

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE
LABORATOIRE DE PROTECTION, VALORISATION DES RESSOURCES MARINE
LITTORAL ET SYSTÉMATIQUE MOLÉCULAIRE



THESE

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat LMD

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Bioressources marines

Présentée par :

M^{me} Mehiaoui Saadia

THEME

**Evaluation et valorisation de la biomasse algale de
l'ouest Algérien**

Soutenu le 14/02/2024 devant le jury composé de

Président	Prof.	M. MEZALI Karim	Université de Mostaganem
Examineur	Doc.	M.BELBACHIR Nor Eddine	Université de Mostaganem
Examineur	Prof.	M.DJABEUR Abderezak	Université d'Oran USTO
Co promoteur	Prof.	M. CHADLI Rabeh	Université de Mostaganem
Directeur de thèse	Prof.	M^{me}. NEMCHI Fadela	Université de Mostaganem

Année universitaire 2023/ 2024

Remerciements

Mon travail de recherche a bénéficié du soutien, de l'aide de gens aimables, sans lesquels il aurait été impossible de l'accomplir.

Au terme de ce travail, je voudrais exprimer ma reconnaissance à mon promoteur. Professeur **NEMCHI Fadela**, par ces qualités Humaines et à travers son soutien scientifique, et moral elle a su me donner l'autonomie nécessaire à la réalisation de ce Manuscrit.

Je remercie aussi Professeur **CHADLI Rabeh** Co promoteur pour ses conseils et pour ses directives en tant que chercheur en botanique

Un spécial merci au Professeur **Bachir Bouiadjra Benabdellah**, pour sa rigueur, sa qualité scientifique, son soutien et sa disponibilité tout au long de la réalisation de cette thèse et surtout pour sa modestie.

Je tiens à remercier également le président du jury Professeur **MEZALI Karim** qui m'a fait l'honneur d'accepter de juger ce travail, qu'il trouve ici l'expression de mes profondes reconnaissances.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à Monsieur Professeur **BELBACHIR Nor Eddine** Université de Mostaganem et Monsieur Professeur **DJABEUR Abderezak** Université d'Oran USTO qui ont bien voulu examiné ce travail, avec intérêt et rigueur, je les remercie vivement.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements également au Docteur **Bouzaza Zoheir Maître de Conférences A** pour son aide précieuse surtout au niveau des traitements statistiques et à la rédaction des publications.

Mes vifs remerciements s'adressent également à tous les enseignants du département des sciences de la mer pour leurs nombreux conseils, leurs aides précieuses et leurs compréhensions durant cette année. Ils ont contribué à nous transmettre leur savoir pour assurer notre formation.

Dédicace

À la mémoire de mon père, En témoignage de l'amour, l'affection et le soutien que tu m'as offert depuis ma naissance. Pour tous les sacrifices que tu as consentis pour mon éducation, je n'ai été guidée jusqu'à présent que par le désir de t'honorer. Aucun mot ne saurait exprimer ma gratitude, mon amour et mon profond respect. Repose en paix mon cher papa Que Dieu t'accueille dans son vaste paradis.

À ma mère, Vous m'avez aidé et soutenu pendant de nombreuses années avec à chaque fois une attention renouvelée. Puisse Dieu, tout puissant vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie

À mon mari, qui a toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager pour la réalisation de ce travail, grâce à toi j'ai pu surmonter toutes les difficultés. Tu m'as aussi aidé à réaliser ce travail, que j'espère sera témoignage de mon profond amour pour toi.

À ma fille **NOUR** & mon fils **WASSIM** la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur.

À mes frères et mes sœurs, et tous les membres de la famille **MEHIAOUI & LAROUI**.

À tous les collègues et promotionnaires qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité et toutes les personnes de près comme de loin qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

Résumé

L'étude issue de l'investigation de onze stations in situ et au laboratoire, nous a permis de recenser **162** espèces de macroalgues aquatiques, réparties sur les trois groupes : **77** espèces de Rhodophyceae, **48** espèces Pheophyceae et **37** espèces Chlorophyceae. Sur les 162 espèces d'algues recensées, six sont réputées invasives en Méditerranée qui sont : *Acrothamnion preissii*, *Asparagopsis armata*, *Asparagopsis taxiformis*, *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*, *Codium fragile*, *Codium tomentosum*. Le rapport R/P global obtenu est de **2,19** pour la zone d'étude, ce qui est légèrement inférieure à la moyenne nationale, évaluée à **3** (Seridi, 2003). La diversité estimée grâce à l'indice de Shannon-Weaver (H') sur les sites d'Abelmalek Ramdane, Petit Port, Bahara et El-Geulta a montré que ces sites présentent un environnement de bonne qualité. En revanche les stations saint-michel, Mers El-hadjadj, Stidia, Ouréah, Sablette, Salamandre et El-marsa représentent une diversité moins riche puisqu'ils sont lourdement touchés par les rejets directs industriels, domestiques et urbains, des eaux sans traitement, générant ainsi une pollution croissante. L'analyse factorielle des correspondances nous a permis de classer les deux sites sites (Bahara et abdelmalek ramdan) comme site diversifié et d'une composition floristique représentative des eaux propres, par contre les sites Saint-Michel, Stidia, Salamandre, Sablette et El-Marsa comme site fortement perturbé par une pollution d'origine anthropique.

Cette étude a visé aussi la valorisation de la biomasse algale de l'ouest Algérien qui a montré que l'extrait brut d'eau méthanol de l'algue rouge *S. coronopifolius* est obtenu avec un rendement de **3,4%**, il constitue une source précieuse de divers composés phénoliques dont la teneur en flavonoïdes enregistrée est de **10172** µg EQ/mg d'extrait et la teneur en Polyphénols enregistrée est de **7066** µg. EA/mg d'extrait. Concernant l'activité antioxydante, le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH enregistrée dans cette étude (**IC50**) est de **266.9** µg /ml. A propos de l'activité antimicrobienne de l'extrait brut de l'algue *S. coronopifolius*, on a constaté un effet inhibiteur contre les 5 microorganismes testés de cette étude : *B. cereus*, *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *E. coli* et une levure *C. albicans*. Cet effet antimicrobien évalué par une zone d'inhibition par contre aucun effet sur *P. aeruginosa*. Nous pouvons donc conclure que l'extrait a une activité antimicrobienne intéressante.

Mots clés :

Algue - macro-algue – valorisation -milieu marin.

Abstract

The study resulting from the investigation of eleven stations in situ and in the laboratory, allowed us to identify 162 species of aquatic macroalgae, spread over the three groups: 77 species of Rhodophyceae, 48 species Pheophyceae and 37 species Chlorophyceae. Of the 162 species of algae identified, six are considered invasive in the Mediterranean which are: *Acrothamnion preissii*, *Asparagopsis armata*, *Asparagopsis taxiformis*, *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*, *Codium fragile*, *Codium tomentosum*. The overall R/P ratio for the study area is 2.19, slightly below the national average of 3 (Seridi 2003). The diversity estimated from the Shannon-Weaver (H') index at the Abelmalek Ramdane, Petit Port, Bahara and El-Geulta sites showed that these sites have a good quality environment. On the other hand, the Saint-Michel, Mers El-hadjadj, Stidia, Ouréah, Sablette, Salamandre and El-marsa stations represent a less rich diversity since they are heavily affected by direct discharges from industry, domestic and urban, untreated water, generating increasing pollution. The factorial analysis of the correspondences allowed us to classify the two sites (Bahara and abdelmalek ramdan) as diversified site and a floristic composition representative of clean waters, on the other hand the sites Saint-Michel, Stidia, Salamandre, Sablette and El-Marsa as a site heavily disturbed by anthropogenic pollution. This study also aimed at the valorization of algal biomass of western Algeria which showed that the raw methanol water extract of red algae *S. coronopifolius* is obtained with a yield of 3,4%, it is a valuable source of various phenolic compounds with a flavonoid content of 10172 µg EQ/mg extract and a polyphenol content of 7066 µg. AE/mg of extract. Concerning antioxidant activity, the percentage of inhibition of the free radical DPPH recorded in this study (IC₅₀) is 266.9 µg/ml. Regarding the antimicrobial activity of the raw extract of the algae *S. coronopifolius*, an inhibitory effect was observed against the 5 microorganisms tested in this study: *B. cereus*, *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *E. coli* and a yeast *C. albicans*. This antimicrobial effect evaluated by a zone of inhibition by cons no effect on *P. aeruginosa*. We can therefore conclude that the extract has an interesting antimicrobial activity.

Key words :

Algae - macro-algae - valorization - marine environment

الملخص

أتاحت لنا الدراسة، الناتجة عن دراسة إحدى عشرة محطة ميدانية ومختبرية، تحديد 162 نوعًا من الطحالب المائية الكبيرة، موزعة على ثلاث مجموعات: 77 نوعًا من Rhodophyceae، و48 نوعًا من Pheophyceae، و37 نوعًا من Chlorophyceae. من بين 162 نوعًا من الطحالب المسجلة، هناك ستة أنواع معروفة بأنها غازية في البحر الأبيض المتوسط، وهي: *Caulerpa*، *Asparagopsi Taxiformis*، *Asparagopsis Armata*، *Acrothamnion preissii*، و *Racemosa var. cylindracea*، *Codium* هش، *Codium tomentosum*. ويبلغ إجمالي نسبة R/P التي تم الحصول عليها 2.19 لمنطقة الدراسة، وهو أقل قليلاً من المتوسط الوطني المقدر بـ 3 (سيريدي، 2003). أظهر التنوع المقدر باستخدام مؤشر شانون وبفر (H) في مواقع عبد الملك رمضان و الميناء الصغير و بحارة والجولتة أن هذه المواقع توفر بيئة جيدة النوعية. من ناحية أخرى، تمثل محطات سان ميشيل ومرسى الحجاج وستيديا و الوريعة و شاطئ الرمال وسلمندر والمرسى تنوعاً أقل ثراء نظراً لتأثيرها الشديد بالتصريفات الصناعية والمنزلية والحضرية المباشرة والمياه غير المعالجة، وبالتالي توليد تلوث متزايد. التحليل العاملي للمراسلات AFC سمح لنا بتصنيف الموقعين (بحارة و عبد الملك رمضان) كمواقع متنوعة وذات تركيبة نباتية تمثل المياه النظيفة، من ناحية أخرى مواقع سان ميشيل، ستيديا، سلمندر، شاطئ الرمال و المرسى كموقع منزعج بشدة من التلوث الناتج عن النشاط البشري.

هدفت هذه الدراسة أيضاً إلى تجميع الكتلة الحيوية للطحالب من غرب الجزائر والتي أظهرت أنه تم الحصول على مستخلص ماء الميثانول الخام من الطحالب الحمراء *Sphaerococcus coronopifolius* بمحصول قدره 3.4٪، وهو يشكل مصدراً قيماً لمختلف المركبات الفينولية التي تحتوي على محتواها الفلافونويد المسجل. هو 10172 µg EQ/mg من المستخلص ومحتوى البوليفينول المسجل هو 7066 µg. EA/mg من المستخلص. فيما يتعلق بنشاط مضادات الأكسدة، فإن النسبة المئوية لتثبيط الجذور الحرة DPPH المسجلة في هذه الدراسة (IC50) هي 266.9 ميكروغرام / مل. فيما يتعلق بالنشاط المضاد للميكروبات للمستخلص الخام من الطحالب *S. coronopifolius*، لوحظ وجود تأثير مثبط ضد الكائنات الحية الدقيقة الخمسة التي تم اختبارها في هذه الدراسة: *S. aureus*، *B. cereus*، *K. pneumoniae*، *E. coli* والخميرة *C. albicans*. تم تقييم هذا التأثير المضاد للميكروبات من خلال منطقة التثبيط ولكن لم يكن له أي تأثير على *P. aeruginosa* لذلك يمكننا أن نستنتج أن المستخلص له نشاط مضاد للميكروبات مثير للاهتمام.

الكلمات الأساسية :

الطحالب - الطحالب الكبيرة - تثمين - البيئة البحرية

Liste des tableaux

Tableau 01 : Différents pigments chez les macroalgues.....	5
Tableau 02 : Caractéristiques des principales lignées d'algues	13
Tableau 03 : Production mondiale de macroalgues marines.....	25
Tableau 04 :Inventaire des espèces d'algues échantillonnées. (+) présence/ (-) absence.....	94
Tableau 05 : Rapport R/P des différentes stations d'observation de la zone d'étude.....	99
Tableau 06 : Les pourcentages d'inhibitions.....	109
Tableau 07 : Teneurs en Phénols totaux, et en flavonoïdes de l'extrait brut d'algue rouge <i>S. coronopifolius</i>	112

Liste des figures

Figure 1 : structure des différents chlorophylles.....	7
Figure 2 : Structure des phycobilines.....	8
Figure 3 : Structure de caroténoïdes. a) Fucoxanthine ; b) β -Carotène.....	9
Figure 4 : Capture et transmission de l'énergie lumineuse dans les antennes collectrices.....	9
Figure 5 : Structure branchée de l'amylopectine.....	11
Figure 6 : Structure linéaire de la molécule d'amylose.....	11
Figure 7 : Structure des laminarines.....	12
Figure 8 :L'algue verte <i>ulva lactuca</i>	16
Figure 9 :L'algue brune <i>Dictyota spiralis</i>	16
Figure 10 : L'algue rouge <i>Asparagopsis armata</i>	17
Figure 11 : Distribution des algues selon l'intensité lumineuse.....	23
Figure 12 : <i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	29
Figure 13 : Coupe transversale de <i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	30
Figure 14 : Localisation géographique des stations d'étude.....	31
Figure 15 : Plage Saint-Michel.....	32
Figure 16 : Plage Mers El Hadjadj.....	33
Figure 17 : Plage de Stidia.....	34
Figure 18 : Plage d'Ouréah.....	35
Figure 19 : Plage de Sablette.....	35
Figure 20 : Plage de salamandre.....	36

Figure 21 : Plage de Abd-Malek Ramadan.....	37
Figure 22 : Plage de petit-Port.....	37
Figure 23 : Plage de Bahara.....	38
Figure 24 : Plage El-Guelta (Chlef).....	39
Figure 25 : Plage El-Mersa (Chelef).....	40
Figure 26 : Quadrat utilisé pour l'échantillonnage.....	41
Figure 27 :Sphaerococcus coronopifolius.....	45
Figure 28 : Les étapes pour obtenir l'extrait brut eau-méthanol de l'algue Rouge <i>S.coronopifolius</i>	47
Figure 29 : Après incubation de 2h virage de couleur.....	50
Figure 30 : Mécanisme réactionnel du test DPPH	51
Figure 31 : Les souches pathogènes utilisées.....	52
Figure 32 : Méthode de diffusion en puits AWDT.....	53
Figure 33 : Les phases successives d'une introduction d'espèce.....	67
Figure 34 : Nombre d'organismes pluricellulaires photosynthétiques introduits enMéditerranée, en Méditerranée orientale et dans l'étang de Thau (France).....	68
Figure 35 : <i>Acrothamnion preissii</i>	75
Figure 36 : <i>Asparagopsis armata</i>	77
Figure 37 : <i>Asparagopsis taxiformis</i>	80
Figure 38 : <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>cylindracea</i>	83
Figure 39 : <i>Caulerpa racemosa lamourouxii</i>	84
Figure 40 : <i>Caulerpa racemosa turbinata</i>	84
Figure 41 : <i>Codium fragile</i>	87

Figure 42 : Structures externes en forme de flasque (utricules) de <i>Codium fragile</i> , <i>C. vermilara</i> et <i>C. decorticatum</i>	88
Figure 43 : <i>Codium tomentosum</i>	91
Figure 44 :Répartition des espèces dans 6 grandes classes.....	93
Figure 45 : Répartition des nombre d'espèce par groupe au niveau des stations étudiées.....	98
Figure 46 :Répartition du nombre moyen d'espèces par relevé selon les saisons d'observation.....	99
Figure 47 : Illustration graphique de l'indice de diversité H'et l'indice d'équitabilitéE des sites d'observation.....	100
Figure 48 :Analyse factorielle des correspondances (AFC)montrant la tendance de diversité spécifiques des espèces d'algues inventoriées au niveau des 11 sites d'étude.....	102
Figure 49 : Les espèces d'algues invasives signalées et recensés dans la côte ouest Algérienne.....	103
Figure 50 : Rendement d'extraction d'Algue Rouge <i>S. coronopifolius</i>	107
Figure 51 : Courbe étalon d'acide ascorbique.....	108
Figure 52 : Les pourcentages d'inhibition de l'extrait méthanolique (teste DPPH) et l'acide ascorbique par déduction de la courbe de pourcentage d'inhibition.....	109
Figure 53 : Courbe étalon d'acide ascorbique.....	110
Figure 54 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux.....	111
Figure 55 : Courbe d'étalonnage de Quercitine pour le dosage des flavonoïdes.....	111
Figure 56 : Test de l'activité antimicrobienne sur l'extrait de l'algue rouge.....	115
Figure 57 : Diamètre de la zone d'inhibition en mm.....	115

Liste des abréviations

% : Pourcent

& : Et

∑ : Ensemble

°C : Degré Celsius

µm : micromètre

Ar : Abdelmalek Ramdan

ATCC: American Type Culture Collection.

AWDT : Agar Well Diffusion Test

B. Cereus : Bacillus Cereus.

B. Subtilis : Bacillus Subtilis.

Ba :Bahara

C. albicans : Candida albicans.

Cm : Centimètre

D : Dominance qualitative

Da : Dalton

DPPH : Diphenyl-picrylhydrazyle.

DQ : Dominance qualitative

DRi : Dominance quantitative

E : Indice d'équitabilité

E. coli : Escherichia coli.

EA : Équivalent d'acide gallique.

EAA: Équivalent d'acide ascorbique.

Eg :El-Geulta

Em :El-mersa

EQ : Équivalent de quercétine.

g : Gramme.

h : Heure.

H : l'indice de diversité

IC50 : Concentration permettant d'inhiber 50 % du radical DPPH.

Km : Kilomètre

M : Masse.

m : mètre

m² : mètre carré

mg : Milligramme.

Mh :Mers-Hadjadj

min : Minute.

ml : Millilitre

mm : millimètre

MS : Matière sèche

nm : Nanomètre.

Or : Ouréah

P. Aerogenosa : PseudomonasAerogenosa.

Pp : Petit port

Q : Richesse spécifique

Rdt : Rendement.

Ri : Le recouvrement d'une espèce

RMG : recouvrement moyen global

S. Aureus : Staphylococcus Aureus.

Sb : Sablette

Sl : Salamandre

Sm :Saint-michel

Sp : Espèce

St :Stidia

T : Nombre totale d'espèces

UFC : Unité Formant Colonie

µg/l : microgramme par litre.

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction.....1

Chapitre I : Généralité sur les macro-algues marines (algues macrophytes)

1. Définition	4
2. Les macroalgues.....	5
3. Les bases de la classification des grandes lignées d'algues.....	6
3.1. La pigmentation.....	6
3.1.1. Les chlorophylles.....	6
3.1.2. Les phycobiliprotéines.....	7
3.1.3. Rôles fonctionnels de la pigmentation.....	8
3.2. Les polysaccharides de réserve.....	10
3.2.1. L'amidon.....	10
3.2.1. A. L'amylopectine.....	10
3.2.1. B. L'amylose	11
3.2.2. Les laminarines.....	12
3.3. Les polysaccharides pariétaux.....	13
3.3.1. La phase fibrillaire.....	14
3.3.2. La phase matricielle.....	14
3.3.3. Rôles biologiques des polysaccharides extracellulaires.....	14

4. Les grands groupes des macroalgues marines.....	15
4.1. Les algues vertes (chlorophycées).....	15
4.2. Les algues brunes (Phéophycées).....	16
4.3. Les algues rouges (Rhodophycées).....	17
4.4. Les Cyanobactéries.....	17
5. Caractéristiques nutritionnelles des macroalgues.....	18
5.1.Composition chimique.....	18
5.2. La fraction minérale.....	18
5.3. Les polysaccharides.....	18
5.4. Les protéines.....	19
5.5. Les lipides.....	20
5.6. Les vitamines.....	20
5.7. Les caroténoïdes.....	21
5.8. Les composés phénoliques.....	21
5.8.1. Les tanins.....	21
5-8-2-Les flavonoïdes.....	22
5-9-Les alcaloïdes.....	22
5-10-Les isoprénoïdes (Terpénoïdes).....	22
6. Reproduction des algues	22
7. Facteurs de répartition des algues.....	23
8. Rôles économique des algues	24
9. Production mondiale des algues marines.....	24
10. Application des algues marine.....	25
10.1. En alimentation animal.....	25
10.2. En alimentation humaine.....	26
10.3. Industrie alimentaire.....	26
10.4. Agriculture.....	27

10.5. Dans le domaine pharmaceutique et médical.....	27
10.6. Dans la biotechnologie.....	27
10.7. Dans le traitement des eaux usées.....	28
11- Présentation de l'espèce étudiée	28
11-1-Position systématique.....	28
11-2-Morphologie	29
11-3-Structure	29
11-4-Reproduction	30
11-5-Habitat et écologie	30
11-6-Récolte et utilisation.....	30

Chapitre II : Matériel et méthodes

Partie I : Identification de la biomasse algale

1-Sites de prélèvement	31
2-Choix des stations.....	31
2-1-Plage Saint-Michel.....	32
2-2-Plage Mers El Hadjadj.....	32
2-3-Plage de Stidia.....	33
2-4-Plage d'Ouréah.....	34
2-5-Plage de Sablette.....	35
2-6-Plage de salamandre.....	36
2-7-Plage de Abd-Malek Ramadan.....	36
2-8-Plage de Petit-Port.....	37
2-9-Plage de Bahara.....	38
2-10-Plage El-Guelta (Chlef).....	38

2-11-Plage El-Mersa (Chlef)	39
3-Collecte et identification des algues marines.....	40
4-Les opérations d'identification des espèces.....	41
5-Méthodes adoptées.....	41
5-1- Paramètres analytique	41
5-1-1-Le recouvrement.....	41
5-1-2-Recouvrement moyen global.....	42
5-1-3-Richesse spécifique (Q).....	42
5-1-4-Dominance quantitative.....	43
5-1-5-Dominance qualitative(D).....	43
5-1-6-Le Rapport R / P	43
5-1-7-Indice de Diversité	43
5-1-8-Equitabilité ou Régularité	43
5-1-9- Analyse multivariée.....	44

Partie II : Valorisation de la biomasse algale

1-Caractéristiques de l'espèce étudiée (<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>).....	45
1-1-Position systématique.....	45
2-Collecte et extraction de S.Coronopifolius.....	46
3-Préparation de l'extrait eau-méthanol d'algue sphaerococcus coronopiphuils.....	46
4-Le Rendement Obtenue.....	47
5-Dosage des Polyphénols Totaux.....	48
5-1-Méthode.....	48
5-2-Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	48
6-Dosage des Flavonoïdes totaux.....	48

6-1 Méthode.....	49
6-2-Courbe d'étalonnage de la Quercétine.....	49
7-Mesure du pouvoir antioxydant.....	49
7-1-Évaluation de l'activité Antiradicalaire du radical libre DPPH.....	49
7-2Mode Opérateur.....	50
7-2-1-Préparation Du DPPH.....	50
7-2-2-Préparation des échantillons.....	50
7-2-3-Pourcentage D'inhibition du radical DPPH.....	50
7-2-4- Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique.....	51
8-Etude des activités antimicrobiennes.....	51
8-1-Les souches pathogènes utilisées.....	51
8-2-Le renouvellement et l'enrichissement des souches pathogènes.....	52
8-3-Méthode de diffusion en puits AWDT.....	52

Chapitre III : Catalogue et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

1-Résultats	54
2-RHODOPHYTES	54
3-CHROMOPHYTES.....	59
4-CHLOROPHYTES	63

Chapitre IV : Les espèces invasives et leurs impacts

1-Généralités	66
2-Les espèces invasives	67
3-Le processus d'introduction	67
4- Bilan des introductions d'espèces en Méditerranée.....	68
5- Les impacts causés par ces espèces marines invasives	69

5-1-Impacts environnementaux.....	69
5-2-Impacts sur la santé et sur le bien-être humain.....	69
5-3-Impacts économiques.....	69
5-4-Impacts culturels.....	70
6-Voies et vecteurs d'introduction	70
7-Options pour gérer les espèces invasives.....	71
8-Détection précoce, réponse rapide.....	72
9-Sensibilisation et éducation.....	72
10-Eradication et contrôle.....	73
11-Comment sauver notre biodiversité ?.....	73
12- Les espèces d'algues envahissantes signalées et recensés dans la côte ouest Algérienne	73
12-1-Acrothamnion preissii.....	74
12-1-1-Taxonomie.....	74
12-1-2- Morphologie.....	74
12-1-3-Habitat et éléments d'identification sur le terrain.....	75
12-1-4-Reproduction	75
12-1-5-Espèces similaires.....	75
12-1-6-Bref historique et vecteur d'introduction.....	75
12-1-7-Impacts écologiques.....	76
12-1-8-Impacts économiques.....	76
12-1-9-Options en matière de gestion.....	76
12-2- <i>Asparagopsis armata</i>	76
12-2-1-Taxinomie	76

12-2-2-Morphologie.....	77
12-2-3-Habitat et éléments d'identification sur le terrain.....	77
12-2-4-Reproduction.....	78
12-2-5-Espèces similaires.....	78
12-2-6-Bref historique et vecteur d'introduction.....	78
12-2-7-Impacts écologiques.....	78
12-2-8-Impacts économiques.....	79
12-2-9-Options en matière de gestion.....	79
12-3- <i>Asparagopsis taxiformis</i>	79
12-3-1-Taxonomie.....	79
12-3-2-Morphologie.....	79
12-3-3-Habitat et éléments d'identification sur le terrain.....	80
12-3-4-Reproduction.....	80
12-3-5-Espèces similaires.....	81
12-3-6-Bref historique de son introduction et de ses voies d'accès.....	81
12-3-7-Impacts écologiques.....	81
12-3-8-Impacts économiques.....	81
12-3-9-Options en matière de gestion.....	81
12-4- <i>Caulerpa racemosa var. cylindracea</i> (raisin de mer).....	82
12-4-1- Taxonomie.....	82
12-4-2 Morphologie.....	82
12-4-3-Habitat et éléments d'identification sur le terrain.....	83
12-4-4-Reproduction.....	83
12-4-5 -Espèces similaires.....	84
12-4-6-Bref historique de son introduction et de ses voies d'accès.....	85

12-4-7-Impacts écologiques.....	85
12-4-8-Impacts économiques.....	85
12-4-9-Options en matière de gestion.....	86
12-4-9-1-Prévention	86
12-4-9-2-Éradication.....	86
12-5- <i>Codium fragile</i>	86
12-5-1- Taxinomie.....	86
12-5-2-Morphologie.....	86
12-5-3-Habitat et éléments d'identification sur le terrain.....	87
12-5-4-Reproduction.....	88
12-5-5-Espèces similaires.....	88
12-5-6-Bref historique de son introduction et de ses voies d'accès.....	89
12-5-7-Impacts écologiques.....	89
12-5-8-Impacts économiques.....	89
12-5-9-Options en matière de gestion.....	89
12-5-9-1-Prévention	89
12-5-9-2-Éradication.....	89
12-6- <i>Codium tomentosum</i>	90
12-6- 1-Taxonomie.....	90
12-6-2-Morphologie.....	90
12-6-3-Habitat et éléments d'identification sur le terrain.....	91
12-6-4-Reproduction.....	91
12-6-5-Espèces similaires.....	91
12-6-6-Bref historique de son introduction et de ses voies d'accès.....	92
12-6-7-Impacts écologiques.....	92

10-6-8-Impacts économiques.....	92
12-6-9-Options en matière de gestion.....	92

Chapitre V : Resultats et discussion

I-Caractéristiques du phytobenthos de l'aire d'étude.....	93
1-Nombre total d'espèces	93
2-Composition floristique-recouvrement total.....	99
3-Rapport R/P.....	99
4-L'indice de diversité ; Indice de Shannon H', et d'équitabilité E.....	100
5-Analyse factorielle des correspondances (AFC)	101
6-Espèces algale introduite / invasives	102
7-Discussion	103

Partie II : Valorisation de la biomasse algale

II-Etude de l'activité antimicrobienne et antioxydant de l'extrait méthanoliques de l'algue rouge : <i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	106
1-Rendement d'extraction d'Algue Rouge <i>S. coronopifolius</i>	106
2-Evaluation du pouvoir antioxydant.....	108
2-1-Test de réduction du radical libre le DPPH.....	108
2-2-Calcul des pourcentages d'inhibitions I%.....	108
2-3-Evaluation de l'IC50.....	109
3-Dosage des Composés Phénolique.....	110
3-1-Taux de Polyphénols totaux dans l'extrait d'algue Rouge <i>S.coronopifolius</i>	110
3-2-Taux de Flavonoïde totaux dans l'extrait d'algue Rouge <i>S.coronopifolius</i>	111
4-Pourvoir de l'activité antimicrobienne de <i>S.coronopifolius</i>	112

4-1-La technique de diffusion en puits	113
5-Discussion.....	116
Conclusion.....	117
Références bibliographiques.....	119

Introduction

Introduction

Dans les écosystèmes marins côtiers, la présence de compartiments végétaux joue un rôle important dans le maintien des équilibres écologiques (production primaire ou autotrophes) comme indicateur de la santé des écosystèmes marins côtiers (Ballesterose et *al.*, 2007 ; Jégou, 2011 ; Orfanidis, 2011 ; Blanfuné et *al.*, 2017) mais joue également un rôle économique, notamment dans la consommation alimentaire directe (Conte et Payri, 2002 ; Falquet et Hurni, 2006 ; Marfaing et Lerat, 2007).

Les macrophytes benthiques sont d'excellents bioindicateurs de l'état écologique de l'environnement (Bricker et *al.*, 1999; Gibson et *al.*, 2000). Ils participent à l'amélioration de la clarté de l'eau grâce à la stabilisation des sédiments et agissent comme des bâtisseurs d'écosystèmes. Ce sont des substrats pour les épiphytes et occupent des positions importantes dans la chaîne trophique. Ils constituent des habitats essentiels pour les invertébrés et les poissons (Haury et *al.*, 2008 ; Delmail, 2011).

Ils sont également d'excellents indicateurs de la qualité de l'eau en raison de leur mode de vie sédentaire (Belsher, 1977 ; Diez et *al.*, 1999), compte tenu des effets d'une exposition à long terme aux nutriments et autres contaminants, de l'augmentation de la qualité de l'eau et même de la disparition des espèces les plus sensibles, qui ont été remplacées par des espèces très résistantes (Murray et Littler, 1978). Les études des communautés de macroalgues sont donc intéressantes pour évaluer les changements de la qualité de l'eau (Fairweather, 1990).

Les algues contiennent de nombreux composés essentiels tels que des fibres, des protéines (50-70% du poids sec de la Spiruline), des acides gras polyinsaturés, des vitamines (F, B12, K1, B9, C, provitamine A, etc.) , les éléments minéraux (iode, manganèse, magnésium, calcium, fer...) et antioxydants (polyphénols, caroténoïdes...) (Falquet et Hurni, 2006 ; Marfaing et Lerat, 2007).

En Afrique du Nord, notamment en Algérie, la connaissance des organismes benthiques macrophytes se limite à des inventaires et des études écologiques menés dans le centre et l'ouest du pays, impliquant à la fois des algues (Perret-Boudouresque et Seridi, 1989; Seridi, 1990; Verlaque et Seridi, 1991; Kadari-Meziane, 1994; Ould Ahmed, 1994; Benhissoune, 2002; Seridi, 2007; Seridiet *al.*, 2007; Ould Ahmed, 2013) que les phanérogames, en

particulier la posidonie *Posidonia oceanica* (Boudouresque et Meinesz, 1982; Francour, 1990; Semroud *et al.*, 1990; Pergent *et al.*, 1993; Boumaza et Semroud, 1998; Bouhayene, 2002; Mammeria, 2006).

Au total, 497 espèces ont été identifiées en référence à l'inventaire des algues benthiques côtières algériennes qui se répartissent en 3 groupes systématiques dont 315 Rhodophyceae (algues rouges), 99 Phaeophyceae (algues brunes), et 83 Chlorophyceae (algues vertes (Perret -Boudouresque et Seridi, 1989).

Au cours des deux dernières décennies, de nombreuses algues exotiques ont émergé dans le bassin méditerranéen grâce au système de navigation, notamment par le canal de Suez (Verlaque, 1994). Citant la propagation des Caulerpes invasives (*Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*) dans de nombreuses régions de la mer Méditerranée, y compris le long de la côte nord-africaine et précisément sur la côte algérienne. Il a rapporté que *Caulerpa racemosas* est présente sur toutes les côtes algériennes après sa signalisation pour la première fois au centre de la côte algérienne par Ould-Ahmed et Meinesz (2007), puis dans huit autres localités de la même région (Ould Ahmed et Meinesz, 2007; Seridi et Kabrane, 2010; Lamouti *et al.*, 2011) et dans trois autres stations de la côte ouest algérienne : à Mostaganem (Bouiadjra *et al.*, 2010) et à Oran (Bentaallah *et al.*, 2017).

Aujourd'hui, les algues sont un enjeu de développement économique important. Le montant que l'industrie des algues brasse chaque année augmente et était estimé entre 5,5 et 6 milliards de dollars en 2003 (Ahnich, 2013). Les principales substances extraites des algues sont les polysaccharides de la famille des agars, des carraghénanes et des alginates dont les propriétés physico-chimiques gélifiantes ou stabilisantes intéressent de nombreux secteurs industriels. En effet, de telles macromolécules peuvent être facilement obtenues par simple extraction à l'eau chaude.

Depuis plusieurs années, une attention particulière est portée aux nouvelles substances biotechnologiquement intéressantes par la recherche scientifique. Par exemple, sur le marché pharmaceutique et cosmétique, 30 % des principes actifs ont été élaborés à partir de substances naturelles, dont 10 % ont été isolés à partir de macroalgues. (Ahnich, 2013).

En conséquence, l'utilisation de la biomasse algale est devenue une application importante dans plusieurs pays en complément d'aliments pour animaux d'aquaculture et pour les ruminants. Arieli *et al* (1993) ont montré que l'algue verte laitue de mer est un complément alimentaire intéressant pour les ovins, mais pas pour les volailles. Ventura et Castanon. (1998) ont affirmé qu'il s'agit d'un substrat de qualité moyenne pour les chèvres à haute teneur en protéines. Hansen et al. (2003) postulent que les algues *Laminaria digitata* et *Laminaria hyperborea* peuvent être utilisées comme sources alimentaires alternatives pour les petits ruminants sous certaines conditions. Rjiba Ktita *et al.* (2010) ont conclu que les algues *Ruppia maritima* et *Chaetomorpha linum* peuvent être utilisées comme aliments de substitution pour les agneaux, en particulier pendant les périodes de sécheresse.

Ce travail est partagé en cinq parties :

- Une recherche bibliographique
- Dans la deuxième partie, nous exposons le différent matériel et les méthodes utilisées pour l'étude de l'identification, l'évaluation et de la valorisation de la biomasse algale de l'aire d'étude (Golf d'Arzew).
- Dans la troisième partie nous illustrons bien un catalogue avec une mise à jour taxonomique des espèces identifiées afin d'établir un inventaire des espèces d'algues macrophytes et de classer la côte ouest Algérienne par rapport au littoral algérien et méditerranéen en termes de biodiversité algale, ainsi qu'une valorisation d'une espèce d'algue rouge *Sphaerococcus coronopifolius* qui fait ressortir les effets antioxydants et antibactérien de cette dernière qui s'avèrent très intéressants.
- La quatrième partie concerne les espèces d'algue invasive de l'aire d'étude.
- La cinquième partie relate l'interprétation et la discussion des résultats obtenus, suivie d'une conclusion générale.

Chapitre I

Généralité sur les macro-algues marines

Chapitre I : Généralité sur les macro-algues marines (algues macrophytes)

1. Définition

Les algues sont composées d'une gamme très diversifiée de végétaux photosynthétiques, dont l'appareil végétatif est appelé «thalle». Sa base contient des structures (telles que des rhizomes, des crampons et des disques) qui peuvent ancrer l'algue à un support : roche (algue épilâte), ou végétale (algue épiphyte), ou animale (algue épiphyte) ou parfois même le sable.

Le thalle se présente sous de nombreuses formes, allant de simples lames à des structures plus complexes telles que des tubes, des tiges, des feuilles et même des sphères remplies d'eau. La texture est également très variable, avec des textures gélifiées, spongieuses et cartilagineuse, le type de ramification est un critère important d'identification des algues.

Certaines algues sont des thalles très raides en raison de l'accumulation de carbonate de calcium ou d'aragonite dans leurs parois cellulaires. Certaines algues rouges sont presque totalement calcifiées, formant une croûte aussi solide que la roche qu'elles supportent (Reviere, 2002).

Les cellules d'algues ont les mêmes éléments structurels que les plantes supérieures. Ils ont une paroi cellulaire cellulosique, un petit noyau cellulaire et un plaste ou chromatophore pigmenté, constitué de chlorophylle souvent masqué par un excès de pigment qui donne la couleur du thalle (Garons-Laderai, 2004).

Elles ont des formes et des tailles très différentes. Certaines sont minuscules, d'autres mesurent quelques mètres de long, mais elles partagent toutes des caractéristiques communes. Elles vivent principalement en eau douce ou en eau salée, et certains vivent sur la neige et la glace dans les régions polaires et alpines. D'autres, en revanche, supportent les températures élevées des eaux thermales (algues thermophiles). Elles comprennent 20 000 à 30 000 espèces dans le monde (Kelbouz, 2019).

Il existe deux grandes catégories d'algues : les micro-algues, qui sont des organismes unicellulaires, et les macro-algues, qui sont des macroscopique généralement ancrées au fond marin. Les algues vertes, rouges et brunes se distinguent par leurs pigments, qui présentent une grande diversité par rapport aux plantes supérieures.

Chapitre I : Généralité sur les macro-algues marines (algues macrophytes)

2. Les macroalgues

Le terme macroalgues est un terme générique qui inclut tous les organismes aquatiques photosynthétiques multicellulaires à l'exception des plantes terrestres (plantes vertes ou plantes embryonnaires) (Barrington et al. 2009).

Les premières macroalgues sont apparues progressivement il y a 1,7 milliard d'années et sont des eucaryotes. Elles se répartissent en trois familles en fonction de la couleur : les algues vertes, les algues brunes, et enfin les algues rouges (Garon – Lardiere 2004).

Ces différences de couleur sont dues aux pigments contenus en plus de la chlorophylle contenue dans les chloroplastes (**tableau 1**). Ces pigments (chlorophylle B, caroténoïdes, phycocyanine, phycoérythrine) ont la capacité de capter des longueurs d'onde spécifiques de la lumière et de transférer leur énergie à la chlorophylle A (Garon Lardiere 2004).

Tableau 1. Différents pigments chez les macroalgues.

