

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderahmane Mira de Béjaia
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En Microbiologie

Option: Microbiologie Alimentaire et Sanitaire

Thème

*Activité antibactérienne des extraits
acétoniques des algues marines*

Présenté par :

M^{elle} CHERTOUK Assia
M^{elle} YOUSFI Nora

Devant le jury :

Président : M^{elle} BELHAMICHE N. (M.A.A Université de Bejaia)
Promoteur : M^{elle} SAIDANI K. (M.A.A Université de Bejaia)
Co-Promoteur : M^r CHIKHOUNE A. (M.A.A Université de Constantine Bejaia)
Examineur 1 : M^r BOUKHALFA F. (M.A.A Université de Bejaia)
Examineur 2 : M^r NABET N. (M.A.A Université de Bejaia)

Année 2013/2014

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Nous tenons à remercier profondément notre promotrice Mademoiselle SAIDANI Karima pour sa disponibilité, ses efforts et ses encouragements qui nous ont permis de mener à bien cette étude.

Un immense merci s'adresse à notre co-promoteur Mr CHIKHOUNE A.

On tient à exprimer nos gratitude, nos profond respect et nos remerciements aux membres de jury: M^{elle} BELHAMICHE N. qu'elle nous a fait honneur par sa présence en qualité de président de jury, Mr NABET N. et Mr BOUKHALFA F. qui ont accepté de faire partie de ce jury et d'examiner ce travail et consacré de leur temps pour son évaluation.

Toutes nos expressions de respect et de gratitude à M^{elle} TOUATI N. pour son aide.

Nos vifs remerciements s'adressent aux techniciens et aux ingénieurs des laboratoires du bloc 9 et du bloc 12, aux secrétaires de notre département de Microbiologie, ainsi qu'aux techniciennes de l'animalerie pour leurs très grandes aides, disponibilité et leurs gentillesse,

Enfin, nos remerciement s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et qui nous ont encouragé et soutenu à tout moment.

Un grand merci à tous!

Dédicaces

Avec l'aide et la grâce de Dieu est achevé ce modeste travail que je dédie

A

Mes très chers parents pour leur sacrifices et amour.

Toi Zoubir.

Ma tante Dahbia.

Mes très chères sœurs, Asma, Maria et son fiancé et à Dahbia ainsi que son mari et ses enfants Nesrine, Lamine, Faouzi et Nesreddine.

*Mes très chers frères Khaled, Younes, Boubekkeur, Bilal, Abbes,
Fares et le cadet Mohand.*

*Mes meilleurs amis avec qui j'ai passé mes plus belles années :
Fazia, Chahira, Ferial et Saddik,*

Ma collègue Nora qui m'a toujours supporté et soutenu le long de toute la période de ce travail et à qui je souhaite tout le bonheur et la réussite.

Tous ceux qui m'ont encouragé pendant la réalisation de ce travail.

Tout le personnel et tous mes collègues qui m'ont soutenu tout au long de mes études.

Assia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance, de l'amour et de la force et dont je suis fière et reconnaissante d'avoir comme parent.

A la mémoire de mon cher oncle, que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A mes grands parents.

A mes oncles et mes tantes.

Pour vous mes très chers et irremplaçables:

A ma chère cousine Karima.

A mes chères sœurs: Amel et Fouzia.

A mes chers frères: Walid, Sofian et Amine.

A ma très cher nièce : Aya.

A mes cousines : Lynda, Fahima, Lamia, Karima et Tassadite.

A mes cousins : Toufik, Messouad, Riad, Amine, Salim, Ibrahim, Houcine, Aissa, Yacine et Rayan.

A mes meilleures amies : Yassmina et Leila.

A ma collègue Assia, elle m'a supporté tout le long de ce travail et à qui je souhaite tout le bonheur du monde et de la réussite.

A tous mes ami(e)s.

A tout les gents de ma promotion, enseignants et étudiants.

