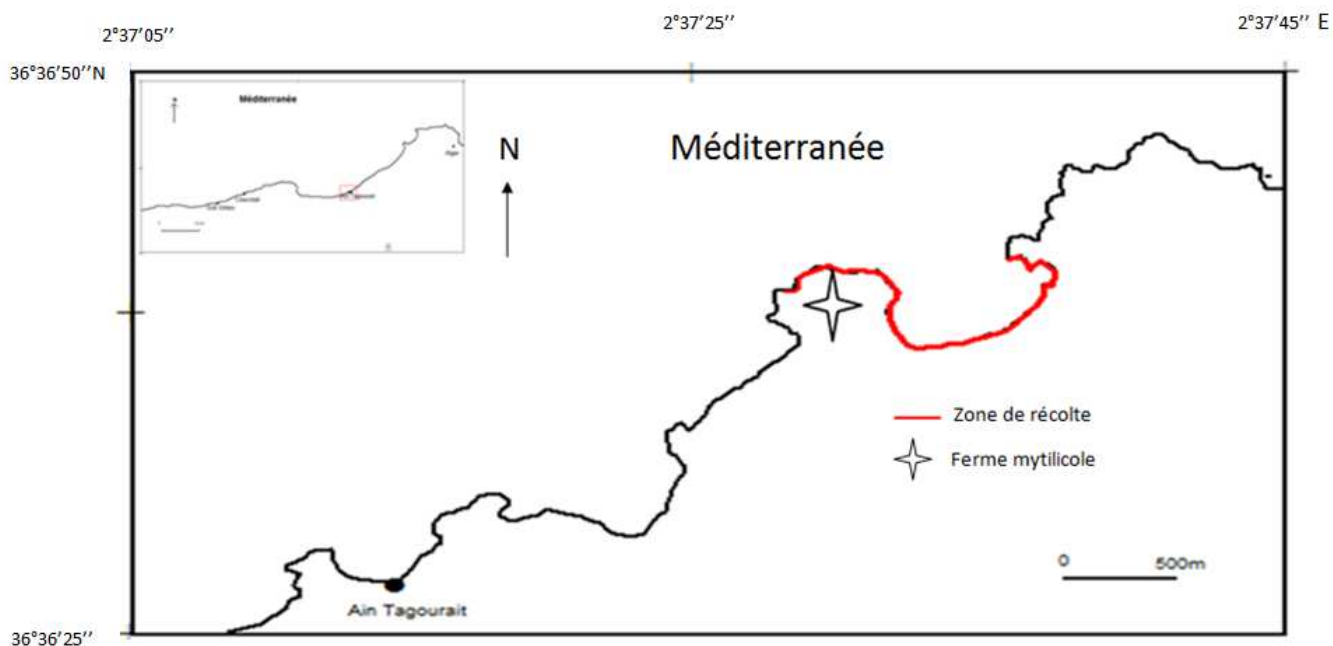


Figure 10: Zone de récolte des algues à Ain Tagourait.

1.3. Mesure des paramètres physico-chimiques

Parallèlement à l'échantillonnage des algues, nous avons effectué des mesures des paramètres physico-chimiques dans le but d'avoir des données plus récentes sur la région de Tipaza.

Ces paramètres ont été mesurés par un pH-mètre, un salinomètre et un thermomètre de terrain.

2. Etude de la flore algale

2.1. Echantillonnage

Les prélèvements des algues répondent à la récolte dite « sauvage » dont le but est d'avoir l'aspect qualitatif de la composition floristique présente. Cette méthode se fait d'une façon aléatoire et sur une surface non déterminée.

Les algues récoltées sont aussitôt conservées dans de l'eau de mer formolée à 5% pour une identification ultérieure au laboratoire.

2.2. Etude au laboratoire

2.2.1. Détermination et systématique adoptée

Le tri des algues récoltées s'est fait sous loupe binoculaire et leurs identifications sous microscope optique. Trois groupes systématiques sont retenus pour notre étude; soit dans l'ordre évolutif :

- Les Rhodobiontes : (classe des Bangiophycées, et des Floridéophycées)
- Les Chromobiontes : (classe des Fucophycées)
- Les Chlorobiontes : (classe des Chlorophycées)

La détermination spécifique fait appel à des critères cytologiques et anatomiques.

Il est en effet, impossible de déterminer avec exactitude une espèce sur le terrain

La systématique utilisée est celle adoptée par Perret Bouderesque M et Seridi (1989), reprise par Ould Ahmed (1994), et qui actuellement est la plus utilisée.

Les clés de détermination utilisées :

Hamel (1931) ; Feldmann (1937) ; Hamel (1931-1939) ;

Feldmann-Mazoyer (1940) ; Gayral (1966) ; Delepine et al (1987) ; Verlaque (1987) ;

Seridi (1990) ; Boudouresque et al (1992) ; Ould Ahmed (1994), et Boudouresque et al (2006)

2.2.2. Les paramètres analytiques

Après avoir établi la liste floristique complète, un certain nombre de paramètres analytiques issus de la méthode de Boudouresque (1971):

2.2.2.1. Le coefficient T

Le coefficient T représente le nombre total des espèces d'un site, seules les espèces supérieures ou égales à 2 mm sont considérées.

2.2.2.2. Le coefficient Q

Il représente l'effectif absolu en espèce d'un ensemble considéré dans une station. Par exemple : s'il existe 6 Rhodophyceae dans un relevé, le coefficient Q_r est de 6.

$$\sum Q = T$$

2.2.2.3. Dominance qualitative DQ

La dominance qualitative DQ (en%) d'un groupe systématique ou d'un groupe écologique est définie comme étant le rapport de l'effectif (Q) de ce groupe sur le nombre total des espèces (T) multiplié par 100.

$$DQ = Q / T \cdot 100$$

2.2.2.4. Le rapport R/P

Le rapport R/P est le nombre de Rhodophyceae (Q_r) sur le nombre de Phaeophyceae (Q_p).

Ce rapport permet la caractérisation de la flore algale d'une zone donnée. Sa valeur augmente depuis les régions froides vers les régions chaudes. (Feldmann, 1938)

$$R/P = Q_r / Q_p$$

2.2.3. Les groupes écologiques

D'après Bouderesque, (1970) un groupe écologique est l'ensemble des espèces statistiquement liées entre elles, et à un certain nombre du milieu, se trouvant généralement ensemble dans la nature.

L'auteur (1984) distingue cinq groupes écologiques :

- Supralittoral
- Médiolittoral
- Groupe photophile
- Groupe Sciaphile
- Groupe liés à la pollution.

Par exemple :

Gelidium latifolium : Photophile infralittoral (PhI).

Pterocladia capillacea : Sciaphile superficiel battu (SSB).

L'utilisation de ces paramètres analytiques nous permet d'avoir un aperçu du type de flore présente dans la région d'étude du point de vue taxonomique, écologique, et biogéographique.

3. Utilisation des algues

2.3.1. La valorisation des espèces identifiées

Une étude bibliographique détaillée est réalisée afin de préciser l'utilisation et l'intérêt aquacole et économique de la plupart des algues identifiées.

3.2. La valorisation des agarophytes

3.2.1. La récolte des algues destinées à l'extraction

La première récolte a eu lieu le 29 Mars 2010 à Cherchell, la température de l'eau de mer était de 18.4°C, une mer calme, et un ciel ensoleillé.

Les algues prélevées sont du genre *Gelidium*, *Pterocladia* et *Hypnea*,

La seconde récolte a eu lieu le 18 Avril à Ain Tagourait, la température de l'eau de mer était de 19.2°C temps ensoleillé, la mer légèrement agitée.

L'algue prélevée est du genre *Sphaerococcus*. La quantité d'algues nécessaire pour l'extraction est d'environ 150 g de matière fraîche pour chacune d'entre elles. Les algues imprégnées dans l'eau de mer ont été transportées au laboratoire afin de réaliser leur identification spécifique d'abord, puis faire objet de l'extraction de l'agar agar.

3.2.2. Etude au laboratoire

3.2.2.1. Détermination spécifique

L'identification est faite sous loupe binoculaire et microscope optique. La détermination spécifique est basée sur l'observation des différentes parties du thalle, en plus, de leurs organes reproducteurs. Des coupes cytologiques au niveau de chaque algue sont nécessaires pour préciser son identification.

Les espèces identifiées sont *Gelidium latifolium*, *Pterocladia capillacea*, *Hypnea musciformis*, et *Sphaerococcus coranopifolius*

3.2.2.2. Extractions des agars

L'extraction des agars a été faite sur des espèces agarophytes qui sont identifiées au laboratoire, les espèces utilisées sont : *Gelidium latifolium*, *Pterocladia capillacea*, *Hypnea musciformis*, et *Sphaerococcus coranopifolius*.

3.2.2.2.1. Séchage des algues

Les algues ont été lavées à l'eau douce pour éliminer le maximum d'impuretés et d'épiphytes, ensuite, étalées les algues sur du papier absorbant.

Le séchage est fait à l'ombre à la température ambiante pendant une semaine.

3.2.2.2.2. Extraction classique (selon la méthode de Perez, 1997)

On introduit 30 g d'algues dans 800 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) à 0,5 % à froid pendant 2 heures dans un cristalliseur, puis rincées à l'eau douce pendant une heure et enfin récupérées les algues et on rajoute une solution du carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 0,5N, chauffée à 60°C pendant 30 minutes.

L'extraction se fait à l'eau distillée chauffée à 127°C à une pression de 2 bars pendant 3 heures à l'autoclave.

3.2.2.2.3. Extraction alcaline (selon la méthode de Ben Saïd et *al*, 2000)

30 g d'algue sèche sont mis dans 800 ml d'acide sulfurique (H₂SO₄) à 0,05% pendant 2 heures ensuite rincé à l'eau douce pendant une heure. L'extraction de l'agar est réalisée dans une solution alcaline (NaOH) à 5% à 90°C pendant 3 heures au bain marie, la solution est ensuite neutralisée avec l'acide chlorhydrique (HCl).

Pour l'extraction de l'agar, la méthode d'extraction alcaline est la plus exploitée. C'est ce que nous avons réalisé pour nos quatre espèces d'agarophytes, afin de comparer le rendement et la qualité de « gel » d'agar, nous avons également pratiqué la deuxième méthode (classique) sur une espèce des quatre agarophytes (*Gelidium latifolium*).

3.2.2.2.4. Filtration et séchage

Le jus obtenu par les deux types d'extractions est filtré sous vide, le filtrat est ensuite congelé pendant 24 heures suivi d'une décongélation à l'eau du robinet.

L'agar obtenu sous forme d'un film est séché à l'étuve à 70°C pendant 24 heures, pour être ensuite pesé afin d'estimer le rendement de l'extraction.

3.2.2.2.5. Broyage

Le broyage a été effectué à l'aide d'un mortier en agate puis par un broyeur à bille en agate à une vitesse de 500 tours/min pendant 15 minutes.

3.2.2.3. Etude de la qualité de l'agar

Trois critères importants sont recherchés pour évaluer la qualité de l'agar ce sont : la force de gel, le point de gélification ainsi que le point de fusion.

L'agar extrait est réduit en poudre puis séché à l'étuve à 110°C, pendant 3 heures, 3 g sont pesés puis mis à bouillir dans 200 ml d'eau distillée afin d'avoir une concentration à 1,5%.

3.2.2.3.1. Force de gel

Dans un bécher sont coulés 200 ml de solution d'agar chauffée qu'on laisse refroidir pendant 24 heures jusqu'à prise complète du gel, ensuite du sable est ajouté progressivement sur le plateau d'un gélomètre fabriqué artisanalement, jusqu'à ce que le gel se brise entre 15 et 20 secondes.

3.2.2.3.2. Point de gélification

Dans un tube à essai sont mis 20 ml de solution d'agar chauffée, un thermomètre est plongé avec une petite bille en acier, le tout est mis en rotation entre les mains jusqu'à la stabilisation de la bille, la température est alors prélevée.