	Algues vertes	Algues rouges	Algues brunes
Chlorophylle a	+	+	+
Chlorophylle b	+	0	0
Chlorophylle c	0	0	+
Chlorophylle d	0	+	0
Caroténoïde	+	+	+++
Phycocyanine	0	++	0
phycoérythrine	0	++	0

Les macroalgues peuvent mesurer de quelques centimètres à plusieurs mètres (60 m de long chez certaines laminaires, algues brunes), sont suspendues à un support, et peuvent être fines ou épaisses. Il existe plus de 25 000 espèces de macroalgues, mais seulement 21 sont autorisées dans l'alimentation humaine, et dont six sont couramment consommées : la laitue de mer (*Ulva sp.*), la dulce (*Palmaria palmata*), le nori (*Porphyra sp.*), le wakamé (*Undaria pinnatifida*), le kombu (*Saccharina latissima*) et le haricot de mer (*Himanthalia elongata*) (CEVA, 2014).

3. Les bases de la classification des grandes lignées d'algues

La phylogénie des algues implique de nombreux critères écologiques, physiologiques ou biochimiques, tels que la structure cellulaire, le régime alimentaire, l'habitat, le type et la localisation des pigments et des glucanes de réserve. Malgré leur diversité extrême et leur complexité structurale, d'un point de vue macroscopique et microscopique, les algues possèdent encore environ 10 ramifications selon des critères basés sur la composition pigmentaire, les polysaccharides de réserve, ou encore les caractéristiques structurales (Reviere, 2002).

3.1. La pigmentation

La pigmentation est un critère important dans la classification des algues depuis le début du 19^{ème} siècle. Le rôle physiologique de cette molécule (les pigments) est de capter l'énergie lumineuse. Selon la nature des pigments supplémentaires associés à la chlorophylle, les plastides peuvent être verts (chlorophytes), jaunes ou bruns (Chromophytes) ou rouges (Rhodophytes) (Ruiz, 2005).

3.1.1. Les chlorophylles

La chlorophylle est un macrocycle tétrapyrrole métallisé avec du magnésium et substitué par des chaînes phytyles (**Figure 1**). Cette molécule participe aux processus photochimiques d'oxydo-réduction dans les milieux biologiques, assurant d'une part la collecte d'énergie des photons et d'autre part le transfert d'énergie, permettant de transformer le dioxyde de carbone et l'eau en molécules organiques. A l'origine de la photosynthèse, toutes les algues possèdent de la chlorophylle a. Malgré cette caractéristique commune, certains embranchements diffèrent par la présence de chlorophylle b ou d. Les algues vertes, comme les plantes supérieures, diffèrent des autres algues en ce qu'elles contiennent de la chlorophylle b, tandis que les algues rouges contiennent de petites quantités de chlorophylle d (Ruiz, 2005)

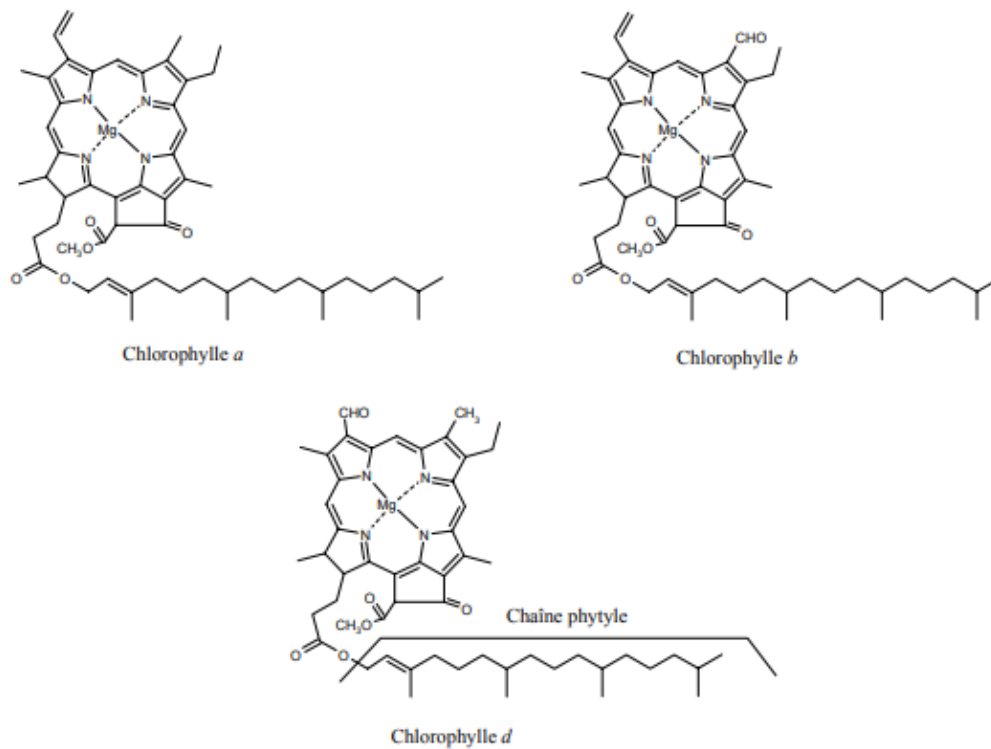
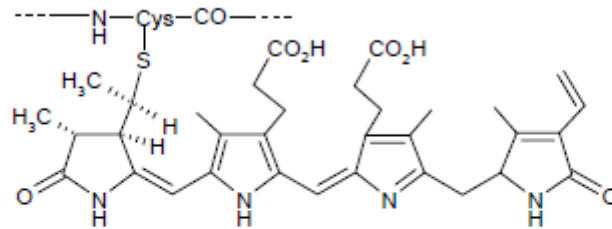


Figure 1 : structure des différents chlorophylles(Ruiz,2005).

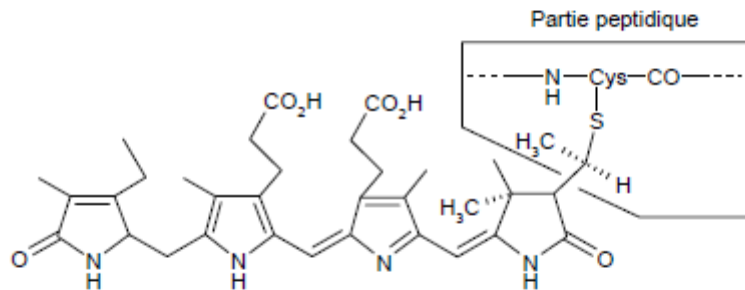
3.1.2. Les phycobiliprotéines

Les phycobiliprotéines sont des molécules hydrosolubles contenant un fragment protéique lié de manière covalente à un chromophore ou à une biline. Ces derniers sont constitués d'un groupe tétrapyrrole non cyclisé. Il existe trois familles de phycobiliprotéines : la phycoérythrine (rouge), la phycocyanine (bleue) et l'allophycocyanine (bleu turquoise), dont les chromophores sont respectivement la phycoérythrobiline, la phycocyanobirine et la ficrobiline(**Figure 2**). Ces pigments peuvent coexister chez la même espèce, mais la phycoérythrine est prédominante chez les algues rouges et la phycocyanine est plus fréquente et peut n'être présente que chez les algues bleues (cyanobactéries). Ces pigments se trouvent à la surface des thylakoïdes des algues rouges et bleuet agissent comme des antennes collectrices de photons. Leur rôle physiologique est de capter des photons de longueurs d'onde différentes de celles captées par la chlorophylle et de transférer cette énergie au complexe chlorophyllien. La quantité de ces colorants dépend de l'intensité de la lumière à laquelle les cellules sont exposées(Ruiz,2005).

Phycocérythrobiline liée à un peptide (couleur rouge)



Phycocyanobiline liée à un peptide (couleur bleue)



Phycounrobiline liée à un peptide (couleur bleue turquoise)

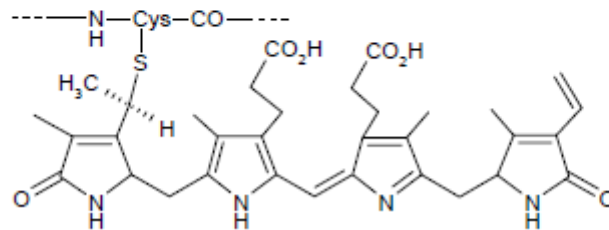


Figure2 : Structure des phycobilines(Ruiz,2005).

3.1.3.Rôles fonctionnels de la pigmentation

La présence de certains pigments surnuméraires confère aux algues des propriétés particulières. L'énergie lumineuse est captée au niveau de l'antenne collectrice.

Ce sont des complexes de plusieurs protéines et pigments qui peuvent intercepter des photons de différentes longueurs d'onde. Chez les algues rouges, les antennes collectrices sont composées de phycobilines et de caroténoïdes apparentés à la chlorophylle(**Figure 3**)(Ruiz,2005).

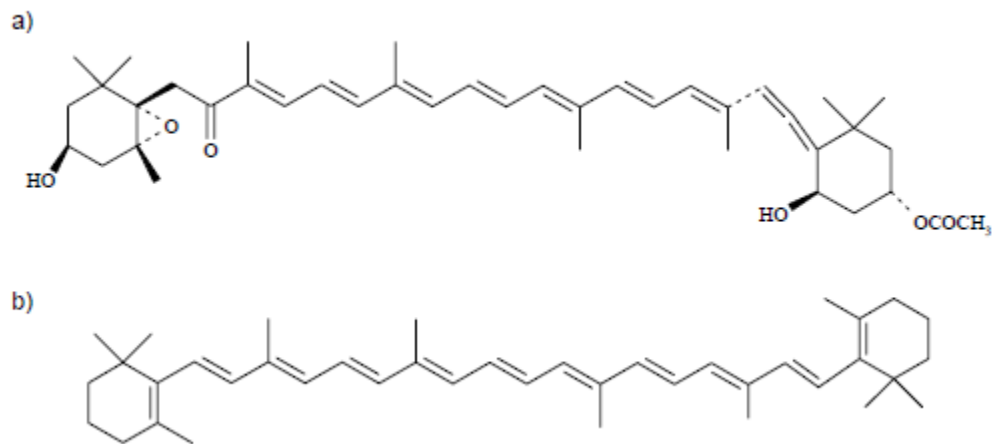


Figure3 : Structure de caroténoïdes. **a)** Fucoxanthine ; **b)** β -Carotène(Ruiz,2005).

Lorsque le pigment absorbe un photon de longueur d'onde λ , l'électron change d'orbite moléculaire. Lorsque cet électron revient à son niveau d'énergie d'origine, une fluorescence est émise. Les pigments sont disposés de manière à ce que l'énergie ne soit pas émise sous forme de fluorescence, mais transférée à un autre pigment dans l'antenne collectrice qui peut absorber des longueurs d'onde plus longues (**Figure 4**)(Ruiz,2005).

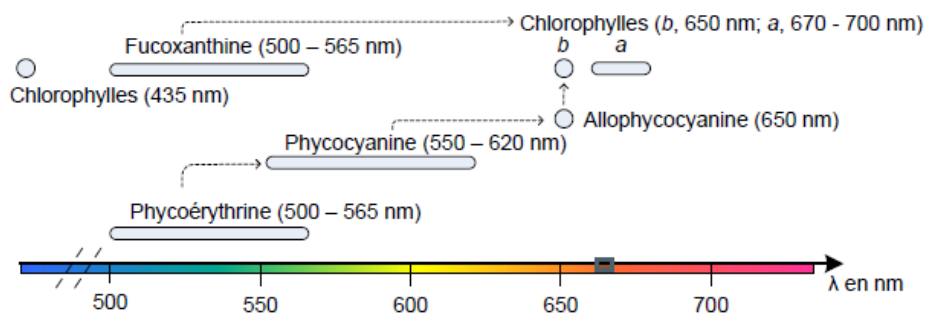


Figure 4: Capture et transmission de l'énergie lumineuse dans les antennes collectrices.

(Ruiz,2005).

3.2. Les polysaccharides de réserve

Les polysaccharides ou glucanes sont des polymères glucidiques issus du mécanisme de la photosynthèse. Il en existe deux familles : les polysaccharides de réserve et les polysaccharides pariétaux. Il existe des glucanes de réserve solubles en solution dans les vacuoles et d'autres glucanes insolubles qui forment des particules observables au microscope. Un composé de D-glucose, le glucane de réserve, a deux formes. Ceux liés à (α -1,4) appartiennent à la catégorie des amidons et ceux liés à (β -1,3) appartiennent à la catégorie des laminarines (Ruiz, 2005).

3.2.1. L'amidon

L'amidon est la forme la plus importante de stockage de carbone dans les végétaux. Il est stocké en grande quantité sous forme de grains dans des organes de réserve dont la taille et la forme dépendent de l'espèce végétale considérée. L'amidon est composé d'amylose et d'amylopectine (Ruiz, 2005).

3.2.1. A. L'amylopectine

L'amylopectine, constituant majoritaire du grain d'amidon (70 à 80 %), est formé de chaînes glucidiques liées en α -1,4 ramifiées en α -1,6 toutes les 12 unités glucidiques environ (Figure 6). La masse moléculaire élevée de ce polymère (107 à 108 Da) dépend de l'origine et des conditions de culture du matériel biologique étudié. L'amylopectine (70–80%), le composant principal des granules d'amidon, est formée de chaînes de sucre liées en α -1,4 et ramifiées en α -1,6 environ toutes les 12 unités glucidiques (**Figure 5**). Le haut poids moléculaire (107 à 108 Da) de ce polymère dépend de l'origine et des conditions de culture du matériel biologique étudié (Ruiz, 2005).

Amylopectine

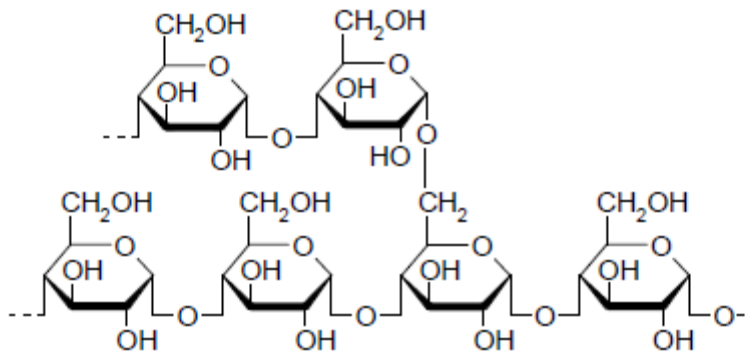


Figure 5 : Structure branchée de l'amylopectine(Ruiz,2005).

3.2.1. B. L'amylose

L'amylose constitue un petit pourcentage (20 à 30 %) des granules d'amidon. L'amylose est un polymère linéaire de glucose lié en α -1,4 (**Figure 6**) avec un poids moléculaire de 104 et 105 Da et une affinité spécifique pour l'iode. En effet, contrairement à l'amylopectine qui vire au brun acajou en présence d'iode, le complexe iode-amylose vire au bleu(Ruiz,2005).

Amylose

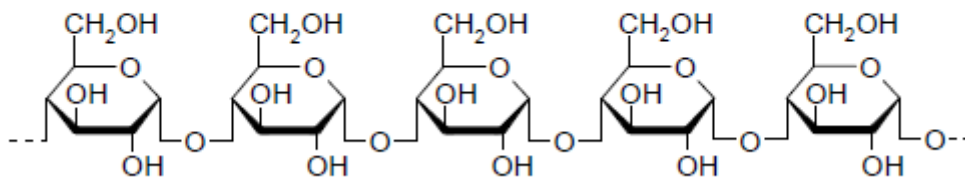


Figure 6 : Structure linéaire de la molécule d'amylose(Ruiz,2005).

Chapitre I : Généralité sur les macro-algues marines (algues macrophytes)

Les chlorobiontes, dont les algues vertes, ont la particularité de contenir de l'amidon intraplastidial, contrairement aux autres algues. Selon la localisation de la coloration de l'amidon par l'iode, nous pouvons tirer des conclusions quant à savoir si les échantillons observés appartiennent au règne du chlorobion. Des algues comme les algues rouges possèdent de l'amidon floridéen (glucane de réserve voisin de l'amylopectine) et se colorent en brun acajou par le lugol. En forme de grains dans le cytoplasme, il est ainsi possible de distinguer les Rhodophycées des Cryptophytes par exemple, dont les grains sont situés dans le compartiment périplastidial (Ruiz, 2005).

3.2.2. Les laminarines

D'autres glucanes de réserve de la famille des chrysolaminarines, constitués de D-glucose lié en β -1,3 et plus ou moins ramifié en β -1,6 (**Figure 7**), ne répondent pas au test de Lugol, mais ont des spécificités de certains embranchements tels que les Chromophytes (algues brunes).

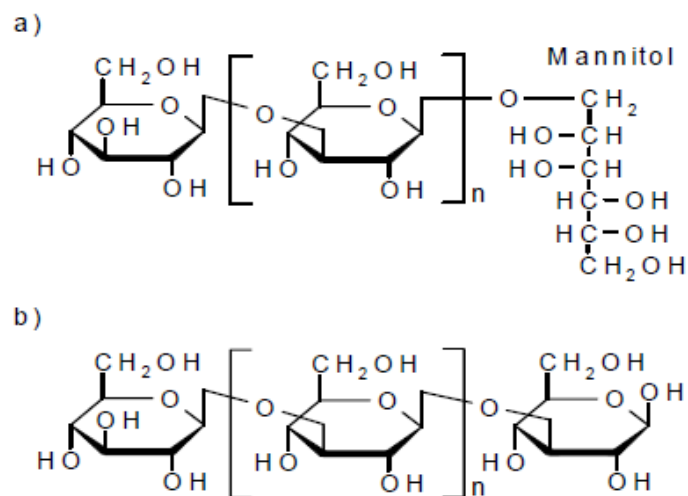


Figure 7: Structure des laminarines. La laminarine (a) présente en position terminale une molécule de mannitol ; la chrysolaminarine (b) ne comporte qu'une chaîne de glucanes β -1,3 qui peut être ramifiée en β -1,6 dans le cas du paramylon (Ruiz, 2005).

3.3. Les polysaccharides pariétaux

La classification des grandes familles d'algues est également basée sur la chimie des colloïdes qu'elles produisent autour de leurs cellules (McCandless, 1978). Les parois des cellules végétales sont parfois considérées par les biologistes comme des organites distincts. La paroi algale diffère significativement des autres organismes végétaux par son organisation et sa composition. Elle peut être interprétée au sens large comme une structure biphasique constituée d'une phase fibrillaire cristalline squelettique et d'une phase matricielle, dont la structure a des compositions différentes selon les espèces et est l'une des plus complexes connues dans la nature (McNeil et *al.*, 1984). Ainsi, malgré une diversité et une complexité structurelle et morphologiques extrêmes, il est possible d'effectuer une classification des principales lignées d'algues en fonction de leurs propriétés chimiques (**tableau 2**).

Tableau 2 : Caractéristiques des principales lignées d'algues (Reviere, 2002)

Embranchements	Types de Chlorophylles	Caractéristiques	
		Phycobiliprotéines	Polysaccharides de réserve
Bacillariophyta	a, c	-	Chrysolaminarane
Chlorophyta	a, b	-	Amidon intraplastidial
Chrysophyta	a, c	-	Chrysolaminarane
Cryptophyta	a, c	PE	Amidon périplastidial
Cyanophyta	a	PC, PE	Glycogène
Dinophyta	a, c	-	Amidon cytoplasmique
Euglenophyta	a, b	-	Paramylon cytoplasmique
Phaeophyta	a, c	-	Laminarane, mannitol
Rhodophyta	a, d	PC, PE, APC	Amidon floridéen
Xanthophyta	a, c	-	Chrysolaminaranes

PC: phycocyanine; PE: phycoérythrine; APC: allophycocyanines.

3.3.1. La phase fibrillaire

La phase fibreuse est ordonnée et recouverte d'une matrice de mucus amorphe, avec des espaces intercellulaires occupés par le même mucus. Les microfibrilles sont généralement composées de β -1,4-glucofuranose, disposées en feuillets pour former des chaînes cellulosiques stabilisées par des liaisons hydrogène (Ruiz, 2005).

3.3.2. La phase matricielle

La phase matricielle hydrosoluble, de nature mucilagineuse et pouvant être associée à des protéines, est de nature très complexe. La matrice amorphe des algues vertes composée de polysaccharides polyanioniques sulfatés est composée principalement de monosaccharides neutres (Xyl, Glc, Gal, Rha) et de quantités mineures d'acide uronique (GlcA, Gala). Les connaissances actuelles ne permettent pas de rattacher sa structure à une unité structurale plus ou moins répétitive. Seuls certains galactanes d'algues rouges (agar, carraghénanes) ou polysaccharides d'algues brunes (fucoidan, alginates) d'intérêt commercial ont été caractérisés (Ruiz, 2005).

3.3.3. Rôles biologiques des polysaccharides extracellulaires

Indispensable aux organismes photosynthétiques, la lumière permet la synthèse de glucides qui sont utilisés comme agents structurants de la paroi cellulaire ou polysaccharides de stockage. La forte proportion de composés polysaccharidiques anioniques sulfatés par rapport aux composés fibreux suggère qu'ils jouent des rôles biologiques spécifiques dans le milieu marin. Plusieurs hypothèses ont été envisagées à cet égard. Dans la zone de balancement des marées, les algues se trouvent émergées d'autant plus longtemps qu'elles sont situées en hauteur. Sur les côtes atlantiques, lors des fortes marées, certaines algues vont émerger près de 12 h (Ruiz, 2005).

Ces conditions sélectives soumettent les algues à un stress hydrique important et induisent un gradient vertical de peuplement. La dessiccation, première conséquence de l'émersion, est amplifiée par le vent, la chaleur ou le gel. Certaines algues comme les *Porphyra* et les *Pelvetia* supportent très bien la déshydratation (jusqu'à plusieurs jours). Les polysaccharides anioniques situés au niveau des parois cellulaires sont responsables de cette résistance en limitant l'évaporation de l'eau dont ils sont imbibés (Ruiz, 2005).

Chapitre I : Généralité sur les macro-algues marines (algues macrophytes)

Laminaria hyperborea sécrète activement du mucus dès son apparition, indiquant un rôle majeur pour les polysaccharides extracellulaires. La plupart des recherches sur ce sujet ont été menées sur des algues brunes, démontrant que les galactanes sulfatés agissent comme des tampons contre les fluctuations du potentiel hydrique. Une seconde conséquence de la flottation est liée à la salinité. La sécheresse, ou au contraire la pluie, affecte fortement la salinité du milieu et, par conséquent, l'osmolarité des cellules. *Porphyra* ne peut pas réguler la pression osmotique par des processus métaboliques, mais il résiste au stress. Les groupes anioniques associés aux polysaccharides extracellulaires contribuent passivement à la régulation des ions en se liant sélectivement aux cations, formant un gradient à travers la paroi cellulaire (Ruiz, 2005).

Il a également été démontré que la structure des polysaccharides pariétaux des algues rouges est en corrélation avec l'environnement physique. En fait, il existe une corrélation entre la stratification des plantes marines et la composition des mucilages en acides uroniques et en sulfates. Selon Kloareg et al., (1988) il existe deux relations linéaires reliant la profondeur aux taux de sulfate et d'acide uronique, respectivement. La première relation évolue négativement pour le sulfate et la seconde relation positive pour l'acide uronique, selon la stratification de la végétation marine.

4. Les grands groupes des macroalgues marines

Il existe quatre groupes d'algues qui diffèrent généralement par leur couleur. Chaque groupe contient des classes, et chaque classe contient des centaines d'espèces (Garon-Lardière, 2004).

4.1. Les algues vertes (chlorophycées)

Elles ont des formes très différentes, unicellulaires ou pluricellulaires. Leurs plastes sont colorés en vert par les chlorophylles a et b auxquelles sont attribués des carotènes et des xanthophylles. La plupart des algues vertes vivent dans des milieux d'eau douce ou marins, où la photosynthèse permet la formation d'amidon, bien que certaines espèces puissent aussi pousser sur terre. Elles jouent un rôle important dans l'oxygénation de l'eau, favorisant la vie animale (Garons-Laderai, 2004).



Figure 8:L'algue verte *Ulva lactuca*(Mehiaoui Saadia)

4.2. Les algues brunes (Phéophycées)

La couleur brune de ces algues est attribuée à la prédominance du pigment xanthophylle, la fucoxanthine, qui masque les autres pigments (chlorophylle a et c, ainsi que le bêta -carotène).

Tous ont des structures multicellulaires, mais leurs dimensions varient d'éléments microscopiques à de très grands spécimens. La majorité des algues sont marines (Garons-Laderai, 2004).



Figure 9 :L'algue brune *Dictyota spiralis*(Mehiaoui Saadia)

4.3. Les algues rouges (Rhodophycées)

Les algues rouges, forment un groupe très diversifié. La couleur de ces algues est due à la présence de plastes roses dans lesquels le pigment rouge phycoérythrine est associé à plusieurs autres pigments, dont la chlorophylle.

La plupart de ces algues rouges sont multicellulaires et marines, mais certaines sont unicellulaires et certaines vivent en eau douce. Les algues rouges peuvent être divisées en deux groupes : le groupe des Bangiophycées (dites primitives) et le groupe des Floridéophycées (plus complexes). Ils sont généralement caractérisés par un cycle de reproduction particulièrement complexe (Garons-Laderai, 2004).



Figure 10: L'algue rouge *Asparagopsis armata*(Mehiaoui Saadia)

4.4. Les Cyanobactéries

Les cyanobactéries sont constituées de colonies dont la taille, la forme et la couleur varient considérablement. Comme les algues rouges, elles possèdent un excès de pigments bleus (phycocyanine) et rouges (phycoérythrine) qui masquent la chlorophylle a. Malgré l'ancien nom d'algue bleu-vert, elles sont rarement bleues, mais souvent rouges, vertes avec des reflets bleutés, violets, bruns, jaunes ou orangés. La plupart d'entre eux sont gélatineux voire collants en raison du mucilage qu'ils sécrètent (Garon-Lardièrre, 2004).

5. Caractéristiques nutritionnelles des macroalgues

5.1. Composition chimique

Les algues ont un potentiel nutritionnel très riche. Ceci se justifie par les raisons suivantes : la présence de fractions minérales diverses et abondantes, qui représentent des apports importants en macro- et oligo-éléments, des acides aminés généralement bien équilibrés et la présence de protéines présentes en quantités non négligeables dans la plupart des teneurs en vitamines différentes chez certaines espèces dont les vitamines se caractérisent par une teneur en fibres avec des végétaux terrestres. (Kaimoussi *et al.*, 2004 ; Ortiz *et al.*, 2006).

La composition chimique des macroalgues marines dépend de plusieurs facteurs :

- L'espèce
- Stade de maturité
- Habitat naturel
- Conditions environnementales (Kaimoussi *et al.*, 2004 ; Ortiz *et al.*, 2006).

5.2. La fraction minérale

Les algues tirent une abondance inégalée de divers minéraux de l'océan. La teneur en minéraux est de 8 à 40 % (MacArttain *et al.*, 2007 ; Mabeau et Fleurence, 1993). Cette fraction minérale est initialement diversifiée : des macroéléments comme le sodium, le calcium, le magnésium, le potassium, le chlore, le soufre et le phosphore, mais aussi l'iode, le fer, le zinc, le cuivre, le sélénium, le molybdène... Elle comprend également des oligoéléments comme le fluor, manganèse, bore, nickel, cobalt et autres. Selon certains auteurs, les trois phylums d'algues (brune, verte et rouge) ont des teneurs minérales totales similaires, mais ont un léger avantage en algues brunes et rouges (Marfaing, 2004).

5.3. Les polysaccharides

Les algues sont une source importante de polysaccharides (33-61%) avec des structures uniques qui diffèrent des fibres végétales terrestres. D'un point de vue nutritionnel, la plupart des polysaccharides d'algues sont des polysaccharides non digestibles, à l'exception de l'amidon chez les algues vertes et du floridoside chez les algues rouges (Marfaing, 2004).

Chapitre I : Généralité sur les macro-algues marines (algues macrophytes)

Selon ce même auteur, parmi les polysaccharides insolubles (21 à 40 % des polysaccharides totaux) il existe une fraction cellulosique présente en faible proportion dans les trois phylums et l'amidon floridien, notamment dans les algues rouges.

En général, à l'exception de la cellulose, les structures chimiques exactes des polysaccharides insolubles sont encore mal connues. Plus intéressant, la proportion de polysaccharides solubles représente (51% à 56%) des polysaccharides totaux chez les algues vertes et rouges et (67 à 87%) chez les algues brunes. La nature de ces polysaccharides solubles varie selon le phylum considéré.

- Les polysaccharides solubles des algues rouges sont l'agar, le carraghénane et le xylane.
- Les polysaccharides solubles des algues brunes sont le laminarane, l'alginate et le fucane.
- Les polysaccharides solubles des algues vertes sont constitués par les ulvanes.

5.4. Les protéines

La teneur en protéines des algues varie considérablement d'une espèce à l'autre et dépend de la saison et des conditions environnementales (Dawczynski *et al.*, 2007 ; De Oliveira *et al.*, 2009).

De manière générale, la teneur en protéines des algues brunes est faible (3 à 15 % de matière sèche) par rapport à celle des algues vertes et rouges (10 à 47 % de matière sèche) (Arasaki *et Arasaki*, 1983 ; Fleurence, 1999).) . La plupart des algues brunes utilisées industriellement (*Laminaria digitata*, *Ascophyllum*, *Fucus becyclusus* *et Himantaria elongata*) ont une teneur en protéines inférieure à 15 % (Fleurence, 1999).

Chez certaines macroalgues, telles que les espèces d'*Ulva*, la teneur en protéines peut représenter 10 à 26 % de la MS. La laitue de mer, une espèce couramment consommée au Japon sous le nom d'*Aonori*, a une teneur élevée en protéines de 20 à 26 % (MS) (Fleurence, 1999). La teneur en protéines des espèces d'*Ulva lactuca* varie entre 7,7 et 22,2 % MS (Chermiti *et al.*, 2003). Des niveaux élevés de protéines sont trouvés dans les algues macroalgues telles que *Porphyra tenera* (47% MS) et *Palmaria palmata* (35% MS) (Fleurence, 1999).

Chapitre I : Généralité sur les macro-algues marines (algues macrophytes)

La teneur en protéines des algues varie également selon la saison. Des études annuelles sur la teneur en protéines de *Palmaria palmata* (Dulse) montrent que sa teneur en protéines peut varier entre 9 et 25 % de la matière sèche. Des niveaux élevés de protéines sont observés à la fin de l'hiver et au printemps, avec des niveaux bas pendant l'été (Fleurence, 1999).

5.5. Les lipides

La teneur en lipides est très faible, 1 à 3 % de matière sèche. Les lipides des algues sont qualitativement différents des lipides des plantes terrestres. Ils ont une forte proportion d'acides gras essentiels, avec une prédominance d'acides gras insaturés (Darcy-Vrillon, 1993). Les algues rouges contiennent des taux élevés d'acides gras polyinsaturés à 20 carbones. L'acide eicosapentaénoïque (EPA) en particulier constitue 50% des acides gras polyinsaturés chez *Porphyra sp* et *Palmaria palmata* (Marfaing, 2004).

5.6. Les vitamines

Il n'existe que peu d'études sur la teneur en vitamines de diverses algues. Schiewer (1970) a mené une étude sur la teneur en vitamines de plusieurs algues de la mer baltique, et n'a montré aucune différence significative entre les trois groupes d'algues (algues brunes, vertes et rouges). Cependant, la variabilité des vitamines au sein d'une même espèce est très grande pour trois raisons.

- Rapport annuel de développement,
- L'influence du lieu de prélèvement,
- Variations saisonnières annuelles, maxima estival, minima hivernal.

Selon Marfaing (2004), la composition vitaminique des algues présente un grand intérêt malgré de fortes variations saisonnières. Les vitamines les plus importantes sont :

- **Vitamine B12:** Les algues contiennent une proportion non négligeable en vitamine B12, contrairement aux plantes terrestres qui en sont complètement dépourvues. Les travaux les plus récents semblent indiquer que la vitamine B12 des algues est bien bio disponible.
- **Vitamine C:** La vitamine C est présente en quantités importantes dans certaines algues vertes et brunes, à des taux variant entre (500 et 3000mg/Kg sec) alors que les algues rouges ont des teneurs en vitamine C de l'ordre de (100 à 800 mg/Kg sec).

Chapitre I : Généralité sur les macro-algues marines (algues macrophytes)

- **Vitamine E:** Les algues brunes sont plus riches en vitamine E que les algues vertes et rouges. Parmi les algues brunes, les teneurs les plus élevées sont observées chez les Fucales (*Ascophyllum* et *Fucus sp.*) qui contiennent entre (200 et 600 mg de tocopherols/Kg sec).

5.7. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont de puissants antioxydants. Les algues brunes sont particulièrement riches en caroténoïdes, notamment en fucoxanthine, en β -carotène et en violaxanthine. Les caroténoïdes les plus importants des algues rouges sont le β -carotène, l' α -carotène et leurs dérivés dihydroxylés zéaxanthine et lutéine. La composition en caroténoïdes des algues vertes reste proche de celle des plantes supérieures. Les principaux caroténoïdes présents sont le bêta-carotène, la lutéine, la violaxanthine, l'anthéroxanthine, la zéaxanthine et la néoxanthine. De nombreuses études ont démontré les propriétés antioxydantes des caroténoïdes d'algues et leur rôle dans la prévention de divers états pathologiques associés au stress oxydatif (Okuzumi et *al.*, 1993 ; Yan et *al.* 1999, Marfaing, 2004).

5.8. Les composés phénoliques

En particulier, elles sont considérées comme l'une des classes d'algues les plus importantes. Leurs molécules sont formées d'un ou plusieurs cycles aromatiques avec un ou plusieurs groupements hydroxyle. Les composants phénoliques sont des molécules biologiquement actives largement utilisées en thérapeutique comme vasoconstricteurs, agents anti-inflammatoires, inhibiteurs d'enzymes, antioxydants, agents anti-radicaux libres et agents antibactériens (Lakhdar, 2018).

5.8.1. Les tanins

Les tanins sont des polyphénols naturels connus à l'origine pour leur capacité à précipiter les alcaloïdes et les protéines. Selon Bate-Smith (1973), les tanins sont des composés phénoliques hydrosolubles de poids moléculaire (500-3000Da) et en plus de la réactivité classique des phénols, ils ont aussi la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines. Elle a été complétée grâce à la méthode analytique des tanins qui sont actuellement définis comme des polyphénols avec des poids moléculaires allant jusqu'à 20 000 Da (Haslam, 1989 ; Hagerman, 2002).

Chapitre I : Généralité sur les macro-algues marines (algues macrophytes)

5-8-2-Les flavonoïdes

Le terme flavonoïde désigne un très large spectre de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (Seyoum et *al.*, 2006), considérés comme des pigments quasi universels chez les végétaux, et responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. Les flavonoïdes peuvent être divisés en plusieurs classes dont les plus importantes sont : flavones, isoflavandiols, flavanols, flavandiols, aurones, chalcones, anthocyanines (Effendi et *al.*, 2008).

5-9-Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des composés azotés présents dans les algues et sont divisés en trois groupes : les alcaloïdes de phényléthylamine, les indoles et les alcaloïdes indoliques halogénés. (Nagrawi, 2014). Les alcaloïdes dérivés d'algues sont relativement rares par rapport à ceux des plantes terrestres et sont largement utilisés dans les industries alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques en raison de leur activité antibactérienne, anti-inflammatoire, antioxydante et antitumorale (Michel, 2000).

5-10-Les isoprénoides (Terpénoïdes)

Les terpénoïdes sont constitués d'unités d'isoprène (C5). Ils se répartissent en plusieurs catégories, comme les monoterpènes (C10), les diterpènes (C20), triterpènes (C30), sesquiterpènes (C15), et tétraterpènes (C40) (Chouikhi, 2013). Les algues brunes produisent des terpénoïdes et des acétogénines. Les algues rouges sont également connues pour produire un nombre impressionnant de composés halogénés. Les algues vertes, principalement les espèces de Bryopsidales, produisent des composés sesquiterpénoïdes et diterpénoïdes (Naghraoui, 2014).

6.Reproduction des algues

Les algues poussent souvent par multiplication végétative. C'est la reproduction asexuée qui consiste soit en la division de cellules solitaires (cyanobactéries), soit en la fragmentation du thalle conduisant à la formation de multiples organismes identiques. Cela se fait souvent par la formation de spores, qui sont des cellules spécialisées.

Les algues eucaryotes se reproduisent également sexuellement. Dans ce cas, deux cellules germinales ou gamètes se combinent pour produire un œuf ou un zygote. Ainsi, la reproduction algale alterne entre des stades asexués assurés par le thalle (sporophyte) et des

Chapitre I : Généralité sur les macro-algues marines (algues macrophytes)

stades sexués assurés par les gamètes producteurs de thalle (gamétophytes). (Garon Lardiere, 2004).

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

7. Facteurs de répartition des algues

Puisque que les algues sont liées à l'eau, elles peuvent coloniser n'importe quel type d'habitat à condition qu'il soit humide et bien éclairé. On les trouve dans l'eau douce, la mer, les sols humides et même sur la neige. Les algues dépendent de la lumière pour effectuer la photosynthèse. De plus, comme les algues doivent être ancrées à un substrat, la texture, la cohésion et la chimie du substrat influencent la répartition spatiale des espèces (Schaechter, 2009).

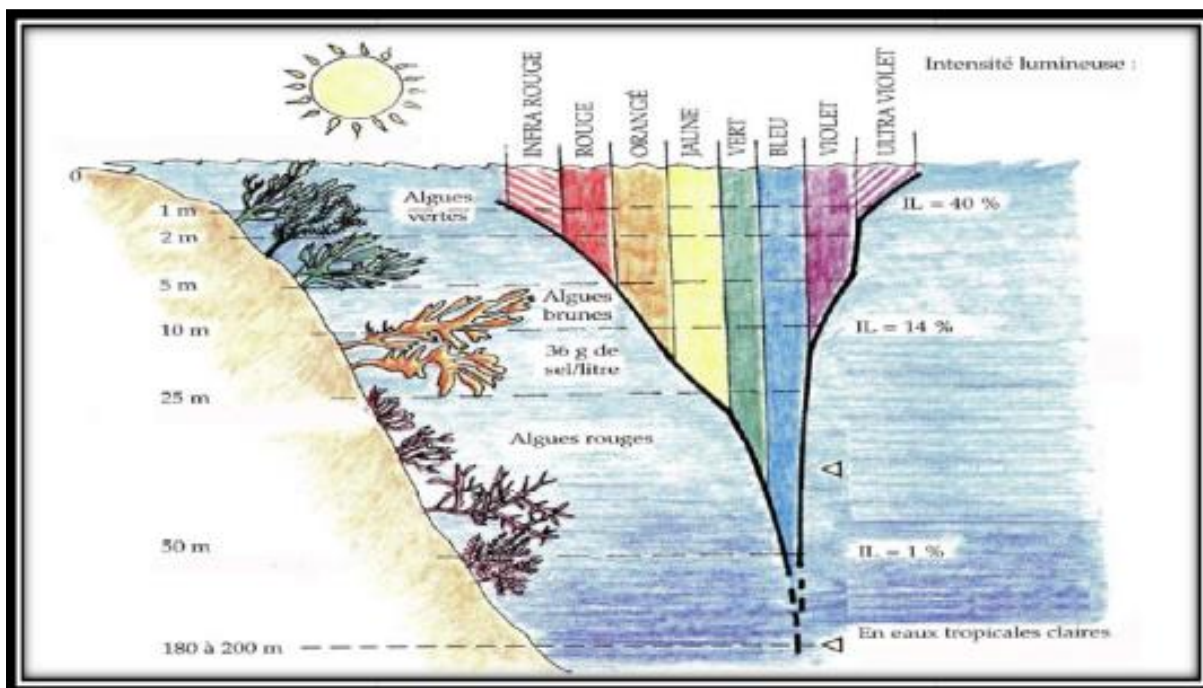


Figure 11: Distribution des algues selon l'intensité lumineuse (Leclerc, 2010)

Deux facteurs jouent un rôle déterminant dans cette répartition :

- l'eau, plus précisément la durée d'absence d'eau due aux mouvements de marée
- La quantité et la qualité de la lumière disponible (longueur de rayonnement).