A ceux qui me sont chers et qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Nora

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction..... 1

Synthèse bibliographique

Algues marines et leurs composés phénoliques

I.1	Définition, position dans le règne végétal et distribution	3
I.2	Classification.....	4
I.3	Principales utilisations.....	4
I.4	Métabolites secondaires.....	5
I.4.1	Composés phénoliques des algues marines.....	5
I.4.1.1	Polyphénols halogénés.....	6
I.4.1.2	Phlorotannins.....	6
I.4.1.3	Flavonoïdes.....	8
I.5	Activités biologiques des composés phénoliques.....	9
I.5.1	Activité antibactérienne.....	9
I.5.1.1	Mode d'action.....	9

Matériel et méthodes

I.	Matériel végétal.....	11
I.1	Echantillonnage.....	11
I.2	Traitement des échantillons.....	11
II	Extraction des composés phénoliques.....	14
II.1	Taux d'extraction des composés phénolique.....	14
II.2	Dosage des phénols totaux.....	14
III.	Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits acétoniques des algues marines étudiées.....	15
III.1	Antibiogrammes.....	16
III.2	Détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI).....	16

III.3	Détermination des concentrations minimales bactéricides (CMB).....	17
IV.	Etude statistique.....	17

Résultats et discussions

I.	Taux d'extraction et dosage des composés phénoliques.....	18
I.1	Taux d'extraction des composés phénoliques.....	18
I.2	Dosage des composés phénoliques.....	20
I.2	Dosage des polyphénols totaux.....	20
II.	Activité antibactérienne des extraits acétoniques des algues marines étudiées.....	21
II.1	Antibiogrammes.....	21
II.1.1	Activité antibactérienne à l'égard des Gram positif.....	22
II.1.2	Activité antibactérienne à l'égard des Gram négatif.....	23
II.2	Détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB).....	29
Conclusion	32
Références bibliographiques	34
Annexes		
Glossaire		

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
	Tableau I: Caractéristiques botaniques des espèces d'algues marines récoltées.....	12
	Tableau II: Tableau représentatif des différentes souches bactériennes testées.....	15
	Tableau III: Taux d'extraction des composés phénoliques des algues marines étudiées.....	18
	Tableau IV: Teneurs en polyphénols totaux des extraits acétoniques des algues marines étudiées.....	20

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 1:	Structure chimique du 2,4,6-tribromophenol (A), et la structure de base des phlorotannins (B).....	6
Figure 2:	Quelques composés phénoliques des algues marines avec leurs espèces productrices.....	7
Figure 3:	Structure de base des flavonoïdes.....	8
Figure 4:	Structure chimique de l'épigallocatechine gallate (A), de la catéchine (B) et de l'épicatéchine (C).....	9
Figure 5:	Cartographie de la station de récolte des algues marines étudiées.....	11
Figure 6:	Photographies des espèces d'algues marines récoltées.....	12
Figure 7:	Photographies des poudres des algues marines étudiées.....	13
Figure 8:	Activité antibactérienne des extraits acétoniques de <i>Rhodomela confervoides</i> et de <i>Padina pavonica</i> à l'égard des bactéries Gram positives.....	23
Figure 9:	Activité antibactérienne des extraits acétoniques de <i>Rhodomela confervoides</i> et de <i>Padina pavonica</i> à l'égard des bactéries Gram négatives.....	24
Figure 10:	Photographies de quelques zones d'inhibition obtenues par les extraits acétoniques des algues marines étudiées.....	25
Figure 11:	Photographie de la microplaque de 96 puits pour les CMI obtenues par les extraits acétoniques de <i>Rhodomedela confervoides</i> et <i>Padina pavonica</i>	29

Liste des abréviations

ADN: Acide désoxyribo-nucléique

AG: Acide gallique

ATCC: American type culture collection

CCM : Chromatographie sur couche mince

CMI: Concentration minimal inhibitrice

CMB: Concentration minimal bactéricide

CLIP: Collection *Listeria* institut Pasteur

INCT: Institut national de cartographie et de télédétection

LMA: Laboratoire de Microbiologie appliquée

SARM: *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline

UAMB: Université Abderrahmane Mira de Béjaia

UFC: Unité formant colonie

FAO: Food and agriculture organization

DMSO: Diméthylsulfoxyde

Introduction

Introduction

Les algues marines sont une source importante de substances naturelles bioactives. Elles ont été utilisées comme produits alimentaires dans l'alimentation asiatique depuis des siècles car elles contiennent des caroténoïdes, des fibres alimentaires, des protéines, des acides gras essentiels, des vitamines et des minéraux (**González et Silva, 2001**). Cette composition nutritionnelle est variable dépend de l'espèce, des zones géographiques, de la saison de l'année et de la température de l'eau (**Vlachos et al., 1999; Vairappan et al., 2001**).

Les algues et leurs extraits ont un grand intérêt dans l'industrie pharmaceutique (**Smith, 2004**). Beaucoup de substances obtenues à partir d'algues marines telles que l'alginate, le carraghénane et l'agar comme phycocolloïdes ont été utilisés pendant des décennies en médecine et en pharmacie (**AL-Zereini, 2006**).