3.2.2.3.3. Point de fusion

Dans un tube à essai sont mis 20 ml de solution d'agar, le tube est laissé refroidir pendant 24 heures, puis mis dans un bain marie équipé d'un thermomètre et on chauffe lentement. Une bille en acier est placée à la surface du gel, lorsque la bille tombe au fond, la température est prélevée.

Résultats et discussions

Chapitre III. Résultats et discussions

1. Paramètres physico-chimiques

| Moyenne Site | Température (°C) | Salinité (g /l) | pH |
|---------------|------------------|-----------------|-----|
| Cherchell | 18.4 | 36.7 | 8.3 |
| Ain Tagourait | 19.2 | 36.4 | 8 |

Les valeurs mesurées dans les deux sites d'étude (Cherchell et Ain Tagourait) des différents paramètres physico-chimiques sont cohérents avec celles retrouvées en bibliographie.

2. Etude de la flore algale

Les trois grands groupes systématiques considérés sont présents au niveau des deux sites d'étude, ils sont présentés dans l'ordre évolutif

- Rhodobiontes
- Chromobiontes
- Chlorobiontes

Ensuite les algues ont été réparties en ordres, genres et espèces selon un ordre alphabétique.

2.1. La liste de la flore algale au niveau des deux sites

2.1.1. Site de Cherchell

Rhodobiontes

Classe : Bangiophycées

Ordre : Bangiales

Porphyra leucostica Thuret in le jolie

Classe : Floridéophycées

Ordre : Bonnemaisoniales

Asparagopsis armata Harvey

Asparagopsis toxiformis Harvey

Ordre : Ceramiales

Famille : Ceramiacées

Ceramium ciliatum (Ellis) Ducluzeau

Ceramium codii (Richards) G.mazoyer

Ceramium rubrum (Hudson) Batters.

Ceramium tenerrimum (Martens) Okamura.

Famille : Rhodomelacées

Alsidium corallinum (la tourette) kutzing

Chondria tenuissima (Goodnough et Woodward) C Agardh

Halopitys incurvus (Hudson) Batters

Laurencia optusa (Hudson) Lamouroux

Laurencia papillosa (C.Agardh) Greville

Laurencia pinnatifida (Gmelin) Lamouroux

Laurencia paniculata (C. Agardh) J .Agardh

Polysiphonia mottei Lauret

Polysiphonia sertrularoides (Gratloup) J.Agardh

Famille : Delesseriacées

Apoglossum ruscifolium (Turner) J.Agardh

Hypoglossum hypoglossoides (Stackhouse) Collins et Hervey

Ordre : Corallinales

Amphiroa rigida Lamouroux

Corallina elongata Ellis et Solader

Corallina officinalis Linnaeus

Corallina longifurca Zanardini

Jania rubens (Linnaeus) Lamouroux

Jania adhaerens Lamouroux

Lithophylum incrustans Philippi

Lithophylum lichenoides C. Agardh

Ordre : Gelidiales

Gelidium latifolium (Greville) Bornet et Thuret

Gelidium sesquipedale (Turn) Thuret

Pterocladia capillacea (S.G Gmelin) Santelices et Hommersand

Ordre : Gigartinales

Hypnea cervicornis J.Agardh

Hypnea musciformis Lamouroux

Gigartina acicularis (Roth) Lamouroux

Gigartina pistillata (Gmelin) Stackhouse

Peyssonelia squamaria (Gmelin) Decaisne

Plocamium cartilagineum (Linnaeus) Dixon

Rissoella verruculosa (Bertoloni) J.Agardh

Chromobiontes**Classe : Phaeophycées****Ordre : Dictyotales**

Cutleria multifida (Smith) Greville

Dictyoptéris membranaceae (Stackhouse) Batters

Dictyota dichotoma Hudson

Dilophus spiralis (Montagne) Hamel

Padina pavonica (Linné) Gaillon

Taonia atomaria (Woodward) J.Agardh

Ordre: fucales

Cystoseira barbata (Goodnough et Woodward) C Agardh

Cystoseira compressa (Esper) Gerloff et Nizamuddin

Cystoseira crinita (Desfontaines) Duby

Cystoseira sauvageauna Hamel

Cystoseira sedoides (Desfontaines) C Agardh

Cystoseira stricta (Montagne) Sauvageau

Cystoseira tamariscipholia (Hudson) Papenfuss.

Sargassum vulgare C. Agardh

Ordre : Scytosiphonales

Colpomenia sinuosa (Mertens ex Roth) Derbes et Solier in Castagne

Ordre : Sphacelariales

Halopteris ficilina (Gratloup) Kutzing

Stypocaulon scoparium (Linné) Kutzing

Sphacelaria sp

Chlorobiontes**Classe:Chlorophycées****Ordre: Cladophorales***Chaetomorpha aerea* (Goodnough ex Dillwyn) Kützing*Cladophora capillaris* (Kützing) Borgensen*Cladophora laetevirens* (Dillwyn) Kützing**Ordre: Siphonocladales***Valonia utricularis* (Roth) C.Agardh**Ordre : Ulvales***Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus) Link*Enteromorpha linza* (Linnaeus) J.Agardh*Ulva lactuca* (C.Agardh)*Ulva rigida* (C.Agardh)

2.1.2. Site d'Ain Tagourait

Rhodobiontes

Classe : Floridéophycées

Ordre : Bonnemaisoniales

Asparagopsis armata (Harvey)

Asparagopsis toxiformis (Harvey)

Ordre : Ceramiales

Famille : Ceramiacées

Ceramium codii (Richards) G.mazoyer

Ceramium rubrum (Hudson) Batters.

Ceramium tenerrimum (Martens) Okamura.

Famille : Rhodomelacées

Alsidium corallinum (la tourette) kutzing

Halopitys incurvus (Hudson) Batters

Laurencia obtusa (Hudson) Lamouroux

Laurencia papillosa (C.Agardh) Greville

Laurencia pinnatifida (Gmelin) Lamouroux

Polysiphonia mottei Lauret

Polysiphonia sertrularoides (Gratloup) J.Agardh

Pterosiphonia complanata (Clemente) Falkenberg

Ordre : Corallinales

Corallina elongata Ellis et Solader

Corallina mediterraneae Areschoug.

Corallina officinalis Linnaeus

Jania longifurca Zanardini

Jania rubens (Linnaeus) Lamouroux

Lithophyllum incrustans (Philippi)

Ordre : Gelidiales

Gelidium crinale (Turner) Lamouroux

Gelidium latifolium (Greville) Bornet et Thuret.

Gelidium pectinatum (Schousb) Mont.

Ordre : Gigartinales

Gymnogrus devoniensis (Greville) Schotter

Hypnea cervicornis J.Agardh

Hypnea musciformis Lamouroux

Gigartina acicularis (Roth) Lamouroux

Peyssonelia squamaria (Gmelin) Decaisne

Plocamium cartilagineum (Linnaeus) Dixon

Sphaerococcus coronopifolius (Good et Wood) C.Agardh

Chromobiontes

Classe: Phaeophycées

Ordre: Dictyotales

Cutleria multifida (Smith) Greville

Dictyoptéris membranaceae (Stackhouse) Batters

Dictyota dichotoma (Hudson)

Padina pavonica (Linné) Gaillon

Taonia atomaria (Woodward) J.Agardh

Ordre: Fucales

Cystoseira barbata (Goodnough et Woodward) C Agardh

Cystoseira compressa (Esper) Gerloff et Nizamuddin

Cystoseira stricta (Montagne) Sauvageau

Cystoseira tamariscipholia (Hudson) Papenfuss.

Sargassum vulgare C. Agardh

Ordre : Scytosiphonales

Colpomenia sinuosa (Mertens ex Roth) Derbes et Solier in Castagne

Ordre : Sphacelariales

Halopteris ficilina (Gratloup) Kützing

Stypocaulon scoparium (Linné) Kützing

Chlorobiontes

Classe: Chlorophycées

Ordre: Cladophorales

Cladophora laetevirens (Dillwyn) Kützing

Ordre : Codiales

Bryopsis hypnoides Lamouroux

Codium elongatum C.Agardh

Ordre : Derbesiales

Derbesia tenuissima (De Notaris) Crouan

Ordre : Ulvales

Enteromorpha intestinalis (Linnaeus) Link

Enteromorpha linza (Linnaeus) J.Agardh

Ulva lactuca (C.Agardh)

Ulva rigida (C.Agardh)

2.2. Les paramètres analytiques

2.2.1. Coefficient T

| Le site | Coefficient T |
|---------------|---------------|
| Cherchell | 62 |
| Ain Tagourait | 50 |

Le nombre total des espèces identifiées au niveau des deux sites est de 72 espèces.

Le nombre des espèces à Cherchell est de 62 ; il est sensiblement supérieur à celui d'Ain Tagourait : 50 espèces.

Cette légère variation du nombre d'espèces au niveau des deux sites serait due à la longueur de trajectoire d'échantillonnage dans chaque site, 400 m à Cherchell, et environ 300m à Ain Tagourait.

Un autre facteur qui joue un rôle majeur dans la distribution de la flore algale qui est le « substrat », le site de Cherchell est une plage rocheuse en général, ce qui augmente la surface de fixation des algues, en revanche, à Ain Tagourait la plage est plutôt sableuse ce qui limité la surface de fixation des algues.

2.2.2. Le coefficient Q

| | Rhodobiontes | Chromobiontes | chlorobiontes | Total |
|---------------|--------------|---------------|---------------|-------|
| Cherchell | 36 | 18 | 8 | 62 |
| Ain Tagourait | 30 | 13 | 7 | 50 |

Le nombre des Rhodobiontes est largement supérieur à celui des autres groupes systématiques dans les deux sites, suivi des Chromobiontes. Les Chlorobiontes viennent en dernière position.

2.2.3. Dominance qualitative DQ (Fig. 11 /12)

| | DQ Rhodophycées (%) | DQ Phaeophycées (%) | DQ Chlorophycées (%) |
|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Cherchell | 58.06 | 29.03 | 12.90 |
| Ain Tagourait | 60 | 26 | 14 |

La dominance qualitative de chaque groupe taxonomique concorde avec leurs effectifs absolus. En effet, les Rhodobiontes sont les plus dominantes qualitativement au niveau des deux sites avec 58.03 % à Cherchell et 60% à Ain Tagourait .Il est à noter que ce groupe est constitué principalement de Florideophycées dans les deux sites, à l' exception du site de Cherchell où l'on retrouve une espèce de Bangiophycées : il s'agit de *Porphyra leucostica*.

Les chromobiontes viennent en seconde position (26% à Ain Tagourait et 29.03% à Cherchell) Elles sont surtout représentées par des espèces appartenant au genre *Cystoseira* dont la ceinture à *Cystoseira stricta*, et *Cystoseira sedoides*, qui existent au niveau des sites : ces dernières sont considérées comme des espèces protégées.

Les Chlorophytes sont les moins représentées qualitativement et ne dépassent les 15% au niveau de chacun des deux sites, elles font essentiellement partie du groupe écologique liée à la pollution (des Ulves et des Entéromorphes).

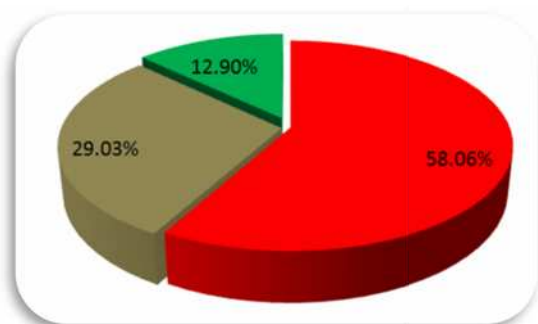


Figure 11 : La dominance qualitative de la flore algale de Cherchell

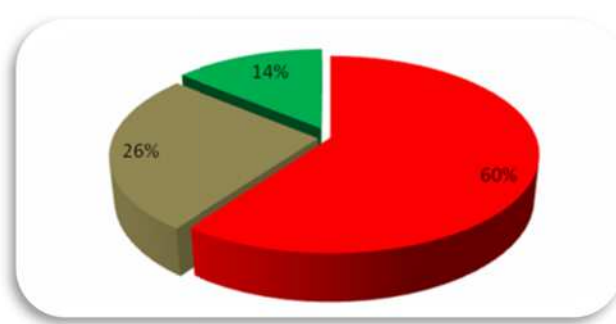


Figure 12 : La dominance qualitative de la flore algale d'Ain Tagourait

2.2.4. Le rapport R/P

| Site | Rapport R/P |
|---------------|-------------|
| Cherchell | 2 |
| Ain Tagourait | 2.30 |

La valeur du rapport R/P obtenue est sensiblement la même dans les deux sites étudiés. Comparativement aux valeurs du rapport R/P obtenues par d'autres auteurs dans différentes régions à différentes latitudes (tableau 5 in Ould Ahmed ; 1994), nos résultats témoignent de la présence d'un peuplement à affinité relativement tempérée à chaude.