8. Rôles économique des algues

On estime que plus de 90% de l'activité photosynthétique sur Terre est due aux algues, principale source d'oxygène. De nombreux groupes de population des zones côtières utilisent les algues dans leur alimentation quotidienne. La propriété physiologique des algues d'accumuler dans leurs cellules les oligo-éléments contenus dans l'eau est aujourd'hui utilisée pour l'alimentation et la thalassothérapie. Or, l'utilisation industrielle des algues est essentiellement liée à l'extraction des phycocolloïdes, des polysaccharides qui forment des parois cellulaires aux propriétés texturales. On distingue ainsi l'agar et le carraghénane obtenu à partir d'algues rouges et les alginates obtenus à partir d'algues brunes. Les principales utilisations de ces phycocolloïdes ne sont pas seulement dans l'industrie alimentaire, mais également dans divers domaines tels que les industries des cosmétiques et des peintures (Revéret & Dancette, 2010).

9. Production mondiale des algues marines

À l'échelle mondiale, plus de 15,8 millions de tonnes (poids frais) de macroalgues sont transformées chaque année, soit 23 % de la production aquacole totale, avec une valeur marchande de 7,4 milliards de dollars US en 2008, avec une croissance annuelle composée de 7,7 % (FAO, 2010). Environ 220 espèces sont cultivées.

Les principaux producteurs sont la Chine, l'Indonésie et les Philippines, qui représentent à eux seuls les quatre cinquièmes de la production. Ce produit est principalement destiné à la consommation humaine directe (76,1%), à l'extraction de métabolites (11,2%), et le reste est utilisé dans divers domaines tels que l'alimentation animale et l'agriculture (**Tableau 3**) (FAO, 2010).

Chapitre I : Généralité sur les macro-algues marines (algues macrophytes)

Tableau 3: Production mondiale de macroalgues marines (FAO, 2010)

Région	Pays	Quantité (tonnes/poids frais) (2008)
Asie de l'Est et du Sud - Est	Chine	9 922 400 (62,8 %)
	Indonésie	2 164 600 (13,7%)
	Philippines	1 674 800 (10,6%)
	République de Corée	932 200 (5,9%)
	Japon	458 200 (2,9%)
	RPD-Corée	442 400 (2,8%)
Amérique latine	Chili	21 700 (0,14%)
Afrique	Tanzanie, Madagascar, Afrique du Sud	14 700 (0,093%)
Europe	Russie, France, Espagne	864

10. Application des algues marine

Il existe plusieurs industries qui utilisent des algues et des phycocolloïdes. Ils sont aujourd'hui une source alimentaire et un produit de plus en plus valorisé, notamment en Asie, et sont utilisés directement ou indirectement, notamment par l'industrie des phycocolloïdes (agar et alginates). Ils sont utilisés dans l'agriculture comme engrais et aliments pour animaux, les industries alimentaires et pharmaceutiques, les textiles et de nombreux autres domaines (Chopin, 1997). A cause des propriétés de plusieurs éléments, les algues ont été et sont encore utilisées à de nombreuses fins :

10.1. En alimentation animal

Les animaux vivant dans les zones côtières (ovins, bovins, équins), notamment dans les pays côtiers, ont longtemps consommé des macroalgues brunes, surtout dans les pays où celles-ci étaient rejetées sur le rivage, et l'algue rouge *Palmaria palmata* a été appelée « goémon à vache ». Aujourd'hui, la disponibilité de macro-algues pour animaux s'est accentuée avec la production de farines. Les premières tentatives pour compléter les régimes alimentaires du bétail ont montré une bonne acceptabilité, une bonne digestibilité et une bonne assimilation des algues. Les macroalgues utilisées pour l'alimentation, telles que *l'Ascophyllum nodosum* et la *Laminaria digitata*, sont fraîchement coupées, broyées en fines particules et séchées. Leur analyse a montré qu'ils contenaient des quantités importantes de minéraux, d'oligo-éléments et

Chapitre I : Généralité sur les macro-algues marines (algues macrophytes)

de vitamines. Oligo-éléments essentiels pour les mammifères, tels que le fer, le zinc, le cobalt, le chrome, le molybdène, le nickel, le fluor et l'iode (Chouikhi, 2013)

Leurs avantages :

- Augmentent la production laitière chez les vaches de 6,8% à 13%.
- Les brebis nourries aux macro-algues maintiennent leur poids beaucoup mieux durant la période hivernale et donnent une plus grande production de laine.
- Stimulent le système immunitaire de certains animaux.
- En aquaculture, la nourriture habituellement se compose de déchets de viande et de poissons mélangés avec des additifs secs contenant des nutriments supplémentaires (macro-algues), pour former une masse pâteuse servant à la préparation des granulés.
- Augmenter la teneur en iode des volailles et des œufs.
- L'addition de macro algues leur permet de ne pas se désagréger ou de se dissoudre.

10.2. En alimentation humaine

Les algues sont consommées en Asie depuis l'aube de l'humanité. En Occident, la consommation directe de ces algues est assez limitée et récente (Fleurence, 1993).

Ces macroalgues contiennent des protéines, des lipides, des vitamines et des minéraux, ce qui en fait une source alimentaire précieuse (Sanchez-Machado et *al.*, 2004 ; Noziah et Ching, 2000 ; Wong et Cheung, 2000). Environ 75% des algues produites dans le monde (8 millions de tonnes d'algues fraîches) sont destinées à la consommation humaine directe. Actuellement, 14 types de macroalgues et microalgues comestibles sont agréés à la vente dans certains pays.

10.3. Industrie alimentaire

Cependant, bien que les algues dans l'alimentation fassent partie du quotidien humain, elles sont utilisées de manière discrète en raison de leurs propriétés techniques et sont utilisées depuis le début des années 1960. L'agar, l'alginate et le carraghénane sont ainsi devenus des ingrédients incontournables de l'industrie agro-alimentaire (Marfaing, 2004). Les algues rouges sont les matières premières de l'agar et de l'agarose. Les genres *Gelidium*, *Gracilaria*, *Acanthoptelis* et *Pterocladia* sont les principaux producteurs de ces matériaux (Chouikhi,

Chapitre I : Généralité sur les macro-algues marines (algues macrophytes)

2013). Le mucilage extrait à haute température de ces algues produit une poudre d'agar après purification, déshydratation et broyage. Il est principalement utilisé pour gélifier divers aliments, mais aussi comme milieu nutritif pour les cultures microbiennes ou in vitro (Chouikhi, 2013).

10.4. Agriculture

Pendant longtemps, les habitants du littoral ont utilisé des macroalgues, notamment de grosses algues brunes, pour fertiliser leurs terres. Ces algues étaient généralement collectées près de la côte, lavées et coupées. L'efficacité des macroalgues comme engrais dépend des algues utilisées. En général, cela est dû non seulement à la composition chimique des algues et à leur valeur nutritionnelle, mais aussi aux propriétés physiques des polysaccharides des algues qui contribuent à améliorer la structure du sol (Kim, 1970). L'utilisation d'engrais naturels devrait réduire la quantité d'engrais chimiques et de traitements phytosanitaires conventionnels qui contaminent les sols et les cultures (Pérez, 1997).

10.5. Dans le domaine pharmaceutique et médical

Plusieurs composés isolés de macroalgues sont biologiquement actifs, dont certains ont une activité pharmacologique puissante (Rorrer et Cheney, 2004). Ces composés bioactifs comprennent des polyphénols tels que des flavonoïdes et des phlorotannins.

Des études pour isoler et déterminer les structures chimiques de nouveaux métabolites secondaires susceptibles de présenter des activités biologiques potentielles sur le plan pharmacologique ont été menées sur deux algues méditerranéennes, *Cystoseira crinita* (algue brune) et *Lynghya majuscula* (cyanobactéries) (Praud, 1994).

10.6. Dans la biotechnologie

Le processus biotechnologique des macroalgues marines comprend trois volets : le développement de cellules et de cultures cellulaires, la conception de photobioréacteurs et l'identification de stratégies pour réaliser la biosynthèse des métabolites secondaires (synthèse biomimétique) (Rorrer et Cheney, 2004). La manipulation biotechnologique (biomoléculaire) des macroalgues marines pour produire ces composés est un domaine émergent de la biotechnologie marine. Les algues rouges contiennent une protéine spécifique appelée phycoérythrine (PE). Il a déjà été utilisé dans des applications biotechnologiques comme colorant ou colorant pour des réactions d'immunofluorescence (Fleurence, 1999).

10.7. Dans le traitement des eaux usées

La technique dite de lagune est une alternative économique et efficace aux stations d'épuration (eaux usées des villes, des industries, des piscicultures et des élevages) (Cohen et Nori, 1991). Depuis la fin des années 1970, on s'est intéressé à l'utilisation des macroalgues pour traiter les effluents en saumures (Guist et Humm, 1976). De plus, la biomasse algale formée a un potentiel d'utilisation, notamment pour l'alimentation des poissons. Cependant, les milieux riches en azote, tels que les effluents des piscicultures utilisant des macroalgues comme biofiltres, peuvent augmenter la teneur en protéines (Lahaye et *al.*, 1991).

11- Présentation de l'espèce étudiée

11-1-Position systématique

- Embranchement : Rhodobionta / Rhodophyta
- Sous-embranchement : Eurhodophytina
- Classe : Florideophyceae
- Sous-classe : Rhodymeniophycidae
- Ordre : Gigartinales
- Famille : Sphaerococcaceae
- Genre : *Sphaerococcus*
- Espèce : *coronopifolius*



Figure 12 : *Sphaerococcus coronopifolius* (Mehiaoui Saadia)

11-2-Morphologie

Thalle très ramifié de couleur rouge vif, de consistance cartilagineuse, ramifiés d'une façon pseudodichotome à irrégulière et ces axes principaux sont aplatis, les ramifications augmentent et s'affinent aux extrémités, laissant apparaître une organisation partiellement alterne. Ces extrémités se différencient en ramules épineux. Le thalle subsisterait en automne, réduit à ses axes et rameaux principaux. La taille des axes peut atteindre 5 mm de largeur, le thalle pouvant dépasser les 25 cm de hauteur. (Fischer et *al.*, 1987).

11-3-Structure

En coupe transversale, l'axe central est entouré d'hyphes réfringentes abondantes engendrées par des cellules péricentrales peu discernables (Fischer et *al.*, 1987).

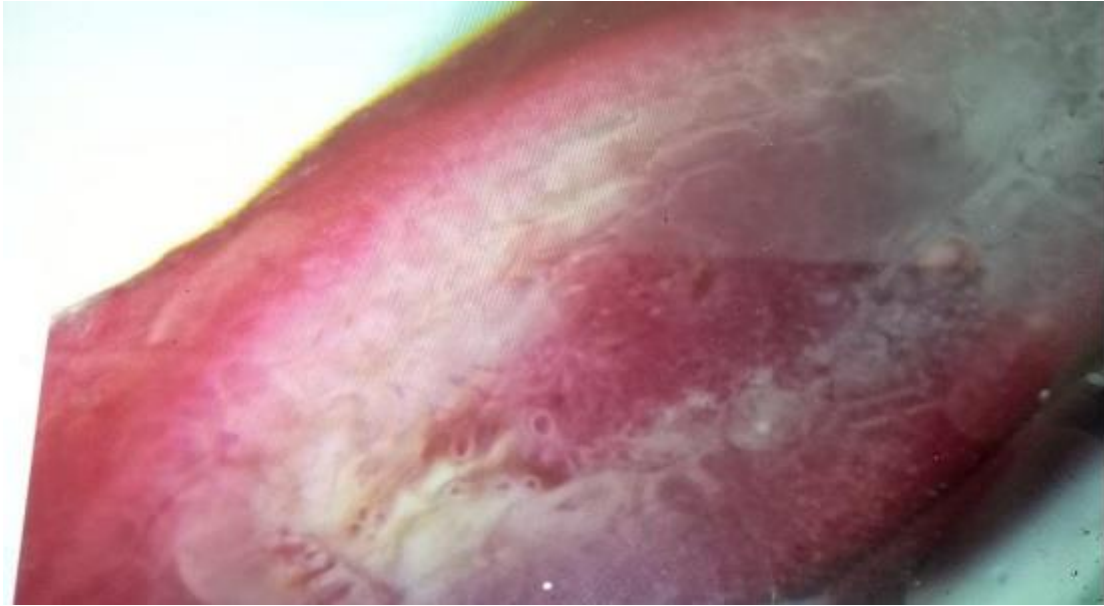


Figure 13 : Coupe transversale de *Sphaerococcus coronopifolius* (Mehiaoui Saadia)

11-4-Reproduction

Cycle trigénétique avec gamétophyte et tétra sporophyte isomorphe. Les tétrasporocystes (zonés) sont disséminés dans le cortex du thalle; les cystoscopes, très proéminents, sont portés par de petites proliférations marginales des ramules (Fischer et *al.*, 1987)

11-5-Habitat et écologie

Exploite les substrats durs des étages infra- et circa-littoral, à une profondeur de 1 à 60 m, fond rocheux de l'infralittoral, c'est une espèce sciaphile, vivant indifféremment en mode calme ou battu, elle est aussi visible dans les biotopes photophiles (Fischer et *al.*, 1987).

11-6-Récolte et utilisation

Récoltée à la main pour une utilisation potentielle médicale si on se réfère à son exploitation en Chine (Fischer et *al.*, 1987).

Chapitre II

Matériel et méthodes

Partie I : Identification de la biomasse algale

1-Sites de prélèvement

L'ensemble du linéaire côtier s'étend sur **162Km**, le long de cette zone **11** stations de la côte ouest algérienne sont prospectées, qui se positionnent sur trois wilayas(**Figure14**).

- **La wilaya d'Oran** : les stations visitées sont : Arzew (plage saint-Michel) et Mers El Hadjadj
- **La wilaya de Mostaganem** : Les stations sont : Stidia, Ouréah, Sablette, Salamandre, Abdmalek ramdan, Petit port et Bahara.
- **La wilaya de Chlef** : Les stations sont : El Guelta et El-Marsa.

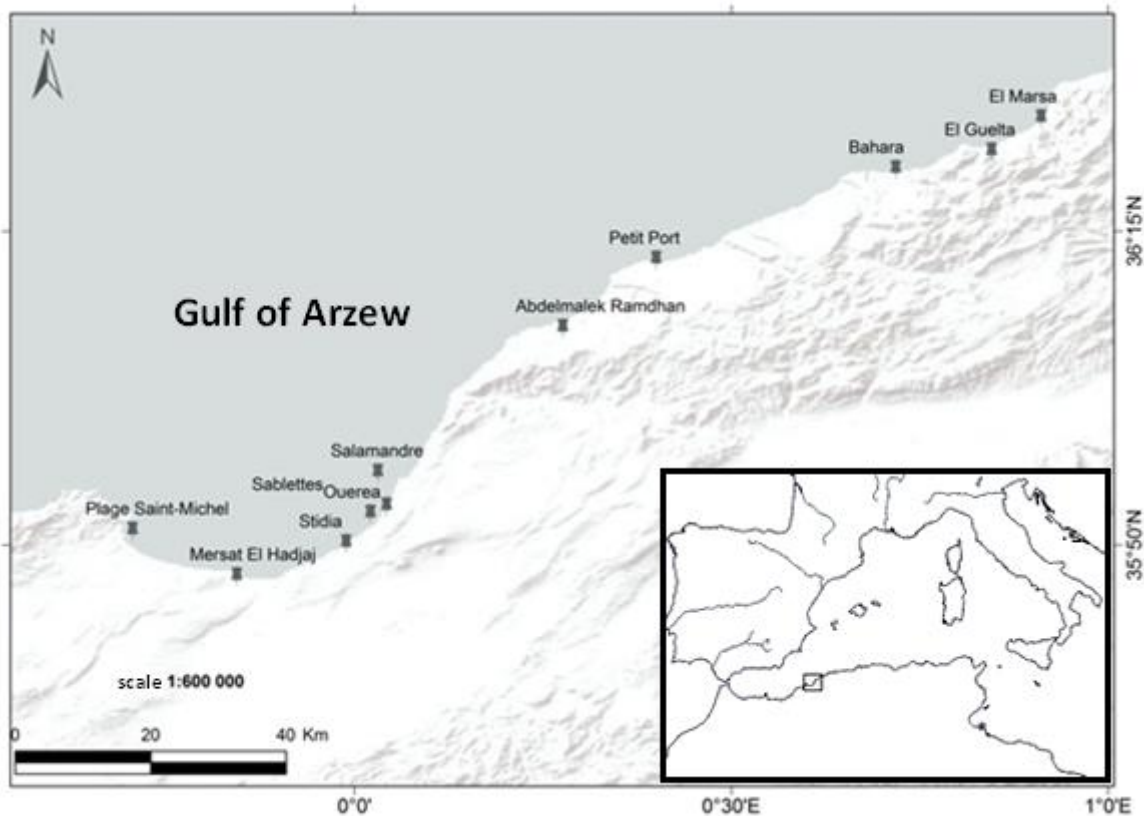


Figure14 : Localisation géographique des stations d'étude.

2-Choix des stations

Le choix des stations de récolte a été sélectionné d'abord en fonction de l'importance de la flore algale marine, notre choix s'est porté sur 11 stations, on compte d'une part 6 stations à substrat dur (Saint-michel – Stidia – Salamandre – Abdelmalek ramdan – Bahara et El-Guelta) et 5 stations à substrat meuble (Mers El-Hadjadj – Ouréah – Sablette – Petit port et El-Marsa).

Chapitre II : Matériel et Méthodes

D'autre part, les mêmes stations peuvent être classées selon la qualité du milieu (pollution), par conséquent on compte 4 stations considérées comme zone de référence (Abdmalek ramdan- Petit port – Bahara et El-Guelta) vu l'absence relative de pressions anthropique et pollution et les autres stations dites perturbées (zones polluées) vu les activités anthropique qui ont des impacts irréversible sur les écosystèmes côtiers et marins.

2-1-Plage Saint-Michel

Le site de Saint-michel est à 60 Km de la ville de Mostaganem, zone calme au sein d'une plage rocheuse avec les coordonnées suivantes : $35^{\circ} 51'5''N$ $0^{\circ} 17'40''W$.



Figure 15: Plage Saint-Michel(Mehiaoui Saadia)

2-2-Plage Mers El Hadjadj

Mers El Hadjadj est une plage à caractère sableux, anciennement Port aux poules (Coordonnées : $35^{\circ}47'27''N$ $0^{\circ}09'22''W$).



Figure 16 : Plage Mers El Hadjadj(Mehiaoui Saadia)

2-3-Plage de Stidia

À une distance d'environ 20 km à l'ouest de la ville de Mostaganem ; se situe la plage de Stidia. Ce site se caractérise par une structure montagneuse ouverte vers le nord-ouest (Coordonnées : 35°50'05"N 0°00'39"W).

Le site de Stidia est un abri naturel de pêche, positionné entre deux grands ports, ceux de Mostaganem et d'Arzew et c'est les raisons pour lesquelles on a opté pour ce site.

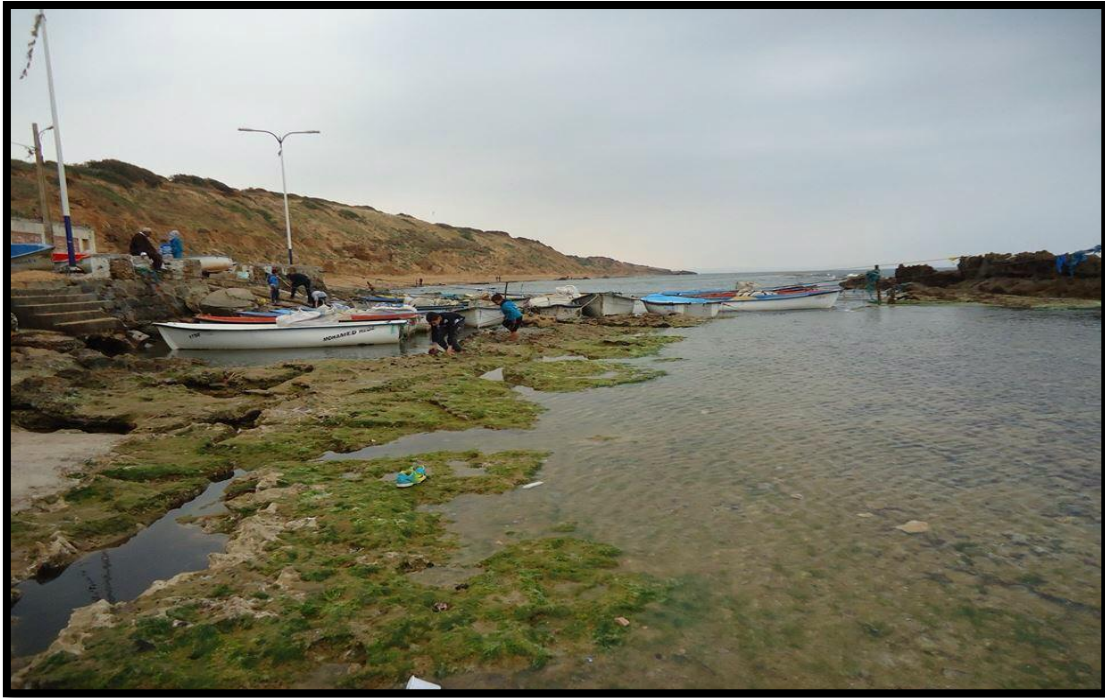


Figure 17: Plage de Stidia (Mehiaoui Saadia)

2-4-Plage d'Ouréah

Une localité balnéaire avec de grands atouts touristiques, située entre Stidia et Mostaganem et peuplée de 3000 habitants. Elle surplombe la magnifique baie d'Arzew. Une zone semblable à une localité, mais avec un petit groupe d'habitations ou d'autres bâtiments. (Coordonnées : $35^{\circ}52'26''\text{N } 0^{\circ}01'17''\text{E}$).



Figure 18 : Plage d'Ouréah(Mehiaoui Saadia)

2-5-Plage de Sablette

Est une plage à caractère sableux, très fréquentée en période estivale avec de grands atouts touristiques, **Coordonnées : 35°53'02"N 0°02'34"E**.

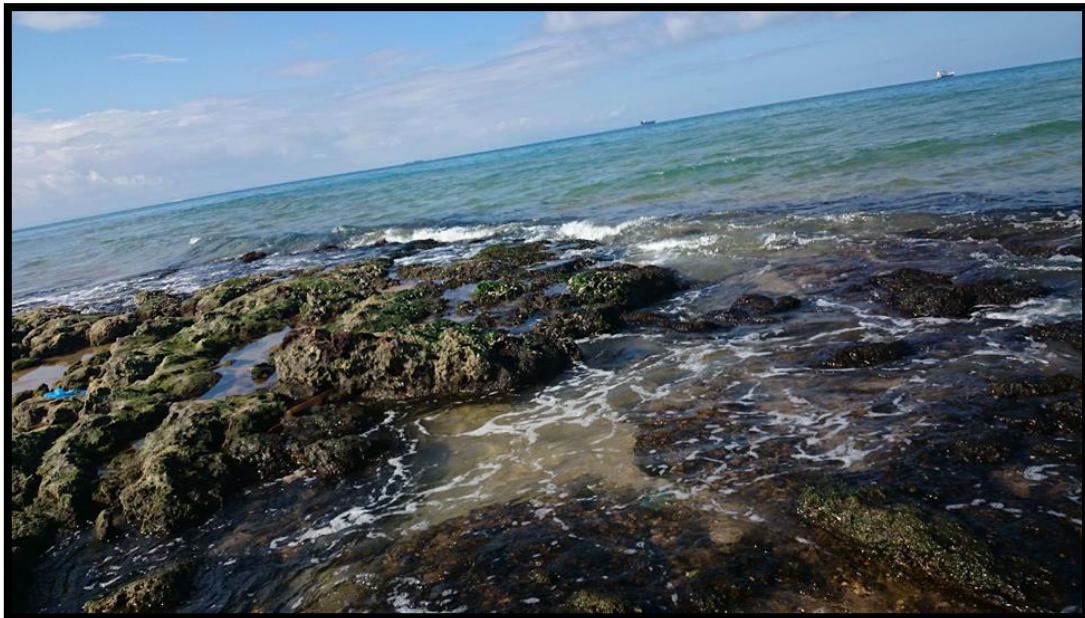


Figure 19:Plage de Sablette (Mehiaoui Saadia)

2-6-Plage de salamandre

Ce site se situe à 5 km de la ville de Mostaganem, il possède un trait de côte de 4000 m. Salamandre est une plage à caractère rocheux, qui a une orientation vers l'ouest (Coordonnées : 35°55'42"N 0°01'52"E).

Ce site a été choisi en fonction de sa position limitrophe du port de commerce et de pêche de la wilaya de Mostaganem. Ce choix est basé ; sur le fait que l'eau de ballast des navires de commerce et les filets de pêche, constituent respectivement un vecteur d'introduction et un mode de dissémination de *Caulerparacemosa* (Verlaque et *al.*, 2003, 2004 ; Zuljevis et *al.*, 2004 ; Ruitton et *al.*, 2005).



Figure 20 :Plage de salamandre (Mehiaoui Saadia)

2-7-Plage de Abd-Malek Ramadan

Ce site est une plage se situant à 23Km à l'Est de la ville de Mostaganem dont la longueur est de 4500m, faisant partie de la commune de Ben Abdmalek Ramadan.(Coordonnées : 36°07'14"N 0°16'35"E).



Figure 21 :Plage de Abd-Malek Ramadan (Mehiaoui Saadia)

2-8-Plage de Petit-Port

Cette station se trouve à 35 Km à l'Est de Mostaganem, les prélèvements ont été réalisés dans des endroits à fond sableux et rocheux sur une plage de 3500m de long abritant un herbier clair-semé de *Posidoniaoceanica*, associé aux algues macrophytes. (Coordonnées :36°12'40"N 0°24'01"E).



Figure 22: Plage de petit-Port (Mehiaoui Saadia)

2-9-Plage de Bahara

Elle se situe à 85 kilomètres à l'est de la ville de Mostaganem. Elle servait comme port durant l'antiquité. Sa longueur est de 6 200 mètres.(Coordonnées : 36°19'53"N 0°43'06"E).



Figure 23 :Plage de Bahara (Mehiaoui Saadia)

2-10-Plage El-Guelta (Chlef)

La plage d'El-Guelta, dans la commune d'El-Marsa, à l'extrême nord-ouest de la ville de Chlef. Connu pour être l'une des plus belles et des plus fascinantes plages que compte le littoral de la wilaya, ce site balnéaire, livré à une totale anarchie, est devenu un véritable dépotoir où se déversent eaux usées et ordures de toutes sortes qui proviennent de partout(Coordonnées : 36°21'17"N 0°50'44"E).

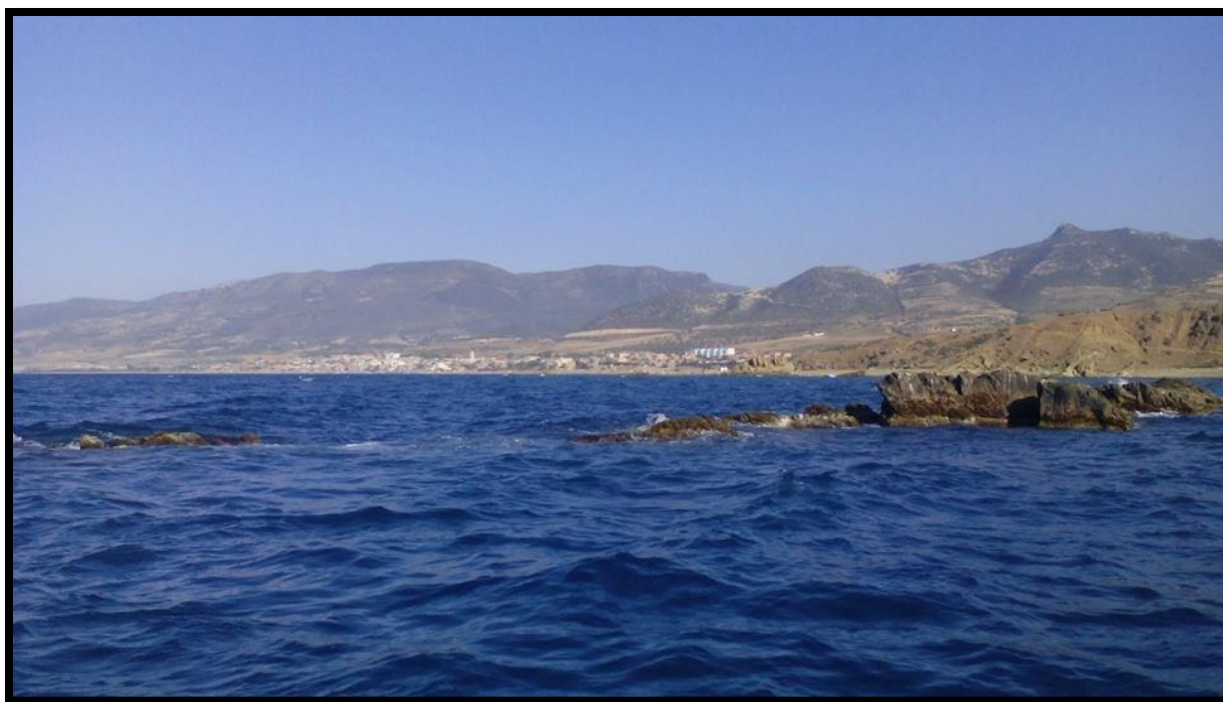


Figure 24:Plage El-Guelta (Chlef) (Mehiaoui Saadia)

2-11-Plage El-Mersa (Chlef)

Située à l'ouest de Ténés sur la route littorale menant à Mostaganem. Est une plage à caractère sableux, très fréquentée en période estivale.(Coordonnées : **36°23'56"N 0°54'41"E**).



Figure 25:Plage El-Mersa (Chelef) (Mehiaoui Saadia)

3-Collecte et identification des algues marines

Les stations ont été visitées mensuellement (**Décembre 2018- Décembre2020**). L'inventaire établi s'est effectué sur la base d'échantillons prélevés en plongée avec scaphandre autonome entre 0 et 40 m de profondeur (tranche bathymétrique de 5 m) et en utilisant un quadrat en PVC de (20 × 20 cm) pour chaque station nous avons prospecté un linéaire côtier de 25 à 50 m de longueur et de 5 à 10m de large, nous avons pris soin de récupérer la totalité du thalle et le plus de variétés possibles, les individus doivent toujours être très soigneusement prélevés avec leur base, celle-ci étant souvent un caractère fondamental de reconnaissance et d'identification.



Figure 26: Quadrat utilisé pour l'échantillonnage (Mehiaoui Saadia).

4-Les opérations d'identification des espèces.

La reconnaissance des espèces de macrophytes nécessite souvent un examen microscopique, parfois une coupe transversale. L'identification des espèces s'est effectuée en utilisant des guides et des manuels taxonomiques appropriés: fiches **FAO** d'identification des espèces pour les besoins de la pêche Vol1, **WORMS** : World Register of Marine Species; ainsi que d'autres documents scientifiques plus récents de (Boudouresque, 2005; Pergent *et al.*, 2007).

5-Méthodes adoptées

5-1- Paramètres analytique

Pour l'analyse quantitative et qualitative de la végétation, nous avons utilisé les méthodes phytosociologiques terrestres que plusieurs auteurs ont utilisé en milieu marin, (Boudouresque 1971a, 1971b), (Cormaci *et al.* 1992), (Scammacca *et al.* 1993).

5-1-1-Le recouvrement

Le recouvrement (**R_i**) est le pourcentage de la surface du substrat couverte en projection par l'espèce **i**. Etant donné la stratification de la végétation, le recouvrement total d'un relevé ΣR_i est généralement supérieur à 100%. L'échelle d'abondance-dominance de Braun-Blanquet et Pavillard (1992) a été utilisée :

Chapitre II : Matériel et Méthodes

+ = recouvrement négligeable

1 = recouvrement moins de 5% de la surface

2 = entre 5 et 25% de la surface

3 = entre 25 et 50% de la surface

4 = entre 50% et 75% de la surface

5 = plus de 75% de la surface

5-1-2-Recouvrement moyen global

A chaque classe du coefficient de recouvrement R_i , est attribuée une valeur moyenne mensuelle conventionnelle (centre de classe) nommée recouvrement moyen.

Absence = 0

+ = 0,1%

1 = 2,5%

2 = 15%

3 = 37,5%

4 = 62,5%

5 = 87,5%

Le **RMG** (recouvrement moyen global) de l'espèce i dans un ensemble de N relevé est la moyenne de ces recouvrements moyens successifs.

$$\mathbf{RMG} = \frac{\sum R_i}{N}$$

Le RMG d'un sous ensemble E de n espèces (groupe écologique, unité systématique, ou éléments phytogéographiques) est la somme des espèces constitutives (Boudouresque, 1971)

5-1-3-Richesse spécifique (Q)

Le coefficient Q est l'effectif spécifique d'un sous-ensemble quelconque dans un relevé (groupe écologique, unité systématique, ou éléments biogéographiques) et le Q (surligné) d'un groupe d'espèces représentant son effectif moyen en espèces (Boudouresque, 1971).

5-1-4-Dominance quantitative

La dominance en fonction du recouvrement (ΣDR_i) d'un groupe d'espèces dans un relevé où (dans un tableau de relevé), est le rapport exprimé en pourcentage, de la somme de leur recouvrement (ou leur RMG) sur le recouvrement total des espèces du relevé (où sur le recouvrement total moyen des espèces du tableau de relevé) (Boudouresque, 1971).

5-1-5-Dominance qualitative(D)

C'est le rapport exprimé en pourcentage de Q, (où de Q surligné) sur T (où T surligné) (Boudouresque, 1971).

5-1-6-Le Rapport R / P Rhodophyceae / Phaeophyceae

Le rapport du nombre de *Rhodophyceae* (*Bangiophyceae*+ *Florideophyceae*) sur le nombre de *Phaeophyceae*, établi par Feldmann (1937), permet de caractériser la flore d'une région donnée, il croît régulièrement depuis les Mers froides de l'Europe du Nord jusqu'aux provinces chaudes de l'Atlantique tropical.

5-1-7-Indice de Diversité

La diversité (**H**) mesure dans un peuplement, la quantité d'information résultant de la différenciation des espèces. La valeur de **H** traduit le degré d'évolution structurale, la maturité et la stabilité de l'écosystème considéré. Elle a été calculée à partir des dominances de chaque espèce (**R_i / R_t**) d'après la formule de Shannon (Boudouresque ; 1971).

$$H = - \sum p_i \times \log_2 p_i$$

Avec $p_i = R_i / R_t$ et $R_t =$ recouvrement total

5-1-8-Equitabilité ou Régularité

C'est le rapport entre l'indice de diversité effectif de la communauté et sa valeur maximale pour le nombre d'espèces présentes (**H_{max} = Log₂ T**) T = nombre total de taxa (Boudouresque, 1971).

$$E = H' / H_{max}$$

5-1-9- Analyse multivariée

Dans le but d'évaluer une éventuelle relation entre leur position géographique et les algues inventoriées dans chaque site, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été réalisée sur la diversité spécifique des sites d'échantillonnage à l'aide du programme R Studio.

Partie II : Valorisation de la biomasse algale

1- Caractéristiques de l'espèce étudiée (*Sphaerococcus coronopifolius*)

1-1- Position systématique

- Embranchement : Rhodobionta / Rhodophyta
- Sous-embranchement : Eurhodophytina
- Classe : Florideophyceae
- Sous-classe : Rhodymeniophycidae
- Ordre : Gigartinales
- Famille : Sphaerococcaceae
- Genre : *Sphaerococcus*
- Espèce : *coronopifolius*



Figure 27 : *Sphaerococcus coronopifolius* (Mehiaoui Saadia)

2-Collecte et extraction de *S. Coronopifolius*

Les échantillons d'algue ont été récoltés sur des rochers submergés entre 6 et 7 m de profondeur pendant le mois de Mars 2021 à Stidia (Coordonnées : 35° 49' N / 0° 01' O). Dans la région de Stidia située à 20 km à l'ouest de la ville de Mostaganem. Les échantillons récoltés sont triés à la main au laboratoire, afin d'éliminer tous les plantes épiphytes et les parasites. Puis ils sont lavés abondamment à l'eau du robinet puis subissent un dernier rinçage à l'eau distillée. Ils sont ensuite étalés à l'ombre dans un endroit aéré à température ambiante pour être bien séchés, jusqu'à déshydratation complète.

3-Préparation de l'extrait eau-méthanol d'algue *Sphaerococcus coronopifolius*

Après broyage et séchage de l'algue étudié, 100 g du matériel végétale et soumis à une agitation pendant 30 minutes à température ambiante, dans 200 ml du mélange eau-méthanol (75-125 ml) pendant 1 heure. L'extrait ensuite filtrés sur papier Whatman N°05, puis concentrés au Rotavapeur. La solution récupérée est séchée dans l'étuve à 37°C pendant 72h, c'est l'extrait brut eau-méthanol pour l'algue Rouge *Sphaerococcus coronopifolius* (Karumi *et al.*, 2004).



Figure 28: Les étapes pour obtenir l'extrait brut eau-méthanol de l'algue Rouge *S.coronopifolius*(Mehiaoui Saadia)

4-Le Rendement Obtenu

Le rendement de l'extraction est déterminé par le rapport entre la masse des Polyphénols extraits et la masse de la matière première végétale traité. Le rendement exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rdt (\%)} = \frac{\text{P1} - \text{P2}}{\text{P3}} \times 100$$

P1 : Poids du ballon après évaporation.

P2 : Poids du ballon avant évaporation.

P3 : Poids de la matière végétale de départ.

5-Dosage des Polyphénols Totaux

Ce dosage repose sur la méthode colorimétrique utilisant le réactif de FolinCiocalteu. Ce dernier est constitué d'un mélange d'acide Phosphotungstique (H₃ PW₁₂ O₄) et d'acide Phosphomolybdique (H₃ PMO₁₂ O₄₀). L'oxydation des phénols réduit ce réactif en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est proportionnelle au taux de composés phénoliques oxydés dont l'absorbance est comprise entre 725 et 760 nm (Lit *et al.*, 2007).