Les extraits d'algues marines ont été largement étudiés par plusieurs chercheurs (**Mautner et al., 1953; Kobayashi et Kitagawa, 1994; el-Masry et al., 1995; González et al., 2001; Nora et al., 2003; Salvador et al., 2007; Murti et Agrawal, 2010; Xavier et al., 2012; Arunachalam et al., 2014**). Récemment, les algues ont reçu beaucoup d'attention pour leur potentiel antioxydant naturel et la plupart de leurs composés ont montré des activités anti-bactériennes (**Vlachos et al., 1999; Vairappan et al., 2001**). antifongique, antiviellissement, diététique, anti-inflammatoire, cytotoxiques, antipaludéens, antiprolifératives et des propriétés anticancéreuses (**Cornish et Garbary, 2010; Zubia et al., 2007**).

L'augmentation de la résistance des microorganismes, aux agents antimicrobiens utilisés, est due à l'usage abusif et inapproprié des antibiotiques, ceci pose à l'heure actuelle de très sérieux problèmes. Les maladies causées par les microorganismes sont de plus en plus difficiles à traiter par les médicaments existants (**Orhan et al., 2010**). Ainsi les scientifiques, ce sont orientés vers la recherche de nouvelles voies, notamment les végétaux qui ont toujours constitué une source de composés bioactifs d'origine naturelle (**Keita et al., 2004**). L'activité antimicrobienne des algues marines a été démontrée et considérée comme un indicateur de leur capacité à synthétiser des métabolites secondaires bioactifs (**Davies et beukes, 2004**),

pour cela nous nous sommes intéressés à l'étude de l'activité antibactérienne des algues marines de la cote de Béjaïa.

L'objectif de cette étude est l'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de cinq espèces d'algues marines : *Cystoseira humilis*, *Halopteris scoparia*, *Padina pavonica*, *Sargassum vulgare* et *Rhodomela confervoides* de la cote de Béjaïa (Algérie).

- ✓ La première partie de ce document est consacrée à une synthèse bibliographique sur les algues marines, ainsi qu'un aperçu général sur leurs composés phénoliques. L'activité antibactérienne des composés phénoliques et leur mode d'action est aussi évoquée.

- ✓ La seconde partie est consacrée à la partie expérimentale, à savoir :
 - Extraction des composés phénoliques à partir des espèces d'algues marines récoltées ;
 - Dosage des composés phénoliques de ces extraits ;
 - Evaluation de leurs activités antibactériennes.

- ✓ Enfin la troisième partie présente les résultats obtenus ainsi que leur discussion.

Synthèse bibliographique

Algues marines et leurs composés phénoliques

I.1 Définition, position dans le règne végétal et distribution

Les algues regroupent un ensemble de végétaux photosynthétiques très diverse et dont l'appareil végétatif relativement simple est appelé « thalle », elles ont des formes et des dimensions très variables. Certaines sont microscopiques et d'autres mesurent plusieurs mètres de longueur (**Durand et Lévêque, 1980**).

Les algues sont caractérisées par la présence d'un pigment vert, la chlorophylle (**Naegelé et Naegelé, 1967**). Ce sont donc des: « Thallophytes eucaryotes, chlorophylliens (**Naegelé et Naegelé, 1967; Gayral, 1975**) et aquatiques (**Naegelé et Naegelé, 1967**)». Elles comprennent 20 000 à 30 000 espèces dans le monde, soit 18% du règne végétal (**Ramade, 2009**).

Les algues s'installent dans tous les types d'habitats suffisamment humides et éclairés. On peut les retrouver dans des eaux douces et les eaux de mers, sur les sols humides et même sur la neige. D'autres au contraire se développent dans les eaux de sources thermales (algues thermophiles) (**Dounadiou, 1985**).

La répartition des algues dépend d'un certain nombre de facteurs écologiques :

- ✓ Facteurs physiques : Le substrat, la température et la lumière.
- ✓ Facteurs chimiques : La salinité, l'oxygène et les éléments nutritifs.
- ✓ Facteurs hydrodynamiques : L'agitation de l'eau et l'émersion.
- ✓ Facteurs biotiques : L'association avec d'autres espèces (algues épiphytes ou épizoïques) (**Genevés, 1990; Cabioc'h et al., 1992; Farid et al., 2009**).

I.2 Classification

Les variations de pigmentation permettent de classer les macroalgues en trois divisions différenciant celles-ci selon leur couleur, Chlorophyta (algues vertes), Phaeophyta (algues brunes) et Rhodophyta (algues rouges) (**Gayral, 1975**).