Tableau 5 : Rapport du R/P en fonction de latitude (Ould Ahmed, 1994)

| Région | R/P | Auteurs |
|-----------|-----|---------------|
| Groenland | 1 | Lund 1959 |
| Irlande | 1.5 | Cotton 1912 |
| Turquie | 2.8 | Cirik 1978 |
| Algérie | 3 | Feldmann 1931 |

2.3. Les groupes écologiques

Après l'attribution de chaque espèce à son groupe écologique tel que défini par Boudouresque (1970) (Tableau 1 et 2 en annexes), nous obtenons les résultats suivants :

A Cherchell : sur 62 espèces recensées, 27 espèces appartiennent au super groupe Photophile au sens large (PhIsI) ; ce qui représente 43.54% de la flore algale présente dans cette région. Parmi ces espèces les deux sous-groupes à affinité photophile infralittoral calme (PhIC) et à affinité photophile infralittoral tempérée (PhIT) sont les plus représentatifs (37.03% et 22.22%) dont respectivement la Rhodobionte *Gelidium sesquipedale*, la Chromobionte *Dictyota dichotoma* et les deux Rhodobiontes *Halopitys incurvus*, *Hypnea musciformis* ainsi que la Chromobionte *Sargassum vulgare*.

En revanche, les espèces indicatrices de pollution insérées dans le groupe Photophile infralittoral portuaire (PhIP) sont très peu représentatives, avec seulement 8.06 % de l'ensemble des espèces présentent dans ce site dont *Ulva lactuca*.

En effet ces résultats répondent bien au fait que notre échantillonnage a été réalisé dans une zone éclairée et calme, non polluée et à des niveaux superficiels.

A Ain Tagourait : Comme à Cherchell, le groupe écologique le plus dominant est le super groupe photophile au sens large (PhIsI) avec 20 espèces sur un total de 50 ; ce qui représente une dominance qualitative de 40%. Parmi ces espèces 35% appartiennent au sous-groupe photophile infralittoral relativement calme (PhIC) ; ceci s'explique par l'état relativement calme de ce site. Par ailleurs, les espèces appartenant au groupe lié à la pollution (PhIP) restent relativement peu représentatives avec seulement 5 espèces dont *Enteromorpha intestinalis*.

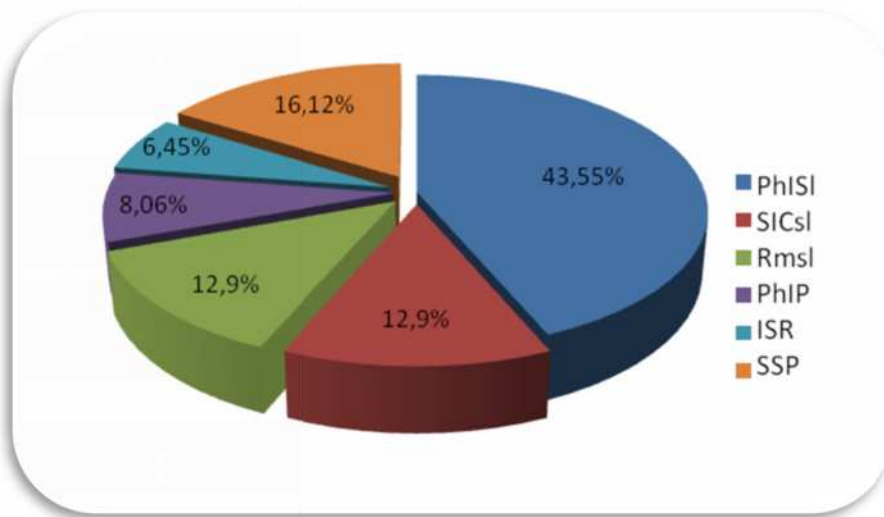


Figure 13: Dominance qualitative (DQ%) des différents groupes écologiques de la flore algale de Cherchell

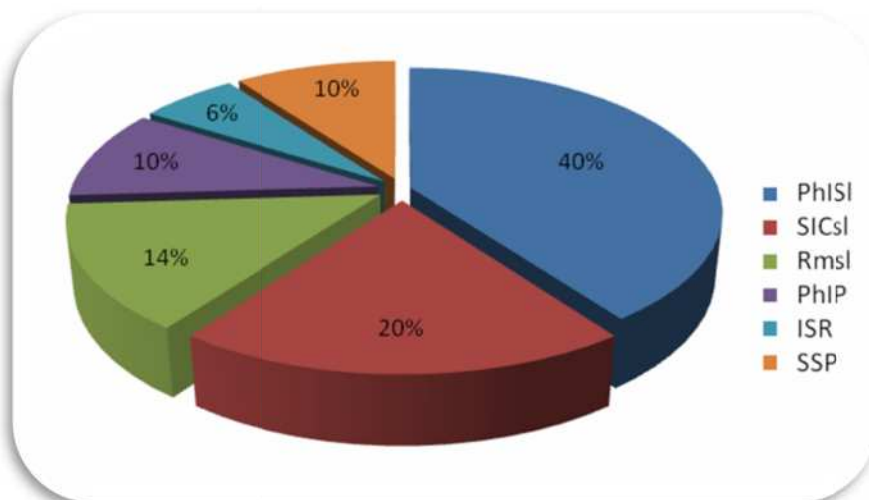




Figure 14 : Dominance qualitative (DQ%) des différents groupes écologiques de la flore algale d'Ain Tagourait

3. Utilisation des algues

Suite à de nombreuses recherches bibliographiques dont Boudouresque (1992), Verlaque (1987), Delepine (1987)..., nous avons pu dresser une liste sur l'utilisation de la majorité des espèces identifiées présentées ci-après.

Tableau 6 : Domaines d'utilisation des algues récoltées

| Rhodobiontes | |
|---|--|
| Algue | Utilisation |
| <p><i>Alcidium corallinum</i></p>  | <p>Dans la pharmacopée traditionnelle, vermifuge contre l'Ascaris et l'Oxyures, aussi comme stimulant de la glande thyroïde, adjuvant dans les régimes amaigrissants, et cataplasmes pour les goitres.</p> |
| <p><i>Asparagopsis armata</i></p>  | <p>Utilisation médicale (riche en iode), et alimentation humaine.</p> |

Ceramium rubrum G: 10x10

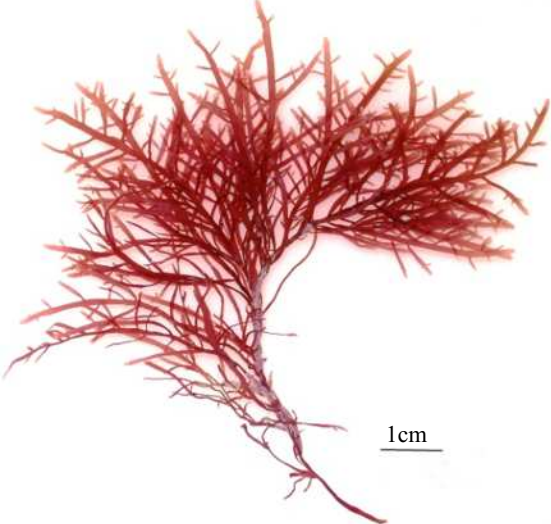


Industrie des agaroïdes, cosmétologie.




Ceramium ciliatum G: 10x10

Domaine médicale (antibiotiques).

Corallina officinalis

Utilisé comme vermifuge dans la pharmacopée traditionnelle, dans la thérapie homéopathique, et comme substances antimicrobiennes.

| | |
|--|--|
| <p><i>Gelidium latifolium</i></p>  <p>A photograph of a <i>Gelidium latifolium</i> specimen, showing a dense, branching, reddish-brown structure. A scale bar labeled "1cm" is positioned at the bottom right of the specimen.</p> | <p>Source potentiel pour l'extraction d'agar.</p> |
| <p><i>Gelidium sesquipedale</i></p>  <p>A photograph of a <i>Gelidium sesquipedale</i> specimen, showing a reddish-brown, branching structure with several distinct, rounded, tufted heads. A scale bar labeled "1cm" is positioned at the bottom right of the specimen.</p> | <p>Source d'agar, utilisé dans les préparations homéopathiques.</p> |
| <p><i>Gigartina acicularis</i></p>  <p>A photograph of a <i>Gigartina acicularis</i> specimen, showing a dense, tangled, reddish-brown structure. A scale bar labeled "1cm" is positioned at the bottom center of the specimen.</p> | <p>Source de carraghénanes, et des substances antibiotiques et anticoagulantes, et source de vitamine C.</p> |

| | |
|---|---|
| <p><i>Halopitys incurvus</i></p>  <p>1 cm</p> | <p>Utilisation médicale (riche en substances antibactériennes), en agriculture, aussi comme source de phycocolloïdes.</p> |
| <p><i>Hypnea musciformis</i></p>  <p>1 cm</p> | <p>Extraction d'hypnéane ; substances antibactériennes, et antihelminthes, en agriculture (présence d'hormones de croissance), alimentation humaine, aussi comme vermifuge.</p> |
| <p><i>Jania rubens</i></p>  <p>1 cm</p> | <p>Dans la pharmacopée, comme un vermifuge</p> |

Laurencia pinnatifida

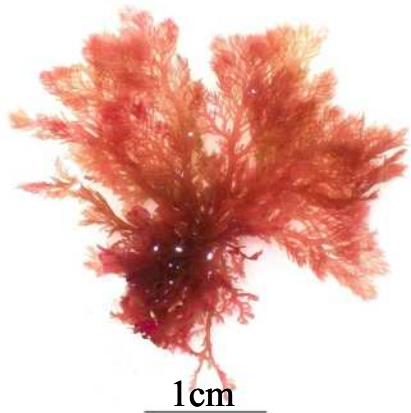
Appât pour les pêcheurs, en médecine comme substances antibactériennes, et dans l'alimentation humaine.

Laurencia obtusa

En médecine pour ses propriétés antibiotiques.

Laurencia papillosa

En médecine (propriétés antibiotiques), et alimentation humaine.

Plocamium cartilagineum

Utilisation médicale (propriétés anti bactériennes), et lutte contre les insectes.

Porphyra leucostica

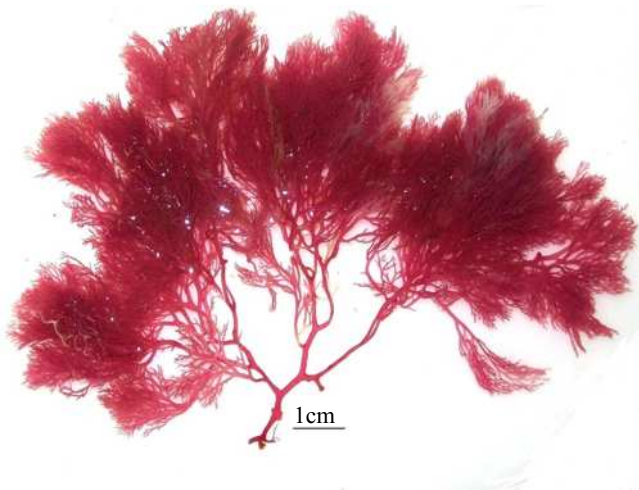
Utilisation médicale en raison de l'action hypocholestérolémiante. Alimentation humaine.

Pterocladia capillacea

Source d'agar, en médecine en raison de ses propriétés émoullientes laxatives, et dans l'alimentation humaine

Rissoella verruculosa

Source de phycocolloïdes ; contient un type particulier de carraghénanes, utilisé aussi en médecine.