5-1-Méthode

Un volume de 0.2 ml d'extrait a été mélangé avec 1.5 ml de Folin Ciocalteu (10%). Après 5 minutes, on rajoute 1.5 ml d'une solution de Carbonate de sodium (6%). Le mélange est soumis une agitation puis incubé a température ambiante a l'obscurité pendant 2h et l'absorbance est lue a 765 nm sur un Spectrophotomètre. L'acide gallique est utilisé comme standard de référence. Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalents d'acide gallique par mg d'extrait sec ($\mu\text{g EA/mg d'extrait}$).

$$\text{Polyphénols} = a \cdot f/C$$

a: Concentration de Polyphénols ($\mu\text{g Eq acide gallique/mg d'extrait}$) déterminée à partir de la courbe étalon.

f: Facteur de dilution ($\times 22$).

C : Concentration de l'extrait.

5-2-Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

La courbe d'étalonnage est effectuée par l'acide gallique à différents concentration de 0.1 au 10 $\mu\text{g/l}$, dans les mêmes conditions et les mêmes étapes du dosage. Les résultats sont ainsi exprimés en milligramme d'équivalents d'acide gallique par gramme de matière végétale fraîche.

6-Dosage des Flavonoïdes totaux

Les flavonoïdes sont quantifiés par une méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium (AlCl₃) 2%. Le trichlorure d'aluminium forme un complexe jaune avec les flavonoïdes, qui absorbe dans le visible à 510 nm (Ardestani et Yazdanparast, 2007).

6-1 Méthode

Un Volume de 1 ml d'extrait a été additionné à 1 ml de Trichlorure d'aluminium à 2% (AlCl₃). Le mélange a été placé à température ambiante et a l'obscurité pendant 10 min puis l'absorbance a été mesurée à 430 nm sur un Spectrophotomètre. Le Quercétine est utilisé comme standard de référence. Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalents Quercétine par mg d'extrait sec ($\mu\text{g EQ/mg d'extrait}$).

$$\text{Flavonoïdes} = a \cdot f/C$$

a: Concentration de flavonoïdes (équivalent de catéchine/mg d'extrait) déterminée à partir de la courbe étalon.

f: Facteur de dilution ($\times 10$).

C : Concentration de l'extrait.

6-2-Courbe d'étalonnage de la Quercétine

La courbe d'étalonnage est effectuée par Quercétine à différentes concentrations de 0.1 au 10 $\mu\text{g/l}$, dans les mêmes conditions et les mêmes étapes du dosage. Les résultats sont ainsi exprimés en milligramme d'équivalents de Quercétine par gramme de matière végétale fraîche.

7-Mesure du pouvoir antioxydant

De nombreuses méthodes sont utilisées pour l'évaluation de l'activité antioxydante, *in vitro* et *in vivo* des composés Phénoliques purs ou d'extrait. Dans notre étude nous avons utilisé des tests chimiques qui mesurent la réduction du radical stable le DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) (Sharma *et al.*, 2009 ; Bourkhisset *et al.*, 2010).

7-1-Évaluation de l'activité Antiradicalaire du radical libre DPPH

La méthode du **DPPH** utilise un radical relativement stable, dont les antioxydants réduisent ce radical ayant une couleur violette en un composé jaune, le diphénylpicrylhydrazine. Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le pourcentage d'inhibition du **DPPH** ; dont la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants donneur de proton présents dans l'échantillon (Sanchez Moreno, 2002 ; Parejoet *et al.*, 2003).

7-2-Mode Opérateur

L'effet de l'extrait sur la réduction du DPPH a été réalisé selon le Protocole suivant (Benariba *et al.*, 2013).

7-2-1-Préparation Du DPPH

3.15 mg de DPPH est dissout dans 50ml du méthanol pur pour obtenir une solution de **DPPH**.

7-2-2-Préparation des échantillons

Un Volume de 1ml de notre extrait est dissout dans 500µl de solution methanolique de DPPH (0.16mmol/ml), fraîchement préparée. En ce qui concerne le contrôle négatif, ce dernier est préparé en parallèle en mélangeant 0.1ml du méthanol avec 1ml d'une solution méthanolique de **DPPH** à la même concentration utilisée.

Le mélange obtenu est ensuite agité, puis gardé à l'abri de la lumière à température ambiante pendant 30min. Ensuite La lecture ce fait a l'aide d'un Spectrophotométrie de la densité optique à 517nm.



Figure 29:Après incubation de 2h virage de couleur (Mehiaoui Saadia)

7-2-3-Pourcentage D'inhibition du radical DPPH

$$I\% = \left(\frac{Ac - At}{Ac} \right) * 100$$

Ac: absorbance du contrôle négatif.

At : absorbance de l'extrait.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

L'acide ascorbique a été utilisé comme contrôle positif à différentes concentrations. Le mécanisme réactionnel du test **DPPH** est présenté dans la Figure suivante :

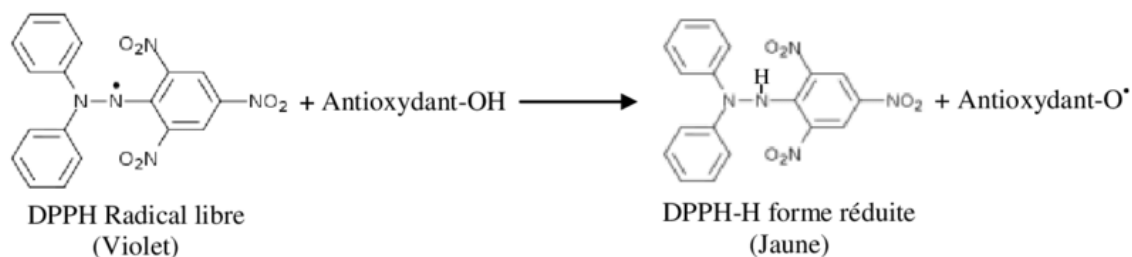


Figure 30: Mécanisme réactionnel du test **DPPH** (Molyneux, 2004).

La valeur **IC50** est la concentration d'extrait qui assure la réduction de **50%** du **DPPH**, déterminée graphiquement par la régression linéaire, pour chaque extrait à partir de la courbe du pourcentage de réduction en fonction de la concentration (Samarth *et al.*, 2008).

7-2-4- Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique

La courbe d'étalonnage est effectuée par l'acide ascorbique à différentes concentrations de 0.1 au 10 µg/l, dans les mêmes conditions et les mêmes étapes du dosage. Les résultats sont ainsi exprimés en milligramme d'équivalents d'acide ascorbique par gramme de matière végétale fraîche.

8-Etude des activités antimicrobiennes

8-1-Les souches pathogènes utilisées

Les germes pathogènes *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Candida albicans*, *Klebsiella pneumoniae* qui proviennent du laboratoire de recherche LMBAFS ont été réactivées en bouillon BHIB, et incubées à 37 °C pendant 24 H pour s'assurer de leur pureté ainsi que les réactiver.



Figure 31 : Les souches pathogènes utilisées (Mehiaoui Saadia)

8-2-Le renouvellement et l'enrichissement des souches pathogènes

Le renouvellement et l'enrichissement est effectué par ensemencement des souches pathogènes dans un bouillon BHIB à 37°C pendant 24 heures d'incubation avant chaque test d'antagonisme pour obtenir une culture jeune, puis ajuster la densité optique entre l'intervalle de 0.08 à 0.1 à une longueur d'onde de 600 nm qui correspond à 108 UFC / ml (Kishor,2005).

8-3-Méthode de diffusion en puits AWDT (Barefoot et Klaenhammer, 1983)

Cette méthode de diffusion est très utilisée en microbiologie (antibiogramme et antifongigramme), elle repose sur la diffusion du composé antimicrobien en milieu semisolide (gélose molle), l'effet du produit antimicrobien sur la cible, le résultat est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition, qui en sa fonction, la souche du testée sera qualifiée de vue de sa sensibilité: sensible, intermédiaire ou résistante. Dans la technique de diffusion il y a une compétition entre la croissance du microorganisme et l'effet de la diffusion du produit testé (Broadsky *et al.*, 1976).

Cette méthode consiste à couler 15 ml Muller Hinton molle avec 100µl d'une culture jeune de 24h d'incubation de nombre de 108 UFC/ml (la densité optique 0.08-0.1 mac fernold) sur une

Chapitre II : Matériel et Méthodes

boite de pétri. Après solidification à température ambiante dans une zone stérile, des puits sont creusés à l'aide d'un embout jaune stérile. Généralement on réalise 1 puits par boîte de 6mm de diamètre. Un volume de 50 μ l de l'extrait brut est mis dans les puits.

Les boîtes de pétri sont incubées à 37°C pendant 24h pour permettre la bonne diffusion de la substance antibactérienne (Cintas *et al.*, 1995 ; Chaalel *et al.*, 2015 ; Chaalel *et al.*, 2017). La présence de zone d'inhibition à formées autour des puits est examinée après 24h d'incubation (Hwanhlem *et al.*, 2011). La lecture des résultats se fait par la mesure de diamètre des zones d'inhibition apparaissant ; il sera considéré comme positif si le diamètre est supérieur à 2 mm.



Figure 32 : Méthode de diffusion en puits AWDT (Mehiaoui Saadia)

Chapitre III

Catalogue et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

I- Catalogue et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

1-Résultats :

Cet inventaire comprend les 162 espèces récoltés et identifiées dans les 11 sites étudiés. Les trois groupes sont représentés **Rhodophyceae** (Bangiophyceae, Florideophyceae et Compsogonophyceae) avec 77 espèces, **Phaeophyceae** : 48 espèces et **Chlorophyceae** (Bryopsidophyceae) ; 37 espèces. Avec 6 espèces réputées introduites et invasives pour la région méditerranéenne illustré dans le chapitre suivant.

Chacune des espèces est placée au sein d'une classe et d'un ordre auxquels elle appartient selon la taxonomie actuelle. A l'intérieur de chaque classe, les ordres, les familles et les espèces sont rangées par ordre alphabétique.

2-RHODOPHYTES

C/Bangiophyceae

O/Bangiales

F/bangiaceae

G/ Porphyra

Porphyra umbilicalis Kützing, 1843

Pyropia leucosticta (Thuret) Neefus & J.Brodie, 2011

C/ Compsopogonaceae

O/ Erythropeltidales

F/ Erythrotrichiaceae

G/ *Sahlingia*

Sahlingia subintegra (Rosenvinge) Kornmann, 1989

G/ *Erythrotrichia*

Erythrotrichia bertholdii Batters, 1900

Erythrotrichia carnea (Dillwyn) J.Agardh, 1883

C/ Florideophyceae

S-C/ Corallinophycidae

O/ Hapalidiales

F/ Mesophyllaceae

G/ Mesophyllum

Mesophyllum alternans (Foslie) Cabioch & M.L.Mendoza, 1998

Mesophyllum lichenoides (J.Ellis) Me.Lemoine, 1928

Chapitre III : Catalogue et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

S-C/ Nemaliophycidae

O/ Acrochaetiales

F/Acrochaetiaceae

G/ Acrochaetium

Acrochaetium caesareae Feldmann, 1931

Acrochaetium cheminii Feldmann, 1954

Acrochaetium crassipes (Børgesen) Børgesen, 1915

Acrochaetium hamelii Feldmann, 1931

Acrothamnion preissii (Sonder) E.M.Wollaston, 1968

O/ Colaconematales

F/ Colaconemataceae

G/ Colaconema

Colaconema daviesii (Dillwyn) Stegenga, 1985

Colaconema leptonema (Rosenvinge) Alongi, Cormaci & G.Furnari, 2017

S-C/ Rhodymeniophycidae

O/ Bonnemaisoniales

F/ Bonnemaisoniaceae

G/ *Asparagopsis*

Asparagopsis armata Harvey, 1855

Asparagopsis taxiformis (*Delile*) Trevisan de Saint-Léon, 1845

G/ *Bonnemaisonia*

Bonnemaisonia asparagoides (Woodward) C.Agardh, 1822

Bonnemaisonia hamifera Hariot, 1891

O/ Ceramiales

F/ Wrangeliaceae

G/*Anotrichium*

Anotrichium secundum (Harvey ex J.Agardh) G.Furnari, 1994

F/ Ceramiaceae

G/ *Antithamnion*

Antithamnion amphigeneum A.Millar, 1990

G/ *Centroceras*

Centroceras clavulatum (C.Agardh) Montagne, 1846

G/ *Ceramium*

Chapitre III : Catalogue et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

- Ceramium codii* (H.Richards) Mazoyer, 1938
Ceramium diaphanum (Lightfoot) Roth, 1806
G/ Corallophila
Corallophila cinnabarina (Grateloup ex Bory) R.E.Norris, 1993
F/ Dasyaceae
G/ Dasya
Dasya rigidula (Kützing) Ardissonne, 1878
G/ Herposiphonia
Heterosiphonia crispella (C.Agardh) M.J.Wynne, 1985
Herposiphonia secunda (C.Agardh) Ambronn, 1880
F/ Spyridiaceae
G/ *Spyridia*
Spyridia filamentosa (Wulfen) Harvey, 1833
F/ Delesseriaceae
G/ *Taenioma*
Taenioma nanum (Kützing) Papenfuss, 1952
F/ Rhodomelaceae
G/ *Chondria*
Chondria capillaris (Hudson) M.J.Wynne, 1991
Chondria coerulescens (J.Agardh) Sauvageau, 1897
Chondria dasyphylla (Woodward) C.Agardh, 1817
Chondria mairei G.Feldmann, 1949
G/*Digenea*
Digenea simplex (Wulfen) C.Agardh, 1822
G/ *Halopithys*
Halopithys incurva (Hudson) Batters, 1902
G/ *Laurencia*
Laurencia microcladia Kützing, 1865
Laurencia obtusa (Hudson) J.V.Lamouroux, 1813
G/Palisada
Palisada perforata (Bory) K.W.Nam, 2007
G/ Vertebrata
Vertebrata fruticulosa (Wulfen) Kuntze, 1891

Chapitre III : Catalogue et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

Vertebrata furcellata (C.Agardh) Kuntze, 1891

G/ *Polysiphonia*

Polysiphonia deusta (Roth) Sprengel, 1827

Polysiphonia sertularioides (Grateloup) J.Agardh, 1863

Leptosiphonia fibrillosa (Agardh) Savoie & G.W.Saunders, 2019

O/ Plocamiales

F/ Plocamiaceae

G/ Plocanium

Plocanium cartilagineum (Linnaeus) P.S.Dixon, 1967

O/Gelidiales

F/ Gelidiellaceae

G/ *Gelidiella*

Gelidiella lubrica (Kützinger) Feldmann & Hamel, 1934

G/ Huismaniella

Huismaniella ramellosa (Kützinger) G.H.Boo & S.M.Boo, 2016

G/ *Gelidium*

Gelidium crinale (Hare ex Turner) Gaillon, 1828

Gelidium spinosum (S.G.Gmelin) P.C.Silva, 1996

Gelidium corneum (Hudson) J.V.Lamouroux, 1813

F/ Pterocladaceae

G/ *Pterocladella*

Pterocladella capillacea (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand, 1997

O/ Gigartinales

F/ Cystocloniaceae

G/ Hypnea

Hypnea musciformis (Wulfen) J.V.Lamouroux, 1813

F/ Gigartinaceae

G/ *Chondracanthus*

Chondracanthus acicularis (Roth) Fredericq, 1993

Chondracanthus teedei (Mertens ex Roth) Kützinger, 1843

F/ Phylloporaceae

G/ Schottera

Schottera nicaensis (J.V.Lamouroux ex Duby) Guiry & Hollenberg, 1975

Chapitre III : Catalogue et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

F/ Rissoellaceae

G/ *Rissoella*

Rissoella verruculosa (Bertoloni) J.Agardh, 1851

F/ Sphaerococcaceae

G/ *Sphaerococcus*

Sphaerococcus coronopifolius Stackhouse, 1797

O/ Gracilariales

F/ Gracilariaceae

G/ *Gracilaria*

Gracilaria bursa-pastoris (S.G.Gmelin) P.C.Silva, 1952

Gracilariopsis longissima (S.G.Gmelin) Steentoft, L.M.Irvine & Farnham, 1995

O/ Halymeniales

F/ Halymeniaceae

G/ *Grateloupia*

Grateloupia filicina (J.V.Lamouroux) C.Agardh, 1822

O/ Peyssonneliales

F/ Peyssonneliaceae

G/ *Peyssonnelia*

Peyssonnelia heteromorpha (Zanardini) Athanasiadis, 2016

Peyssonnelia rosa-marina Boudouresque & Denizot, 1973

Peyssonnelia rubra (Greville) J.Agardh, 1851

Peyssonnelia squamaria (S.G.Gmelin) Decaisne ex J.Agardh, 1842

O/ Rhodymeniales

F/ Champiaceae

G/ *Gastroclonium*

Gastroclonium clavatum (Roth) Ardissoni, 1883

F/ Champiaceae

G/ *Chylocladia*

Chylocladia verticillata (Lightfoot) Bliding, 1928

F/ Lomentariaceae

G/ *Lomentaria*

Lomentaria articulata (Hudson) Lyngbye, 1819

S-C/ Corallinophycidae

Chapitre III : Catalogue et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

O/ Corallinales

F/ Lithophyllaceae

G/ *Amphiroa*

Amphiroa beauvoisii J.V.Lamouroux, 1816

Amphiroa rigida J.V.Lamouroux, 1816

G/ Titanoderma

Titanoderma pustulatum (J.V.Lamouroux) Nägeli, 1858

F/ Corallinaceae

G/ *Corallina*

Corallina officinalis Linnaeus, 1758

G/ Ellisolandia

Ellisolandia elongata (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders, 2013

G/ *Jania*

Jania longifurca Zanardini, 1844

Jania rubens (Linnaeus) J.V.Lamouroux, 1816

F/ Lithophyllaceae

G/ *Lithophyllum*

Lithophyllum incrustans Philippi, 1837

F/ Lithothamniaceae

G/ Lithothamnion

Lithothamnion valens Foslie, 1909

S/C- *Nemaliophycidae*

O/ Nemaliales

F/ Nemaliaceae

G/*Nemalion*

Nemalion elminthoides (Velley) Batters, 1902

F/Liagoraceae

G/*Liagora*

Liagora viscida (Forsskål) C.Agardh, 1822

3-CHROMOPHYTES

C/Phaeophyceae

S-C/ Fucophycidae

O/ Tilopteridales

Chapitre III : Catalogue et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

F/Cutleriaceae

G /*Cutleria* Greville

Cutleria adspersa (Mertens ex Roth) De Notaris, 1842

Cutleria chilosa (Falkenberg) P.C.Silva, 1957

O/ Desmarestiales

F/ Arthrocladiaceae

G/ Arthrocladia

Arthrocladia villosa (Hudson) Duby, 1830

O/ Ectocarpales

F/ Chordariaceae

G/*Asperococcus*

Asperococcus bullosus J.V.Lamouroux, 1813

O/ Ectocarpales

F/Chordariaceae

G/ *Cladosiphon*

Cladosiphon mediterraneus Kützing, 1843

G/ Leathesia

Leathesia marina (Lyngbye) Decaisne, 1842

G /*Myriactula*

Myriactula gracilariae Feldmann, 1945

Myriactula rigida (Sauvageau) G.Hamel, 1939

Myriactula rivulariae (Suhr ex Areschoug) Feldmann, 1937

F/ Ectocarpaceae

G/ *Ectocarpus*

Ectocarpus fasciculatus Harvey, 1841

Ectocarpus commensalis Setchell & N.L.Gardner, 1922

Ectocarpus siliculosus (Dillwyn) Lyngbye, 1819

F/ Acinetosporaceae

G/*Feldmannia*

Feldmannia globifera (Kützing) G.Hamel, 1939

Feldmannia simplex (P.Crouan & H.Crouan) Hamel, 1939

Feldmannia mitchelliae (Harvey) H.-S.Kim, 2010

G/*Hincksia*

Chapitre III : Catalogue et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

- Hincksia sandriana* (Zanardini) P.C.Silva, 1987
F/ Scytosiphonaceae
G/ Hydroclathrus
- Hydroclathrus clathratus* (C.Agardh) M.Howe, 1920
F/ Scytosiphonaceae
G/ *Colpomenia*
- Colpomenia peregrina* Sauvageau, 1927
- Colpomenia sinuosa* (Mertens ex Roth) Derbès & Solier, 185
O/ Ralfsiales
F/ Ralfsiaceae
G/*Ralfsia*
- Ralfsia verrucosa* (Areschoug) Areschoug, 1845
O/ Fucales
F/ Sargassaceae
G/*Cystoseira*
- Cystoseira brachycarpa* var. *balearica* (Sauvageau) Giaccone, 1992
- Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin, 1975
- Cystoseira crinita* Duby, 1830
- Cystoseira mediterranea* Sauvageau, 1912
- Cystoseira sedoides* (Desfontaines) C.Agardh, 1820
- Cystoseira foeniculacea* (Linnaeus) Greville, 1830
- Cystoseira amentacea* var. *stricta* Montagne, 1846
- Cystoseira tamariscifolia* (Hudson) Papenfuss, 1950
- Cystoseira zosteroides* C.Agardh, 1821
G/ *Sargassum*
- Sargassum acinaria* C.Agardh, 1821
- Sargassum* vulgare C. Agardh, 1820
G/ Treptacantha
- Treptacantha algeriensis* (Feldmann) Orellana & Sansón, 2019
- Treptacantha ballesterosii* Orellana & Sansón, 2019
- Treptacantha barbata* (Stackhouse) Orellana & Sansón, 2019
O/ Laminariales
F/Laminariaceae

Chapitre III : Catalogue et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

G/*Laminaria*

Laminaria ochroleuca Bachelot de la Pylaie, 1824

Laminaria rodriguezii Bornet, 1888

S-C/Dictyotophycidae

O/Dictyotales

F/Dictyotaceae

G/ *Dictyota*

Dictyota dichotoma (Hudson) J.V.Lamouroux, 1809

Dictyota fasciola (Roth) J.V.Lamouroux, 1809

G/ *Dictyopteris*

Dictyopteris polypodioides (A.P.De Candolle) J.V.Lamouroux, 1809

Dictyopteris divaricata (Okamura) Okamura, 1932

G/ *Dictyota*

Dictyota spiralis Montagne, 1846

G/ *Padina*

Padina pavonica (Linnaeus) Thivy, 1960

G/ *Taonia*

Taonia atomaria (Woodward) J.Agardh, 1848

O/Sphacelariales

F/Cladostephaceae

G/*Cladostephus*

Cladostephus spongiosus (Hudson) C.Agardh, 1817

F/Sphacelariaceae

G/*Sphacelaria*

Sphacelaria plumula Zanardini, 1864

Sphacelaria cirrosa (Roth) C.Agardh, 1824

F/Stypocaulaceae

G/*Halopteris*

Halopteris scoparia (Linnaeus) Sauvageau, 1904

Halopteris filicina (Grateloup) Kützing, 1843

4- CHLOROPHYTES

C/ Ulvophyceae

O/ Bryopsidales

F/Bryopsidaceae

G/*Bryopsis*

Bryopsis duplex De Notaris, 1844

Bryopsis hypnoides J.V.Lamouroux, 1809

Bryopsis muscosa J.V.Lamouroux, 1809

Bryopsis plumosa (Hudson) C.Agardh, 1823

Bryopsis secunda J.Agardh, 1841

F/Caulerpaceae

G/Caulerpa

Caulerpa prolifera (Forsskål) J.V.Lamouroux, 1809

Caulerpa racemosa var.cylindracea (Forsskål) J.Agardh, 1873

F/Codiaceae

G/ *Codium*

Codium bursa (Olivi) C.Agardh, 1817

Codium effusum (Rafinesque) Delle Chiaje, 1829

Codium fragile (Suringar) Hariot, 1889

Codium tomentosum Stackhouse, 1797

F/ Udoteaceae

G/ Flabellia

Flabellia petiolata (Turra) Nizamuddin, 1987

O/Cladophorales

F/ Anadyomenaceae

G/ Anadyomene

Anadyomene stellata (Wulfen) C.Agardh, 1823

F/Cladophoraceae

G/*Chaetomorpha*

Chaetomorpha aerea (Dillwyn) Kützing, 1849

Chaetomorpha capillaris (Kützing) Børgesen, 1925

Chaetomorpha linum (O.F.Müller) Kützing, 1845

G/*Cladophora*

Chapitre III : Catalogue et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

Cladophora coelothrix Kützing, 1843

Cladophora laetevirens (Dillwyn) Kützing, 1843.

Cladophora prolifera (Roth) Kützing, 1843

Cladophora rupestris (Linnaeus) Kützing, 1843

G/Lychaete

Lychaete pellucida (Hudson) M.J.Wynne, 2017

G/Rhizoclonium

Rhizoclonium riparium (Roth) Harvey, 1849

F/ Boodleaceae

G/Cladophoropsis

Cladophoropsis membranacea (Hofman Bang ex C.Agardh) Børgesen, 1905

F/Valoniaceae

G/Valonia

Valonia macrophysa Kützing, 1843

O/Dasycladales

F/Polyphysaceae

G/Acetabularia

Acetabularia acetabulum (Linnaeus) P.C.Silva, 1952

O/ Ulvales

F/ Kornmanniaceae

G/Blidingia

Blidingia marginata (J.Agardh) P.J.L.Dangeard ex Bliding, 1963

F/ Ulvaceae

G/Ulva

Ulva prolifera O.F.Müller, 1778

Ulva clathrata (Roth) C.Agardh, 1811

Ulva compressa Linnaeus, 1753

Ulva linza Linnaeus, 1753 E. linza

Ulva lactuca Linnaeus, 1753

Ulva rigida C.Agardh, 1823

Ulva intestinalis Linnaeus, 1753

Ulva fasciata Delile, 1813

Ulva elegans Gayral, 1960

Chapitre III : Catalogue et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

G/ Ulvaria

Ulvaria obscura (Kützing) P.Gayral ex C.Bliding, 1969

C/ Pyramimonadophyceae

O/Palmophyllales

F/Palmophyllaceae

G/Palmophyllum

Palmophyllum crassum (Naccari) Rabenhorst, 1868

Chapitre IV

Les espèces d'algues invasives

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

1-Généralités

Les espèces envahissantes marines sont considérées comme l'une des principales causes de la perte de biodiversité en Méditerranée (Galil, 2007 ; Coll *et al.*, 2010), en modifiant potentiellement tous les aspects des écosystèmes marins et des autres écosystèmes aquatiques. Elles représentent un problème grandissant et un impact nocif sur l'environnement marin, l'économie et la santé humaine (Galil, 2008).

Il s'agit d'un phénomène généralisé sur toutes les régions de la Méditerranée (Galil, 2007, 2009 ; Zenetos *et al.*, 2010). Elles sont considérées comme des « espèces focales » et devraient être surveillées dans toutes les régions (Pomeroy *et al.*, 2004).

C'est pourquoi il est si difficile de prévoir à quel moment une espèce exotique envahira le lieu, car l'invasion n'a pas toujours lieu. Généralement, le processus d'invasion se compose de plusieurs étapes principales. Du transport des espèces vers de nouveaux habitats, à leur établissement et finalement à leur propagation. Chaque étape est délimitée par une série de barrières qui déterminent si une espèce progresse à l'étape suivante du processus d'invasion et devient finalement une espèce envahissante (Blackburn *et al.*, 2011).

Les espèces envahissantes doivent progressivement surmonter une série de barrières géographiques, de survie, de reproduction et de dispersion avant de finalement se disperser dans de nouveaux environnements. A ce stade final du processus d'invasion, l'espèce peut éventuellement subir un cycle de « croissance/décroissance », « boom and bust ») et subissent une période de déclin rapide ou d'augmentation rapide des populations, comme celles observées dans les premiers stades d'une invasion pour certaines espèces marines exotiques (Zenetos *et al.*, 2010).

Pour cette raison, il est largement admis que le meilleur facteur pour distinguer les espèces envahissantes des autres espèces exotiques est de confirmer leur caractère envahissant dans d'autres parties du monde. (Boudouresque et Verlaque, 2002).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

2-Les espèces invasives

Nous définissons une espèce envahissante comme une espèce introduite qui a un fort impact écologique et/ou économique. (Clout, 1998 ;Boudouresque et Verlaque, 2002,Occhipinti et Galil, 2004). En méditerranée, 101 espèces d'organismes photosynthétiques pluricellulaires sont considérées introduites, 8 d'entre elles au moins sont considérées invasives (Boudouresque et Verlaque, 2002).

3-Le processus d'introduction

En général, le processus d'introduction des espèces comprend quatre phases successives :

- 1) l'arrivée,
- 2) la phase d'implantation(naturalisation),
- 3) la phase d'expansion
- 4) la phase de persistance. Parfois; l'espèce introduite peut avoir une phase de déclin naturel juste après son expansion.

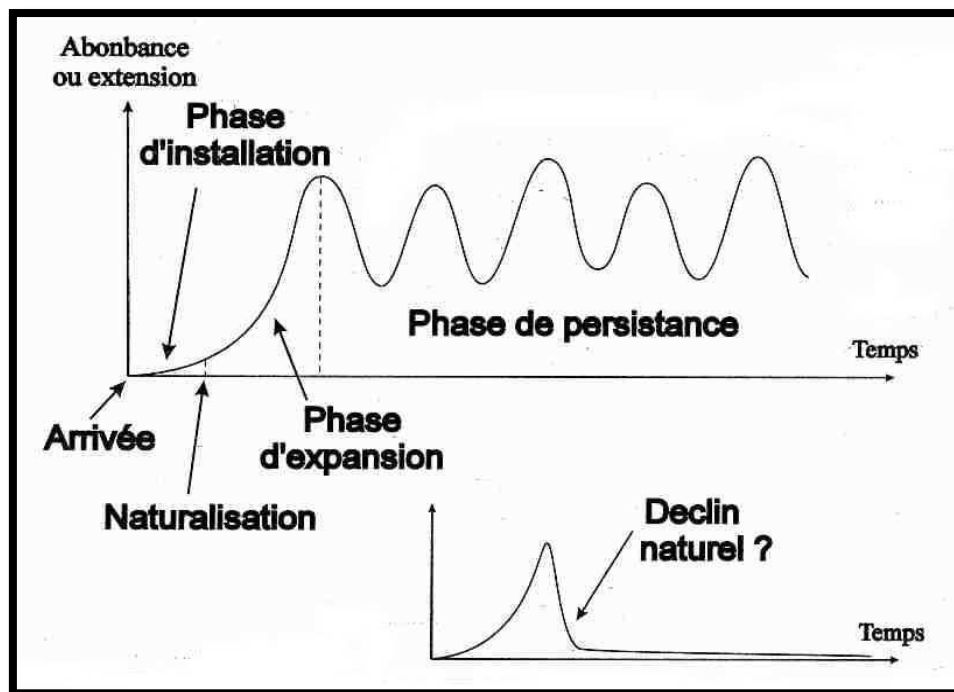


Figure 33: Les phases successives d'une introduction d'espèce .D'après Boudouresque (1999).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

4- Bilan des introductions d'espèces en Méditerranée

On recense 101 espèces d'organismes photosynthétiques pluricellulaires probablement introduits en Méditerranée : **67** Rhodobiontes, **15** Chlorobiontes, **1** Magnoliophytes et **18** Fucophycees (Sartoni, 1985 ; Ribera et Boudouresque, 1995 ; Boudouresque et Verlaque, 2002a, 2002b ; Verlaque et Boudouresque, 2004 ; Boudouresque et Verlaque, 2005 ; Boudouresque *et al.*, 2005). En tenant compte des organismes unicellulaires photosynthétiques, des Ciliés, des invertébrés et des Téléostéens ; le nombre total des espèces introduites en Méditerranée est d'environ 600 espèces, soit, 5% de l'ensemble des espèces (Por, 1978, 1990 ; Zibrowius, 1991 ; Fredj *et al.*, 1992 ; Boudouresque et Ribera, 1994 ; Boudouresque, 1999b ; Boudouresque *et al.*, 2005).

Les dates d'introduction montrent que le rythme d'introduction en Méditerranées est régulièrement accéléré depuis le début du XXe siècle. Plus de la moitié des espèces introduites ont été introduites après 1970 ; depuis le début du 20^e siècle, le nombre d'espèces introduites en Méditerranée double tous les 20 ans (**figure 34**)(Ribera et Boudouresque, 1995). En supposant que ce taux continue, nous constatons qu'il pourrait y avoir, pour les organismes multicellulaires photosynthétiques, presque autant d'espèces exotiques que d'espèces indigènes en Méditerranée vers la fin du 21^e siècle (Boudouresque et Ribera, 1994).

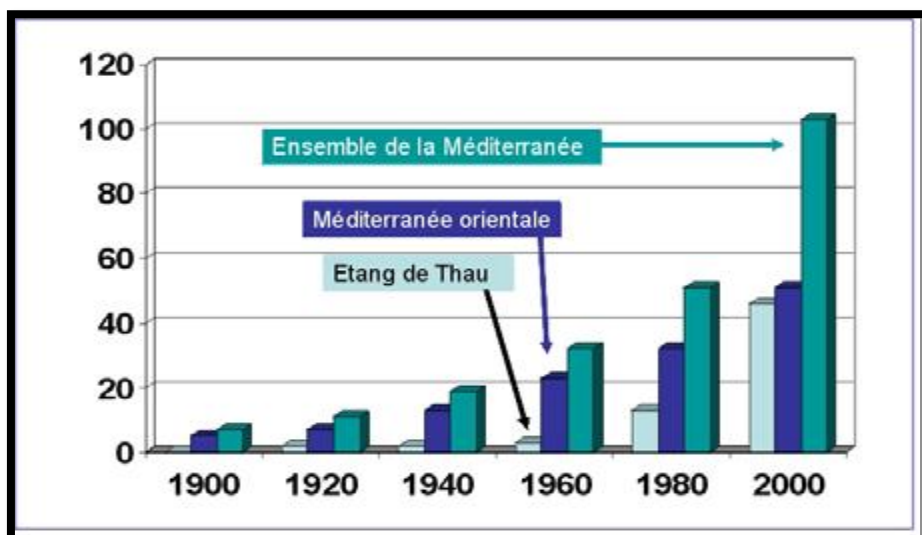


Figure 34: Nombre d'organismes pluricellulaires photosynthétiques introduits en Méditerranée, en Méditerranée orientale et dans l'étang de Thau (France), de 1870 à 2000.

D'après Verlaque et Boudouresque (2004)

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

5- Les impacts causés par ces espèces marines invasives

5-1-Impacts environnementaux

- Perte de la biodiversité native à cause de :
- Prédation des espèces indigènes
- Diminution de la disponibilité de l'habitat pour les espèces indigènes
- Concurrence supplémentaire
- Parasites et maladies
- Etouffement et envahissement
- Hybridation entraînant une dilution du gène
- Modifications du fonctionnement des écosystèmes
- Modifications de la circulation alimentaire
- Mauvaise qualité de l'eau (Poorter, 2009)

5-2-Impacts sur la santé et sur le bien-être humain

- Parasites et maladies, parfois mortelles
- Moins de possibilités de loisirs, ex. dépôts d'algues, envahissements des aquifères, suffocation des plages(Poorter, 2009)

5-3-Impacts économiques

- Interférence avec les ressources biologiques qui constituent la base de la pêche et la mariculture (ex. quand les stocks de poisson ou de mollusques s'effondrent, ou lorsque une mariculture est affectée par des espèces invasives ou des agents pathogènes)
- Interférence avec les activités de pêche (ex. encrassement ou déchirement des filets)
- Perturbation du tourisme
- Dommages aux infrastructures (contamination des tuyaux, quais, bouées, etc.)
- Les frais de nettoyage ou de contrôle
- Les frais médicaux ou de quarantaine (Poorter, 2009)

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

5-4-Impacts culturels

- Compétition avec des espèces natives récoltées pour la consommation
- Dégradation d'habitats et de ressources culturellement importants, comme les voies d'eau (Poorter, 2009)

6-Voies et vecteurs d'introduction

Une introduction accidentelle se produit lorsqu'une espèce pénètre dans un nouveau territoire en tant qu'« auto-stoppeur » ou « passager clandestin » par le commerce, les voyages ou le transport. Il s'agit notamment des principales sources d'adoption liées au transport longue distance. Transfert des eaux de ballast associé aux gros navires. Encrassement de la coque associé non seulement aux grands navires, mais aussi aux yachts et aux petits bateaux

Une introduction involontaire, même sur de courtes distances, peut être causée par de nombreuses autres activités. Ils peuvent être le résultat d'aiguillages délibérés. Exemple:

- Bouées sales
- Porter du matériel de pêche et de plongée
- Transfert vers les bateaux de plaisance et petits bateaux
- Agents pathogènes étrangers provenant de mollusques importés ou d'autres produits de l'aquaculture

Les espèces peuvent devenir envahissantes en migrant naturellement, en nageant ou en nageant là où les humains ont créé des connexions artificielles entre des zones auparavant séparées comme :

- Des canaux
- Des voies de détournement

Les introductions volontaires sont celles où le transfert des organismes a été planifié. Certaines espèces exotiques ont été introduites afin d'être relâchées dans la nature, comme :

- Des espèces de poissons relâchées pour augmenter les prises au niveau local.
- Des plantes introduites pour la gestion des bancs de boue ou des dunes (Poorter, 2009)

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

Les introductions volontaires sont celles dans lesquelles le transfert d'organismes est prévu. Certaines espèces exotiques ont été introduites pour être relâchées dans la nature, telles que :

- Espèces de poissons relâchées pour augmenter les captures locales
- Introduire des végétaux pour gérer les berges et les dunes

De nombreuses espèces exotiques sont introduites et sont censées rester enfermées d'une façon ou d'une autre, ou à des fins qui n'impliquent pas qu'elles soient relâchées dans la nature. Mais très souvent, ces espèces s'échappent ou sont rejetées dans l'environnement. Cette catégorie comprend :

- La mariculture (fermes à huîtres, saumons, etc.)
- Le peuplement d'aquariums
- Le commerce de fruits de mer vivants
- Le commerce d'appâts vivants
- Les algues qui sont utilisées pour les emballages (ex. d'appâts)

7-Options pour gérer les espèces invasives

- Empêcher les invasions maritimes est la meilleure option.
- Aucune espèce exotique ne devrait être introduite à moins d'y être autorisée, et toute décision en ce sens devrait être fondée sur une évaluation préalable du risque que l'espèce devienne envahissante (y compris les espèces exotiques).
- L'introduction accidentelle d'espèces exotiques doit être minimisée. Il s'agit du vecteur et de la trajectoire (mouvement des eaux de ballast).
- Des mesures de détection précoce et de réponse rapide doivent être mises en place pour éradiquer les nouveaux intrus avant qu'ils ne se propagent. L'inventaire de base, la surveillance, le suivi et la planification d'urgence sont tous importants.
- L'implication et la sensibilisation de la communauté sont essentielles à la prévention (Poorter, 2009)

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

8-Détection précoce, réponse rapide

Une fois qu'une espèce est introduit dans un lieu, il est important de la localiser et de l'identifier et de prendre des mesures immédiates avant qu'elle ne s'établisse et ne se propage. Compte tenu de l'ouverture du milieu marin, cela peut être difficile. Cependant, si un envahisseur est découvert alors qu'il est confiné dans une zone relativement petite, il peut être éradiqué si la réaction est suffisamment rapide. C'est pourquoi la surveillance est si importante. Il peut être spécifique à un site, par exemple en se concentrant sur les ports où des espèces exotiques peuvent être introduites ou sur des zones d'intérêt particulier qui nécessitent une protection maximale. Il peut s'agir d'une espèce cible spécifique à une espèce identifiée comme présentant un risque très élevé, ou il peut s'agir de quelque chose de plus général.