Les pigments correspondant à chaque division d'algue sont :

- **Chlorophyta** : Chlorophylle a,b; α -, β - et γ -carotènes et plusieurs xanthophylles;
- **Phaeophyta** : Chlorophylle a,c; β -carotène et fucoxanthine et plusieurs autres xanthophylles;
- **Rhodophyta** : Chlorophylle a (quelques Florideophyceae); R- et C-phycoyanine, allophycoyanine; R- et B-phycoérythrine, α - et β -carotène et plusieurs xanthophylles (**Davis et al., 2003**).

I.3 Principales utilisations

Les algues ont été utilisées depuis longtemps, au début dans l'alimentation des populations. Les pays asiatiques sont les principaux consommateurs d'algues marines. 16 millions de tonnes d'algues ont été ainsi consommées dont 15,8 millions issus de l'algoculture pour l'année 2010 (**FAO, 2010**). La France est le premier pays européen à établir une réglementation spécifique concernant l'utilisation des algues pour la consommation humaine en tant que substances alimentaires (**Burtin, 2003; Marfaing et Lerat, 2007**).

Grace aux propriétés des composés des algues marines, ces dernières sont utilisées dans plusieurs domaines :

Agro-alimentaire: Les alginates utilisés comme agents émulsifiants, épaississants, stabilisants, gélifiants (additifs d'E400 à E408) et excipients (**Cosandey, 2003**).

Médecine: En thalassothérapie, les bains d'algue (algotérapie) sont utilisés pour traiter les rhumatismes ou certaines affections de l'appareil locomoteur. Les algues sont aussi utilisées comme vermifuge, anesthésique et pommade pour le traitement de la toux, des blessures, la goutte et le goitre (**Dhargalkar et Pereira, 2005**).

Pharmacie: Les algues et leurs extraits ont un intérêt important dans l'industrie pharmaceutique, pour le développement de nouveaux médicaments contre le cancer, l'inflammation et les infections microbiennes (**Premila et al., 1996; Kim et al., 1997; Okai et al., 1997; Elena et al., 2001**). Les fucus sont riches en iode, ils sont additionnés dans les médicaments pour se soigner contre le goitre et la maladie de Basedow. L'alginate extrait des laminaires enrobe les médicaments afin de les protéger du suc stomacal, même il est employé dans la confection des pilules. *Sargassum bacciferum*, possède des vertus diurétiques et fébrifuges et combat les maladies rénales, elles se vendent sous forme de cachets de poudres d'algue (**Naegelé et Naegelé, 1967**).

Utilisation agricole: Une autre utilisation intéressante des algues pratiquées de long temps et très répandue dans l'agriculture est l'utilisation des goémons comme engrais (**Naegelé et Naegelé, 1967**). La biodisponibilité de quantités adéquates de potassium, d'azote, d'hormones végétales et de micronutriments, la teneur élevée en matière organique, notamment en fibre, ainsi que la forme soluble dans l'eau des éléments minéraux et oligoéléments dans les algues font d'elles un excellent engrais (**Venugopal, 2009**).

I.4 Métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont synthétisés au cours du développement normale de la plante et en réponse à l'attaque des pathogènes, des insectes et des herbivores. Ils appartiennent à des groupes chimiques extrêmement diverses (**Bruneton, 1999; Zhao et al., 2005; Vasconsuelo et Boland, 2007**).

I.4.1 Composés phénoliques des algues marines

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires, ils sont largement distribués dans le règne végétal (**Martin et Andriantsitohaina, 2002**). La structure de base qui les caractérise est la présence d'un ou plusieurs noyaux aromatiques auxquels se lient un ou plusieurs groupements hydroxyles libres ou engagés dans une autre fonction (**Crozier et al., 2006**).

I.4.1.1 Polyphénols halogénés

Les algues rouges sont de grands producteurs de composés halogénés (**Maschek et Baker, 2008**). Les plus courants sont les haloterpènes, suivis par les mono et les oligobromophénols (**Retz de Carvalho et Roque, 2004**). L'étude bibliographique a révélé que les algues marines rouges sont riches en composés phénoliques, en particulier les bromophénols (BP) (**Retz de Carvalho et Roque, 2004; Zhao et al., 2004; Oh et al., 2008; Wang et al., 2009**). Ces bromophénols sont des produits naturels dont le principale constituant est le 2,4,6-tribromophénol (2,4,6-TBP) (figure 1) (**Hassenklover et Bickmeyer, 2006**).