Sphaerococcus coronopifolius

Médecine pour son action antimicrobienne et antifongique, et extraction des phycocolloïdes.

Chromobiontes

Cystoseira (en générale)



Industrie des phycocolloïdes
(production d'alginate), des stérols.....

Dictyoptéris membranaceae



Traitement des maladies pulmonaires,
source de phycocolloïdes, et en
agriculture.

Dictyota dichotoma



Alimentation humaine, source de
phycocolloïdes, en médecine comme
antibiotique.

| | |
|--|---|
| <p><i>Dilophus spiralis</i></p>  <p>A photograph of a <i>Dilophus spiralis</i> specimen, showing a central stalk with several long, thin, yellowish-brown blades extending upwards. A 1 cm scale bar is located below the specimen.</p> | <p>Médecine comme antibiotique</p> |
| <p><i>Padina pavonica</i></p>  <p>A photograph of a <i>Padina pavonica</i> specimen, showing a fan-shaped, yellowish-brown thallus with a central stalk and a 1 cm scale bar below it.</p> | <p>En médecine pour des propriétés rappelant celles de la peau humaine jeune en favorisant le renouvellement de ces glucosaminoglycanes, et aussi dans l'alimentation humaine</p> |
| <p><i>Sargassum vulgare</i></p>  <p>A photograph of a <i>Sargassum vulgare</i> specimen, showing a dense, bushy, yellowish-brown thallus with a 1 cm scale bar below it.</p> | <p>Source phycocolloïdes (alginates), en médecine (vermifuge), et alimentation humaine.</p> |

Stypocaulon scoparium

Médecine (caractéristiques antibactériennes)




Chlorobiontes

Chaetomorpha area

Alimentation humaine, épuration des eaux

Cladophora capillaris

Thérapie homéopathique.

| | |
|--|--|
| <p><i>Codium elongatum</i></p>  | <p>Médecine (action antibactérienne et antibiotique).</p> |
| <p><i>Enteromorpha</i></p>  | <p>En médecine (riche en vitamines A, B1, et B2)</p> |
| <p><i>Ulva</i></p>  | <p>Alimentation humaine, et animale, en médecine (riche en vitamines C, et B1)</p> |

4. Extraction des agars

4.1. Le rendement de l'extraction

Tableau 7: Teneur en agar extrait selon les deux méthodes d'extraction.

| Extraction alcaline | |
|--|--|
| Espèce | Rendement en agar en % de matière sèche |
| <u><i>Gelidium latifolium</i></u> | 15,8 |
| <u><i>Pterocladia capillacea</i></u> | 18,6 |
| <u><i>Hypnea musciformis</i></u> | - |
| <u><i>Sphaerococcus coranopifolius</i></u> | - |
| Extraction classique | |
| Espèce | Rendement en agar en % de matière sèche |
| <u><i>Gelidium latifolium</i></u> | 23 |

Pour l'extraction alcaline, les rendements obtenus sur les quatre espèces utilisées montre une meilleure valeur pour *Pterocladia capillacea* (18.6%), suivi de *Gelidium latifolium* par une valeur de (15.8%), pour les deux autres espèces, les résultats étaient négatifs.

L'extraction classique pratiquée sur le *Gelidium latifolium* a donnée un rendement de 23%.

Les valeurs optimales d'extraction de l'agar obtenues par Perez (1997) ont également été enregistré sur les deux espèces : *Gelidium latifolium* et *Pterocladia capillacea*. Cependant le rendement obtenu par l'auteur est relativement supérieur au notre ; ceci pourrait être expliqué par les facteurs suivants :

- Les pertes enregistrées lors des différentes manipulations notamment lors de la filtration sous vide.
- Le taux d'humidité : les algues ont été séchées à l'air ambiant et il est donc possible que le poids sec ait été faussé par les molécules d'eau.
- L'épiphytisme : certaines algues calcaires du genre *Lithophyllum* restent collées au thalle même après un bon lavage avec l'eau.
- La technique utilisée par Perez est de type industriel qui fait appel à des appareils plus sophistiqués.

Par ailleurs, il est à noter qu'en général, la teneur en agar varie selon : les saisons, en relation avec la fertilité de l'algue. En effet, du point de vue cytologique, lorsque l'algue contient des organes reproducteurs, les cellules vont subir un rétrécissement de leurs parois, diminuant ainsi la teneur en agar. Les algues utilisées ayant été récoltées au printemps ; saison pendant laquelle ces espèces sont souvent fertiles.

Nous n'avons pas porté de valeurs de rendements en agar pour les deux espèces *Hypnea musciformis* et *Sphaerococcus coranopifolius* du fait qu'on ait obtenu un gel très fragile qu'il n'a pas été possible de récupérer l'agar après la décongélation, ces espèces contiennent, sans doute, une faible teneur en agar dans leurs parois, ce qui nécessite une quantité plus importante de matière sèche.

Pour ce qui est du type d'extraction : la méthode dite classique semble donner de meilleurs rendements, ce qui s'explique par la température élevée et nécessaire pour cette méthode (127°C) permettant la dissolution de la totalité des molécules d'agar dans l'eau, contrairement à l'extraction alcaline, qui se fait à une température moins élevée (90°C) et ne permet dans ce cas que la dissolution d'une partie des molécules d'agar.

En outre, selon Pérez (1997), la teneur en agar des agarophytes dépend largement des variations climatiques, de la localisation géographique et écologique, des variétés concernées (espèce) et du mode d'extraction.

4.2. La qualité de l'agar

Tableau 8 : Qualité de l'agar extrait par deux méthodes d'extraction.

| Espèce | <i>Gelidium latifolium</i> | | <i>Pterocladia capillacea</i> | Agar Bactériologique |
|-----------------------------------|----------------------------|-------|-------------------------------|----------------------|
| | E C | E A | EA | |
| Force de gel (g/cm ²) | 411,8 | 924,3 | 682,3 | 1052,6 |
| Temp.de Gélification (°C) | 31 | 32 | 32 | 33 |
| Temp. de fusion (°C) | 93 | 94 | 93 | 90 |

La force de gel obtenue par l'extraction alcaline est supérieure à celle obtenue par la méthode classique.

Ceci s'expliquerait par les ions Na⁺ qui éliminent les radicaux sulfates et les remplacent par des ponts hydrophobes augmentant le pourcentage d'agarose dans la solution d'agar ; la force de gel dépend de la teneur en agarose.

La force de gel obtenue lors de notre expérimentation par la méthode alcaline est supérieure aux valeurs obtenues par Perez (1997) 600-900 g/cm². Elle est de 924,3g/cm² pour *G. latifolium*, et 682.3 g/cm² *P. capillacea*.

Nos résultats laissent supposer que l'agar obtenue est de bonne qualité.

Cependant, La force de gel de l'agar bactériologique (industriel) est supérieure à celle que nous avons obtenues car son extraction s'est faite dans des usines spécialisées équipées de matériels industriels, tel que le système de filtration sous pression, ainsi qu'un broyeur donnant une poudre très fine, facilement soluble dans l'eau.

A titre indicatif et selon les données bibliographiques, la force de gel varie selon les saisons, d'après Bird et Ryther (1990), la force de gel de l'espèce *Gracilaria verrucosa* atteint son maximum en été, et une valeur minimale en hiver, Christiaen et al (1987) ont trouvé une relation inverse entre la force de gel et l'élévation de la température de l'eau de mer.

Pour le *Gelidium sesquipedale* et le *Gelidium amansii* récoltés en hiver la qualité de l'agar est exceptionnelle, Pérez (1997).

Cette controverse entre les auteurs peut être expliquée par les différences de localisations géographiques et écologiques des espèces dans le monde.

Nos résultats concordent avec ceux obtenues par Perez (1997) où dans une solution à 1,5 % d'agar la température de gélification est entre 34 et 38 °C et celle de fusion a eu lieu à partir de 85 °C pour le *Gelidium*. Notre point de gélification obtenu varie entre 31 et 33°C, et la température de fusion entre 90 et 94°C.

Pour *Gracilaria* la température de gélification varie 31 et 44°C, et celle de fusion entre 79 et 100°C.

Le point de gélification et le point de fusion montrent également des variations au cours de l'année, ces variations ne sont pas très claires. (Ben Saïd et al, 1999)

Conclusion générale

- Notre étude a essentiellement porté sur la systématique de la flore algale de la région de Tipaza et sur un essai d'extraction de l'agar d'un certain nombre de Rhodobiontes présentes. Cette expérimentation à l'échelle laboratoire, est une première en Algérie.
Une fois la liste floristique complète établie, nous avons donné un aperçu sur les différentes utilisations de la majorité des espèces identifiées.
- Les récoltes d'algues ont été réalisées à la saison printanière (mars-avril) de l'année 2010. Elles ont concerné les niveaux superficiels (0-100cm) sur substrat rocheux au niveau des deux sites : Sidi Ghiles (Cherchell) et Ain Tagourait.
- Au total 72 espèces d'algues de type benthique ont été inventoriées au niveau des deux sites explorés. Soit 62 à Cherchell et 50 à Ain Tagourait.
- La répartition, de l'ensemble des espèces, selon les différents groupes systématiques au niveau des deux sites, révèle une prédominance des Rhodobiontes (58.06 % à Cherchell et 60 % à Ain Tagourait), suivi des Chromobiontes (26% à Ain Tagourait et 29.03% à Cherchell), puis des Chlorobiontes (13.9 % à Cherchell et 14 % à Ain Tagourait). Soit au total, au niveau des deux sites, une dominance qualitative de 59.72% pour les Rhodobiontes, 25 % pour les Chromobiontes et 15.27 % de Chlorobiontes.
- Le rapport R/P calculé est de 2 à Cherchell et de 2.3 à Ain Tagourait ; Soit un R/P général de 2.38 dans la région de Tipaza. Ce rapport traduit un caractère relativement tempéré du peuplement de cette région. Cette valeur est sensiblement inférieure à celle obtenue par Feldmann (1937); soit 3. L'auteur estime en effet, une flore algérienne à affinité généralement tempéré à chaude.
- Quant au caractère écologique de la flore algale étudiée dans la région de Tipaza, (Cherchell et à Ain Tagourait) celle-ci est généralement de type photophile infralittoral avec une dominance de 40 % à Ain Tagourait et 43.55% à Cherchell ; soit une dominance totale de 40.27 % d'espèces photophiles présentes dans cette région.

- Plusieurs espèces classées protégées en Méditerranée ont été retrouvées aussi bien à Cherchell qu'à Ain Tagourait telles que *Cystoseira stricta* qui forme une ceinture au niveau des deux sites ; *Cystoseira sedoides* à Cherchell et le *Lithophyllum lichenoides* à Ain Tagourait.
- En revanche les espèces indicatrices de pollution (notamment représentées par des Chlorobiontes) sont rares ; ce qui explique la faible dominance qualitative de ce groupe systématique.
- Ces quelques résultats, en plus de nos observations sur terrain permettent d'admettre que les deux sites explorés sont relativement propres et non pollués.
- Le second volet de cette étude, ayant porté sur l'extraction de l'agar agar, révèle tout d'abord que la méthode classique serait plus recommandée pour un meilleur rendement que celle dite alcaline. Néanmoins, la force de gel enregistrée par l'extraction alcaline est supérieure à celle obtenue par l'extraction classique (924.3g/cm² contre 411.8 g/cm²)
- Sur les quatre espèces de Rhodobiontes utilisées, *Gelidium latifolium* et *Pterocladia capillacea* ont donné de meilleurs rendements ainsi qu'une meilleure qualité de gel (teneur en agar pour le *Gelidium* est de 23% et 18.6 % pour la *Pterocladia*) ; C'est en effet, ces mêmes espèces qui ont révélé les meilleurs résultats d'extraction par Perez (1997).
- Par contre *Hypnea musciformis* et *Sphaerococcus coranopifolius* semblent nécessiter une plus grande quantité de matière sèche pour faire l'objet d'extraction de leurs phycocolloïdes.
- Il est donc à noter que le rendement de l'extraction et la force de gel ne sont pas forcément compatibles. Une étude annuelle de ces deux paramètres en fonction des saisons et des espèces serait nécessaire afin de fixer la période de l'année où l'optimum de rendement et de force de gel serait possible.
- Par ailleurs, les différentes espèces recensées, et quelque soit leur groupe systématique ou écologique, présentent presque toutes des vertus, aussi bien dans le domaine de l'alimentation humaine, en industrie des phycocolloïdes, en cosmétologie, en médecine, dans l'épuration des eaux usées et autres....Cependant le manque de gisement, en matière d'algues, en Algérie, nécessite leurs culture pour une meilleur exploitation.