La surveillance peut être effectuée par des réseaux ou des organisations chargés de détecter les espèces envahissantes, en se concentrant principalement sur les cibles prioritaires, les emplacements à haut risque ou les ressources précieuses. Il peut également être déployé par des organisations ou des individus capables de détecter des invasions lors d'autres activités. Les employés d'entreprises menacées ou les personnes intéressées par les activités récréatives et autres qui se déroulent dans le milieu marin peuvent former des réseaux très efficaces pour lutter contre les agressions. Les habitants connaissent souvent bien leur région et peuvent remarquer des changements (Poorter, 2009).

9-Sensibilisation et éducation

Alors que tout le monde est encouragé à rechercher de nouvelles espèces, des programmes d'éducation et de sensibilisation devraient également être utilisés pour maximiser la participation de la communauté. Empêchez l'introduction et la propagation d'espèces envahissantes en demandant aux pêcheurs de ramener chez eux des appâts ou des paquets supplémentaires à la fin de la journée ou de nettoyer leur bateau avant de les emmener sur une autre rive. Les yachts de plaisance parcourant de longues distances nécessitent un nettoyage régulier de la coque et une mise en cale sèche. Les gens devraient également être encouragés à se débarrasser de manière responsable du contenu de leurs aquariums personnels pour empêcher les algues et les espèces de poissons de s'établir dans de nouveaux endroits. La plupart des gens acceptent de telles demandes et la plupart des gens ne souhaitent pas nuire à l'environnement (Poorter, 2009).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

10-Eradication et contrôle

Diverses méthodes ont été utilisées pour réduire le nombre d'espèces marines envahissantes dans les populations établies, mais si elles peuvent réellement réussir à réduire les populations, ces activités peuvent être coûteuses et indéfinies. Le port australien de Hobart, en Tasmanie, a été envahi par l'étoile de mer japonaise *Asterias amurensis*. Ils ont essayé de les contrôler avec des produits chimiques et de les enlever à la main, mais jusqu'à présent, cela a peu d'effet sur les populations. Dans la baie de Kaneohe à Hawaï, des "drageons géants" ont été déployés à partir de barges pour éliminer *Gracilaria salicornia*, une algue exotique envahissante qui forme des couches épaisses qui étouffent les coraux. Des méthodes de lutte biologique font l'objet de recherches dans divers pays, mais il s'agit d'une approche très compliquée, y compris le risque que l'agent de lutte s'échappe et attaque des espèces non ciblées, et se heurte à de grands défis (Poorter, 2009).

11-Comment sauver notre biodiversité ?

- Surveillez et informez les autorités et les scientifiques si vous remarquez une flore ou une faune inhabituelle.
- Si vous pêchez, plongez ou naviguez, vérifiez votre équipement et votre bateau et nettoyez si nécessaire.
- Ne jetez pas d'appâts ou d'algues non désirés utilisés pour l'emballage dans les cours d'eau locaux ou là où ils pourraient se retrouver dans l'océan.
- Ne pas vider le contenu des aquariums, des bassins d'ornement ou des bassins à poissons dans les plans d'eau naturels (et rappelez-vous que de nombreux collecteurs en milieu urbain peuvent transporter des organismes dans les rivières et les océans). – Encourager les décideurs à considérer les espèces marines envahissantes comme un problème clé ; sensibilisez-les.

12-Les espèces d'algues envahissantes signalées et recensés dans la côte ouest Algérienne

1. *Acrothamnion preissi*
2. *Asparagopsis armata*
3. *Asparagopsis taxiformis*
4. *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

5. *Codium fragile*

6. *Codium tomentosum*

12-1-Acrothamnion preissii

12-1-1-Taxonomie

Règne :Plantae

Embranchement :Rhodophycota

Classe :Rhodophyceae

Ordre :Ceramiales

Famille :Ceramiaceae

Espèce :*Acrothamnion preissii* (Wollaston).

12-1-2- Morphologie

Amas d'algues rose-rouge très ramifiés flottantes, de 0,5 à 1,5 cm de long et formant des tapis monospécifiques denses atteignant 1 cm d'épaisseur. Le thalle est attaché au substrat ou à d'autres algues par des rhizoïdes.

L'espèce ne peut être identifiée qu'à l'aide d'un microscope binoculaire. Par conséquent, il pourra être nécessaire de faire appel à un spécialiste de ce groupe pour confirmer l'exactitude de l'identification. Les cellules centrales sont cylindriques, sans cortication ; les ramifications principales mesurent 150–300 µm de long ; 40–60 µm de large. En général, chaque cellule centrale produit 3–4 ramifications latérales de manière distale. Les cellules glandulaires terminales trouvées aux extrémités de la plupart des branches sont ovales transversalement et mesurent 16 à 22 µm de diamètre. (Klein, J.C. & Verlaque, M., 2011).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts



Figure 35 : *Acrothamnion preissii* (Jorge Terrados)

12-1-3-Habitat et éléments d'identification sur le terrain

L'espèce se trouve se sous forme d'épiphyte sur les zostères comme la *Posidonia oceanica* ou d'autres algues, dans les zones subtidales jusqu'à environ 40 m de profondeur.. En tant qu'espèce envahissante, elle forme des touffes cotonneuses denses, en particulier dans des conditions de faible luminosité (c.-à-d. sur les rhizomes de l'espèce *Posidonia oceanica*, dans les bancs de maërl, ou à l'entrée des grottes et des crevasses) (Otero et *al.*, 2013).

12-1-4-Reproduction

En mer Méditerranée, seule la reproduction végétative est connue et aucun spécimen fertile n'a été trouvé (Otero et *al.*, 2013).

12-1-5-Espèces similaires

Bien qu'elle puisse être facilement confondue avec d'autres algues rouges filamenteuses (comme *Womersleyella setacea*) lorsqu'elle est observée directement sur le terrain, la présence de cellules glandulaires terminales aux extrémités de la plupart des branches est une caractéristique distinctive d'*Acrosamnion presiii* (Otero et *al.*, 2013).

12-1-6-Bref historique et vecteur d'introduction

Espèce de l'Indo-Pacifique, originaire d'Australie-Occidentale, de Nouvelle-Zélande, d'Afrique du Sud et du Japon, probablement introduite en Europe par transport maritime (coque). Elle est aujourd'hui principalement répartie dans le nord-ouest de la Méditerranée,

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

formant des populations envahissantes en France, en Italie, à Monaco et en Espagne (Otero et *al.*, 2013).

12-1-7-Impacts écologiques

Les impacts écologiques de l'algue rouge *Acrohamnion preissii* sont encore largement méconnus, mais lorsqu'elle est envahissante, cette espèce devient dominante, excluant ou déplaçant la plupart des espèces d'algues indigènes (Piazzini, I. & F. Cinelli., 2000).

12-1-8-Impacts économiques

Information inconnue.

12-1-9-Options en matière de gestion

Une fois envahissante, elle ne peut être éradiquée ni même contenue. Le moyen le plus efficace et le moins coûteux de contrôler finalement cette espèce est d'agir tôt dans le processus d'invasion (Otero et *al.*, 2013).

12-2-*Asparagopsis armata*

12-2-1-Taxinomie

Règne : Plantae

Embranchement : Rhodophycota

Classe : Rhodophyceae

Ordre : Bonnemaisoniales

Famille : Bonnemaisoniaceae

Espèce : *Asparagopsis armata* (Harvey, 1855).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

12-2-2-Morphologie

Algue rouge caractérisée par deux stades morphologiquement distincts au cours de leur développement : le stade gamétophyte et le stade tétrasporophyte. Ses stolons cylindriques nus (1 mm de large, 200 mm de long) sont irrégulièrement ramifiés et ont des feuilles touffues.

Ses branches inférieures sont longues et munies de crochets en forme de harpon (Altamirano M., Román A., De la Rosa J. C., Barrajon Mínguez, A., Barrajon-Menech, A., Moreno, C., Arroyo, C. 2008).

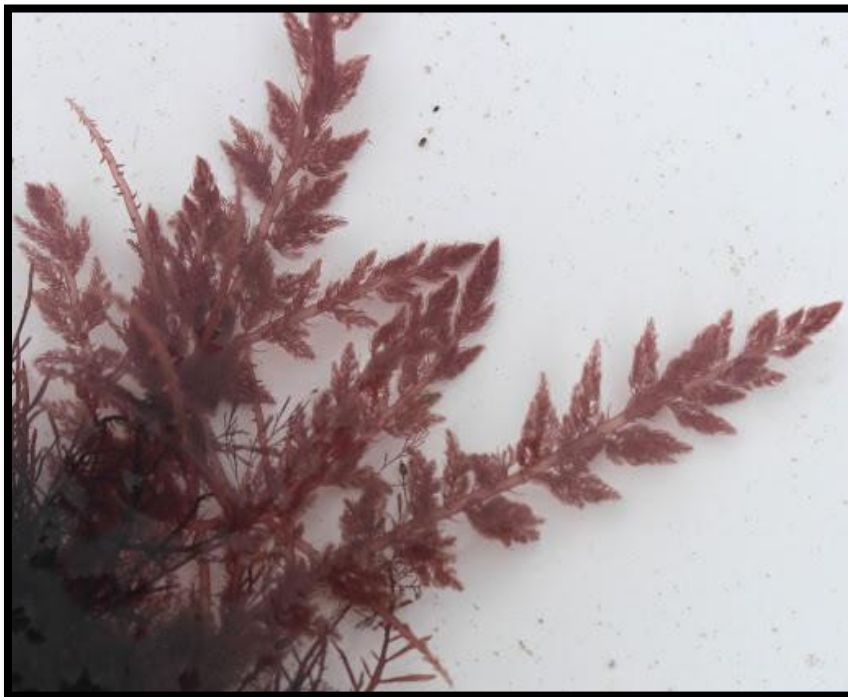


Figure 36: *Asparagopsis armata* (Mehiaoui Saadia)

12-2-3-Habitat et éléments d'identification sur le terrain

Au stade gamétophyte, elle est violet pâle et dégénère rapidement hors de l'eau, devenant nettement orange. Il pousse comme épiphyte dans d'autres espèces d'algues, en particulier les espèces de *Coralina*. Au stade tétrasporophyte, c'est une algue filamenteuse ramifiée rouge brunâtre qui forme des touffes denses cotonneuse de 15 mm de diamètre. Généralement, cette algue pousse à partir des surfaces de fond rocheux submergées jusqu'à des profondeurs allant jusqu'à 40 m (Otero et *al.*, 2013).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

12-2-4-Reproduction

Elle est capable de reproduction sexuée et son cycle de vie se compose de deux stades (hétéromorphe-bipolaire) caractérisés par deux grandes étapes morphologiquement distinctes au cours de son développement. Au stade gamétophyte, correspondant à la forme nommée *Asparagopsis armata*, il existe des organes mâles ou femelles. Ce stade est suivi d'un stade intermédiaire carposporophyte microscopique, suivi d'un stade tétrasporophyte, initialement nommé *Falkenbergia rufolanosa*. La reproduction végétative est possible même aux stades gamétophyte et sporophyte. En flottant, les gamétophytes se fixent facilement à d'autres algues via leurs branches épineuses et génèrent de nouvelles pousses (Otero et al., 2013).

12-2-5-Espèces similaires

Bien qu'il soit facile de confondre le gamétophyte d'*Asparagopsis armata* avec un autre envahisseur florissant, *Asparagopsis taxformis* se distingue par la présence d'hameçons en forme de harpon. *Asparagopsis armata* peut survivre et prospérer dans des environnements plus froids qu'*A. taxformis*, qui préfère les eaux beaucoup plus chaudes. L'ensemble du genre semble avoir un potentiel invasif élevé. Ces algues s'attachent aux débris flottants et se propagent avec les courants (Otero et al., 2013).

12-2-6-Bref historique et vecteur d'introduction

L'espèce est originaire d'Australie-Occidentale et serait entrée dans les eaux européennes par l'ostréiculture. Aujourd'hui, elle s'est propagée à travers l'Europe dans le bassin méditerranéen que dans l'océan atlantique, et est très envahissante (Otero et al., 2013).

12-2-7-Impacts écologiques

Ces impacts sont inconnus mais l'espèce domine probablement les espèces autochtones en termes d'espace et de lumière (Otero et al., 2013).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

12-2-8-Impacts économiques

La recherche pharmaceutique met en lumière les composés pharmaceutiques potentiels d'*Asparagopsis armata* mettant en évidence une forte activité contre les bactéries pathogènes pour les poissons. (Ní Chualáin, F., Maggs, C.A., Saunders, G.W. & Guiry, M.D., 2004).

12-2-9-Options en matière de gestion

Une fois introduite, il est impossible de l'éradiquer ou même de la contenir. Le moyen le plus efficace et le moins coûteux de contrôler finalement cette espèce est d'agir tôt dans le processus d'invasion (Otero et *al.*, 2013).

12-3-*Asparagopsis taxiformis*

12-3-1-Taxonomie

Règne : Plantae

Embranchement : Rhodophyta

Classe : Florideophyceae

Ordre : Bonnemaisoniales

Famille : Bonnemaisoniaceae

Espèce : *Asparagopsis taxiformis* (Delile ;1845).

12-3-2-Morphologie

Algues rouges caractérisées par deux stades morphologiquement distincts au cours de leur cycle de vie. Le stade gamétophyte (*Asparagopsis taxiformis*) est une algue violet pâle qui atteint 30 cm de hauteur et forme des peuplements monospécifiques bien visibles lors de l'invasion. Ses frondes sont touffues, le long d'un axe cylindrique de 1 mm de large et 200 mm de long, portées par des stolons exposés. Cette algue est irrégulièrement ramifiée, avec des longueurs de branche de 5 à 10 mm (Altamirano J. et *al.*, 2008).



Figure 37: *Asparagopsis taxiformis*(Mehiaoui Saadia)

12-3-3-Habitat et éléments d'identification sur le terrain

Cette espèce pousse généralement sur les fonds rocheux au niveau de l'étage infralittoral, de la surface de la mer jusqu'à 50 m de profondeur. Au stade sporophyte (*Falkenbergiahille brandii*), c'est une algue rose rouge filamenteuse très ramifiée qui forme des touffes denses floconneuses de 15 mm de diamètre. *Asparagopsis taxiformis* peut être un épiphyte d'autres organismes, en particulier les espèces de *Corallina*, et vit dans une variété d'habitats, des bassins côtiers aux fonds rocheux à des profondeurs allant jusqu'à 20 m. (NíChualáin, F., Maggs, C.A., Saunders, G.W. & Guiry, M.D., 2004).

12-3-4-Reproduction

Capable de reproduction sexuée et asexuée, elle se caractérise par une phase gamétophyte macroscopique appelée 'Asparagopsis' et une phase tétrasporophyte macroscopique appelée « stade *Falkenbergia* ».

Ses succès de propagation végétative peuvent expliquer la propagation rapide de l'espèce. Elle possède un système d'ancrage constitué de stolons et de rhizomes à sa base qui facilite la mise en place de fragments reproducteurs (Otero *et al.*, 2013).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

12-3-5-Espèces similaires

L'espèce ressemble à *Asparagopsis armata*, mais une caractéristique distinctive est la présence du crochet en forme de harpon au stade gamétophyte d'*Asparagopsis armata* et son absence chez *Asparagopsis taxiformis*. Cependant, le tétrasporophyte d'*Asparagopsis taxiformis* et le tétrasporophyte d'*A. Armata* ne peuvent pas être distingués visuellement. L'ensemble du genre est connu pour son fort potentiel invasif (Otero et al., 2013).

12-3-6-Bref historique de son introduction et de ses voies d'accès

L'espèce est originaire d'Australie occidentale et habite la région indo-pacifique, y compris le Japon et Hawaï. *Asparagopsis taxiformis* est probablement entré en mer Méditerranée par bateau et est maintenant répandu dans toute la région méditerranéenne et le long de la côte atlantique de l'Europe (Otero et al., 2013).

12-3-7-Impacts écologiques

Ces impacts sont inconnus mais l'espèce domine probablement les espèces autochtones en termes d'espace et de lumière (Otero et al., 2013).

12-3-8-Impacts économiques

Informations inconnues. Des tests ont mis en lumière des composés pharmaceutiques potentiels dans cette algue, montrant une activité antifongique et antibiotique (Otero et al., 2013).

12-3-9-Options en matière de gestion

Une fois envahissante, elle ne peut être éradiquée ni même contenue. Le moyen le plus efficace et le moins coûteux de contrôler finalement cette espèce est d'agir tôt dans le processus d'invasion (Otero et al., 2013).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

12-4-*Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (raisin de mer)

12-4-1- Taxonomie

Division : Chlorophytum

Classe : Chloroiphyceae

Ordre : Bryopsidales

Famille : Caulerpaceae

Genre : *Caulerpa* (J. V. F. Lamouroux, 1809)

Espec : *Caulerpa racemosa* (Forsskal) J. Agardh 1872.

Sous-espèce : *caulerrpa racemosa* var. *cylindracea* (Sonder) Verlaque, Huisman and Boudouresque(2003).

12-4-2 Morphologie

Caulerpa racemosa var. *cylindracea* est une algue verte qui pousse jusqu'à 11 cm (exceptionnellement 19 cm) de longueur et se caractérise par des frondes dressées contenant des branches vésiculaires arrondies (aussi appelées « ramules »). Les frondes sont légèrement renflées juste au-dessus des stolons et fixées au substrat par de fins rhizomes (Otero et *al.*, 2013).

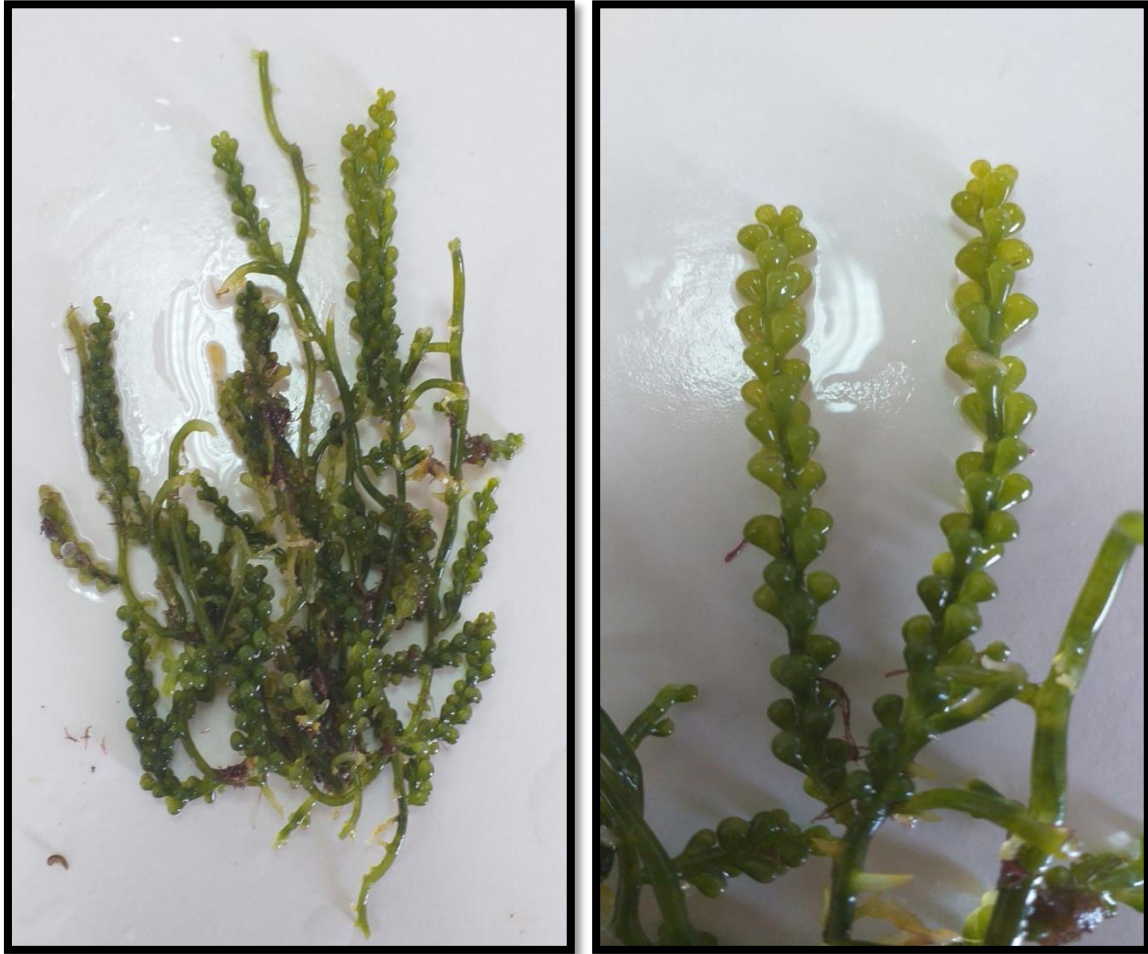


Figure 38 : *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*(Mehiaoui Saadia)

12-4-3-Habitat et éléments d'identification sur le terrain

Selon la région, la profondeur et la saison, cette algue varie en différentes formes et tailles, en particulier la longueur des frondes. On peut l'observer depuis la zone intertidale jusqu'à une profondeur de 60 m ou plus. On peut la trouver dans toutes sortes de substrats meubles et durs (roches, tapis morts de *Posidonia oceanica*, boue, sable, roches et coraux) (Otero et *al.*, 2013).

12-4-4-Reproduction

L'espèce *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* est capable de reproduction sexuée et végétative. Lors de la reproduction sexuée, la plante entière forme des gamètes, qui sont libérés en même temps, et l'individu tige meurt. Dans la reproduction végétative, cela peut se produire de trois manières. Dans le cadre de la croissance, par fragmentation ou par formation d'organes reproducteurs (dissémination des branches). La fragmentation peut se produire dans

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

n'importe quelle partie des algues, et les causes de cette fragmentation peuvent être artificielles ou naturelles, telles que les courants océaniques ou le pâturage des animaux. Cette plante peut se régénérer rapidement à partir de fragments (Otero *et al.*, 2013).

12-4-5 -Espèces similaires

La *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* ressemble à deux variétés indigènes de *Caulerpa racemosa*, très similaire à *C.racemosa* var. *lamourouxii* f *requienii*, mais chez cette espèce indigène la surface est beaucoup plus lisse, les branches vésiculaires sont arrondies mais moins renflées et courtes, et les frondes dressées sont partiellement non ramifiées ou légèrement comprimées ou ont des largeurs irrégulières. Une autre variété locale, *Caulerpa racemosa* var. *turbinata-unifera*, a des extrémités de branches aplaties (Otero *et al.*, 2013).

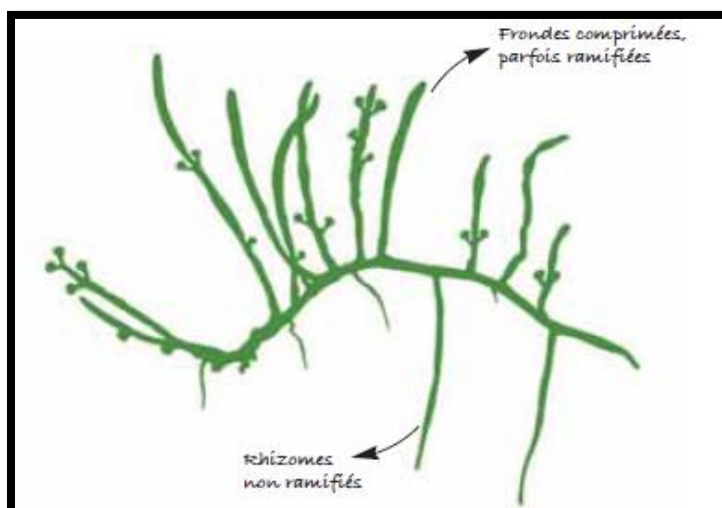


Figure 39 : *Caulerpa racemosa lamourouxii*



Figure 40 : *Caulerpa racemosa turbinata*

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

12-4-6-Bref historique de son introduction et de ses voies d'accès

La *C. racemosa* var. *cylindracea* est endémique du sud-ouest de l'Australie. L'introduction *Caulerpa racemosa* var *Cylindracea* dans la mer Méditerranée reste un sujet de spéculation. Cependant, le transport maritime (eaux de ballast et salissures des coques) et le commerce des espèces d'aquarium sont les vecteurs les plus probables de l'introduction de cette espèce très puissante. La *C. racemosa* est toujours disponible dans les magasins d'aquarium spécialisés et vendu par l'intermédiaire de revendeurs Internet (Otero *et al.*, 2013).

12-4-7-Impacts écologiques

Caulerpa racemosa produit une toxine appelée caulerpényne. Le taux de cette toxine, varie entre les différentes parties du thalle ; avec une teneur élevée au niveau des frondes.

La *Caulerpa racemosa* var *cylindracea* constitue une menace importante pour la biodiversité. De nombreuses zones côtières sont désormais couvertes de cette espèce. Considérée comme l'une des 100 espèces les plus envahissantes de Méditerranée. En effet, ils modifient les conditions physiques et chimiques de l'environnement (comme le mouvement de l'eau, les propriétés des sédiments et du substrat), ce qui peut entraîner de profonds changements dans les communautés benthiques d'algues et d'invertébrés (Otero *et al.*, 2013).

12-4-8-Impacts économiques

L'impact économique de *C. racemosa* var. *cylindracea* n'a pas été quantifié, mais il a été rapporté que les filets de pêche sont obstrués et endommagés par cette algue envahissante, entraînant un déclin de la pêche. Le paysage marin terne créé par la dominance de ces algues peut également rendre le tourisme sous-marin (comme la chasse sous-marine, la plongée sous marine et la plongée en apnée) moins attrayant (Otero *et al.*, 2013).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

12-4-9-Options en matière de gestion

12-4-9-1-Prévention

Des réglementations et des lois locales plus strictes régissant le commerce, le transport, la pêche et les activités de mariculture des espèces d'aquarium sont nécessaires de toute urgence pour empêcher la propagation de cette espèce (Otero *et al.*, 2013).

12-4-9-2-Éradication

Les programmes de recherche et d'expérimentation pour éradiquer *C. racemosa* en Méditerranée sont rares. Ils ont été appliqués à de petites surfaces (400-1000 cm²) avec un certain effet, en particulier dans des endroits réglementés tels que les baies et les ports. Par défaut, les algues sont éliminées manuellement toutes les 3-4 semaines. Mais le fragment *C. racemosa* a tendance à repeupler ces zones après 2 à 18 mois (Otero *et al.*, 2013).

12-5-*Codium fragile*

12-5-1- Taxonomie

Règne :Plantae

Embranchement :Chlorophycota

Classe :Chlorophyceae

Ordre :Bryopsidales

Famille :Codiaceae

Espèce :*Codium fragile*

12-5-2-Morphologie

Grande algue vert foncé composée d'une ou plusieurs frondes dressées, de 15 à 20 cm de hauteur avec de nombreuses branches cylindriques d'apparence dichotome ou fastigiée, attachées au substrat par de grands disques basaux spongieux. Les branches cylindriques mesurent de 0,3 à 1 cm de diamètre. La forme et la structure de ces algues varient selon les

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

conditions environnementales. Cette espèce se distingue de plusieurs autres variétés ou sous-espèces similaires uniquement en observant la forme de la structure extérieure microscopique en forme d'utricule à l'aide d'un microscope à dissection. L'espèce *Codium fragile* est d'une surface poilue et les utricules aux extrémités des branches forment des cylindres réguliers terminés par des sommets caractéristiques (Bridgwood, S., 2010).



Figure 41 : *Codium fragile* (Photo : Poloniato) .

12-5-3-Habitat et éléments d'identification sur le terrain

Comme les autres espèces de *Codium*, La *C. fragile* est fragile et a un toucher spongieux. Elle peut supporter de fortes variations de salinité et de température et coloniser de nombreux types de milieux. Elle semble se reproduire principalement dans les zones rocheuses des zones subtidales peu profondes et des zones intertidales, ainsi que dans les habitats protégés tels que les ports et les baies (Otero et al., 2013).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

12-5-4-Reproduction

Son succès de colonisation rapide peut être attribué à la diversité de ses techniques de multiplication. Elle se reproduit soit par voie sexuée, soit en libérant de petites dispersions dans la colonne d'eau, qui se propagent localement, soit se rattachent sur place, soit forment de nouvelles plantes à partir des attaches basales qui subsistent après la fragmentation. La plante est vivace et se propage à partir de bases pérennes au printemps (Otero et *al.*, 2013).

12-5-5-Espèces similaires

En raison de sa morphologie, la *C. fragile* peut être confondue avec deux autres espèces de *Codium*: les espèces autochtones *C. vermilara* et *C. decortcatum*; seul un examen au microscope des utricules (cylindriques chez la *C. fragile*) peut faire la différence. Chez la *Codium vermilara*, les ramifications comportent souvent des proliférations simples ou fourchues et les extrémités des utricules sont arrondies et très poilues. La *Codium decortcatum* est une espèce avec peu de branches et atteint 1 m de hauteur. L'utricule est un cylindre régulier aux extrémités évasées mais sans sommet (Otero et *al.*, 2013).

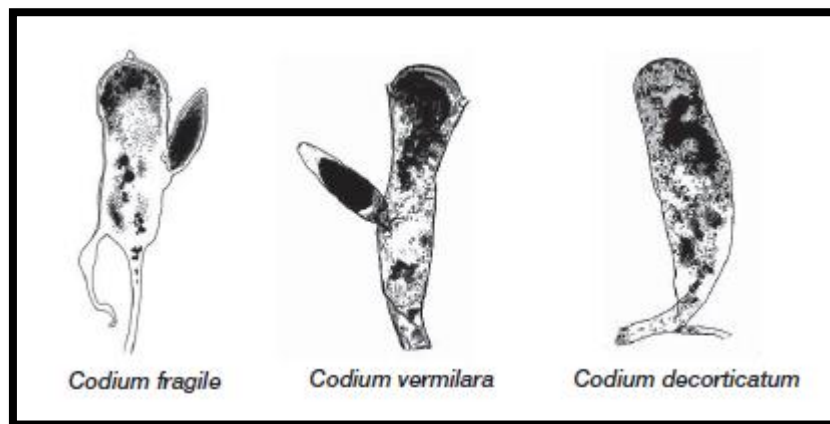


Figure 42 : Structures externes en forme de flasque (utricules) de *Codium fragile*, *C. vermilara* et *C. decortcatum* (Bridgwood, S., 2010).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

12-5-6-Bref historique de son introduction et de ses voies d'accès

Originnaire du Pacifique Nord et du Japon, cette sous-espèce a été introduite en se fixant sur les coquillages d'aquaculture, les bateaux de plaisance et les coques. Les infections secondaires peuvent provenir de la contamination des fermes, des navires et des filets de pêche (Otero *et al.*, 2013).

12-5-7-Impacts écologiques

La structure très dense des feuilles de *C. fragile* emprisonne les sédiments qui finissent par altérer les propriétés du substrat. Parce que ces algues sont « basses », les grands invertébrés et les poissons ont du mal à trouver un abri ou de la nourriture entre les touffes d'algues et le fond marin. Il domine également d'autres algues et invertébrés, ce qui a un impact considérable sur les communautés indigènes (Otero *et al.*, 2013).

12-5-8-Impacts économiques

C. fragile a un impact économique important sur l'industrie aquacole. En effet, on a observé qu'ils envahissaient les parcs à huîtres (Otero *et al.*, 2013).

12-5-9-Options en matière de gestion

12-5-9-1-Prévention

L'un des rares moyens de prévenir la propagation de *C. fragile* est l'utilisation de mesures de sensibilisation et de quarantaine (isolement obligatoire) contre les crustacés destinés à l'élevage dans de nouvelles zones (principal vecteur d'introduction du protocole, etc.)(Otero *et al.*, 2013).

12-5-9-2-Éradication

Il existe des moyens limités de gérer *C. fragile*. Les herbicides chimiques ne sont pas des mesures de contrôle viables en raison de leur impact négatif sur les communautés

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

autochtones. Les techniques d'enlèvement mécanique (dragage, découpage, aspiration, etc.) ont été expérimentées dans divers domaines. Elle Aide à réduire temporairement la densité de *C.fragile*. Bien que ces méthodes sont généralement coûteuses et la population retrouve rapidement une densité normale. L'enlèvement manuel peut être fait, mais cela nécessite une extrême prudence, car les algues se propagent facilement à partir des débris (Otero *et al.*, 2013).

12-6- *Codium tomentosum*

12-6- 1-Taxonomie

Règne : Plantae

Embranchement : Chlorophyta

Classe : Bryopsidophyceae

Ordre : Bryopsidales

Famille : Codiaceae

Espèce : *Codium tomentosum* Stackhouse ; 1797.

12-6-2-Morphologie

Codium tomentosum est une algue verte dont le thalle atteint environ 30 cm de long. Elle forme des cordons épais, tubulaires, se ramifiant de manière dichotomique et se terminant par une forme arrondie, et pouvant atteindre de 8 mm à 1 cm de diamètre. De couleur vert foncé ou vert bouteille, elle présente une consistance ressemblant à de l'éponge un peu veloutée. A certaines périodes de l'année, en général l'été, elle se couvre de poils courts ressemblant alors à du feutre ou de la fourrure blanchâtre (Bouiadjra, 2012).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts



Figure 43 : *Codium tomentosum* (Cwmhiraeth).

12-6-3-Habitat et éléments d'identification sur le terrain

C'est une espèce très commune de part le monde. Elle est photophile et se développe au niveau des rochers et jusqu'à 20m de profondeur, et quelque fois dans des cuvettes (Muller,2004).

12-6-4-Reproduction

Cette algue se reproduit principalement de manière asexuée, par fragmentation du thalle. La reproduction, peut aussi être sexuée, par organes spécialisés. Certains utricules produisent latéralement deux organes reproducteurs ou gamétocystes où se différencient soit des gamètes mâles, soit des gamètes femelles. La partie interne du gamétocyste se gonfle et rejette à l'extérieur les gamètes en nuage. Il y a copulation entre le gamète mâle, petit, et le gamète femelle, plus gros. Le zygote germe en un filament qui donne naissance à un nouvel individu (Muller,2004).

12-6-5-Espèces similaires

Codium fragil, apparue vers les années 1920-1930 sur nos côtes, possède des cordons plus courts que *Codium tomentosum* (Muller,2004).

Chapitre IV : Les espèces d'algues invasives et leurs impacts

12-6-6-Bref historique de son introduction et de ses voies d'accès

Codium tomentosum est originaire du nord océan Atlantique, les îles britanniques et le sud des Açores et le Cap Vert. Il a été également enregistré les côtes de l'Afrique et dans diverses autres régions du monde (Muller,2004).

12-6-7-Impacts écologiques

Les impacts initiaux peuvent être mineurs et presque invisibles, les impacts vont devenir plus sévères avec le temps quand la population augmente. De plus, une fois que les espèces sont introduites, il est très difficile, voire impossible, de les détruire (Muller,2004).

10-6-8-Impacts économiques

Codium tomentosum est consommée en Asie mais pas en Europe où il est utilisé en cosmétologie, après extraction de composés utilisés pour la réhydratation du corps et de la peau (Muller,2004).

12-6-9-Options en matière de gestion

Il sert de nourriture pour un petit mollusque appelé *Elysia viridis* (Elysie verte), un mollusque ressemblant à une limace et qui mesure jusqu'à 5 cm de long (Muller,2004).

Chapitre V

Résultats et discussion

I-Caractéristiques du phytobenthos de l'aire d'étude

1-Nombre total d'espèces

L'analyse des récoltes effectuées sur la totalité de l'aire d'étude, nous a permis de déterminer un total de **162** espèces réparties dans six classes (Bangiophyceae, Florideophyceae, Phaeophyceae, Chlorophyceae, Bryopsidophyceae, Compsogonophyceae)(**Figure44**; **Tableau.4**).

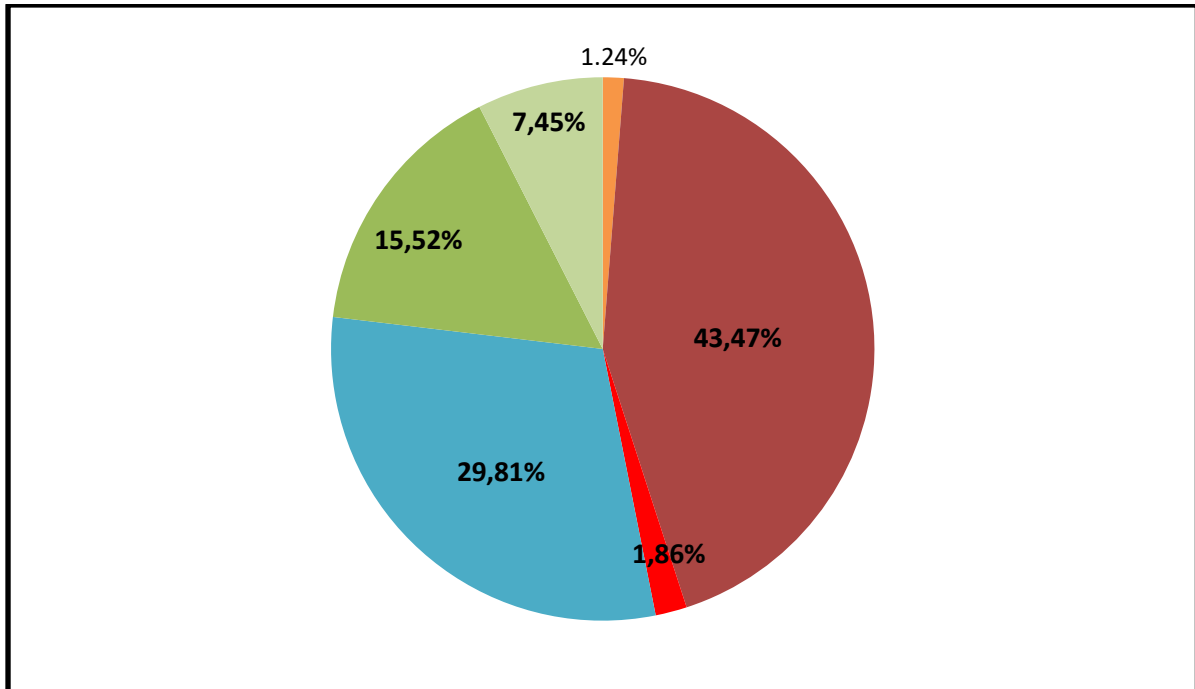


Figure 44:Répartition des espèces dans 6 grandes classes. ■,Bangiophyceae;
■,Bryopsidophyceae; ■,Florideophyceae; ■,Compsogonophyceae. ■,Phaeophyceae;
■,Chlorophyceae.

Chapitre V : Résultats et Discussion

Tableau 4: Inventaire des espèces d'algues échantillonnées. (+) présence/ (-) absence.