I.4.1.2 Phlorotannins

Les phlorotannins représentent un sous-groupe de tannins répandus seulement chez les algues brunes (**Pavia et Toth, 2000; Koivikko et al., 2005; Koivikko et al., 2008; Maschek et Baker, 2008; Wang et al., 2008**), ils sont entièrement produits par une polymérisation d'unités de phloroglucinol (1,3,5-trihydroxybenzène) (**Targett et al., 1995; Arnold and Targett, 1998; Koivikko et al., 2005; Iken et al., 2007; Iken et al., 2009**) qui est un produit de la voie d'acétate-malonate (**Targett et al., 1995; Koivikko et al., 2005; Athukorala et al., 2006**). La taille des molécules de phlorotannins est très variable, allant jusqu'à plus de 650 kDa (**Targett et al., 1995; Wei et al., 2003**). Les phlorotannins sont classés en six groupes selon les variations de leur assemblage à partir de la polymérisation d'unités de phloroglucinol (1,3,5-trihydroxybenzène) (Figure 1) (**Maschek et Baker, 2008**).

Certains composés phénoliques d'algues marines sont représentés dans la figure 2.

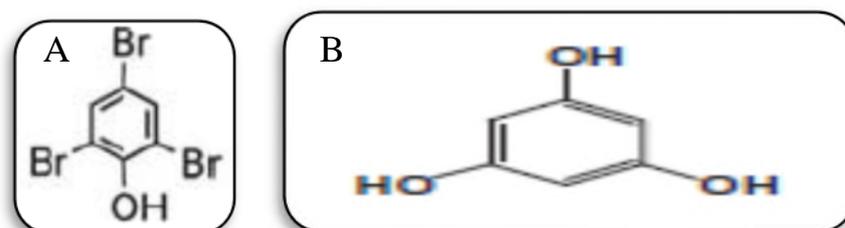


Figure 1: Structure chimique du 2,4,6-tribromophénol (A) (**Crozier et al., 2006**) et la structure de base des phlorotannins (B) (**Sung-Hwan et al., 2012**).