- Enfin, nous estimons que cette étude constitue une contribution aux recherches sur la flore algale des côtes algériennes.
- La présence des espèces algales à diverses utilisations pourrait susciter des enjeux économiques. Cependant la préservation des ressources, dans ce cas algale, et la durabilité de l'écosystème marin s'avèrent plus importantes d'où, la nécessité d'une étude technico-économique orientée plutôt, vers l'algoculture.

Bibliographie

- **Amado R., BETTLER B., Buxtorph P., Feldmann G., Jaisli F., Muller M., Shudel H., 1993.**Gélifiants et épaississants. *Manuel suisse des denrées alimentaires*. Chapitre 4 : 33p
- **Anonyme., 2007.** Aquaculture-les végétaux aquatiques. *Edit IFREMER* : 4p
- **Bellon U., Lepvrier C., Magnej J., Raymond D., 1977.** L'activité éruptive dans l'algérois, nouvelles données géochronologiques. *Géologie Méditerranée*, Tome IV, n°4 : 298p
- **Ben Said A et Ksouri J., 2000.** Proceedings of the first Mediterranean symposium on marine vegetation (Ajaccio, 3-4): 87-91
- **Benali M., 2010.**Contribution à l'échelle de la biodiversité des peuplements associés aux Cystoseires de la région de Tipaza ., taxonomie , caractérisation des peuplements et évolution spatio-temporelle. *Thèse magister*. U.S.T.H.B., Alger : 118p
- **Benali M., Karali A., 2006.** Extraction des phycocolloïdes alginiques à base de deux Fucophyceae : *Cystoseira barbata* (Goodnough et Woodward) C. Agardh et *Sargassum vulgare* C.Agardh et étude de la flore algale associée dans la baie de Bou-Ismaïl. *Mémoire Ingénieur d'état*. I.S.M.A.L., Alger : 46p
- **Benzohra M., 1993.** Les structures hydrodynamiques le long des côtes algériennes. *Extrait de Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb*, 9-11 novembre 1992. Inoc publi : 44p
- **Birdh KT et Ryther JH ., 1990.** Cultivation of *Gracilaria verrucosa* (Gracilariales, Rhodophyta) strain G-16 for Agar. *Hydrobiology* : 361p
- **Boudouresque C.F., 1970.** Recherche de bionomie analytique, structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques Sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). *Thèse doctorat. Sci. nat*, Univ. Aix Marseille : 624p
- **Boudouresque C.F., 1971.** Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier phytobenthos). *Théthys*. Fr., 3(1) : 79-104
- **Boudouresque C.F., 1984.** Groupes écologiques des algues marines et phytocénoses benthiques en Méditerranée nord-occidentale : *Une revue Gior. Bot. Ital.*, 118 (suppl-2) : 7-42

- **Boudouresque C.F et Cabioch J., 1992.** Guide des algues des mers d'europe. *Edit Neuchate*, Paris : 231p
- **Boudouresque C.F Noilles M.C., 1992.** Elément pour une flore des algues de la région de Banyuls-sur-Mer :27p
- **Boudouresque C.F et Cabioch J., 2006.** Guide des algues des mers d'Europe. *Edit De la Chaux et Niestlé*, Paris : 267p
- **Bouhamadouche M., 2007.** Utilisation des minéraux lourds comme traceurs de la dynamique sédimentaire entre Sidi Fredj et Mazafran (Algérie). *Rapp. Comm. Int. Mer medit* : 38p
- **Chipart A et Ohnom ., 1993.** Seasonal variation in the physical properties of Agar and biomass of Gracilaria sp. (Chorda type) from Tosa Bay, Southern Japan. *Hydrobiology*: 547p
- **Christiaen D., Stadler T., Ondarza M et Verduz M C., 1987.** Structure and functions of polysaccharides from cell wall of Gracilaria verrucosa (Rhodophyceae, Gigartinales). *Hydrobiology*: 152p
- **Delepine R., 1982.** Valorisation et utilisation des algues., *Edit Ifremer.*, Brest : 211p
- **Delepine R., Boudouresque C.F., Frada-Orestano C., Noilles M.C et Asensi A., 1987.** Algues et autres végétaux marins. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. *Révision I méditerranée et mer noire, zone de la pêche*, volume I végétaux et invertébrés. FAO, Rome : 136p
- **Feldmann J., 1931.** Contribution à la flore algologique marine de l'Algérie. Les algues de Cherchell. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, Algéria, 22: 179-254
- **Feldmann J., 1933.** Contribution à la flore algale de l'Algérie. (Fascicule 2). *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, Algérie, 24 : 360-366
- **Feldmann J., 1934.** Les Laminaricées de la Méditerranée et leur répartition géographiques. *Bull. Trav. Stat. Aquicult. Pêche. Castilgone*, Algéria, 2 : 143-184
- **Feldmann J ., 1935a.** Algae marine méditerranéa navae. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, Algeria. 26: 362-369
- **Feldmann J., 1935b.** Sur quelques algues marines rares ou nouvelles pour l'Algérie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, Algeria, 26(6) : 1p
- **Feldmann J ., 1937.** Les algues marines de la côte des Albères. I-III. Cyanophycées, Chlorophycées et Phaeophycées. *Rev.Algol.*, Fr., 9(3-4) : 144-331 + 10pls

- **Feldmann J., 1938.** Recherches sur la végétation marine de la méditerranée. La côte des Albères. *Rev. Algol.*, 10(1-4) : 339 + 20 pls
- **Feldmann J., 1939.** Les algues marines de la côte des Albères, IV, Rhodophycées (Bangiales, Géliidiales, Cryptonémiales). *Rev. Algol.*, 11(3-4) : 247-330 + 25fig
- **Feldmann J., 1939.** Addition à la flore des algues marines de l'Algérie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, Algeria, 30 : 453-454
- **Feldmann J et Feldmann G., 1939.** Addition à la flore des algues marines de l'Algérie Fascicule 2. *Bull. Soc. Hist.nat.Afr. Nord*, Algeria, 30 : 453-464
- **Feldmann J., 1941.** Les algues marines de la côte des Albères, IV, Rhodophycées (Gigartinles et Rhodyméniales). *Rev. Algol*, 12(1-2) : 77-100
- **Feldmann J., 1942.** Les algues marines de la côte des Albères IV (Céramiales). *Trav. Algol, Fr.*, 1 : 29-113
- **Feldmann J et Feldmann G., 1942.** Addition à la flore des algues marines de l'Algérie, Fascicule 2. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, Algeria , 33 : 230-245
- **Feldmann J., 1943.** Contribution à l'étude de la flore marine de profondeur sur les côtes d'Algérie. *Bull. Soc. Nat. Hist. Afr. Nord*, Algeria, 34 : 7-10
- **Feldmann J., 1944.** Une nouvelle espèce de *Cystoseira* (Fucales, Sargassées) des côtes d'Algérie. *Bull. Soc. Nat. Hist. afr. Nord*, Algeria, 35 : 7-10
- **Feldmann J., 1947.** Addition à la flore des algues marines de l'Algérie. Fascicule 4. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, Algeria, 38 : 80-91
- **Feldmann J., 1951.** La flore marine de l'Afrique du Nord. C . R. *Séances. Soc. Biogéograph*, Fr., 243 : 103-108
- **Feldmann J., 1958.** Origine et affinités du peuplement végétal benthique de la Méditerranée. *Rapp. P. Réun. Commiss. Internation. Explor. Sci. Mer médit.*, 14 : 515-518
- **Feldmann J., 1961.** Note sur les Algues marines de la Galite. *Rapp. P. V. Réun. Commiss. internation. Explor. Sci. Mer médit.*, 16(2) : 503-508
- **Feldmann- Mazoyer G., 1940.** Recherches sur les ceramiacées de la méditerranée occidentale. *Thèse Sci. Nat.*, Alger, Imprimerie Minerva: 51p
- **Fiset J.F et al., 2008.** Revue sur l'enlèvement des ions métalliques des effluents par l'utilisation des macro-algues, des dérivés d'alginate et autre sorbants. *Revue des sciences de l'eau. Journal of water science*, Vol 21, n°3 : 283-308

- **Francq M et al., 2007.** Projet « vert » : algue alimentation. *Edit Ecole supérieure d'Agronomie* : E.S.A., France : 13p
- **Garon-Lardière S., 2004.** Etude structurales des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales)., *Thèse doctorat*. Université de Bretagne occidentale, France : 211p
- **Gayral P., 1966.** Les algues des cotes françaises (Manche et Atlantique)., *Edit Douane*, Paris : 611p
- **Gayral P., 1975.** Les algues : Morphologie, cytologie, reproduction, écologie. *Edit. Doin*, Paris : 166p
- **Guilcher A., 1979.** Précis d'hydrologie marine et continentale. *Masson*, 2^{ème} Edit. Paris : 344p
- **Hamel G., 1931.** Chlorophycées des côtes françaises. *Rev. Algol* 1 à 6 : 168p
- **Hamel G., 1931-1939.** Phaeophycées de France. Paris I-XL VII: 432p + 10pl
- **Hnini M C., 2006.** Agamar et le marché de l'agar en Europe. Edit *AGAMAR*., Maroc: 49p
- **Kadari-Meziane Y., 1994.** Contribution à l'étude de l'impact de la pollution sur la distribution spatio-temporelle des peuplements phytobenthiques dans la baie de Bou-Ismaïl (Algérie), *Thèse magister*, E.N.S, Vieux Kouba, Alger : 1-226
- **Karali A., 2010.** Contribution à l'étude des biocénoses Remarquables (bioconcrétionnements) de la région centre de la côte algérienne (diversité, taxonomie, caractérisation des peuplements associés). *Thèse magister.*, U.S.T.H.B., Alger :108p
- **Lalami T., 1971.** Facteurs de répartition verticale du phytoplancton au port d'Alger. *Pelagos, Bull. Inst. Oceanogr.*, Alger, 3(3) : 186p
- **Leclaire L., 1972.** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléare (précontinent algérien). *Mémoire Museum histoire naturelle*. Paris. Série C, Tome 24 : 391p
- **Le Gall J.Y., 1969.** Etude de l'endofaune des pelouses de Zostéracées superficielle de la baie de Castiglione (Algérie). *Théthys* 1(2) : 420p
- **Millot C., 1985.** Some features of the Algerian current. *J.Geophys.Res.*, C4: 90p
- **Mouhoub R., 1986.** Contribution à l'étude de la biologie et la dynamique de la population exploitée la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbum, 1972) des côtes Algéroises (Algérie). *Thèse de Magister en halieutique*, U.S.T.H.B : 163p