(Sm= Saint-michel, Mh= Mers-Hadjadj, St= Stidia, Or= Ouréah, Sb=Sablette, Sl= Salamandre, Ar= Abdelmalekramdan, Pp= Petit port, Ba= Bahara, Eg= El-Geulta, Em= El-mersa)

- **Rhodophycées (n=77)**

Espèces	Stations											
	Sm	Mh	St	Or	Sb	Sl	Ar	Pp	Ba	Eg	Em	
<i>Acrothamnion preissii</i>	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	+	
<i>Acrochaetium hamelii</i>	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	
<i>Acrochaetium caesareae</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Acrochaetium cheminii</i>	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Acrochaetium crassipes</i>	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	+	+	-	-	-	+	-	+	-	+	+	
<i>Amphiroa rigida</i>	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	
<i>Anotrichium secundum</i>	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	
<i>Antithamnion amphigeneum</i>	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	
<i>Asparagopsis armata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Bliding Chylocladia verticillata</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	
<i>Bonnemaisonia asparagoides</i>	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	
<i>Centroceras clavulatum</i>	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	
<i>Ceramium codii</i>	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	
<i>Ceramium diaphanum</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	
<i>Chondracanthus acicularis</i>	+	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	
<i>Chondracanthus teedei</i>	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
<i>Chondria capillaris</i>	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	
<i>Chondria coerulescens</i>	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	
<i>Chondria dasyphylla</i>	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	
<i>Chondria mairei</i>	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	
<i>Colaconema daviesii</i>	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	
<i>Colaconema leptonema</i>	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	
<i>Corallina officinalis</i>	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	
<i>Corallophilacinnabarina</i>	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	
<i>Dasya rigidula</i>	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	
<i>Digenea simplex</i>	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	
<i>Ellisolandia elongata</i>	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	
<i>Erythrotrichia bertholdii</i>	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	
<i>Erythrotrichia carnea</i>	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	
<i>Gastroclonium clavatum</i>	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	
<i>Gelidium corneum</i>	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	
<i>Gelidium crinale</i>	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	
<i>Gelidium lubrica</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	

Chapitre V : Résultats et Discussion

<i>Gelidium spinosum</i>	+	-	+	-	-	+	-	-	-	+	+
<i>Gracilaria bursa-pastoris</i>	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Gracilariopsis longissima</i>	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Grateloupia filicina</i>	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Halopithys incurva</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Herposiphonia secunda</i>	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-
<i>Heterosiphonia crispella</i>	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Huismaniella ramellosa</i>	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-
<i>Hypnea musciformis</i>	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-
<i>Jania longifurca</i>	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+
<i>Jania rubens</i>	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Laurencia microcladia</i>	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Laurencia obtusa</i>	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Leptosiphonia fibrillosa</i>	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-
<i>Liagora viscida</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Lithophyllum incrustans</i>	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+
<i>Lithothamnion nvalens</i>	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Lomentaria articulata</i>	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
<i>Mesophyllum alternans</i>	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Mesophyllum lichenoides</i>	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+
<i>Nemalionella inthoides</i>	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Neosiphonia sertularioides</i>	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Palisada perforata</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Peyssonnelia heteromorpha</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Peyssonnelia rosa-marina</i>	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Peyssonnelia rubra</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Peyssonnelia squamaria</i>	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Plocamium cartilagineum</i>	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-
<i>Polysiphonia deusta</i>	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Porphyra umbilicalis</i>	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Pterocladia capillacea</i>	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Pyropia leucosticta</i>	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>Rissoella verruculosa</i>	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Sahlingia subintegra</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Schottera nicaeensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Spyridia filamentosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Taeniomena ananum</i>	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Titanoderma pustulatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Vertebrata fruticulosa</i>	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Vertebrata furcellata</i>	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-

• Phéophycées (n=48)

Espèces	Stations										
	Sm	Mh	St	Or	Sb	Sl	Ar	Pp	Ba	Eg	Em
<i>Arthrocladia villosa</i>	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Asperococcus bullosus</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-
<i>Cladosiphon mediterranéen</i>	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Cladostephus spongiosus</i> sf. <i>verticillatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Colpomenia peregrina</i>	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-
<i>Colpomenia sinuosa</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>Cutleria adspersa</i>	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-
<i>Cutleria chilosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Cystoseira aamentacea</i> var. <i>stricta</i>	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-
<i>Cystoseira brachycarpa</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>Cystoseira compressa</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>Cystoseira crinita</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
<i>Cystoseira foeniculacea</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Cystoseira mediterranea</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
<i>Cystoseira sedoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Cystoseira tamariscifolia</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
<i>Cystoseira zosteroides</i>	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Dictyopteris divaricata</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Dictyota dichotoma</i> Var. <i>dichotoma</i>	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-
<i>Dictyota fasciola</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Dictyota spiralis</i>	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-
<i>Ectocarpus commensalis</i>	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Ectocarpus fasciculatus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ectocarpus siliculosus</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+
<i>Feldmannia globifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Feldmanni amitchelliae</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
<i>Feldmannia simplex</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>Halopteris filicina</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Halopteris scoparia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Hinckesia sandriana</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Hydroclathrus clathratus</i>	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+
<i>Laminaria ochroleuca</i>	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-
<i>Laminaria rodriguezii</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Leathesia marina</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Myriactula gracilariae</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Myriactula rigida</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Myriactula rivulariae</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Padina pavonica</i>	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-
<i>Phacelaria cirrosa</i>	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Ralfsia verrucosa</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Sargassum acinarium</i>	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Sargassum vulgare</i>	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+
<i>Sphacelaria plumula</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Taonia atomaria</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Treptacantha algeriensis</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-

Chapitre V : Résultats et Discussion

<i>Treptacantha ballesterosii</i>	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	+
<i>Treptacantha barbata</i>	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+

- Chlorophycées (n=37)

<i>Espèces</i>	Stations										
	Sm	Mh	St	Or	Sb	Sl	Ar	Pp	Ba	Eg	Em
<i>Acetabularia acetabulum</i>	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Anadyomene stellata</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+
<i>Blidingia marginata</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+
<i>Bourse codium</i>	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+
<i>Bryopsis duplex</i>	-	-	+	-	+	+	-	+	-	+	+
<i>Bryopsis hypnoides</i>	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+
<i>Bryopsis muscosa</i>	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+
<i>Bryopsis plumosa</i>	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+
<i>Bryopsis secunda</i>	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+
<i>Caulerpa prolifera</i>	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>Caulerpa racemosa var. cylindracea</i>	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>Chaetomorpha aerea</i>	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Chaetomorpha capillaris</i>	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-
<i>Chaetomorpha linum</i>	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cladophora coelothrix</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Cladophora aetevirens</i>	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Cladophora prolifera</i>	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-
<i>Cladophora rupestris</i>	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+
<i>Cladophoropsis membranacea</i>	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Codium effusum</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Codium fragile</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
<i>Codium tomentosum</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-
<i>Flabellia petiolata</i>	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Lychete pellucide</i>	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
<i>Palmophyllum crassum</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-
<i>Rhizoclonium riparium</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>Ulva clathrata</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>Ulva compressa</i>	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Ulva elegans</i>	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>Ulva fasciata</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
<i>Ulva intestinalis</i>	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+
<i>Ulva lactuca f. rigida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ulva lactuca</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Ulva linza</i>	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>Ulva prolifera</i>	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Ulvaria obscura</i>	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+
<i>Valonia macrophysa</i>	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+

Chapitre V : Résultats et Discussion

Le plus important nombre d'espèces d'algues a été enregistré dans le site Petit port (120 espèces) suivi par Abdelmalek ramdhan (70 espèces) et Bahara (60 espèces). Par ailleurs, la plus faible richesse spécifique est enregistrée à la station de Sablette (24 espèces) (Figure 45); Les espèces identifiées ont été observées précédemment sur la côte algérienne (Boudouresque & Seridi, 1989).

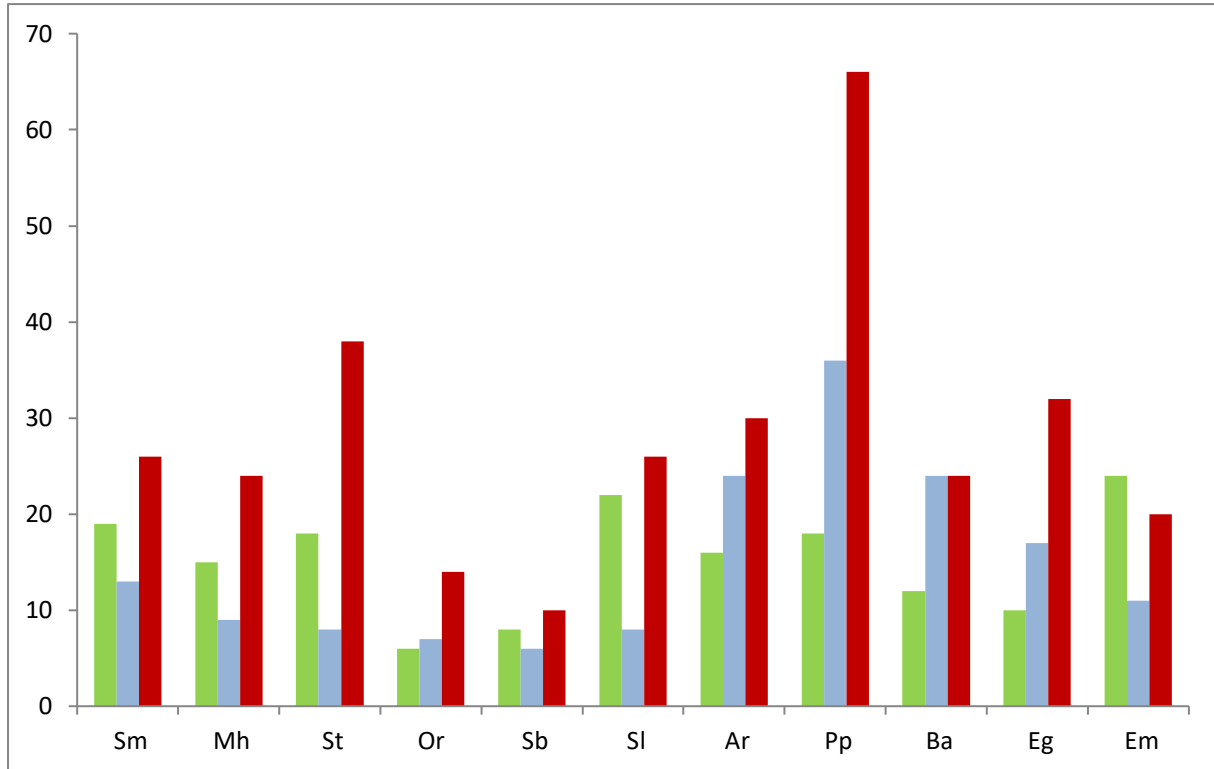


Figure 45: Répartition des nombre d'espèce par groupe au niveau des stations étudiées. ■, Rhodophyceae; ■, Phaeophyceae; ■, Chlorophyceae.

Les Rhodophyceae sont les mieux représentées par une forte dominance d'*Ellisolandia elongata* et *Corallina officinalis* qui se localisent au niveau de l'horizon supérieur de l'étage infralittoral entre 0,5 et 10 m. Par ailleurs, *Asparagopsis armata*, *A. taxiformis*, *Jania rubens* et *Mesophyllum lichenoides* dominent les profondeurs avec un recouvrement qui atteint 60%.

Les Phaeophyceae sont aussi bien représentées à Petit Port, Abdelmalek ramadane et Bahara avec une dominance des Cystoseires : *Cystoseira stricta* ainsi que *Colpomenia sinuosa*, *Dictyota dichotoma*, *Dictyota spiralis* et *Padinap avonica*.

Les Chlorophyceae représentent une faible valeur 22% au niveau des stations prospectés par rapport aux autres groupes. Ce groupe est dominé par *Acetabularia acetabulum*, *Chaetomorpha aerea*, *Bourse codium*, *Ulva compressa*, *Ulva intestinalis* et *Ulva sp.*

2-Composition floristique-recouvrement total

La composition floristique de nos relevés, varie selon les stations et les périodes d’observation, le nombre moyen d’espèces par relevé, pour l’ensemble de la zone d’étude le maximum est perçu au mois de mars, saison printanière, qui est une période de diversification spécifique algale selon **Ballesteros (1992)**, avec 77 espèces par relevé puis chute au mois de novembre (période automnale) pour arriver à 54 espèces puis une légère augmentation en juin (saison estivale) avec 66 taxons (**Figure 46**).

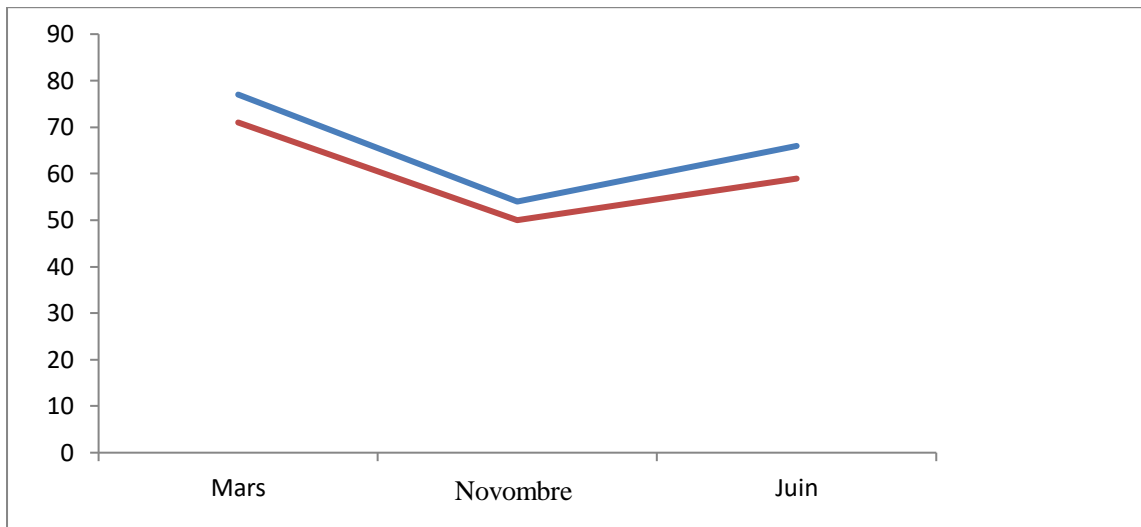


Figure 46:Répartition du nombre moyen d’espèces par relevé selon les saisons d’observation. —2018-2019 ; — 2019-2020.

3-Rapport R/P

Tableau 5 : Rapport **R/P** des différentes stations d’observation de la zone d’étude.

Stations	R/P
Sm	2
Mh	2.66
St	4.75
Or	2
Sb	1.66
Sl	3.25
Ar	1.25
Pp	1.83
Ba	1
Eg	1.88
Em	1.81

Chapitre V : Résultats et Discussion

C'est le nombre de Rhodophyceae sur le nombre de Phaeophyceae, établi par Feldmann (1937), permet de caractériser la flore d'une région donnée, il croît régulièrement depuis les Mers froides de l'Europe du Nord jusqu'aux provinces chaudes de l'Atlantique tropical, pour notre zone d'étude, ce rapport est calculé par site d'observation figurant au (tableau 5) avec une moyenne de 2,19 pour la zone d'étude, ce qui est légèrement inférieure à la moyenne nationale, évaluée à 3 (Seridi, 2003) mais proche de celui signalé par Kazzaz, (1989) à 2,7 pour Cabo-Negro, zone Méditerranéenne de Tétouan-Maroc, et à Malaga-Espagne 2,41 et aux Iles d'Alboran 2,45 par Conde (1984b), Soto et Conde, (1993), ainsi que celui indiqué par Riadi (2000) pour la zone du détroit de Gibraltar (2,4).

4-L'indice de diversité ; Indice de Shannon H', et d'équitabilité E

La diversité estimée grâce à l'indice de Shannon-Weaver (H') ainsi que l'indice d'équitabilité (E) pour l'ensemble des stations d'observation montrent que les stations les moins riches sont (saint-michel, Mers El-hadjaj, Stidia, Ouréah, Sablette, Salamandre et El-marsa) (Figure 47), avec des valeurs faibles variant de 1,03 à 1,24 pour la diversité (H'), suivi fidèlement d'un indice d'équitabilité (E) oscillant entre 0,58 à 0,84. Ces indices traduisent des peuplements algaux en déséquilibre (Belsher *et al.*, 1976).

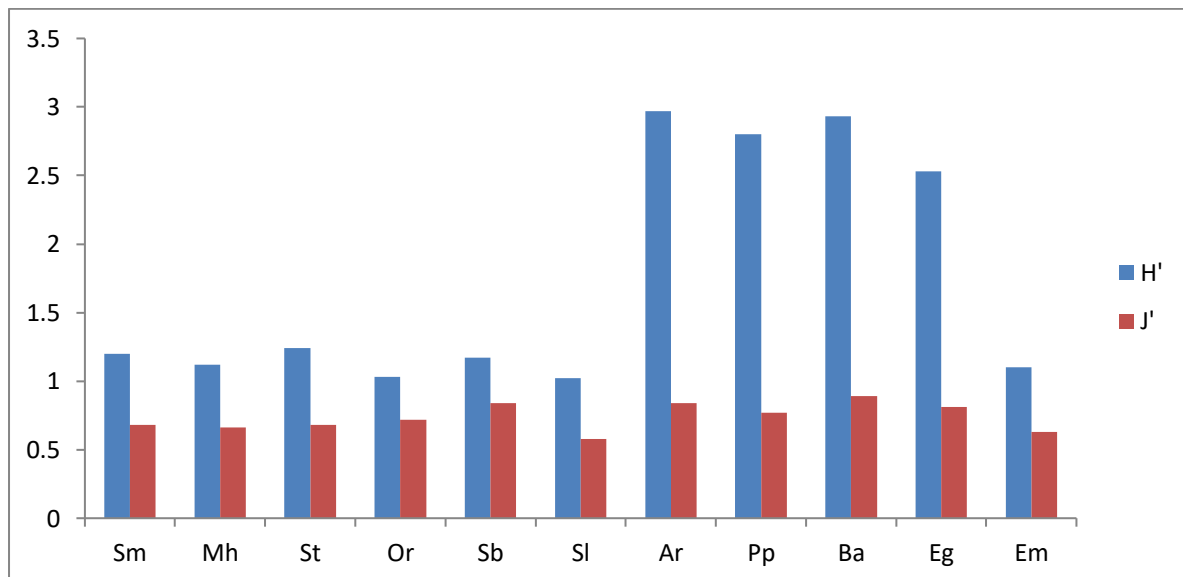


Figure 47: Illustration graphique de l'indice de diversité H' et l'indice d'équitabilité E des sites d'observation. ■ H' ; ■ J'.

5-Analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'analyse factorielle des correspondances de la matrice d'entrée composé de 11 lignes correspondants aux différentes stations prospectées et 3 colonnes (Rhodophyceae, Pheophyceae et Chlorophyceae) nous a permis d'obtenir les résultats portés dans

La **Figure 48**.

Cette analyse a permis de classer les deux sites Bahara et abdelmalek ramdan comme site très diversifié et d'une flore qui représente les eaux propres, En revanche, les sites de Saint-Michel, Studia, Salamandre, Sablette et El Marsa sont fortement touchés par les pollutions anthropiques (zones portuaires et rejets des eaux côtières). (Observation personnelle).

Sachant que les sites Saint-michel, Salamandre et El-Marsa sont des zones portuaires et les stations : Saint-michel, El-marsa, Salamandre, Sablette, Mers-hadjadj et Stidia sont juste à proximité immédiate de ces zones portuaires relativement polluées. Ce qui se confirme par leur rareté en espèces sensible à la pollution dont celle du groupe Cystoseire et inversement par la présence d'espèces indicatrice de pollution du genre Enteromorpha, Chaetomorpha et ulva (Golubic, 1970 ; Bellan et Bellan-Santini, 1972 ; Rodriguez-Prieto et Polo, 1996), (Ballesteros *et al.*, 1984 ; Kadari, 1994). Leur présence est due principalement aux rejets côtiers des eaux usées.

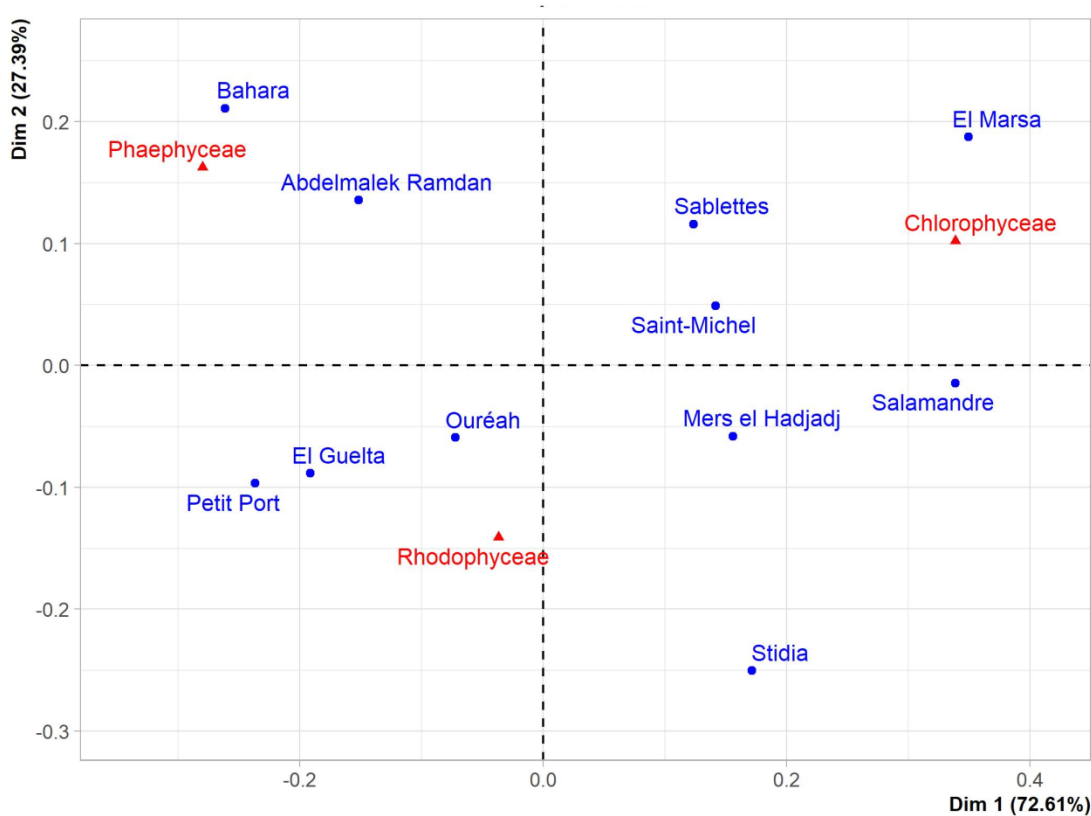


Figure 48: Analyse factorielle des correspondances (AFC) montrant la tendance de diversité spécifiques des espèces d'algues inventoriées au niveau des 11 sites d'étude.

6-Espèces algale introduite / invasives

L'inventaire établi au niveau des onze stations représentant la côte ouest Algérienne détermine trois classes d'algue (Rhodophyceae, Chlorophyceae, Pheophyceae). Parmi ces algues on a ceux qui sont considérées comme l'une des principales causes de la perte de biodiversité en Méditerranée, ce sont les algues invasives dont on a recensé six (06) espèces : *Acrothamnion preissii*, *Asparagopsis armata*, *Asparagopsis taxiformis*, *Caulerpa racemosa var. cylindracea*, *Codium fragile*, *Codium tomentosum* (**Figure 49**). Ces espèces représentent un taux de **3,70 %** de l'effectif globale.



Figure 49 : Les espèces d'algues invasives signalées et recensés dans la côte ouest Algérienne : 1- *Acrothamnion preissi* (Jorge Terrados) 2- *Asparagopsis armata* 3- *Asparagopsis taxiformis* 4- *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* 5- *Codium fragile* (Mehiaoui Saadia) 6- *Codium tomentosum* (Cwmhiraeth).

7-Discussion

Cette étude est une approche à la connaissance du macrophytobenthos des côtes ouest algériennes. Nous avons tenté de dresser un inventaire qualitatif aussi exhaustif que possible des algues de l'étage infralittoral, il s'agit d'un complément d'information à la base de données de la flore marine Algérienne et même recensées les espèces d'algues invasives qui sont considérées comme l'une des principales causes de la perte de la diversité.

Les résultats ont permis d'inventorier **162** espèces réparties sur 3 groupes : **77** espèces de Rhodophyceae, **48** espèces Pheophyceae et **37** espèces Chlorophyceae. Il y a plus ou moins une similitude dans la hiérarchie des dominances des groupes systématiques entre les résultats de la présente étude et celle de **Bachir-Bouiadjra et al. (2010)** et ce par ordre décroissant avec les Rhodophyceae en tête, suivie des phaeophyceae puis des Chlorophyceae. Soit un taux de **32,79 %** du nombre total de **494** espèces inventoriées à l'échelle nationale (**Perret-Boudouresque et Serridi, 1989; Seridi, 1990 ; Kadari-Meziane, 1994 ; Ould-Ahmed, 1994**). Parmi les algues recensées, six sont réputées invasives en Méditerranéenne.

Chapitre V : Résultats et Discussion

L'étude floristique basée sur le calcul des différents paramètres analytiques a permis de mettre en évidence une dominance des Rhodophyceae par rapport aux autres groupes taxonomiques, ce qui corrèle avec la flore algale méditerranéenne d'une manière générale. Le rapport R/P globale obtenue est calculé par site d'observation avec une moyenne de **2,19** pour la zone d'étude, ce qui est légèrement inférieure à la moyenne nationale, évaluée à **3** (Seridi, 2003) mais proche de celui signalé par **Kazzaz, (1989)** à **2,7** pour Cabo-Negro, zone Méditerranéenne de Tétouan-Maroc, et à Malaga-Espagne **2,41** et aux Iles d'Alboran **2,45** par **Conde (1984b), Soto et Conde, (1993)**, ainsi que celui indiqué par **Riadi (2000)** pour la zone du détroit de Gibraltar (**2,4**). Ce résultat du rapport R/P traduit la présence, en Algérie d'une flore algale marine à affinité tempérée de type méditerranéen (Ould-Ahmed, 2013). Ce rapport augmente régulièrement depuis les Mers froides de l'Europe du Nord, jusqu'aux régions chaudes de l'Atlantique tropical. Il est voisin de **3** en Méditerranée occidentale, en Méditerranée orientale il est inférieur à 3, en Adriatique il s'élève à 2,42 (Giaccone, 1978), en Grèce 2,5 et en Turquie 2 (Boudouresque et Perret-Boudouresque, 1979).

La diversité estimée grâce à l'indice de Shannon-Weaver (H') ainsi que l'indice d'équitabilité (E) pour l'ensemble des stations d'observation montrent que les stations les moins riches sont (saint-michel, Mers El-hadjadj, Stidia, Ouréah, Sablette, Salamandre et El-marsa), avec des valeurs faibles variant de 1,03 à 1,24 pour la diversité (H'), suivi fidèlement d'un indice d'équitabilité (E) oscillant entre 0,58 à 0,84. Ces indices traduisent des peuplements algaux en déséquilibre (Belsher *et al.*, 1976). En effet, ces stations sont lourdement touchées par les rejets directs industriels, domestiques et urbains, des eaux sans traitement, générant ainsi une pollution croissante, affectant inévitablement la communauté algale dans sa diversité (observation personnelle).

En revanche les stations : (Abelmalek Ramdane, Petit Port, Bahara et El-Geulta) sont relativement épargnées par les pollutions d'origines diverses présentent des indices de diversité et d'équitabilité légèrement supérieurs. Ce qui dénote un peuplement bien différencié, stable et en équilibre (Verlaque, 1977) particulièrement pour la station du Bahara, Petit port et même Ben Abdmalek Ramdane. En effet, l'indice de diversité (H') montre des valeurs assez élevées dans les stations relativement propres, ainsi que des valeurs plus faibles dans les stations relativement polluées ou instables (Chaabane, 2019).

Chapitre V : Résultats et Discussion

L'Analyse factorielle des correspondances a permis de classer les deux sites (Bahara et Abdelmalek Ramdan) comme site diversifié et d'une composition floristique représentative des eaux propres, par contre les sites Saint-Michel, Stidia, Salamandre, Sablette et El-Marsa comme sites fortement perturbés par une pollution d'origine anthropique (zone portuaires et rejets côtiers des eaux usées) (Observation personnelle).

Sachant que les sites Saint-michel, Salamandre et El-Marsa sont des zones portuaires et le reste des stations (Saint-michel, El-marsa, Salamandre, Sablette, Mers-hadjadj et Stidia) se localisent juste à proximité de ces zones portuaire qui sont relativement très polluée. Ce qui se confirme par leur rareté en espèces sensible à la pollution dont celle du groupe *Cystoseira* et inversement par la présence d'espèces indicatrice de pollution du genre *Enteromorpha*, *Chaetomorpha* et *ulva*. Leur présence est due principalement aux rejets côtiers des eaux usées.

Et même la présence de l'espèce invasive *Caulerpa cylindracea*, qui a tendance à coloniser les écosystèmes perturbés explique la réduction de la flore algale autochtone (Piazzi et Ceccherelli, 2006 ; Klein 2007 ; Klein *et al.*, 2008). *Caulerpa cylindracea* fait partie d'espèces invasives apparues, suite aux changements climatiques et aux effets néfastes de la pollution, dans le bassin Méditerranéen (Boudouresque et Verlaque, 2002).

Le premier constat qu'on pourrait faire par rapport respectivement aux sites de Bahara et Abdelmalek Ramdan, c'est qu'ils sont bien séparés de tous les autres sites. Ceci se traduit par une différence par rapport aux autres sites par leur composition floristique qui est relativement représentative des eaux propres. Ce sont des sites qui possèdent une composition floristique très importante. Rappelons que c'est au niveau de ces sites que les indices de diversité spécifique indice de shannon-Weaver ainsi que l'indice d'équitabilité les plus élevés sont obtenus au niveau de ces stations. Les espèces qui caractérisent ces stations sont bien renforcé par la présence des Phéophycée tel que les *Cystosères* (*Cystoserasticta*), (*Cystoseira compressa*) qui sont énormément sensible à la pression anthropique, et sensibles à la moindre variation de l'environnement marin, elles représentent à cet effet les bioindicateurs d'un bon état du milieu. Ces zones caractérisées par un hydrodynamisme élevé, un substrat non vertical et de bon éclairage soulignent une bonne situation environnementale générale (Belmokhtar, 2012).

Chapitre V : Résultats et Discussion

L'axe 2 (27,39% d'inertie) est expliqué dans son coté négatif par des espèces photophiles à savoir particulièrement *Ellisolandia elongata*, *Jania rubens*, *Pterocliadiella capillacea*, *Asparagopsis taxiformis*, *asparagopsis armata*, *Hypnea musciformis* et *Palisada perfota*.

Les stations ayant subi un fort changement sont Saint-michel, Mers El Hadjadj, Stidia, Salamandre, Sablette et El-marsa due essentiellement aux actions anthropiques qui ont subi un enrichissement en matière organique par le rejets d'eaux usées de la ville d'Oran pour la station de Saint-michel et Mers El Hadjadj, la ville de Mostaganem pour les stations de Stidia, Salamandre et Sablette, la ville de Chelef pour la station d'El-Marsa. Ce qui contribuent à la prolifération des espèces d'algues qui tolèrent l'eutrophisation tel que les ulves (*Ulva lactuca*, *ulva institinalis*, *ulva rigida* et *ulva compressa*) réputées espèces nitrophiles accumulatrice d'azote (Munda, 1974; 1982; Hoffmann *et al.*, 1988; Arévalo *et al.*, 2007). Bien que d'autres facteurs comme la pollution des produits chimiques inorganiques, l'augmentation des niveaux de turbidité, le surpâturage et le changement climatique ont été suggérer comme d'autres causes possibles (Cormaci & Furnari, 1999). Cela signifie que le milieu est fortement perturbé qui impose à l'avenir un suivi.

La deuxième partie de ce travail consiste en une valorisation biochimique d'une algue rouge nommée : *Sphaerococcus coronopifolius*

Partie II : Valorisation de la biomasse algale

II-Etude de l'activité antimicrobienne et antioxydant de l'extrait méthanoliques de l'algue rouge : *Sphaerococcus coronopifolius*

Dans ce présent travail nous avons évalué le rendement d'extraction, le teneur des composés phénoliques, ainsi que l'activité antimicrobienne d'extrait méthanoliques de l'algue marine *Sphaerococcus coronopifolius* qui est tester vis-à-vis de 6 microorganismes qui proviennent de la collection du laboratoire LMBAFS, dont deux (2) bactéries Gram positif (+) : *B. cereus*, et *S. aureus*, et trois (3) bactéries Gram négatif (-) *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae* et *E. coli* ainsi qu'un champignon: une levure *C. albicans*.

1-Rendement d'extraction d'Algue Rouge *S. coronopifolius*

Le rendement d'extraction se calcule en utilisant le rapport entre la masse de Polyphénols extraits et la masse de la matière première végétale traitée (**Figure 50**). Après extraction et récupération d'extrait, leur rendement a été déterminé par rapport à 50 g de matière végétale exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R (\%) = P1 - P2 / P3 \times 100$$

P1 : poids du ballon après évaporation.

P2 : poids du ballon avant évaporation.

P3 : poids de la matière végétale de départ.

Donc :

P1 : 204,8g

P2 : 203,1g

P3 : 50g

Alors :

$$R (\%) = 3,4 \%$$

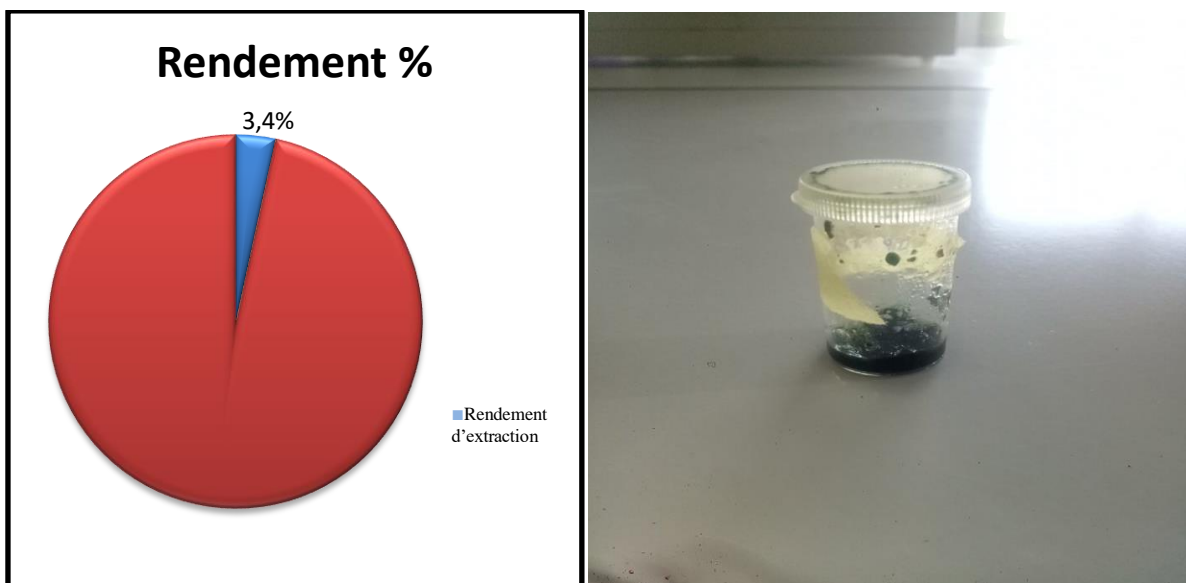


Figure 50 : Rendement d'extraction d'Algue Rouge *S. coronopifolius*

Le calcul du rendement d'extraction repose sur plusieurs facteurs à savoir température d'extraction, de la matière végétale initiale et l'humidité (Wattiaux, 1994). Selon Michel et al., (2012), le rendement des extractions dépend de la nature du solvant utilisé et des propriétés chimiques des molécules à extraire. De même, la méthode d'extraction (macération, décoction, infusion) joue également un rôle important dans la détermination du rendement ainsi que la composition chimique de l'extrait préparé (Tefiani, 2015).

2-Evaluation du pouvoir antioxydant

L'activité antioxydante de l'extrait d'algue rouge *S.coronopifolius* est évaluée par le test de réduction du radical libre DPPH.

2-1-Test de réduction du radical libre le DPPH

Le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle est un radical de couleur violacée qui absorbe dans l'UV- visible à la longueur d'onde de 517nm, suivie par spectrophotométrie. Il fut l'un des premiers radicaux libres utilisés pour étudier l'activité antioxydante des composés phénoliques. Dans ce test, le substrat est un radical libre qui, en réagissant avec une molécule antioxydante, se transforme en DPPH-H (2,2-diphényl-1-picrylhydrazine) avec perte de son absorbance caractéristique à 517 nm. Les réactions ont lieu à température ambiante et en milieu méthanolique, qui permet une bonne solubilisation de la plupart des antioxydants. Ce test est très utilisé, car il est rapide et facile.

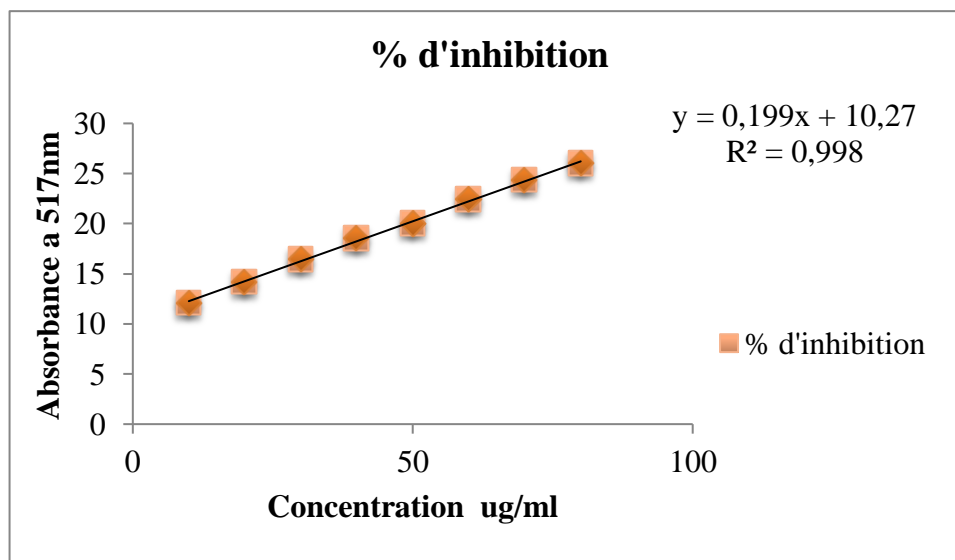


Figure 51 : Courbe étalon d'acide ascorbique.

2-2-Calcul des pourcentages d'inhibitions I%

Les résultats du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par l'extrait méthanolique de l'algue rouge *S. coronopifolius* sont illustrés (Tableau 6). Ces résultats sont comparés aux pourcentages d'inhibition par un puissant antioxydant (acide ascorbique) utilisé dans cette étude comme témoin positif. D'après le Tableau 06 le pourcentage d'inhibition de l'extrait varie entre 27,26% et 14,41%.