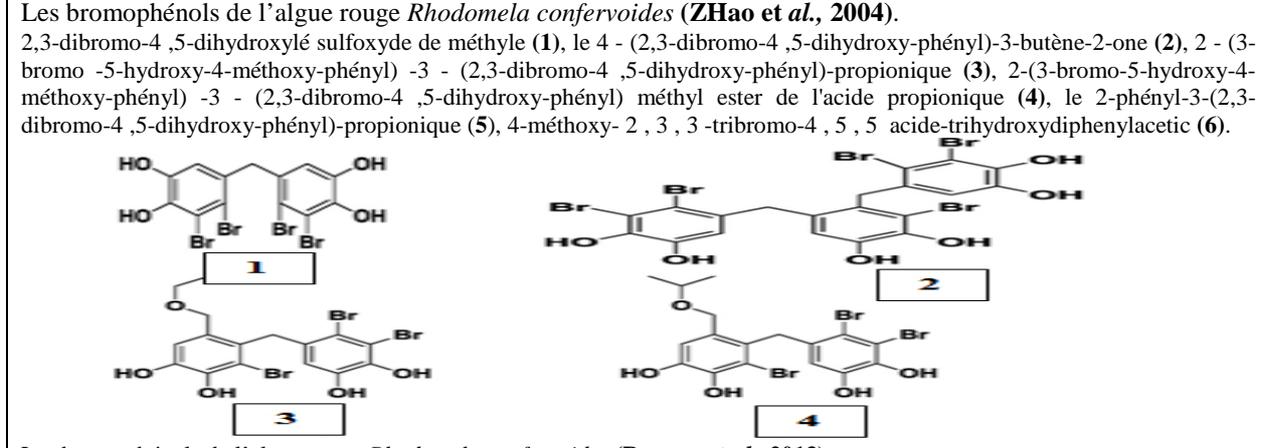
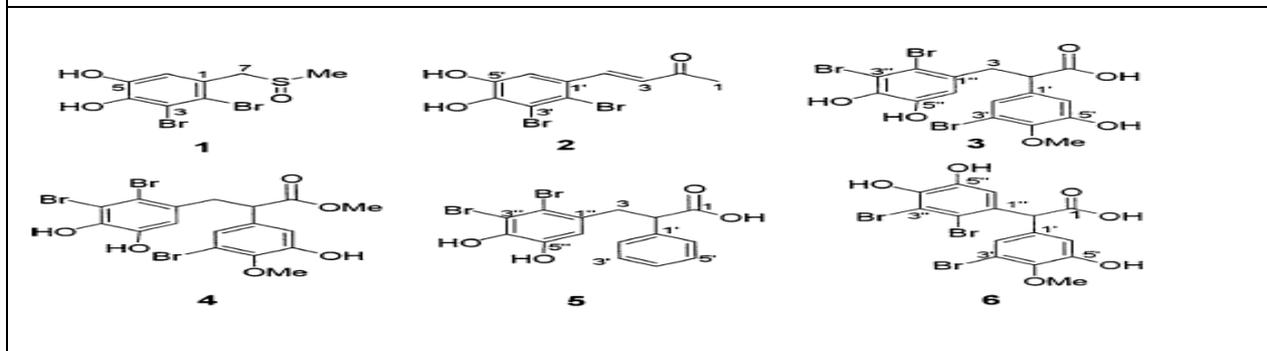
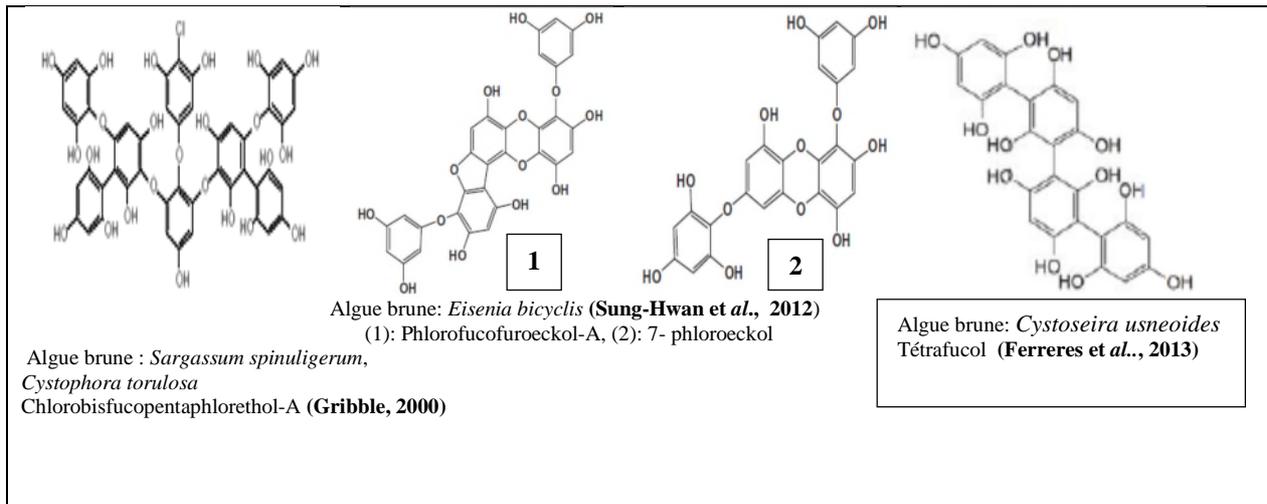


Figure 2: Quelques composés phénoliques des algues marines avec leurs espèces productrices.

I.4.1.3 Flavonoïdes

Le terme «flavonoïdes» est généralement utilisé pour décrire une très large gamme de produits naturels (Marais et al., 2006) formés dans les plantes à partir des acides aminés aromatiques, la phénylalanine et la tyrosine, et du malonate (Pietta, 2000). Les flavonoïdes constituent un groupe de plus de 6000 composés (Erlund, 2004) qui comprennent un squelette de carbone C6-C3-C6, ou plus précisément une fonction phenylbenzopyrane (Marais et al., 2006). Ils se composent de deux cycles benzéniques (A et B), qui sont reliés par un cycle pyrane (C) contenant de l'oxygène (Figure 3) (Erlund, 2004).

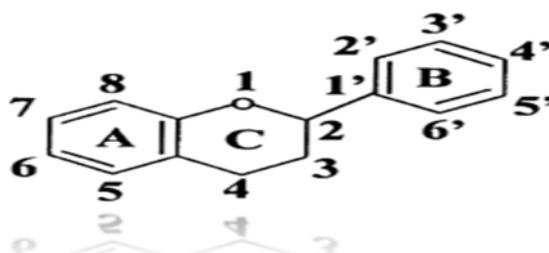


Figure 3: Structure de base des flavonoïdes (Heim et al., 2002).

Bravo (1989) et Crozier et al. (2006) ont signalé que les flavonoïdes sont largement répandus dans le règne végétal, à l'exception des algues.

Yoshie et al. (2000) ont réalisé une étude sur 27 algues. L'analyse par HPLC a détecté des concentrations élevées en épigallocatechine (EGC), tandis que l'épigallocatechine gallate (EGCg), l'épicatéchine gallate (ECg) et l'épicatéchine (EC) sont des composants mineurs (figure 4).