- **Ould Ahmed N ., 1994.** Etude des espèces phytobenthiques au voisinage de la centrale thermique de mers El Hadjadj (Golf d'Arzew ; Ouest algérien). Mention particulière sur une espèce remarquable chlorophyte, caulerpale : *Caulerpa prolifera* Lamouroux. *Thèse magister ., I.S.M.A.L.,Alger : 263p+78tab+ annexes*
- **Ould-Ahmed N et Meinesz., 2007.** First record of the invasive alga *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) on the coast of Algeria. *Edit Cryotogamie, Algologie 28(3) : 303-305*
- **Payric et al., 2000.** Algues de Polynésie française. *Edit L'Auvent Des Iles. Tahiti ., Fr : 320p*
- **Perez R., 1997.** Ces algues qui nous entourent : conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisation, culture. *Edit Ifremer : 272p*
- **Perret-Boudouresque M et Seridi H., 1989.** Inventaire des algues marines benthiques d'Algérie. *G.I.S.Posidonie Publi. Marseille. France : 117p*
- **Rudolph B., 1998.** Seaweed products: red algae of economic significance in marine. *Freshwater products Handbook: 515-529.*
- **Ruiz G., 2005.** Extraction, Détermination structurale et valorisation chimique de phycocolloïdes d'algue rouge. *Thèse doctorat., Université de Limoge : 229p*
- **Seridi H ., 1990.** Etude des algues marines benthique de la région d'Alger. *Thèse magister ., U.S.T.H.B., Alger :121p+129pl*
- **Verlaque M., 1987.** Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile marin en Méditerranée Occidentale. Etude structurale et dynamique du phytobenthos et analyse des relations faune-flore. *Thèse de doctorat d'état Sci.nat., Univ : Aix Marseille : 389p*
- **Yaphe W., 1984.** Propreties of Gracilaria agars., *Hydrobiologia., 116/117 : 171-186*

Annexe

Annexe

Les super groupes écologiques d'après ; Bouderesque (1984)

-Super groupe Médiolittoral au sens large (Rmsl)

EM : Encorbellement médiolittoral
GM : Grottes médiolittorales
RM : Roche médiolittorale
RMI : Roche médiolittorale inférieure
RMM1: Roche médiolittorale moyenne
RMM2 : Roche médiolittorale moyenne
RMS : Roche médiolittorale supérieure
RS : Roche supralittorale
FM : Frange médiolittorale

-Super groupe Photophile au sens large (PhIsI)

PhI : Photophile infralittoral
PhIB : photophile infralittoral battu
PhIC : photophile infralittoral relativement calme
PhIM : photophile infralittoral thermophile de substrat meuble
PhIT : Photophile infralittoral thermophile.
PhIG : Photophile infralittoral de supaturage

- Super groupe Sciaphile au sens large (SICsl)

AS : Antisciaphile
SC : Sciaphile de mode relativement calme
SCI : Sciaphile infralittoral de mode relativement calme
SCIT : Sciaphile infralittoral de mode relativement calme tolérance
SI : Sciaphile infralittoral
SIC : Sciaphile infralittoral et circalittoral

SSB : Sciaphile superficiel battu
 SSBc : Sciaphile superficiel battu d'affinité chaude
 SSBf : Sciaphile superficiel battu d'affinité froide
 Srh : Sciaphile rhéophile
 SM : Sciaphile meuble

- Super groupe pollution

PHIP : Photophile infralittoral portuaire

Autres groupes :

ISR : Infralittoral de substrat dur
 LSR : Large répartition géographique
 SSP : Sans signification précise

Les groupes écologiques de l'ensemble des espèces récoltées:

Le site : Sidi Ghiles- Cherchell

Date : 29 Mars 2010

Nombre d'espèces récoltées : T= 62

Tableau 1 : Affinité écologique des espèces recensées à Cherchell

| Groupes systématiques | Liste floristique | Groupe écologique |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------|
| Rhodobiontes | <i>Alsidium corallinum</i> | PhIT |
| | <i>Amphiroa rigida</i> | PhI |
| | <i>Apoglossum rusCIFolium</i> | SIC |
| | <i>Asparagopsis armata</i> | ISR |
| | <i>Asparagopsis toxiformis</i> | ISR |
| | <i>Ceramium ciliatum</i> | FM |
| | <i>Ceramium codii</i> | SC |
| | <i>Ceramium rubrum</i> | PhIB |
| | <i>Ceramium tenerrimum</i> | SSBf |
| | <i>Corallina elongata</i> | ISR |
| | <i>Corallina longifurca</i> | Ssp |
| | <i>Corallina officinalis</i> | Ssp |
| | <i>Chondria tenuissima</i> | Ssp |

| | | |
|---------------|------------------------------------|------|
| | <i>Gelidium latifolium</i> | PhI |
| | <i>Gelidium sesquipedale</i> | PhIC |
| | <i>Gigartina acicularis</i> | PhIB |
| | <i>Gigartina pistillata</i> | PhI |
| | <i>Halopitys incurvus</i> | PhIT |
| | <i>Hypnea cervicornis</i> | PhIT |
| | <i>Hypnea musciformis</i> | PhIT |
| | <i>Hypoglossum hypoglossoides</i> | Ssp |
| | <i>Jania rubens</i> | PhI |
| | <i>Jania adherens</i> | PhI |
| | <i>Laurencia obtusa</i> | PhI |
| | <i>Laurencia papillosa</i> | FM |
| | <i>Laurencia paniculata</i> | Ssp |
| | <i>Laurencia pinnatifida</i> | PhIB |
| | <i>Lithophylum incrustans</i> | ISR |
| | <i>Lithophylum lichenoides</i> | SSP |
| | <i>Peyssonelia squamaria</i> | SCIT |
| | <i>Plocamium cartilagineum</i> | SSBf |
| | <i>Polysiphonia mottei</i> | Ssp |
| | <i>Polysiphonia sertrularoides</i> | RMS |
| | <i>Porphyra leucostica</i> | RMS |
| | <i>Pterocladia capillacea</i> | SSB |
| | <i>Rissoella verruculosa</i> | RM |
| Chromobiontes | <i>Cutleria multifida</i> | PhIP |
| | <i>Colpomenia sinuosa</i> | PhIP |
| | <i>Cystoseira barbata</i> | PhIC |
| | <i>Cystoseira compressa</i> | PhIC |
| | <i>Cystoseira crinita</i> | PhIC |
| | <i>Cystoseira sauvageauna</i> | Ssp |

| | | |
|---------------|-----------------------------------|------|
| | <i>Cystoseira sedoides</i> | PhIT |
| | <i>Cystoseira stricta</i> | PhIB |
| | <i>Cystoseira tamariscipholia</i> | Ssp |
| | <i>Dictyoptéris membranaceae</i> | SIC |
| | <i>Dictyota dichotoma</i> | PhIC |
| | <i>Dilophus spiralis</i> | PhIC |
| | <i>Halopteris ficilina</i> | PhIC |
| | <i>Padina pavonica</i> | PhIC |
| | <i>Sargassum vulgare</i> | PhIT |
| | <i>Sphacelaria sp</i> | Ssp |
| | <i>Stypocaulon scoparium</i> | PhIC |
| | <i>Taonia atomaria</i> | PhIC |
| Chlorobiontes | <i>Chaetomorpha aerea</i> | RM |
| | <i>Cladophora capillaris</i> | RM |
| | <i>Cladophora laetevirens</i> | RMM2 |
| | <i>Codium elongatum</i> | PhIG |
| | <i>Enteromorpha intestinalis</i> | PhIP |
| | <i>Ulva lactuca</i> | PhIP |
| | <i>Ulva rigida</i> | PhIP |
| | <i>Valonia utricularis</i> | SSB |

Les groupes écologiques de l'ensemble des espèces récoltées:

Le site : Ain Tagourait

Date : 18 Avril 2010

Nombre d'espèces récoltées : T = 50

Tableau 2: : Affinité écologique des espèces recensées à Ain Tagourait

| Groupes systématiques | Liste floristique | Groupe écologique |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------|
| Rhodobiontes | <i>Alsidium corallinum</i> | PhIT |
| | <i>Asparagopsis armata</i> | ISR |
| | <i>Asparagopsis toxiformis</i> | ISR |
| | <i>Ceramium codii</i> | SC |
| | <i>Ceramium rubrum</i> | PhIB |
| | <i>Ceramium tenerrimum</i> | SSBf |
| | <i>Corallina elongata</i> | ISR |
| | <i>Corallina mediterraneae</i> | SC |
| | <i>Corallina officinalis</i> | Ssp |
| | <i>Gelidium crinale</i> | PhIB |
| | <i>Gelidium latifolium</i> | PhI |
| | <i>Gelidium pectinatum</i> | SC |
| | <i>Gigartina acicularis</i> | PhIB |
| | <i>Gymnogrus devoniensis</i> | SSBF |

| | | |
|---------------|-------------------------------------|------|
| | <i>Halopitys incurvus</i> | PhIT |
| | <i>Hypnea cervicornis</i> | PhIT |
| | <i>Hypnea musciformis</i> | PhIT |
| | <i>Jania longifurca</i> | Ssp |
| | <i>Jania rubens</i> | PhI |
| | <i>Laurencia optusa</i> | PhI |
| | <i>Laurencia papillosa</i> | FM |
| | <i>Laurencia pinnatifida</i> | PhIB |
| | <i>Lithophylum incrustans</i> | ISR |
| | <i>Peyssonelia squamaria</i> | SCIT |
| | <i>Plocamium cartilagineum</i> | SSBf |
| | <i>Polysiphonia mottei</i> | RM |
| | <i>Polysiphonia sertrularoides</i> | RMS |
| | <i>Pterosiphonia complanata</i> | Ssp |
| | <i>Sphaerococcus coronopifolius</i> | SCI |
| Chromobiontes | <i>Cutleria multifida</i> | PhIP |
| | <i>Colpomenia sinuosa</i> | PhIP |
| | <i>Cystoseira barbata</i> | PhIC |
| | <i>Cystoseira compressa</i> | PhIC |
| | <i>Cystoseira stricta</i> | PhIB |
| | <i>Cystoseira tamariscipholia</i> | Ssp |
| | <i>Dictyota dichotoma</i> | PhIC |
| | <i>Dictyoptéris membranaceae</i> | SCI |
| | <i>Halopteris ficilina</i> | PhIC |
| | <i>Padina pavonica</i> | PhIC |
| | <i>Sargassum vulgare</i> | PhIT |
| | <i>Stypocaulon scoparium</i> | PhIC |

| | | |
|---------------|----------------------------------|------|
| | <i>Taonia atomaria</i> | PhIC |
| Chlorobiontes | <i>Bryopsis hypnoides</i> | Ssp |
| | <i>Chaetomorpha aerea</i> | RM |
| | <i>Cladophora laetevirens</i> | RMM2 |
| | <i>Derbesia tenuissima</i> | Ssp |
| | <i>Enteromorpha intestinalis</i> | PhIP |
| | <i>Enteromorpha linza</i> | PhIG |
| | <i>Ulva lactuca</i> | PhIP |
| | <i>Ulva rigida</i> | PhIP |

Les figures des algues

- Figure 1 : *Porphyra leucostica*. Thuret in le jolie
- Figure 2 : *Asparagopsis armata*. Harvey
- Figure 3: *Gigartina pistillata*. (Gmelin) Stackhouse
- Figure 4: *Gigartina acicularis*. (Roth) Lamouroux
- Figure 5 : *Hypnea musciformis*. Lamouroux
- Figure 6 : *Peyssonelia squamaria*. (Gmelin) Decaisne
- Figure 7 : *Gymnogongrus devoniensis* (Greville) Schotter
- Figure 8 : *Rissoella verruculosa* (Bertoloni) J.Agardh
- Figure9 : *Plocamium cartilagineum*. (Linnaeus) Dixon
- Figure 10 : *Sphaerococcus coronopifolius*. (Good et Wood) C.Agardh
- Figure 11 : *Gelidium latifolium*. (Greville) Bornet et Thuret
- Figure 12 : *Gelidium sesquipedale*. (Turn) Thuret
- Figure 13 : *Pterocladia capillacea*. (S.G Gmelin) Santelices et Hommersand
- Figure14: *Alsidium corallinum*. (la tourette) kutzing
- Figure 15: *Halopitys incurvus* (Hudson) Batters
- Figure 16: *Chondria tenuissima* (Goodnough et Woodward) C Agardh
- Figure 17: *Ceramium ciliatum*. (Ellis) Ducluzeau
- Figure18 : *Ceramium tenerimum* (Martens) Okamura
- Figure 19: *Ceramium codii*. (Richards) G.mazoyer
- Figure 20: *Ceramium rubrum* (Hudson) Batters.
- Figure 21: *Laurencia optusa*. (Hudson) Lamouroux
- Figure 22: *Laurencia papillosa*. (C.Agardh) Greville
- Figure 23: *Laurencia paniculata*. (C. Agardh) J .Agardh
- Figure 24 : *Laurencia pinnatifida*(Gmelin) Lamouroux
- Figure 25: *Polysiphonia sertrularoides*. (Gratloup) J.Agardh
- Figure26 : *Polysiphonia mottei* Lauret
- Figure 27: *Apoglossum ruscifolium*. (Turner) J.Agardh
- Figure 28: *Hypoglossum hypoglossoides* (Stackhouse) Collins et Harvey
- Figure 29: *Amphiroa rigida* Lamouroux
- Figure 30: *Corallina officinalis* Linnaeus