Tableau 06 : Les pourcentages d'inhibitions

Concentrations testées (µg/ml)	Pourcentage d'inhibition de l'acide ascorbique (%)	Pourcentage d'inhibition de l'extrait méthanolique DPPH(%)
100	12,1	26,42
50	14,2	21,46
25	16,4	2,98
12,5	18,5	14,41
6,25	20	27,26

Le pourcentage d'inhibition le plus élevé (27,26%) est enregistré avec la concentration de l'extrait méthanolique (6,25µg /ml). Comparativement à la littérature, les travaux de Tefiani (2015), a obtenu le plus grand pourcentage d'inhibition (7%) avec la concentration (1mg/ml).

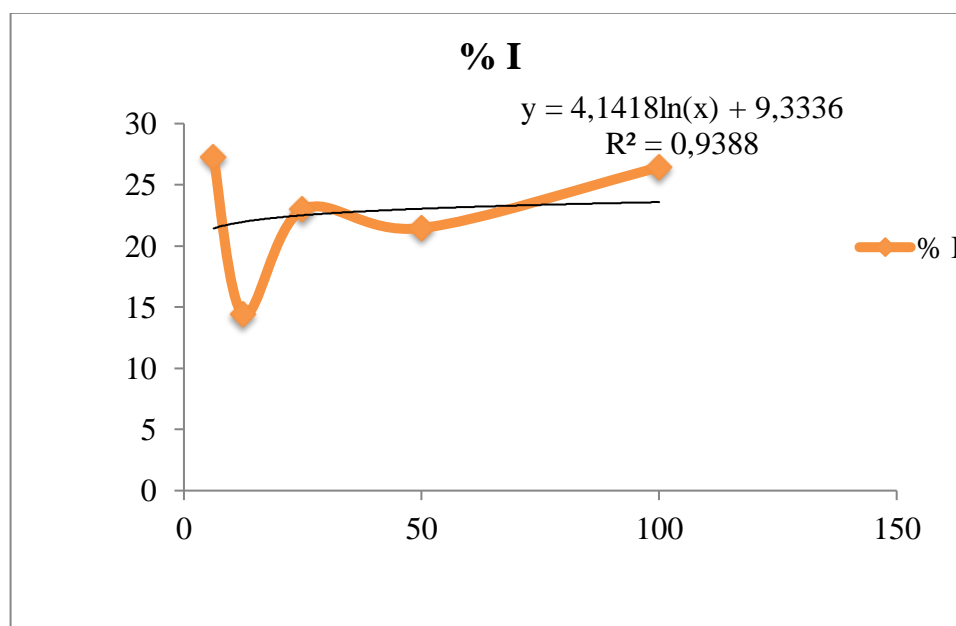


Figure 52: Les pourcentages d'inhibition de l'extrait méthanolique (teste DPPH) et l'acide ascorbique par déduction de la courbe de pourcentage d'inhibition.

2-3-Evaluation de l'IC50

L'IC50 est inversement liée à la capacité antioxydant d'un composé, car il exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50%. Plus la valeur d'IC50 est basse, plus l'activité antioxydant d'un composé est élevée. La concentration de l'échantillon nécessaire pour inhiber 50% du DPPH radicalaire, est calculée par régression

linéaire des pourcentages d'inhibition calculés en fonction de différentes concentrations d'extrait préparé.

La concentration de l'acide ascorbique qui inhibe 50% du DPPH (IC50) est évaluée graphiquement. L'acide ascorbique présente donc un faible (IC50), ce qui est en accord avec le pouvoir antiradicalaire élevé obtenu.

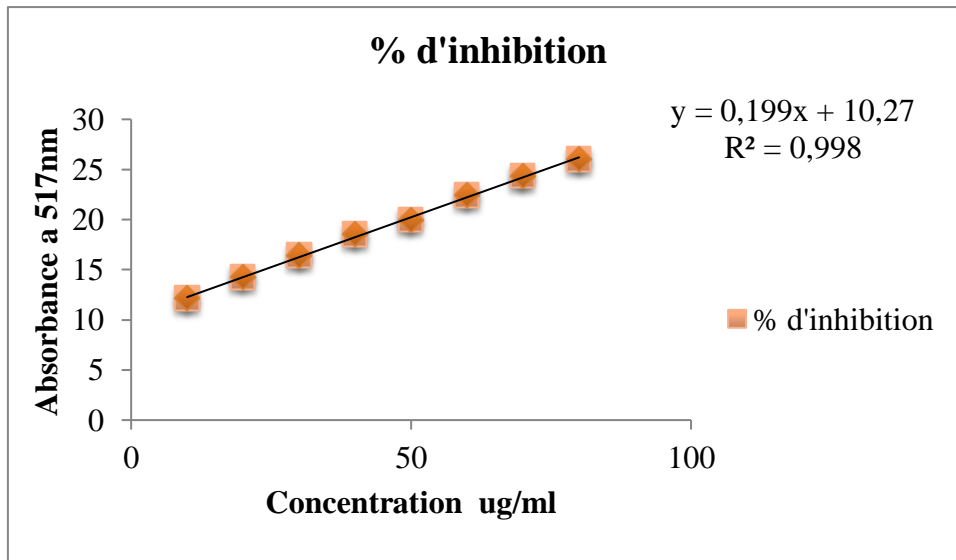


Figure 53 : Courbe étalon d'acide ascorbique.

L'IC50 est déterminée à partir d'une courbe de pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH enregistrée dans cette étude est de 266.9 µg /ml, cette valeur reste nettement supérieur à celle de l'acide ascorbique (199ug/ml).

3-Dosage des Composés Phénolique

3-1-Taux de Polyphénols totaux dans l'extrait d'algue Rouge *S.coronopifolius*

La teneur en Polyphénols totaux dans l'extrait eau-méthanol est déterminée à partir des équations de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage exprimées en µg. Eq acide gallique par mg d'extrait

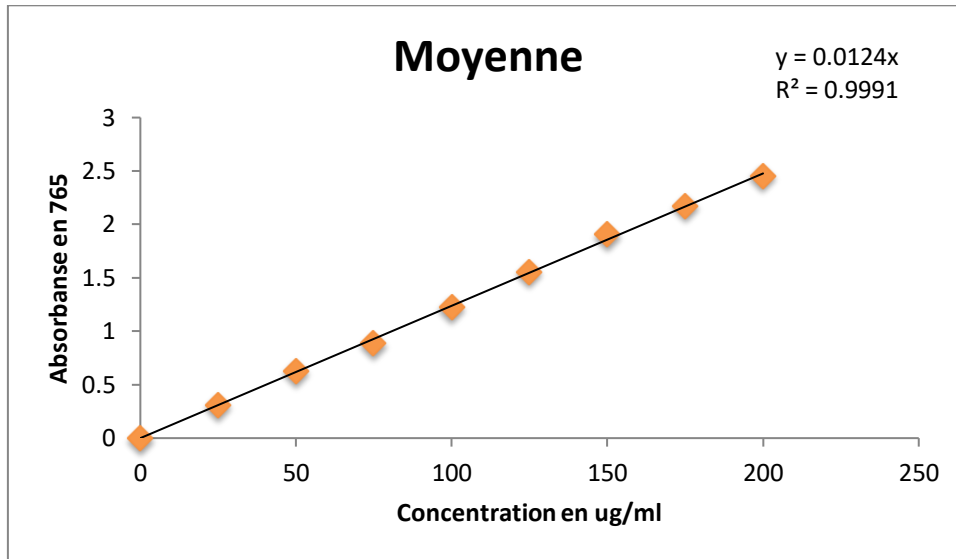


Figure 54: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux

En ce qui concerne notre étude, l'analyse des composés phénoliques montre que la teneur en Polyphénols enregistrée dans cette étude est de **7066**µg. EA par mg d'extrait

3-2-Taux de Flavonoïde totaux dans l'extrait d'algue Rouge *S.coronopifolius*

Taux de Flavonoïde totaux dans l'extrait d'algue Rouge *S.coronopifolius* Équations de la régression linéaire de courbe d'étalonnage exprimées en µg. Eq Quercétine par mg d'extrait.

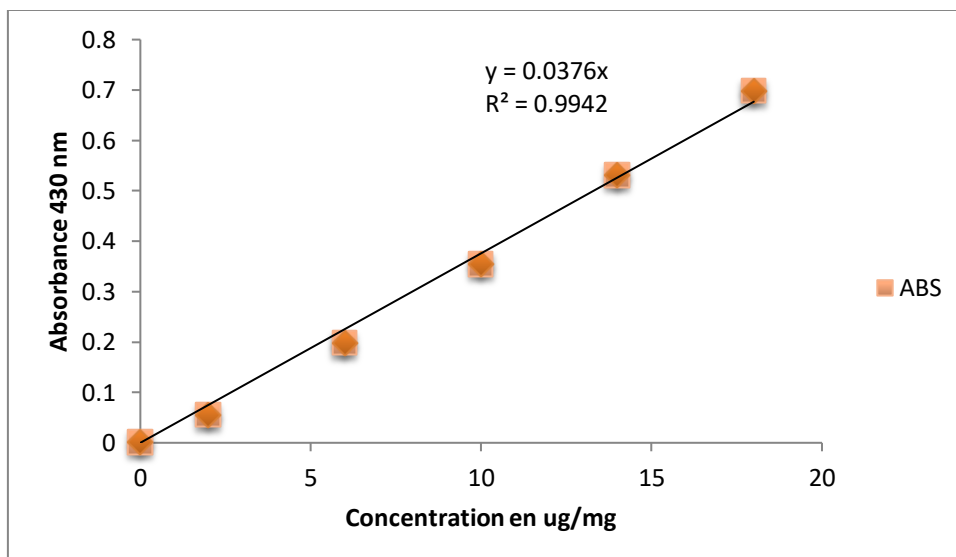


Figure 55 : Courbe d'étalonnage de Quercitine pour le dosage des flavonoïdes

Chapitre V : Résultats et Discussion

La teneur en flavonoïde est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage à la Quercétine. La teneur en flavonoïdes enregistrée dans cette étude est de **10172** µg EQ/mg extrait, ce résultat est en accord avec d'autres travaux où ils ont trouvé qu'il existe seulement peu de données concernant le contenu en flavonoïdes dans les algues marines (Meenakshi & Gnanambigai, 2009 ; Sava and Sirbu, 2010 ; Zeng et al., 2001).

Tableau 07 : Teneurs en Phénols totaux, et en flavonoïdes de l'extrait brut d'algue rouge *S. coronopifolius*.

	Phénols totaux (µg EA/mg extrait)	Flavonoïdes (µg EQ/mg extrait)
Extrait brut	7066	10172

L'analyse des composés phénoliques montre que l'extrait méthanolique obtenu à partir de l'algue rouge *S.coronopifolius* possède une teneur élevée en flavonoïdes totaux (10172µg EQ/mg extrait) par rapport aux phénols totaux (7066µg EA/mg extrait). D'après la littérature, il existe peu de travaux sur le contenu en flavonoïdes dans les algues marines (Meenakshi & Gnanambigai, 2009; Sava and Sirbu, 2010; Zeng et al., 2001)mais, il est rapporté que les algues vertes contiennent des teneurs variant entre (8,43 et 33,39 mg/gMS), les algues brunes des teneurs variant entre (20,72 et 32,89 mg/g MS) et les algues rouges des teneurs variant entre (6,03 et 20,91 mg/g MS). Par ailleurs, il est rapporté que les teneurs en flavonoïdes dans les algues marines varient pour plusieurs raisons: l'espèce, la saison et d'autres conditions géographiques (Sarojini et al., 2012).

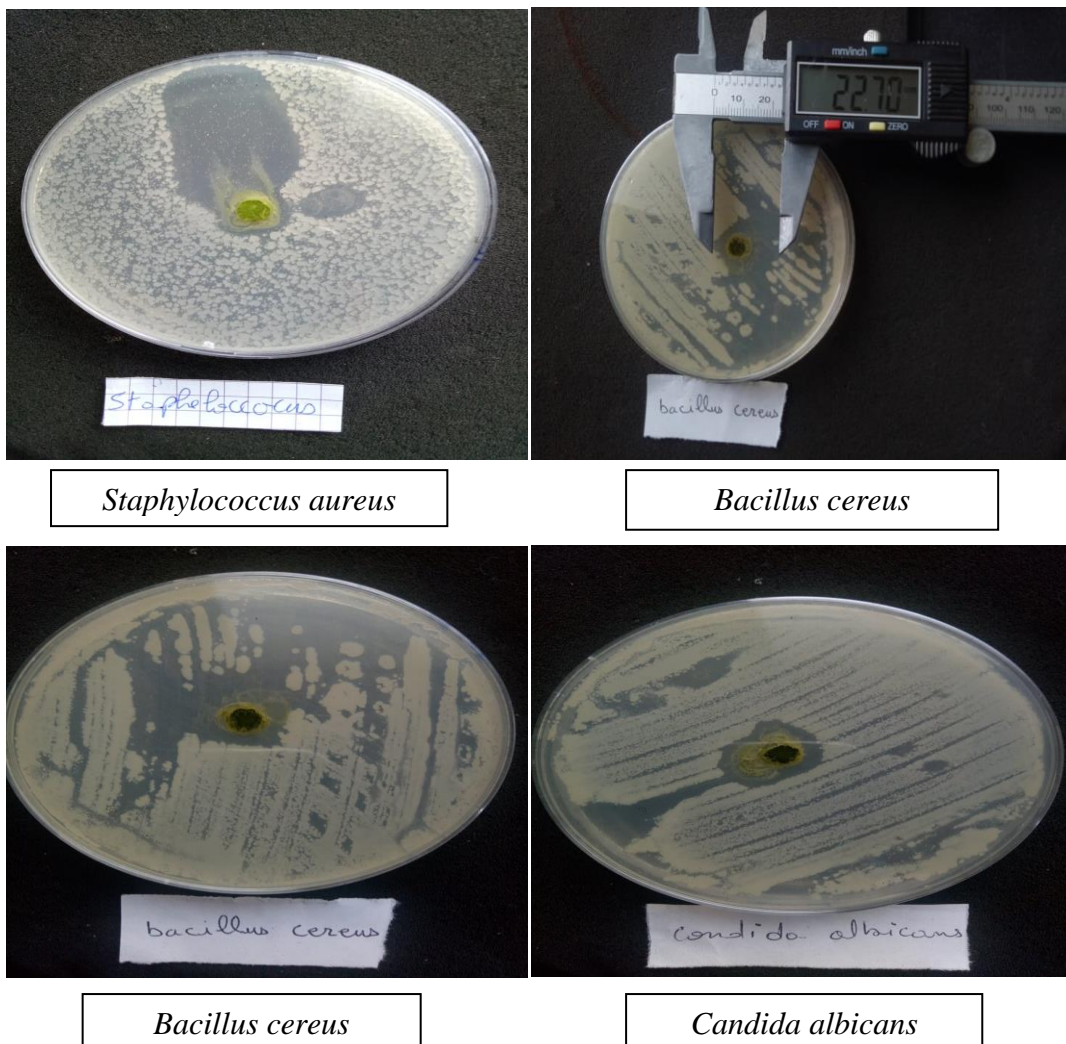
4-Pouvoir de l'activité antimicrobienne de *S.coronopifolius*

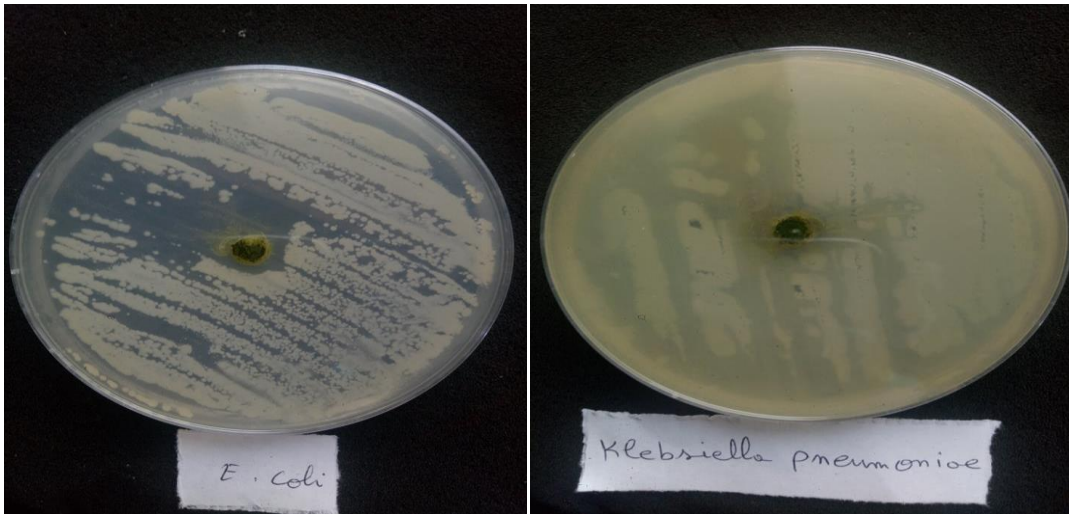
Nous avons étudié in vitro le pouvoir antimicrobienne d'extrait brut de *S. coronopifolius* par la méthode de diffusion en puits AWDT (Barefoot & Klaenhammer, 1983) sur un milieu gélosé solide, Mueller-Hinton, c'est le milieu le plus utilisé pour faire ces tests d'antagonisme. L'activité antimicrobienne de *S.coronopifolius* a été estimée en terme de diamètre de la zone d'inhibition autour des puits contenant l'extrait brut de *S.coronopifolius* à tester vis-à-vis de 6 microorganismes testés qui proviennent de la collection du laboratoire LMBAFS, dont deux (2) bactéries Gram positif (+) : *B. cereus*, et *S. aureus*, et trois (3) bactéries Gram négatif (-) *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae* et *E. coli* ainsi qu'un champignon: une levure *C. albicans*.

4-1-La technique de diffusion en puits

C'est la technique de base utilisé pour étudier la capacité de la substance à exercer un effet antimicrobien. D'après Les résultats obtenus, on remarque que les propriétés antimicrobiennes dans ce test ont montré que l'extrait brut de *S. coronopifolius* influence totalement sur *E. coli*, *S. aureus* et *B. cereus*, mais aucune activité antimicrobienne n'a été enregistrée vis-à-vis de la souche *P. aeruginosa* (**Figure 56**).

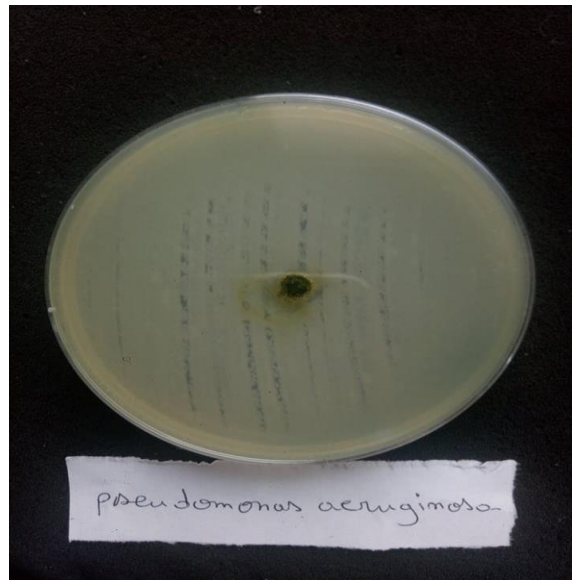
L'extrait brut de *S.coronopifolius* a montré des diamètres d'inhibition compris entre 30 mm à 00 mm vis à vis de toutes les souches et qu'il possède une activité inhibitrice importante vis à vis la souche *E. coli*, dont le diamètre d'inhibition obtenu est de 30 mm. Cette inhibition est respectivement obtenue avec les souches pathogènes. *S. aureus* on a enregistré un diamètre d'inhibition de l'ordre de 25 mm et *B. cereus* a marqué à son tour un diamètre de l'ordre de 22,7 mm, *C. albicans* a marqué 17 mm et *K. pneumonia* a marqué 15mmet *P. aeruginosa* a marqué 0 diamètre d'inhibition (**Figure 57**).





Escherichia coli

Klebsiella pneumoniae



Pseudomonas aeruginosa

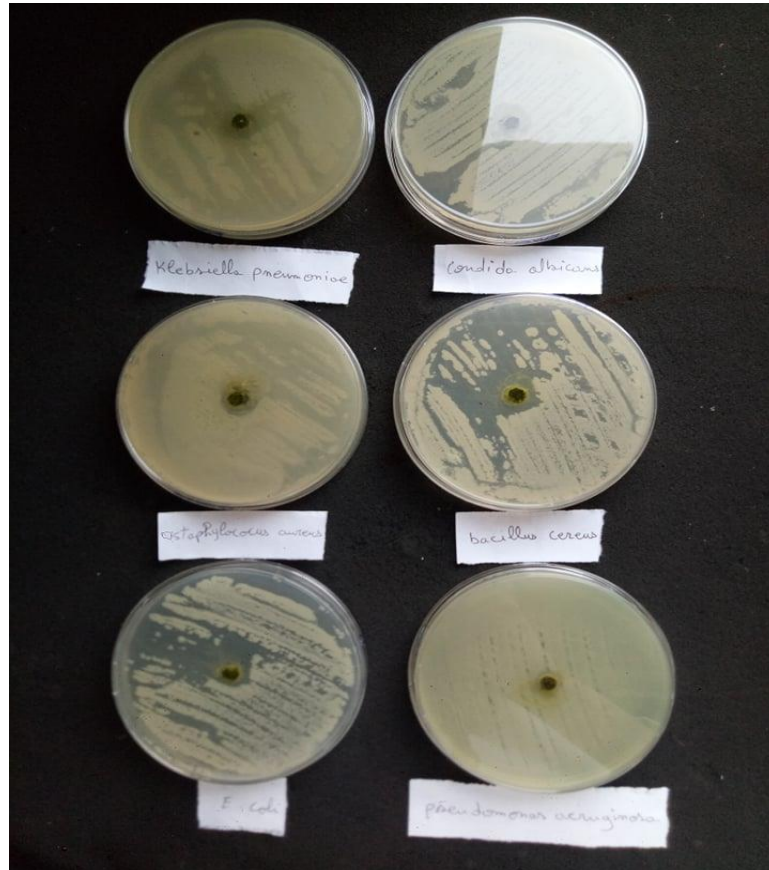


Figure 56 : Test de l'activité antimicrobienne sur l'extrait de l'algue rouge

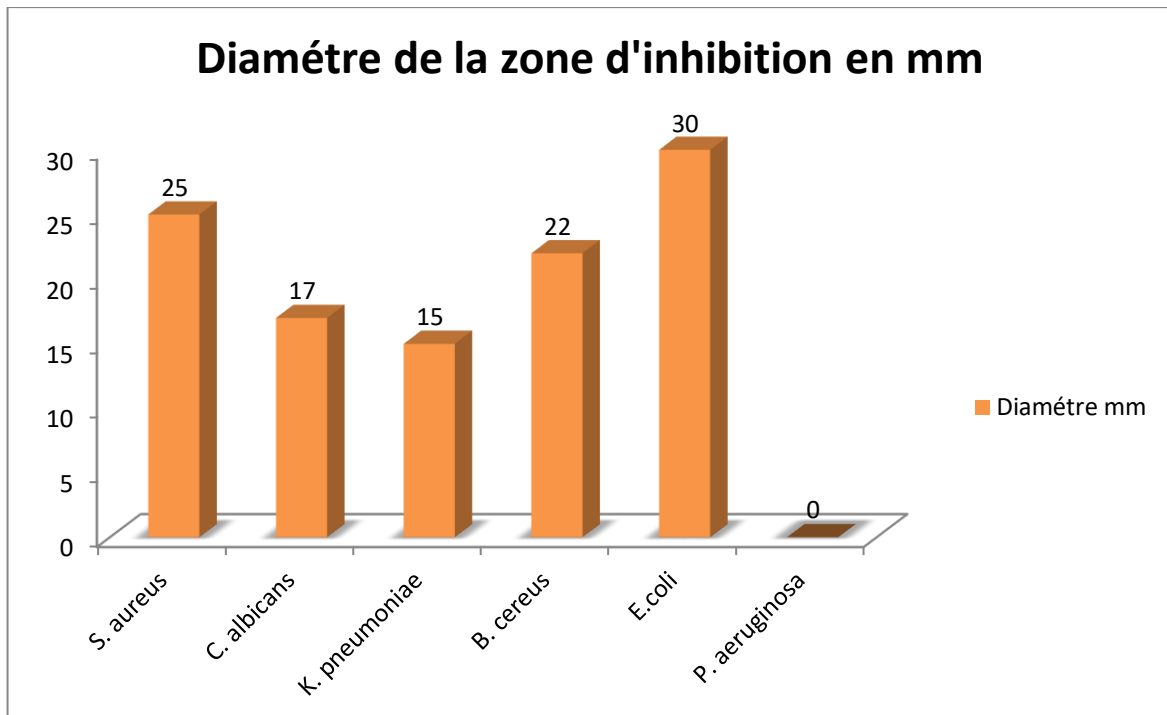


Figure 57 : Diamètre de la zone d'inhibition en mm

L'extrait brut de *S. coronopifolius* a montré un diamètre d'inhibition important vis-à-vis *E. coli* et aucune activité inhibitrice pour *P. aeruginosa*.

En général, il est rapporté que l'activité antimicrobienne des algues peut être influencée par l'habitat, le stade de croissance et la saison de la collecte des algues (Zheng et al., 2001; Farid et al., 2007).

D'après l'analyse des résultats obtenus, *S. coronopifolius* a enregistré une activité antibactérienne vis-à-vis des cinq souches testées. Cependant, des résultats similaires avec notre étude sont rapportés par Bansemir et al., (2006) et Salvador et al., (2007), en étudiant l'activité antibactérienne de plusieurs espèces d'algues marines, ont rapporté que les algues rouges exercent de fortes activités antibactériennes.

5- Discussion

L'extrait brut d'eau méthanol de l'algue rouge *S. coronopifolius* est récupéré avec un rendement de **3,4%**, il constitue une source inestimable en divers composés phénoliques dont la teneur en flavonoïdes enregistrée est de **10172** µg EQ/mg extrait et la teneur en Polyphénols enregistrée est de **7066** µg. EA par mg d'extrait.

Concernant l'activité antioxydante, le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH enregistrée dans cette étude (**IC50**) est de **266.9** µg /ml. A propos de l'activité antimicrobienne de l'extrait brut de l'algue *S. coronopifolius*, on a constaté un effet inhibiteur contre les 5 microorganismes testés de cette étude : *B. cereus*, *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *E. coli* et une levure *C. albicans*. Cet effet antimicrobien évalué par une zone d'inhibition par contre aucun effet sur *P. aeruginosa*. Nous pouvons donc conclure que l'extrait a une activité antimicrobienne intéressante.

Enfin, il ressort de la présente étude que l'algue marine étudiée *S. coronopifolius* récolté de la côte Mostaganemoise peut être utilisée comme une bonne source naturelle d'agents antibactériens et antioxydants. Ce qui explique et justifie le recours accumulé de populations vers l'exploitation et l'utilisation de cette algue dans leurs habitudes diététiques ou thérapeutiques.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Cette étude a visé l'évaluation de la diversité des macrophytes sur la côte ouest algérienne (Golf d'Arzew). Dans cette étude, les résultats issus de l'investigation de onze stations in situ et au laboratoire, nous a permis de recenser 162 espèces de macroalgues aquatiques, réparties sur les trois groupes : **77** espèces de Rhodophyceae, **48** espèces Pheophyceae et **37** espèces Chlorophyceae.

Sur les 162 espèces d'algues recensées, six sont réputées invasives en Méditerranée qui sont : *Acrothamnion preissii*, *Asparagopsis armata*, *Asparagopsis taxiformis*, *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*, *Codium fragile*, *Codium tomentosum*. Il est donc important de prévenir ce phénomène en préservant les fonctions naturelles de ces milieux aquatiques, et d'explorer d'autres études complémentaires pour améliorer la biodiversité marine qui jusqu'ici reste très peu connus.

L'étude floristique, basée sur le calcul des différents paramètres analytiques et synthétiques utilisés, a permis de mettre en évidence une prédominance des Rhodophyceae par rapport aux autres groupes taxonomiques (48%), ce qui corrèle avec la flore algale de la Méditerranée vue d'une manière générale. Le rapport R/P global obtenu est de **2,19** pour la zone d'étude, ce qui est légèrement inférieure à la moyenne nationale, évaluée à **3** (Seridi, 2003) mais proche de celui signalé par **Kazzaz, (1989)** à **2,7** pour Cabo-Negro, zone Méditerranéenne de Tétouan-Maroc, et à Malaga-Espagne **2,41** et aux Iles d'Alboran **2,45** par **Conde (1984b)**, **Soto et Conde, (1993)**, ainsi que celui indiqué par **Riadi (2000)** pour la zone du détroit de Gibraltar (**2,4**). Ce résultat du rapport R/P traduit la présence, en Algérie d'une flore algale marine à affinité tempérée de type méditerranéen (**Ould-Ahmed, 2013**).

La diversité estimée grâce à l'indice de Shannon-Weaver (H') sur les sites d'Abelmalek Ramdane, Petit Port, Bahara et El-Geulta a montré que ces sites présentent un environnement de bonne qualité. Mais cela ne les dispense pas de faire l'objet d'un programme de suivi et d'une bio surveillance continue, d'autant plus que la station de Petit port mérite plus d'attention par les autorités locales qui doivent prendre sincèrement le problème en charge pour prévenir une réelle catastrophe écologique, afin de réduire la pression anthropique et envisager des solutions d'épuration et de protection de ce site vulnérable. En revanche les stations saint-michel, Mers El-hadjadj, Stidia, Ouréah, Sablette, Salamandre et El-marsa

Conclusion générale

représentent une diversité moins riche puisqu'ils sont lourdement touchés par les rejets directs industriels, domestiques et urbains, des eaux sans traitement, générant ainsi une pollution croissante, affectant inévitablement la communauté algale dans sa diversité.

Une analyse factorielle des correspondances nous a permis de classer les deux sites sites (Bahara et abdelmalek ramdan) comme site diversifié et d'une composition floristique représentative des eaux propres, par contre les sites Saint-Michel, Stidia, Salamandre, Sablette et El-Marsa comme site fortement perturbé par une pollution d'origine anthropique . Sachant que les sites Saint-michel, Salamandre et El-Marsa sont des zones portuaires et le reste des stations (Saint-michel, El-marsa, Salamandre, Sablette, Mers-hadjadj et Stidia) se localisent juste à proximité de ces zones portuaire qui sont relativement très polluée.

Cette étude a visé aussi la valorisation de la biomasse algale de l'ouest Algérien qui a montré que l'extrait brut d'eau méthanol de l'algue rouge *S. coronopifolius* est **obtenu** avec un rendement de **3,4%**, il constitue une source **précieuse** de divers composés **phénoliques** dont la teneur en flavonoïdes enregistrée est de **10172** µg EQ/mg d'extrait et la teneur en Polyphénols enregistrée est de **7066** µg. EA/mg d'extrait. Concernant l'activité antioxydante, le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH enregistrée dans cette étude (**IC50**) est de **266.9** µg /ml. A propos de l'activité antimicrobienne de l'extrait brut de l'algue *S. coronopifolius*, on a constaté un effet inhibiteur contre les 5 microorganismes testés de cette étude : *B. cereus*, *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *E. coli* et une levure *C. albicans*. Cet effet antimicrobien évalué par une zone d'inhibition par contre aucun effet sur *P. aeruginosa*. Nous pouvons donc conclure que l'extrait a une activité antimicrobienne intéressante.

Enfin, il ressort de cette étude que l'algue marine étudiée *S. coronopifolius* récolté de la côte Mostaganemoise peut être utilisée comme une excellente source naturelle d'agents antibactériens et antioxydants. Ce qui explique et justifie l'approche cumulative des populations vers l'exploitation et l'utilisation de cette algue comme pratique nutritionnelle ou thérapeutique.

Cette thèse vise à connaître, caractériser, conserver et exploiter, dans une certaine mesure, les algues marines des côtes ouest algériennes, et qui a permis d'apporter des données complémentaires sur cette flore aussi riche que peu explorée.

Cette étude est loin d'être concluante, Plusieurs recherches sont nécessaires aux niveaux biologique, biologie moléculaire, écologique, chimique et autres pour élucider les taches sombres que dissimulent ces algues plus « complexes ».

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agardh, C. A. (1823).** Species algarvm rite cognitae (Vol. 1). Sumtibus Ernesti Maurittii.
- Agardh, J. G. (1842).** Algae maris mediterranei et adriatici: observationes in diagnosin specierum et dispositionem generum. Apud Fortin, Massin.
- Agardh, J. G. (1848).** Species genera et ordines fucoidearum, seu: Descriptiones succinctae specierum generum et ordinum quibus fucoidearum classis constituitur (Vol. 1). Gleerup.
- Agardh, J. G. (1851).** Species genera et ordines algarum: seu descriptiones succinctae specierum (Vol. 2). Gleerup.
- Agardh, J. G. (1863).** Species genera et ordines algarum: seu Descriptiones succinctae specierum, generum et ordinum, quibus algarum regnum constituitur (Vol. 2). CWK Gleerup.
- Ahnich, A.(2013).** Étude des polysaccharides des macro-algues alginophytes: caractérisation et dosage des alginates Université Cadi Ayyad Marrakech Maroc faculté des sciences Semlalia – Licence.
- Ambrohn, H. (1880).** Über einige Fälle von Bilateralität bei den Florideen. Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin.
- Arasaki, S., & Arasaki, T. (1983).** Low calorie, high nutrition: vegetables from the sea; to help you look and feel better.
- Ardestani, A., & Yazdanparast, R. (2007).** Potentiel antioxydant et anti-radicaux libres des extraits d'Achillea santolina. Chimie alimentaire, 104 (1), 21-29.
- Ardissone, F. (1878).** Enumerazione delle alghe di Liguria per cura di F. Ardisson e J. Strafforello. Tipografia Editrice Lombarda.
- Ardissone, F. (1883).** Phycologia mediterranea: Floridee. Antica tip. ferri di Maj e Malnati.
- Areschoug, J. E. (1845).** 45: Beobachtungen über Achlya prolifera. Hornschucli's Archiv für Skand. Beitr. zur Natur-gesch., I. Th, 170-2.
- Arévalo, R., Pinedo, S., & Ballesteros, E. (2007).** Modifications de la composition et de la structure des communautés rocheuses méditerranéennes suivant un gradient d'enrichissement en nutriments : étude descriptive et test de méthodes proposées pour évaluer la qualité de l'eau vis-à-vis des macroalgues. Bulletin de la pollution marine , 55 (1-6), 104-113.
- Athanasiadis, A., Fitzgerald, C., Davidson, NM, Giorio, C., Botchway, SW, Ward, AD, ... et Kuimova, MK (2016).** Cartographie dynamique de la viscosité de l'oxydation des particules d'aérosols de squalène. Physico-chimie Physique chimique , 18 (44), 30385-30393.

Références bibliographiques

- Bachir-Bouiadjra, B., Taleb, M.Z., Marouf, A., Benkada, M.Y., Riadi, H. (2010).** First record of the invasive alga *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Gulf of Arzew (western Algeria). *Aquatic Invasions*, 5:97-101.
- Bachir Bouiadjra, B. (2012).** L'étude de la flore algale benthique et les impacts de ses espèces invasives devant la côte mostaganémoise (Doctoral dissertation, Université de Mostaganem-Abdelhamid Ibn Badis).
- Barefoot, Susan F. et Klaenhammer, Todd R.(1983)** Détection et activité de la lactacine B, une bactériocine produite par *Lactobacillus acidophilus*. *Microbiologie appliquée et environnementale*, vol. 45, n° 6, p. 1808-1815.
- Barrier, P., Zibrowius, H., Lozouet, P., Montenat, C., d'Estevou, PO, Serrano, F., & Soudet, HJ (1991).** Une faune de fond dur du bathyal supérieur dans le Miocène terminal des cordillères bétiques (Carboneras, SE Espagne). *Mésogée*, 51, 3-13.
- Barrington, K., Chopin, T. et Robinson, S. (2009).** Aquaculture multitrophique intégrée (IMTA) dans les eaux marines tempérées. *Mariculture intégrée : un bilan global. Document technique de la FAO sur les pêches et l'aquaculture*, 529, 7-46.
- Bate-Smith, E. C. (1973).** Haemanalysis of tannins: the concept of relative astringency. *Phytochemistry*, 12(4), 907-912.
- Batters, E. A. L. (1902).** A catalogue of the British marine algae. *J. Bot.*, 40, 1-10.
- Batters, E. A. L. 1900.** New and critical British marine Algae. *Journ. of Bot.* 38: 369 —379.
- Benariba, N., Djaziri, R., Bellakhdar, W., Belkacem, N., Kadiata, M., Malaisse, WJ, & Sener, A. (2013).** Criblage phytochimique et activité de piégeage des radicaux libres des extraits de graines de *Citrullus colocynthis*. *Revue Asie-Pacifique de biomédecine tropicale*, 3 (1), 35-40.
- Benhisoune, S., Boudouresque, CF, Perret-Boudouresque, M., & Verlaque, M. (2002).** Une liste de contrôle des algues des côtes méditerranéennes et atlantiques du Maroc. III. Rhodophycées (hors Ceramiales).
- Benhisoune, S., Boudouresque, C. F., & Verlaque, M. (2002).** A checklist of the seaweeds of the Mediterranean and Atlantic coasts of Morocco. II. Phaeophyceae.

Références bibliographiques

- Blackburn, TM, Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, JT, Duncan, RP, Jarošík, V., ... & Richardson, DM (2011).** Un cadre unifié proposé pour les invasions biologiques. *Tendances en écologie et évolution*, 26 (7), 333-339.
- Bliding, C. (1928).** Die Florideenordnung Rhodymeniales. *Lund Univ. Arsskr. NF Avd.*, 24(2), 1-74.
- Boo, G. H., Cai, Y., & Boo, S. M. (2016).** Molecular identification of gelidioid algae (Gelidiales, Rhodophyta) from Singapore with a description of *Gelidium sentosaense* sp. nov. *Phycologia*, 55(3), 247-256.
- Borgesen, F. (1905).** ... La végétation d'algues des côtes de Férøese : avec des remarques sur la phyto-géographie... . Son Altesse Thiele.
- Borgesen, F. (1915).** The marine algae of the Danish West Indies. Part 3. Rhodophyceae. *Dansk botanisk arkiv*, 3, 1-498.
- Børgesen, F.(1925).** Marine Algae from the Canary Islands, Especially from Teneriffe and Gran Canaria (Vol. 3). *Andr. Fred. Høst*.
- Bornet, ME (1888).** Note sur une nouvelle espèce de Laminaires (*Laminaria rodriguezii*) de la Méditerranée. *Bulletin de la société botanique de France* , 35 (6), 361-366.
- Boudouresque, F., Berthois, Y., Martin, PM, Figarella-Branger, D., Chinot, O. et Ouafik, LH (2005).** Rôle de l'adrénomédulline dans la croissance des glioblastomes. *Bulletin du Cancer* , 92 (4), 317-326.
- Boudouresque, C. F. (1971).** Contribution à l'étude phytosociologique des peuplements algaux des côtes varoises. *Vegetatio*, 22(1), 83-184.
- Boudouresque, C. F. (1971).** Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos. *Tethys*, 3(1), 79-104.
- Boudouresque, C. F. (1999).** 14. The Red Sea–Mediterranean link: unwanted effects of canals. *Invasive species and biodiversity management*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 213-228.
- Boudouresque, C. F., & Ribera, M. A.(1994).** Les introductions d'espèces végétales et animales en milieu marin–conséquences écologiques et économiques et problèmes législatifs. *In First international workshop on Caulerpa taxifolia* (pp. 29-102). GIS Posidonie Publ. Marseille.
- Boudouresque, C. F., & Verlaque, M.(2002, November).** Assessing scale and impact of ship-transported alien macrophytes in the Mediterranean Sea. *In CIESM Workshop Monographs* (Vol. 2, pp. 53-61).