Ces auteurs ont rapporté que l'algue brune *Padina arborescens* et *Padina minor* contiennent les concentrations les plus élevées en EGCg. L'algue rouge *Porphyra yezoensis* contient la catéchine et l'ECg. D'autres algues rouges, *Chondrus verrucosus* et *Actinotrichia fragilis* ne contiennent pas de catéchines. L'ECg n'a pas été détecté dans les neuf algues rouges étudiées.

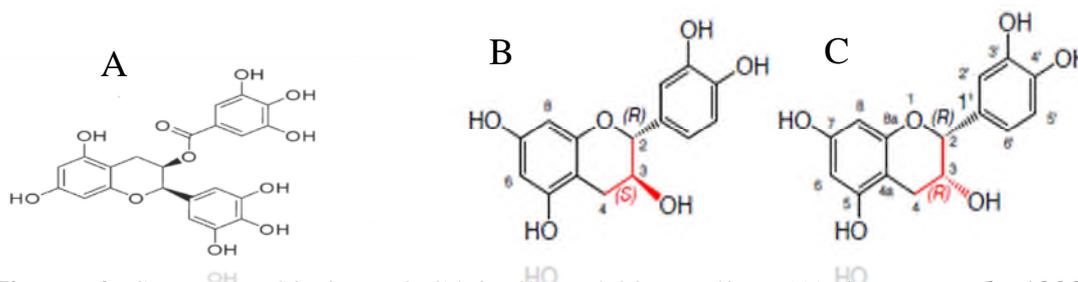


Figure 4: Structure chimique de l'épigallocatechine gallate (A) (yang et al., 1999), de la catéchine (B) et de l'épicatéchine (C) (Dhuique-Mayer et al., 2007).

I.5 Activités biologiques des composés phénoliques

Plus de 5000 polyphénols sont identifiés, plusieurs d'entre eux possèdent un large spectre de propriétés biologiques (Ullah et Khan, 2008). Ils sont décrits comme étant des antioxydants, antiagrégants plaquettaires, anti-inflammatoires, anti-allergiques, anti-thrombotiques, anti-tumoraux, vasodilatateurs, cardioprotecteurs et antimicrobiens (Puupponen-Pimiä et al., 2001; Balasundram et al., 2006).

I.5.1 Activité antibactérienne

Les composés phénoliques sont des précurseurs de polymères structurels, ils servent de molécules de signalisation ou fonctionnent comme agents antibactériens (les phytoanticipines et les phytoalexines) (Hammerschmidt, 2005).

I.5.1.1 Mode d'action

Les composés phénoliques exercent leurs effets antibactériens sur la membrane cytoplasmique en altérant sa structure et causant un dysfonctionnement par un changement dans le transport des ions ou par une dépolarisation à travers les changements structuraux dans la membrane, interférence avec le système de génération de l'énergie (adénosine triphosphate) dans la cellule, formation de complexes avec les protéines et certains constituants de la paroi cellulaire bactérienne menant à la lyse, où l'inhibition d'enzymes empêchant ainsi l'utilisation des substrats pour la production d'énergie (Ultee et al., 2002).

Le mode d'action des polyphénols sur les microorganismes peut être lié à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (protéases et carbohydrases) ou d'autres interactions inactivant les adhésines microbiennes, les protéines de l'enveloppe cellulaire et des interactions non

spécifiques avec des hydrates de carbone (Cowan, 1999; Karou *et al.*, 2005; Mohamed *et al.*, 2009).

Les flavonoïdes sont des substances antibactériennes efficaces contre une large gamme de bactéries (Ghedira, 2005). Cette activité antibactérienne des flavonoïdes peut être due à leur capacité à inhiber la synthèse des acides nucléiques, la fonction de la membrane cytoplasmique ou le métabolisme énergétique (Cushnie *et Lamb*, 2005).

L'intercalation et le mésappariement des bases azotées sont aussi proposés, comme mécanisme d'action des flavonoïdes, à cause des structures semblables entre les flavonoïdes et les bases azotées des acides nucléiques (Mori *et al.*, 1987).

Les ADN Gyrases sont des enzymes qui contrôlent la topologie de l'ADN chez les procaryotes ce sont une cible des substances antibactériennes comme la quercétine qui inhibe la gyrase par deux mécanismes proposés par (Plaper *et al.*, 2003). La quercétine se lie à l'ADN qui stabilise le complexe ADN-Gyrase et entraîne le clivage de l'ADN, ou elle se lie à la sous unité GyrB de l'ADN Gyrase et inhibe son activité ATPasique, car les sites de fixation de l'ATP et de la quercétine se chevauchent (Plaper *et al.*, 2003).