Figure 31 : Jania rubens. (Linnaeus) Lamouroux
Figure 32: Lithophylum incrustans. Philippi
Figure33 : Cutleria multifida. (Smith) Greville
Figure34 : Dictyoptéris membranaceae. (Stackhouse) Batters
Figure 35: Padina pavonica. (Linné) Gaillon
Figure 36: Taonia atomaria. (Woodward) J.Agardh
Figure37/38: Dictyota dichotoma Hudson
Figure39/40: Dilophus spiralis (Montagne) Hamel
Figure 41: Cystoseira barbata. (Goodnough et Woodward) C Agardh
Figure 42: Cystoseira compressa (Esper) Gerloff et Nizamuddin
Figure 43 : Cystoseira crinita. (Desfontaines) Duby
Figure 44: Cystoseira stricta (Montagne) Sauvageau
Figure 45: Cystoseira tamariscipholia (Hudson) Papenfuss.
Figure 46: Sargassum vulgare. C. Agardh
Figure 47: Colpomenia sinuosa (Mertens ex Roth) Derbes et Solier in Castagne
Figure 48: Halopteris ficilina. (Gratloup) Kutzing
Figure 49: Sphacelaria sp.
Figure 50: Stypocaulon scoparium. (Linné) Kutzing
Figure 51: Cladophora capillaris (Kutzing) Borgensen
Figure 52: Chaetomorpha aerea (Goodnough ex Dillwyn) Kutzing
Figure 53: Codium elongatum C.Agardh
Figure 54 : Ulva lactuca (C.Agardh)
Figure55 : Enteromorpha intestinalis (Linnaeus) Link

Rhodobiontes

Classe : Bangiophycées

Ordre : Bangiales



Figure 1 : Aspect général du thalle de *Porphyra leucostica*.

Classe : Florideophycées

Ordre : Bonnemaisoniales

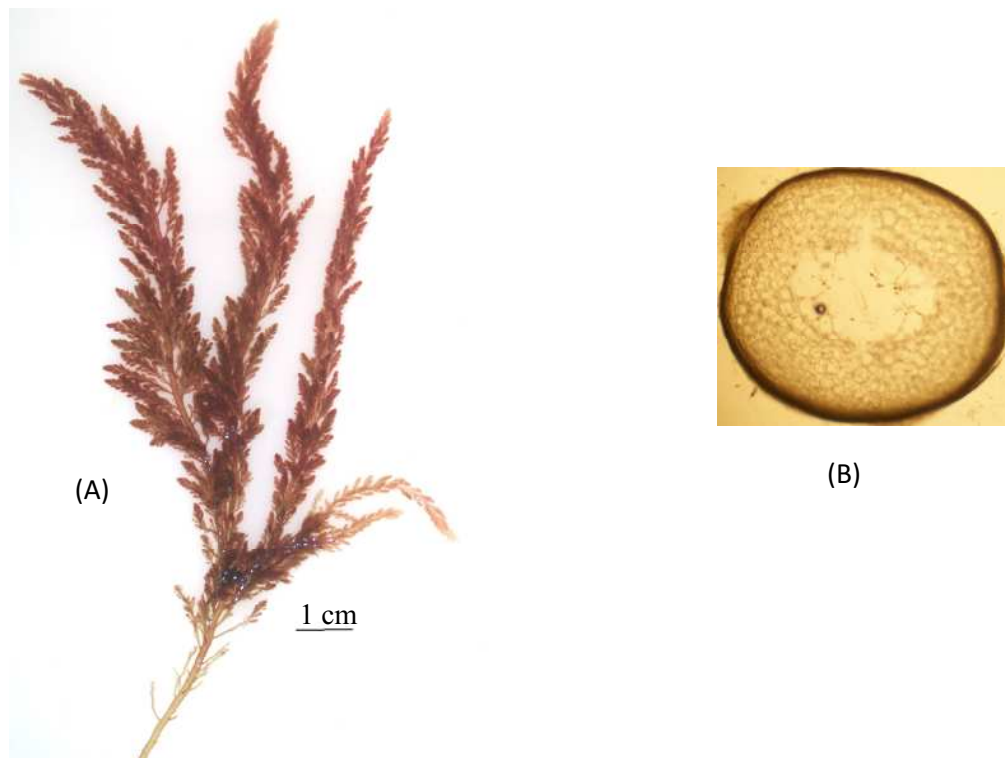


Figure 2 : (A) Aspect général du thalle d'*Asparagopsis armata*.

(B) Coupe transversale au niveau du thalle d'*Asparagopsis armata* G : 10X10.

Ordre : Gigartinales

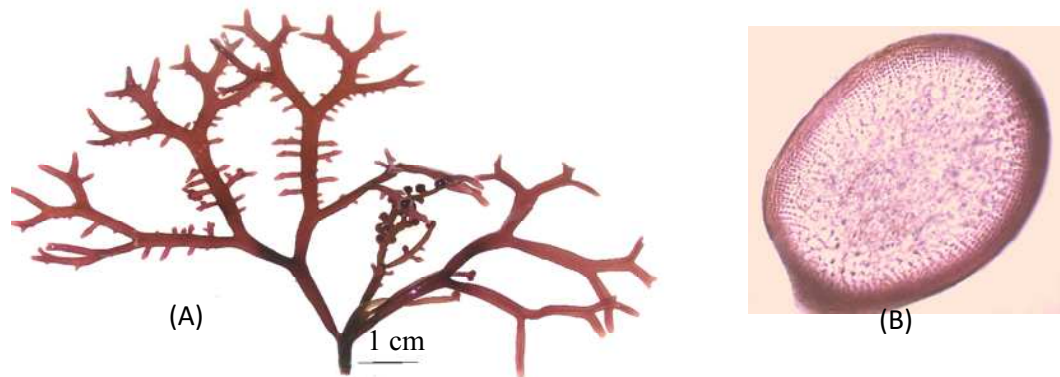


Figure 3 : (A) Aspect général du thalle de *Gigartina pistillata*.
(B) Coupe transversale au niveau du thalle de *Gigartina pistillata* G : 10X10.



Figure 4 : (A) Aspect général du thalle de *Gigartina acicularis*.
(B) Coupe transversale au niveau du thalle de *Gigartina acicularis* G : 10 X10.



Figure 5 : (A) Aspect général du thalle d'*Hypnea musciformis*.
(B) Coupe transversale au niveau du thalle d'*Hypnea musciformis* G : 10X10



Figure 6

Figure 6 : Aspect générale du thalle de *Peyssonelia squamaria*.



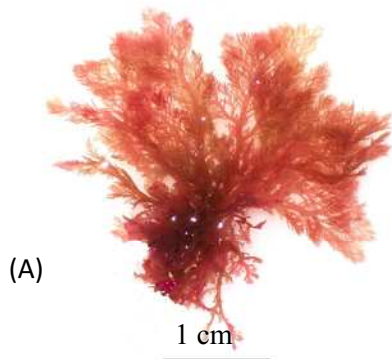
Figure 7

Figure 7 : Aspect générale du thalle de *Gymnogongrus devoniensis*

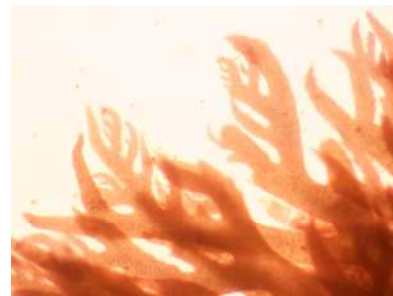


Figure 8

Figure 8 : Aspect général du thalle de *Rissoella verruculosa*



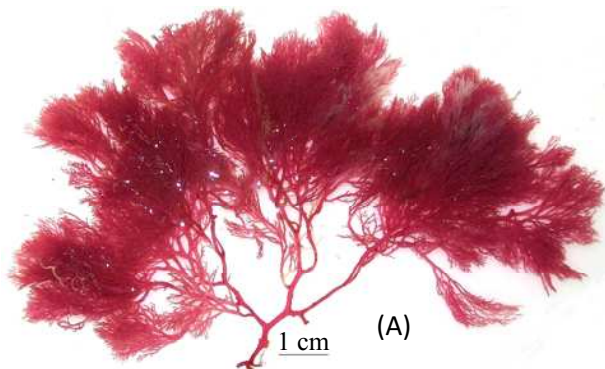
(A)



(B)

Figure 9 : (A) Aspect général du thalle de *Plocamium cartilagineum*.

(B) Coupe transversale du thalle de *Plocamium cartilagineum* G : 4X10.



(A)



(B)

Figure 10

Figure 10 : (A) Aspect général du thalle de *Sphaerococcus coronopifolius*.

(B) Coupe transversale du thalle de *Sphaerococcus coronopifolius* G : 10X10.

Ordre : Gelidiales



Figure 11 : (A) Aspect général du thalle de *Gelidium latifolium*.
(B) Coupe transversale au niveau du thalle de *Gelidium latifolium* G : 10X10.



Figure 12 : (A) Aspect général du thalle de *Gelidium sesquipedale*.
(B) Coupe transversale au niveau du thalle de *Gelidium sesquipedale* G : 10X10.



Figure 13 : (A) Aspect général du thalle de *Pterocladia capillacea*.
(B) Coupe transversale au niveau du thalle de *Pterocladia capillacea* G: 10X10.

Ordre : Ceramiales

Famille : Rhodomelacées



Figure 14: (A) Aspect général du thalle d'*Alsidium corallinum*.
(B) Coupe transversale au niveau du thalle d'*Alsidium corallinum* G : 10X10.



Figure 15: (A) Aspect général du thalle d'*Halopitys incurvus*
(B) Extrémité apicale du thalle d'*Halopitys incurvus* G : 2X10.



Figure 16: (A) Aspect général du thalle de *Chondria tenuissima*.
(B) Coupe transversale au niveau du thalle de *Chondria tenuissima* G : 10X10.

Ordre : Ceramiales

Famille : Ceramiacées



Figure 17

Figure 17: Aspect général du thalle de *Ceramium ciliatum* G : 10X10.



Figure 18

Figure18 : Aspect général du thalle de *Ceramium tenerrimum* G : 10X10.



Figure 19

Figure 19: Aspect général du thalle de *Ceramium codii* G : 10X10.



Figure 20

Figure 20: Aspect général du thalle de *Ceramium rubrum* G : 10X10.

Ordre : Ceramiales

Famille : Rhodomelacées (suite)



Figure 21



Figure 22

Figure 21: Aspect général du thalle de *Laurencia obtusa*.

Figure 22: Aspect général du thalle de *Laurencia papillosa*.



Figure 23



Figure 24

Figure 23: Aspect général du thalle de *Laurencia paniculata*.

Figure 24: Aspect général du thalle de *Laurencia pinnatifida*.

Ordre : Ceramiales

Famille : Rhodomelacées (suite)

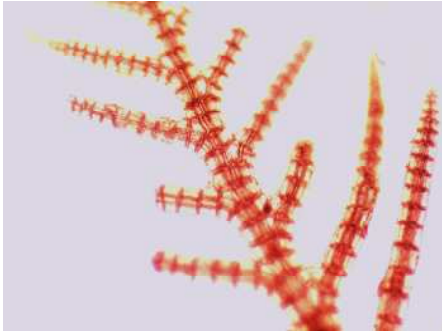


Figure 25



Figure 26

Figure 25: Aspect général du thalle de *Polysiphonia sertrularoides* G : 10X10.

Figure26 : Aspect général du thalle de *Polysiphonia mottei* G : 10X10.