Références bibliographiques

- Boudouresque, C. F., Augier, H., Belsher, T., Coppejans, E., & Perret, M. (1977).** Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). XVII. Phytobenthos du port de Port-Cros. Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, Fr, 3, 89-120.
- Boudouresque, CF, & Denizot, M. (1973).** Recherches sur le genre *Peyssonnelia* (Rhodophycées). I. *Peyssonnelia rosa-marina* sp. nov. et *Peyssonnelia bornetii* sp. nov. Biosystème végétal , 107 (1), 17-27.
- Boudouresque, CF, & Verlaque, M.(2002).** Pollution biologique en Méditerranée : macrophytes invasifs versus introduits. Bulletin de la pollution marine , 44 (1), 32-38.
- Boudouresque, CF, & Verlaque, M.(2005).** Conservation de la nature, aires marines protégées, développement durable et flux d'espèces envahissantes vers la mer Méditerranée. Travaux scientifiques du Parc national de Port-Cros , 21 , 29-54.
- Boudouresque, CF, Meinesz, A., Ribera, MA et Ballesteros, E. (1995).** Propagation de l'algue verte *Caulerpa taxifolia* (Caulerpales, Chlorophyta) en Méditerranée : conséquences possibles d'un événement écologique majeur.
- Bouhayene, S.(2002).** Contribution à la connaissance des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la baie d'Annaba (Est algérien): Phénologie, biomasse, lépidochronologie et production primaire. Mémoire de Magister en Sciences de la Mer, option: Biologie et Physiologie des Organismes marins, Université Badji-Mokhtar, Algérie.
- Bourkhiss, M. B., Hnach, M., Paolini, J., Costa, J., Farah, A., & Satrani, B. (2010).** Propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des huiles essentielles des différentes parties de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters du Maroc. Bulletin de la Société royale des sciences de Liège.
- Braun-Blanquet J, Pavillard J (1922)** Vocabulaire de sociologie végétale. Romégou et Dehan, Montpellier.
- Breugnot, E., Dutartre, A., Laplace-Treyture, C., & Haury, J. (2008).** Répartition locale des macrophytes et conséquences sur les méthodes d'échantillonnage en grands cours d'eau. Hydrobiologie , 610 (1), 13-23.
- Bricker, AL, & Camilli, A.(1999).** Transformation d'une souche encapsulée de type 4 de *Streptococcus pneumoniae*. Lettres de microbiologie FEMS , 172 (2), 131-135.
- Bridgwood, S. (2010).** *Codium fragile* ssp. *fragile* (Suringar) Hariot document de synthèse.

Références bibliographiques

BRODSKY, Carroll M. Le travailleur harcelé. DC Heath & Co, 1976.

Cabioch, J., & Mendoza, M. L. (1998). *Mesophyllum alternans* (Foslie) comb. nov. (Corallinales, Rhodophyta), a mediterraneo-atlantic species, and new considerations on the *Lithothamnion philippii* Foslie complex. *Phycologia*, 37(3), 208-221.

Ceva, E., & Ferretti, M. (2014). Liberal democratic institutions and the damages of political corruption. In *Les ateliers de l'éthique/The Ethics Forum* (Vol. 9, No. 1, pp. 126-145). Centre de recherche en éthique de l'Université de Montréal.

Cheung, Y. W., & Wong, C. Y. P. (2000). A survey of market practitioners' views on exchange rate dynamics. *Journal of international economics*, 51(2), 401-419.

Chouikhi, D. (2013). Synthesis of modified peptide nucleic acids (Doctoral dissertation, Strasbourg).

Chualáin, FN, Maggs, CA, Saunders, GW et Guiry, MD (2004). Le genre invasif *asparagopsis* (bonnemaisoniaceae, rhodophyta) : systématique moléculaire, morphologie et écophysologie des isolats de *falkenbergia* 1. *Journal of phycology*, 40 (6), 1112-1126.

Cintas, P. (1995). Synthetic organoindium chemistry: What makes indium so appealing?. *Synlett*, 1995(11), 1087-1096.

Clout, MN, & Craig, JL (1998, septembre). Restauration écologique pour les vertébrés, les écosystèmes ne fonctionneront pas sans eux. Dans *Restaurer la santé et la richesse des écosystèmes, une conférence sur la restauration écologique en Nouvelle-Zélande*. Christchurch.

Cohen, I., Neori, A., (1991). *Ulva lactuca* biofilters for marine fishpond effluents I. *Ammonia*

Conte, É., & Payri, C. (2002). La consommation des algues en Polynésie française: premiers résultats d'une enquête. *Journal de la Société des Océanistes*, (114-115), 165-172.

Cormaci, M., Furnari, G., & Alongi, G. (2017). Flora marina bentonica del Mediterraneo: Rhodophyta (Rhodymeniophycidae escluse). *Bullettin of the Gioenia Academy of Natural Sciences of Catania*, 50(380), FP1-FP391.

Cormaci, M., Furnari, G., Alongi, G. et Serio, D. (1994). Sur trois algues rouges marines intéressantes (Ceramiales, Rhodophyta) de la mer Méditerranée. *Biosystème végétal*, 128 (6), 1001-1006.

Références bibliographiques

Darcy-Vrillon, B. (1993). Aspects nutritionnels du développement de l'utilisation des macroalgues marines pour l'industrie alimentaire humaine. *Journal international des sciences alimentaires et de la nutrition*, 44, S23-S35.

Dawczynski, C., Schubert, R. et Jahreis, G. (2007). Acides aminés, acides gras et fibres alimentaires dans les produits comestibles à base d'algues. *Chimie alimentaire*, 103 (3), 891-899.

De Notaris, G. (1844). Repertorium florae ligusticae. Éditeur non identifié.

De Notaris, I. (1842). Algologiae maris ligustici specimen. *Memorie dell'Accademia delle Scienze di Torino ser. 2, 4*, 274-315.

Decaisne, J. (1842). Mémoire sur les corallines ou polypiers calcifères. In *Annales des Sciences Naturelles (Botanique) (Vol. 18, pp. 96-128)*.

Delle Chiaje S., 1822-1829. Memorie sulla storia e notomia degli animali senza vertebre del Regno di Napoli. Napoli, atlas 1822. vol. 1,1823, vol. 2,1825, vol. 3 1828, vol. 4 1829

Delmail, D. (2011). Contribution de *Myriophyllum alterniflorum* et de son périphyton à la biosurveillance de la qualité des eaux face aux métaux lourds (Thèse de doctorat, Limoges).

Derbès, A., & Solier, A. J. J. (1851). Algues. Supplément au catalogue des plantes qui croissent naturellement aux environs de Marseille, 93-121.

DiNinno, V., & McCandless, EL (1978). L'immunochimie des carraghénanes de type λ de certaines algues rouges. *Recherche sur les glucides*, 67 (1), 235-241.

Dixon, PS (1967). La typification de *Fucus cartilagineus* L. et *F. corneus* Huds. *Blumea : Biodiversité, évolution et biogéographie des plantes*, 15 (1), 55-62.

Duby, J. É. (1830). Aug. pyrami de candolle botanicon Gallicum: seu synopsis plantarum in flora Gallica descriptarum. *Plantas cellulares continens (Vol. 2)*. Desray.

Effendi, A., Gerhauser, H., & Bridgwater, AV (2008). Production de résines phénoliques renouvelables par conversion thermochimique de la biomasse : un bilan. *Revue des énergies renouvelables et durables*, 12 (8), 2092-2116.

Fairweather, PG (1990). Les eaux usées et le biote des littoraux : évaluation de l'impact par rapport à la variabilité naturelle. *Surveillance et évaluation environnementales*, 14 (2), 197-210.

Falquet, J., & Hurni, J. P. (2006). Spiruline, Aspects Nutritionnels. Antenna Technologies: 41 p.

Références bibliographiques

FAO, 2010. www.FAO.org/docREP/013/i1820e.01.

Feldmann, F. (1954). Untersuchungen zum Wort-Ton-Verhältnis in den Gloria-Credo-Sätzen von Dufay bis Josquin. *Musica disciplina*, 8, 141-171.

Feldmann, G. (1945). Deux nouvelles espèces de Chara de l'Afrique du Nord.

Feldmann, G. (1949). Sur l'origine pseudo-endogène des rameaux verticillés tétrasporangifères du *Griffithsia flosculosa* (Ellis) Batt. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 96(1-3), 28-31

Feldmann, J. (1931). Note sur quelques algues marines de Tunisie. Station océanographique de Salammbô.

Feldmann, J. (1937). Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée: La côte des Albères.. (Doctoral dissertation, Imprimerie Wolf).

Feldmann, J., & Hamel, G. (1934). Observations sur quelques Gelidiacées. *Rev. Gén. Bot.*[46]. Francia, 529.

Fleurence, J. (1999). The enzymatic degradation of algal cell walls: a useful approach for improving protein accessibility?. *Journal of Applied Phycology*, 11(3), 313-314.

Foslie, M. H. (1909). Remarks on two fossil Lithothamnia. *Det Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter*.

Francour, P. (1990). Dynamique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans le parc national de Port-Cros: analyse des compartiments matte, litière, faune vagile, échinodermes et poissons (Doctoral dissertation, Paris 6).

Fredj, G., Bellan-Santini, D., & Meinardi, M. (1992). État des connaissances sur la faune marine méditerranéenne. *Bulletin de l'Institut océanographique (Monaco)*, 133-145.

Gaillon, B. (1828). Résumé méthodique des classifications des Thalassiophytes. De I.

Galil, B. S. (2008). Alien species in the Mediterranean Sea—which, when, where, why?. In *Challenges to marine ecosystems* (pp. 105-116). Springer, Dordrecht.

Galil, BS (2007). Perte ou gain ? Espèces exotiques envahissantes et biodiversité en Méditerranée. *Bulletin de la pollution marine*, 55 (7-9), 314-322.

Galil, BS (2009). Bilan : inventaire des espèces exotiques en Méditerranée. *Invasions biologiques*, 11 (2), 359-372.

Références bibliographiques

- Garon-Lardière, S. (2004).** Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales) (Doctoral dissertation, Université de Bretagne Occidentale).
- Gayral, P. 1960.** Une *Ulva* nouvelle, *Ulva elegans*: description et observations biologiques. *C. R. Acad. Sci.* 251: 7682770.
- Gayral, P., & Cosson, J. (1986).** Connaitre et reconnaître les algues marines Ouest France 220.
- Gerloff, J., & Nizamuddin, M. (1975).** Three new species of the genus *Cystoseira* C. Ag. *Willdenowia*, 565-582.
- Greville, RK (1830).** *Algues britannicae* : ou, descriptions des plantes marines et autres plantes inarticulées des îles britanniques, appartenant à l'ordre des algues. Mac Lachlan & Stewart.
- Guiry, M. D., & Hollenberg, G. J. (1975).** *Schottera* gen. nov. and *Schottera nicaeensis* (Lamour. ex Duby) comb. nov.(= *Petroglossum nicaeense* (Lamour. ex Duby) Schotter) in the British Isles. *British Phycological Journal*, 10(2), 149-164.
- Hafsi, A., Abbes, K., Harbi, A., Duyck, P. F., & Chermiti, B. (2016).** Attract-and-kill systems efficiency against *C. eratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and effects on non-target insects in peach orchards. *Journal of applied Entomology*, 140(1-2), 28-36.
- Hamel, G. (1939).** *Phéophycées de France*. Fasc. V. V. National Museum of Natural History, France.
- Hansen, MC, DeFries, RS, Townshend, JRG, Carroll, M., Dimiceli, C. et Sohlberg, RA (2003).** Pourcentage de couvert arboré global à une résolution spatiale de 500 mètres : Premiers résultats de l'algorithme MODIS de champs continus de végétation. *Interactions terrestres*, 7 (10), 1-15.
- Hariot, M. P. (1891).** Contribution à la flore cryptogamique de la Terre de Feu. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 38(9), 416-422..
- Hariot, P., Bescherelle, E., & Petit, P. (1889).** *Botanique* (Vol. 5). Gauthier-Villars et fils.
- Hartzfeld, PW, Forkner, R., Hunter, MD et Hagerman, AE (2002).** Dosage des tanins hydrolysables (gallotanins et ellagitanins) après réaction avec l'iodate de potassium. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* , 50 (7), 1785-1790.

Références bibliographiques

Harvey, H. (1855). Histoire des Indiens Shawnee, de l'année 1681 à 1854, inclus. Ephraïm Morgan & Sons.

Harvey, WH (1841). Un manuel des algues britanniques. Van Voorst.

Harvey, WH (1849). Un compte de la botanique marine de la colonie de l'Australie occidentale. Les Transactions de la Royal Irish Academy , 22 , 525-566.

Haslam, E. (1989). Polyphénols végétaux : des tanins végétaux revisités . Archives de la COUPE.

Hind, K. R., & Saunders, G. W. (2013). A molecular phylogenetic study of the tribe Corallineae (Corallinales, Rhodophyta) with an assessment of genus-level taxonomic features and descriptions of novel genera. Journal of phycology, 49(1), 103-114.

Hommersand, M. H., Guiry, M. D., Fredericq, S., & Leister, G. L. (1993). New perspectives in the taxonomy of the Gigartinaceae (Gigartinales, Rhodophyta). Hydrobiologia, 260(1), 105-120.

Huang, X., Jiang, P. et Tanaka, T. (2011). Un examen des composites polymères diélectriques à haute conductivité thermique. Magazine IEEE sur l'isolation électrique , 27 (4), 8-16.

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) (Doctoral dissertation, Alger).

Kaimoussi, A., Mouzdahir, A., & Saih, A. (2004). Variations saisonnières des teneurs en métaux (Cd, Cu, Fe, Mn et Zn) chez l'algue *Ulva lactuca* prélevée au niveau du littoral de la ville d'El Jadida (Maroc). Comptes rendus biologiques, 327(4), 361-369.

Karimi-Ghartemani, M., & Irvani, MR (2004). Procédé de synchronisation de convertisseurs d'électronique de puissance en milieu pollué et à fréquence variable. IEEE Transactions on Power Systems , 19 (3), 1263-1270.

Kelbouz, N.2019, Contribution à la production des microalgues isolées à partir du Barrage Foum Elgherza-Biskra.

Kim, CW (1970). Une théorie de l'aspiration. Phonétique , 21 (2), 107-116.

Kim, HS (2010). La nature de la pensée théorique en soins infirmiers . Société d'édition Springer.

Références bibliographiques

- Kishor, PK, Sangam, S., Amrutha, RN, Laxmi, PS, Naidu, KR, Rao, KS, ... & Sreenivasulu, N. (2005).** Régulation de la biosynthèse, de la dégradation, de l'absorption et du transport de la proline chez les plantes supérieures : ses implications dans la croissance des plantes et la tolérance aux stress abiotiques. *Science actuelle* , 424-438.
- Klein, J. C., & Verlaque, M. (2011).** Macroalgae Newly Recorded, Rare or Introduced to the French Mediterranean Coast *Algologie*.
- Kornmann, P. (1989).** *Sahlingia* nov. gen. based on *Erythrocladia subintegra* (Erythropelfidales, Rhodophyta). *British Phycological Journal*, 24(3), 223-228.
- Kropf, D. L., Kloareg, B., & Quatrano, R. S. (1988).** Cell wall is required for fixation of the embryonic axis in *Fucus* zygotes. *Science*, 239(4836), 187-190.
- Ktita, S. R., Chermiti, A., & Mahouachi, M. (2010).** The use of seaweeds (*Ruppia maritima* and *Chaetomorpha linum*) for lamb fattening during drought periods. *Small Ruminant Research*, 91(1), 116-119.
- Kützing, F. T. (1843).** *Phycologia generalis oder Anatomie, Physiologie und Systemkunde der Tange: Mit 80 farbig gedruckten Tafeln*. Brockhaus.
- Kützing, F. T. (1845).** *Phycologia germanica, di Deutschlands Algen in bundigen Beschreibungen*. Wilh. Köhne.
- Kützing, F. T. (1849).** *Species Alagrum*.
- Kützing, F. T. (1865).** *Die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen*. F. Förstemann. L.M.Irvine & Farnham, 1995
- Lahaye, M., & Rochas, C. (1991).** Structure chimique et propriétés physico-chimiques de l'agar. Dans *Atelier international sur le gelidium* (pp. 137-148). Springer, Dordrecht.
- Lakhdar, F. (2018).** Contribution à l'étude des potentialités antiproliférative et antibactérienne des algues brunes et rouges de la côte d'El Jadida pour une valorisation médicale et environnementale (Doctoral dissertation, Nantes).
- Lamouroux, JV (1813).** *Essai sur les genres de la famille des thalassiophytes non articulées*. Dufour.
- Lamouti, S., Rebzani, C., & Bachari, N. E. I. (2011).** Répartition de deux espèces introduites à caractère invasif dans la région centre de la côte algéroise: *Caulerpa racemosa* et *Oculina patagonica*. In *Actes de la " Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime* (pp. 361-366).

Références bibliographiques

Lemoine, P. (1928). Un nouveau genre de Mélobésiées : *Mesophyllum*. Bulletin de la Société botanique de France , 75 (2), 251-254.

León, X., Quer, M., Diez, S., Orús, C., López-Pousa, A., & Burgués, J. (1999). Second néoplasme chez les patients atteints d'un cancer de la tête et du cou. *Head & Neck : Revue des Sciences et Spécialités de la Tête et du Cou* , 21 (3), 204-210.

Lit, L. C. W., Wong, C. K., Li, E. K. M., Tam, L. S., Lam, C. W. K., & Lo, Y. M. D. (2007). Elevated gene expression of Th1/Th2 associated transcription factors is correlated with disease activity in patients with systemic lupus erythematosus. *The Journal of Rheumatology*, 34(1), 89-96.

Lyngbye, H. C. (1819). *Tentamen hydrophytologiae Danicae continens omnia hydrophyta cryptogama Daniae, Holsatiae, Faeroae, Islandiae, Groenlandiae hucusque cognita, systematice disposita, descripta et iconibus illustrata, adjectis simul speciebus Norvegicis...* Auctore Hans Christiano Lyngbye... Cum tabulis aeneis 70. typis Schultzianis.

Lyngbye, H. C. (1819). *Tentamen hydrophytologiae Danicae continens omnia hydrophyta cryptogama Daniae, Holsatiae, Faeroae, Islandiae, Groenlandiae hucusque cognita, systematice disposita, descripta et iconibus illustrata, adjectis simul speciebus Norvegicis...* Auctore Hans Christiano Lyngbye... Cum tabulis aeneis 70. typis Schultzianis.

Mabeau, S., & Fleurence, J. (1993). Les algues dans les produits alimentaires : aspects biochimiques et nutritionnels. *Tendances en science et technologie alimentaires* , 4 (4), 103-107.

Mabeau, S., & Fleurence, J. (1993). Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 4(4), 103-107.

MacArtain, P., Gill, CI, Brooks, M., Campbell, R. et Rowland, IR (2007). Valeur nutritionnelle des algues comestibles. *Revue nutritionnelles*, 65 (12), 535-543.

Mammeri, F. Z. (2006). Etude de l'évolution microstructurale au cours de la croissance des revêtements de nitrures, analyse par MEB-EDX-EBS

Marfaing, H., & Lerat, Y. (2007). Les algues ont-elles une place en nutrition?. *Phytothérapie*, 5(1), 2-5.

Marfaing, Y. (2004). PRI 2.1: Basic researches on the photovoltaic: new materials (july 2002-july 2004). Final report of the integrated research project; PRI 2.1: Recherches de base

Références bibliographiques

en photovoltaïque: nouveaux matériaux (Juillet 2002-Juin 2004). Rapport final du projet de recherche intégré.

Martinis, E. M., Olsina, R. A., Altamirano, J. C., & Wuilloud, R. G. (2008). Sensitive determination of cadmium in water samples by room temperature ionic liquid-based preconcentration and electrothermal atomic absorption spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 628(1), 41-48.

Mazoyer, L. (1938). Catégories d'Age et Groupes Sociaux les Jeunes Générations Françaises de 1830. *Annales d'histoire économique et sociales*, 10(53), 385-423.

McDowell, JS, & Howe, RM (1920). Réfractaires à la magnésite. *Journal de l'American Ceramic Society*, 3 (3), 185-246.

McNeil, M., Darvill, AG, Fry, SC et Albersheim, P. (1984). Structure et fonction des parois cellulaires primaires des plantes. *Revue annuelle de biochimie*, 53 (1), 625-663.

Meroufel, A., Massoum, S., Bentaallah, A., Wira, P., Belaimeche, F. Z., & Massoum, A. (2017). Double star induction motor direct torque control with fuzzy sliding mode speed controller. *Rev. Roum. Sci. Techn. Electrotechn. et Energ*, 1, 31-35.

Millar, AJ (1990). Algues rouges marines de la région de Coffs Harbour, nord de la Nouvelle-Galles du Sud. *Botanique systématique australienne*, 3 (3), 293-593.

Muller, Y. (2004). Faune et flore du littoral du Nord, du Pas-de-Calais et de la Belgique : inventaire. Faune et flore côtières du Nord, du Pas-de-Calais et de la Belgique : inventaire. *Commission Régionale de Biologie Région Nord Pas-de-Calais : France*.

Murray, S. N., & Littler, M. M. (1978). Patterns of algal succession in a perturbed marine intertidal community 1. *Journal of Phycology*, 14(4), 506-512.

Nägeli, C. (1858). Die Stärkekörner: Morphologische, physiologische, chemisch-physicalische und systematisch-botanische Monographie (Vol. 2). Schulthess.

Nam, K. W.(2007). Validation of the generic name Palisada (Rhodomelaceae, Rhodophyta). *Algae*, 22(2), 53-55.

Nizamuddin, M. (1987). Observations on the family Seirococcaceae. *Willdenowia*, 527-529.

Norris, R. E. (1993). Taxonomic studies on Ceramieae (Ceramiales, Rhodophyta) with predominantly basipetal growth of corticating filaments.

Norziah, M. H., & Ching, Ch. Y. (2000). Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changgi*. *Food chemistry*, 68, 69-76.

Références bibliographiques

- Occhipinti-Ambrogi, A., & Galil, BS (2004).** Une terminologie uniforme sur les bioinvasions : une chimère ou un outil opératoire ?. Bulletin de la pollution marine , 49 (9-10), 688-694.
- Okuzumi, J., Takahashi, T., Yamane, T., Kitao, Y., Inagake, M., Ohya, K., ... & Tanaka, Y. (1993).** Inhibitory effects of fucoxanthin, a natural carotenoid, on N-ethyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine-induced mouse duodenal carcinogenesis. Cancer letters, 68(2-3), 159-168.
- Orellana, S., Hernández, M., & Sansón, M. (2019).** Diversity of *Cystoseira* sensu lato (Fucales, Phaeophyceae) in the eastern Atlantic and Mediterranean based on morphological and DNA evidence, including *Carpodesmia* gen. emend. and *Treptacantha* gen. emend. European Journal of Phycology, 54(3), 447-465.
- Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernández, J., Bozzo, C., ... & Rios, A. (2006).** Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. Food chemistry, 99(1), 98-104.
- Otero, M., Cebrian, E., Francour, P., Galil, B., & Savini, D. (2013).** Surveillance des espèces envahissantes marines dans les aires marines protégées (AMP) méditerranéennes: guide pratique et stratégique à l'attention des gestionnaires. *Medpan coll., IUCN*.
- Ould-ahmed N. & Meinesz A., 2007-**First record of the invasive alga *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) on the coast of Algeria. *Cryptogamie, Algologie* 2007 (3): 303-305.
- Ould-Ahmed N.,1994-**Study of phytobenthic species in the vicinity of the thermal power plant of Mers El Hadjdj (Gulf of Arzew; West Algeria). Special mention on a remarkable species Chlorophyte, Caulerpales: *Caulerpa prolifera* (Forsskal) Lamouroux. Ph.D. dissertation, ISMAL, Algiers.
- Ould-Ahmed, N., & Meinesz, A. (2007).** First record of the invasive alga *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) on the coast of Algeria. *Cryptogamie, Algologie*, 28(3), 303-305.
- Ould-Ahmed, N., Garreta, A. G., Siguan, M. A. R., & Bouguedoura, N. (2013).** Checklist of the benthic marine macroalgae from Algeria. I. Phaeophyceae. In *Anales del jardín botánico de Madrid* (Vol. 70, No. 2, pp. 136-143). Real Jardín Botánico.
- Papenfuss, C., & Ván, P. ISSN 1736-7530** (electronic) ISSN 1736-6046 (print) Formerly: Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, series Physics & Mathematics and Chemistry Published since 1952.

Références bibliographiques

- Papenfuss, G. F. (1950).** Generic names of algae proposed for conservation. II. Madroño, 10(6), 179-184.
- Parejo, I., Viladomat, F., Bastida, J., Rosas-Romero, A., Saavedra, G., Murcia, MA, ... & Codina, C. (2003).** Étude d'extraits de plantes boliviennes pour leur activité de piégeage des radicaux et leur activité antioxydante. Sciences de la vie , 73 (13), 1667-1681.
- Patouillard, N., Barratte, G., & Sauvageau, C. (1897).** Catalogue raisonné des plantes cellulaires de la Tunisie. Imprimerie nationale.
- Perez, R. (1997).** Ces algues qui nous entourent : conception actuelle, rôle dans la biosphère, usages, culture. Éditions Quae.
- Pergent, G., & Kempf, M. (1993).** L'environnement marin côtier en Tunisie.
- Pergent, G., Boudouresque, C. F., Crouzet, A., & Meinesz, A. (1989).** Cyclic changes along Posidonia oceanica rhizomes (lepidochronology): present state and perspectives. Marine Ecology, 10(3), 221-230.
- Pergent-Martini, C., Leoni, V., Pasqualini, V., Ardizzone, G. D., Balestri, E., Bedini, R., ... & Velimirov, B. (2005).** Descriptors of Posidonia oceanica meadows: use and application. Ecological Indicators, 5(3), 213-230.
- Pergent, G., Bellan-Santini, D., Bellan, G., Bitar, G., & Harmelin, J. G. (2007).** Manuel d'interprétation des types d'habitats marins pour la sélection des sites à inclure dans les inventaires nationaux de sites naturels d'intérêt pour la Conservation. *CAR/ASP publ., Tunis, Tunisie.*
- Perret-boudouresque M. & Seridi H., 1989-**Inventaire des algues marines benthiques d'Algérie. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr., 1-117.
- Piazzì L, Ceccherelli G., 2006-**Persistence of biological invasion effects: Recovery of macroalgal assemblages after removal of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*. Estuarine Coastal and Shelf Science 68: 455-461.
- Pomeroy, RS, Parks, JE et Watson, LM (2004).** Comment va votre AMP ? : un guide d'indicateurs naturels et sociaux pour évaluer l'efficacité de la gestion des aires marines protégées. UICN.
- Poorter, M. (2009).** Menace en mer: les espèces exotiques envahissantes dans l'environnement marin

Références bibliographiques

- Praud, A. (1994).** Isolement, caractérisation structurale et analyse de nouveaux métabolites d'algues méditerranéennes appartenant aux genres *Cystoseira* et *Lyngbya* (Doctoral dissertation, Aix-Marseille 1).
- Rabenhorst, L. (1868).** Flora europaea algarum aquae dulcis et submarinae : algas chlorophyllophyceas, melanophyceas et rhodophyceas complectens (Vol. 3). Kumerus.
- Raffeneau-Delile, A. (1845).** Éclaircissements sur diverses parties de la botanique.
- Raychoudhury, R., Baldo, L., Oliveira, DC et Werren, JH (2009).** Modes d'acquisition de *Wolbachia* : transfert horizontal, introgression hybride et codivergence dans le complexe d'espèces de *Nasonia*. *Évolution : Journal international de l'évolution organique* , 63 (1), 165-183.
- Raziel, A., Ron-El, R., Pansky, M., Arieli, S., Bukovsky, I., & Caspi, E. (1993).** Prise en charge actuelle de la rupture du corps jaune. *Journal européen d'obstétrique et de gynécologie et de biologie de la reproduction* , 50 (1), 77-81.
- Revéret, J. P., & Dancette, R. (2010).** Biodiversité marine et accès aux ressources. *Revue Tiers Monde*, (2), 75-92.
- Ribera, M. A., Gomez Garreta, A., Gallardo, T., Cormaci, M., Furnari, G., & Giaccone, G. (1992).** Check-list of Mediterranean seaweeds. I. Fucophyceae (Warming, 1884).
- Ribera, MA, Gomez Garreta, A., Gallardo, T., Cormaci, M., Furnari, G., & Giaccone, G. (1992).** Check-list des algues méditerranéennes. I. Fucophycées (Réchauffement, 1884).
- Rorrer, GL et Cheney, DP (2004).** Ingénierie des bioprocédés des cultures cellulaires et tissulaires pour les algues marines. *Ingénierie aquacole* , 32 (1), 11-41.
- Roth, A. W. (1806).** *Catalecta botanica: quibus plantae novae et minus cognitae descriuntur atque illustratur*. IG Müller.
- Ruiz, G. (2005).** Extraction, détermination structurale et valorisation chimique de phycocolloïdes d'algues rouges (Doctoral dissertation, Limoges).
- Saffo, M. B. (1987).** New light on seaweeds. *Bioscience*, 37(9), 654-664.
- Samarth, RM, Panwar, M., Kumar, M., Soni, A., Kumar, M. et Kumar, A. (2008).** Evaluation des activités antioxydantes et antiradicalaires de certains extraits végétaux radioprotecteurs. *Chimie alimentaire* , 106 (2), 868-873.

Références bibliographiques

Sánchez-Machado, D. I., López-Cervantes, J., Lopez-Hernandez, J., & Paseiro-Losada, P. (2004). Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food chemistry*, 85(3), 439-444.

Sánchez-Moreno, C. (2002). Méthodes utilisées pour évaluer l'activité de piégeage des radicaux libres dans les aliments et les systèmes biologiques. *Science et technologie alimentaires internationales*, 8 (3), 121-137.

Santelices, B., & Hommersand, M. (1997). Pterocladia, un nouveau genre chez les Gelidiaceae (Gelidiales, Rhodophyta). *Phycologia*, 36 (2), 114-119.

Sartoni, G. (1985). Presenza del genere *Symphyclocladia* Falkenberg (Rhodomelaceae, Rhodophyta) in Mediterraneo. - *Boll. Acc. gioenia Sci. Nat.* 18: 499-504.

Sauvageau, C. (1927). Sur le *Colpomenia sinuosa* Derb. et Sol. *Bull. Stat. Biol. Arcachon*, 24, 309-355.

Savoie, A. M., & Saunders, G. W. (2019). A molecular assessment of species diversity and generic boundaries in the red algal tribes Polysiphonieae and Streblocladieae (Rhodomelaceae, Rhodophyta) in Canada. *European Journal of Phycology*, 54(1), 1-25.

Scarnacca, B., Giaccone, F. Pizzuto and G. Alongi.,1993. La vegetazione marina di substrato duro dell'isola di Lampedusa (Isole Pelagie). *Boll. Acc. Cioenia Sc. Nal.*

Schaechter, M. (2009). *Encyclopédie de microbiologie*. Presse académique.

Schiewer, U. (1970). Vitamin contents of multi-cellular algae from the Baltic Sea. *Botanica Marina*, 13(1), 28-37.

Semroud, R., & Boumaza, S.(1998). Données préliminaires sur *Patella ferruginea* Gmelin 1791, des îles Habibas. *Journées de la mer «Océan*, 98.

Semroud,R., Verlaque, R., Crouzet, A., & Boudouresque, CF. (1992). Sur une forme feuillue de l'herbier *Posidonia oceanica* (Posidoniaceae) d'Alger (Algérie). *Botanique aquatique*, 43 (2), 181-198.

Seridi H. et Kabrane K.,2010 - Progression of *Caulerpa racemosa*(caulerpales, Chlorophyta) on the Algerian coast. *Proceedings of the "4th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation"* (Yasmine-Hammamet), S. EL ASMI, H. LANGAR. et W. BELGACEM édit., Édit. RAC/SPA (Regional Activity Centre for Specially Protected Areas), Tunis, p. 125-128.

Seridi H.,2007-Study of the algal flora of Algeria, phytosociological study of the photophilic algal populations of the superficial infralittoral of hard substratum. Doctoral thesis, University of Science and Technology Houari Boumediene (USTHB), Algiers.

Références bibliographiques

- Seridi, H., Ruitton, S., & Boudouresque, C. F. (2007).** Is it possible to calibrate the pollution level of the region of Algiers (Mediterranean Sea) by exploiting marine macrophytes?. *Comptes Rendus Biologies*, 330(8), 606-614.
- Serridi, H.,** 1990- étude des algues marines benthiques de la région d'Alger. Thèse de Magister. ISN. USTHB.
- Setchell WA & NL Gardner. 1922.** Phycological contributions. VI. New species of Ectocarpus. *University of California Publications in Botany* 7: 403-426.
- Seyoum, A., Asres, K. et El-Fiky, FK (2006).** Relations structure-activité de piégeage des radicaux des flavonoïdes. *Phytochimie* , 67 (18), 2058-2070.
- Sharma, A., & Gupta, A. (éd.). (2009).** L'anthropologie de l'État : un lecteur . John Wiley et fils.
- Shin, YJ, Shannon, LJ, Bundy, A., Coll, M., Aydin, K., Bez, N., ... & Cury, PM(2010).** Utiliser des indicateurs pour évaluer, comparer et communiquer l'état écologique des écosystèmes marins exploités. 2. Mise en scène. *ICES Journal of Marine Science* , 67 (4), 692-716.
- Silva, P. C. (1957).** Notes on Pacific marine algae. *Madrono*, 14(2), 41-51.
- Silva, P. C. (1996).** California seaweeds collected by the Malaspina expedition, especially *Pelvetia* (Fucales, Phaeophyceae). *Madroño*, 345-354.
- Silva, P. C., & Womersley, H. B. S. (1956).** The genus *Codium* (Chlorophyta) in southern Australia. *Australian journal of botany*, 4(3), 261-289.
- Silva, P. C., Meñez, E. G., & Moe, R. L. (1987).** Catalog of the benthic marine algae of the Philippines.
- Soubeyran, Y. (2008).** Espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer. *Etat des lieux et recommandations. Collection Planète Nature. Comité français de l'UICN, Paris, France.*
- Spatharis, S., Orfanidis, S., Panayotidis, P. et Tsirtsis, G. (2011).** Processus d'assemblage dans les macroalgues subtidales supérieures : l'effet de l'exposition aux vagues. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* , 91 (2), 298-305.
- Sprengel, K. P. J. 1827.** *Caroli Linnaei . . . Systema Vegetabilium*. Ed. 16. Vol. 4
- Stegenga, D., & Stephenson, K. (1985).** Generic covering properties for spaces of analytic functions. *Pacific Journal of Mathematics*, 119(1), 227-243.

Références bibliographiques

- Sutherland, JE, Lindstrom, SC, Nelson, WA, Brodie, J., Lynch, MD, Hwang, MS, ... et Müller, KM (2011).** Un nouveau regard sur un ordre ancien : révision générique des Bangiales (Rhodophyta) 1. *Journal of phycology* , 47 (5), 1131-1151.
- Thibaut, T., Blanfuné, A., Boudouresque, C. F., Personnic, S., Ruitton, S., Ballesteros, E., ... & Verlaque, M. (2017).** An ecosystem-based approach to assess the status of Mediterranean algae-dominated shallow rocky reefs. *Marine pollution bulletin*, 117(1-2), 311-329.
- Thivy, SJA (1960).** Discours prononcé. Dans *Valeurs éthiques dans la prise de décision internationale* (pp. 52-60). Springer, Dordrecht.
- uptake Kinetics and nitrogen content. *Bot.Mar.*34,475-482.
- Ventura, M. R., & Castañón, J. I. R. (1998).** The nutritive value of seaweed (*Ulva lactuca*) for goats. *Small Ruminant Research*, 29(3), 325-327.
- Verlaque, M. (1994).** Inventaire des plantes introduites en Méditerranée : origines et conséquences sur l'environnement et les activités humaines. *Oceanologica acta* , 17 (1), 1-23.
- Verlaque, M., & Seridi, H. (1991).** *Antithamnion algeriensis* nov. sp.(Ceramiaceae, Rhodophyta) d'Algérie (Mer Méditerranée).
- Verlaque, M., Afonso-Carrillo, J., Candelaria Gil-Rodríguez, M., Durand, C., Boudouresque, CF, & Le Parco, Y. (2004).** Blitzkrieg lors d'une invasion marine : *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Bryopsidales, Chlorophyta) atteint les îles Canaries (Atlantique nord-est). *Invasions biologiques* , 6 (3), 269-281.
- Verlaque, M., Durand, C., Huisman, JM, Boudouresque, CF, & Le Parco, Y. (2003).** Sur l'identité et l'origine de l'envahissante méditerranéenne *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta). *Journal européen de Phycologie* , 38 (4), 325-339.
- Wollaston, EM (1968).** Morphologie et taxonomie des genres du sud de l'Australie de *Crouanieae* Schmitz (Ceramiaceae, Rhodophyta). *Journal australien de botanique* , 16 (2), 217-417.
- Wynne, M. J. (1985).** Nomenclatural assessment of *Goniotrichum* Kützing, *Erythrotrichia* Areschoug, *Diconia* Harvey, and *Stylonema* Reinsch (Rhodophyta). *Taxon*, 34(3), 502-505.
- Wynne, M. J. (1991).** A change in the name of the type of *Chondria* C. Agardh (Rhodomelaceae, Rhodophyta). *Taxon*, 316-318.
- Wynne, MJ (2017).** La réintégration de *Lychaete* J. Agardh (Ulvophyceae, Cladophoraceae). *Notulae Algarum* , 31 , 1-4.

Références bibliographiques

Yan, R., Bienkowski, MJ, Shuck, ME, Miao, H., Tory, MC, Pauley, AM, ... & Gurney, ME (1999). Aspartyl protéase ancrée à la membrane avec activité β -sécrétase de la maladie d'Alzheimer. *Nature* , 402 (6761), 533-537.

Zenetos, A., Gofas, S., Verlaque, M., Çinar, ME, García Raso, JE, Bianchi, CN, ... & Streftaris, N. (2010). Espèces exotiques en Méditerranée à l'horizon 2010. Une contribution à l'application de la Directive Cadre Stratégie Marine (DCSMM) de l'Union Européenne. Partie I. Répartition spatiale.