Ordre : Ceramiales

Famille : Delesseriacées



Figure 27

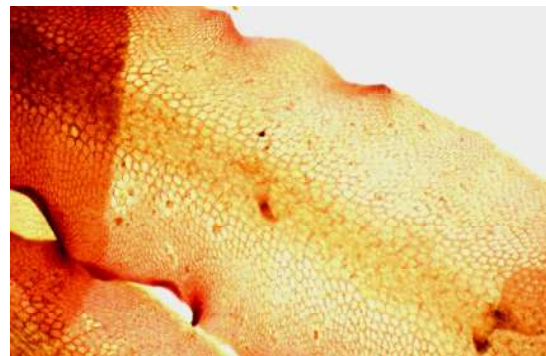


Figure 28

Figure 27: Vue à plat d'*Apoglossum ruscifolium* G : 10X10.

Figure 28: Vue à plat d'*Hypoglossum hypoglossoides* G : 10X10.

Ordre : Corallinales



Figure 29

Figure 29: Aspect général du thalle d'*Amphiroa rigida*.

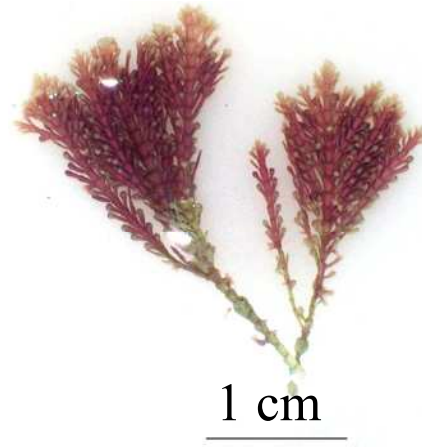


Figure 30

Figure 30: Aspect général du thalle de *Corallina officinalis*.



Figure 31

Figure 31 : Aspect général du thalle de *Jania rubens*.

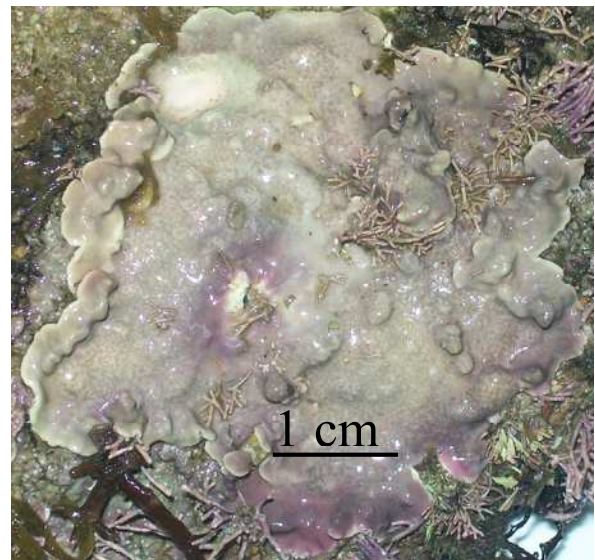


Figure 32

Figure 32: Aspect général du thalle de *Lithophylum incrustans*.

Chromobiontes

Classe : Phaeophycées

Ordre : Dictyotales



Figure 33

Figure33 : Aspect général du thalle de *Cutleria multifida*.



Figure 34

Figure34 : Aspect général du thalle de *Dictyoptéris membranaceae*

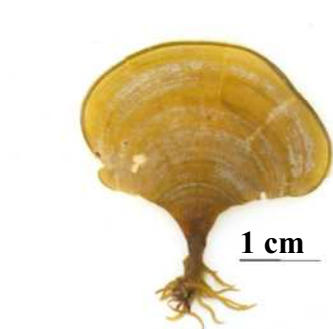


Figure 35

Figure 35: Aspect général du thalle de *Padina pavonica*.



Figure 36

Figure 36: Aspect général du thalle de *Taonia atomaria*.

Ordre : Dictyotales



Figure 37



Figure 38

Figure37: Aspect général du thalle de *Dictyota dichotoma*

Figure38: Coupe transversale au niveau du thalle de *Dictyota dichotoma* G: 10X10



Figure 39



Figure 40

Figure39: Aspect général du thalle de *Dilophus spiralis*

Figure40: Coupe transversale au niveau du thalle de *Dilophus spiralis* G: 10X10

Ordre : Fucales



Figure 41

Figure 41: Aspect général du thalle de *Cystoseira barbata*.

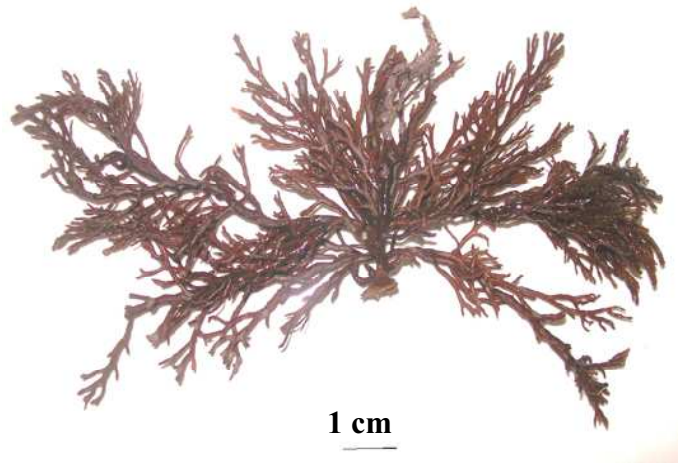


Figure 42

Figure 42: Aspect général du thalle de *Cystoseira compressa*.



Figure 43

Figure 43 : Aspect général du thalle de *Cystoseira crinita*.



Figure 44

Figure 44: Aspect général du thalle de *Cystoseira stricta*.

Ordre : Fucales

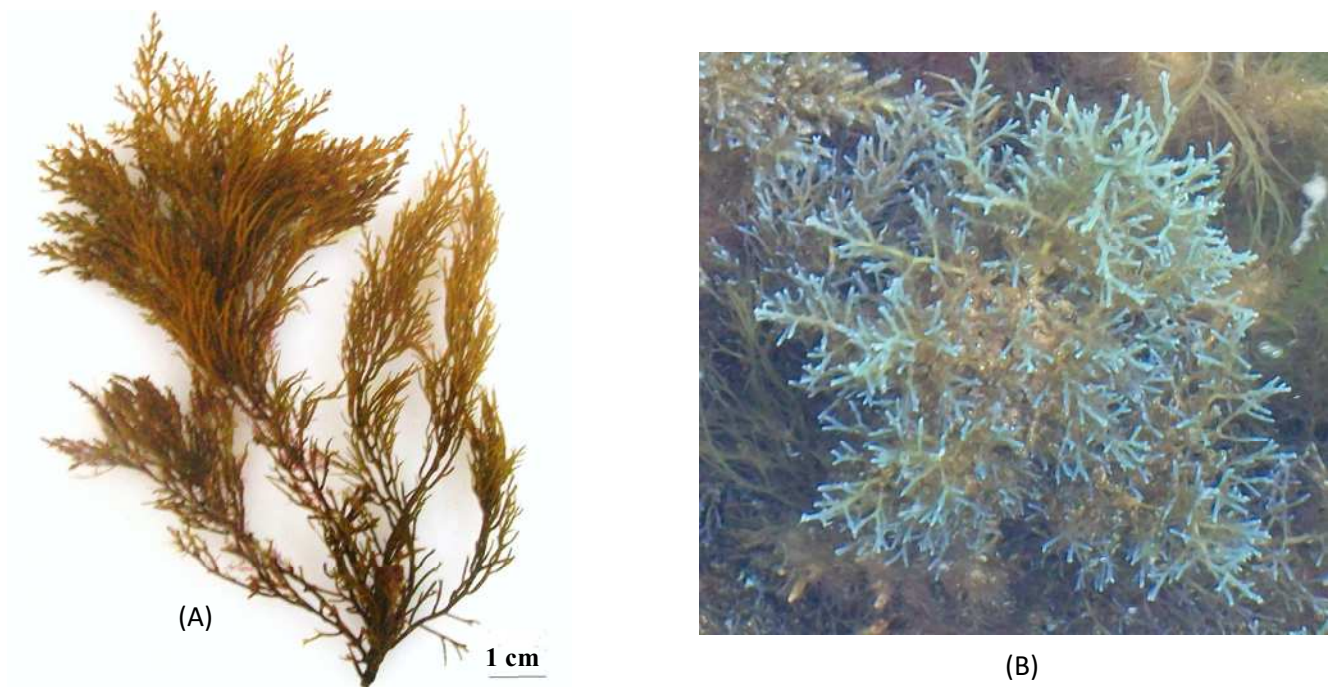


Figure 45

Figure 45: (A) Aspect général du thalle de *Cystoseira tamariscipholia*
(B) Vue de *Cystoseira tamariscipholia* sous l'eau.



Figure 46

Figure 46: Aspect général du thalle de *Sargassum vulgare*.

Ordre : Scytosiphonales

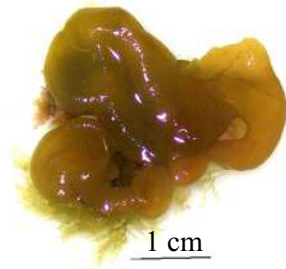


Figure 47

Figure 47: Aspect générale de thalle de *Colpomenia sinuosa*

Ordre : Sphacelariales



Figure 48

Figure 48: Aspect générale de thalle de *Halopteris ficilina*.



Figure 49

Figure 49: Aspect générale de thalle de *Sphacelaria sp.*



Figure 50

Figure 50: Aspect générale de thalle de *Stypocaulon scoparium*.

Chlorobiontes

Classe : Chlorophycées

Ordre : Cladophorales



Figure 51

Figure 51: Aspect général du thalle de *Cladophora capillaris* G : 10X10.



Figure 52

Figure 52: Aspect général du thalle de *Chaetomorpha aerea* G : 10X10.

Ordre : Codiales



Figure 53

Figure 53: (A) Aspect général du thalle de *Codium elongatum*

(B) Utricule de *Codium elongatum* G : 10X10.



Ordre : Ulvales

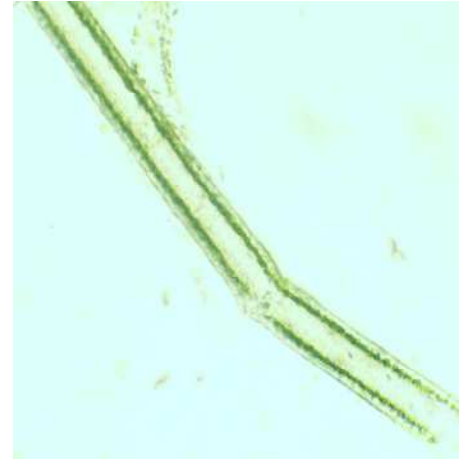


Figure 54

Figure 54:(A) Aspect générale de thalle d'*Ulva lactuca*

(B) Coupe transversale au niveau du thalle d'*Ulva lactuca* G : 10X10.

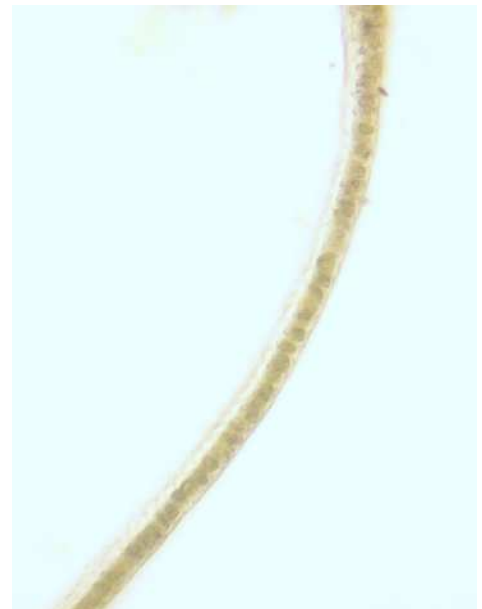


Figure 55

Figure55 : (A) Aspect générale du thalle d'*Enteromorpha intestinalis*

(B) Coupe transversale au niveau du thalle d'*Enteromorpha intestinalis*

G : 10X10