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

I. Matériel végétal

I.1 Echantillonnage

Durant le mois de Juillet 2013, cinq espèces d'algues marines ont été récoltées sur la plage Boulimate située à environ 20 Km à l'ouest du centre ville de Béjaia ($36^{\circ} 49' 2,09''$ N, $4^{\circ} 59' 22,19''$ E) (figure 5). Les échantillons sont transportés au laboratoire dans des sacs en polyéthylène.

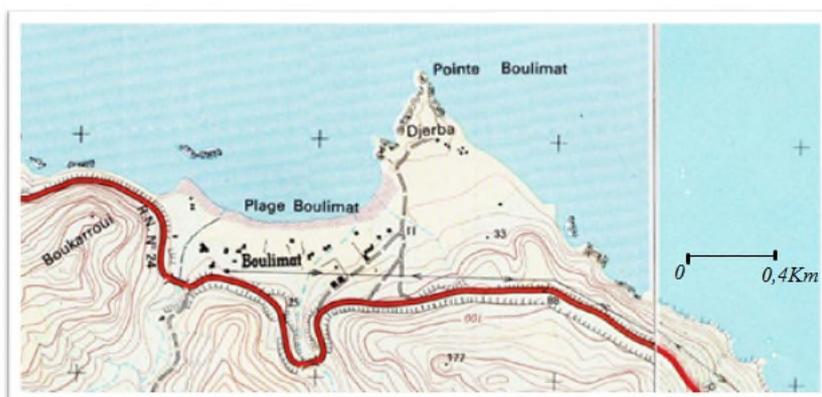


Figure 5: Cartographie de la station de récolte des algues marines étudiées (INCT, 2000).

Les algues marines récoltées sont identifiées au niveau du laboratoire de cryptogamie à l'université Abderrahmane Mira de Bejaia (UAMB). Les photographies des espèces d'algues marines récoltées sont présentées dans la figure 6 avec une description de ces espèces dans le tableau I.

I.2 Traitement des échantillons

Les échantillons sont nettoyés par lavage avec de l'eau douce afin d'éliminer les épiphytes, les nématodes et toutes autres matières suspendues, et les crampons sont enlevés. Un dernier lavage avec de l'eau distillée est effectué. Après séchage à l'étuve à 40°C , les algues sont coupées en petits morceaux, broyées en fine poudre par un broyeur (figure 7). Les poudres sont mises dans des flacons opaques.

Tableau I: Caractéristiques botaniques des espèces d'algues marines récoltées.

Figure 6: Photographies des espèces d'algues marines récoltées.	Description	Classification
(Cabioc'h <i>et al.</i> , 1992)		
 <p><i>Rhodobela confervoides</i></p>	<p>Algue rouge de grande taille (30 cm de haut), avec un Thalle cylindrique de quelques dixièmes de millimètres de diamètre, abondamment ramifiés.</p>	<p>Règne: <i>Plantae</i> Division: <i>Rhodophyta</i> Classe: <i>Rhodophyceae</i> Ordre: <i>Ceramiales</i> Famille: <i>Rhodomelacées</i> Genre: <i>Rhodobela</i></p>
 <p><i>Cystoseira humilis</i></p>	<p>Algue brune de petite taille avec un thalle cylindrique en tout ou partie et des ramifications disposées dans tous les plans, axes principaux non aplatie, rameaux un peu épineux</p>	<p>Règne: <i>Plantae</i> Division: <i>Phaeophyta</i> Classe: <i>Phaeophyceae</i> Ordre: <i>Fucales</i> Famille: <i>Cystoseiracées</i> Genre: <i>Cystoseira</i></p>
 <p><i>Halopteris scoparia</i></p>	<p>Algue brune avec des thalles filamenteux. l'apparition de rameaux latéraux.</p>	<p>Règne: <i>Plantae</i> Division: <i>Phaeophyta</i> Classe: <i>Phaeophyceae</i> Ordre: <i>sphacelariales</i> Famille: <i>Stypocaulonacées</i> Genre: <i>Halopteris</i></p>

 <p><i>Padina pavonica</i></p>	<p>Algue brune avec un thalle en lame ou ruban mince et souvent membraneux.</p>	<p>Règne: <i>Plantae</i> Division: <i>Phaeophyta</i> Classe: <i>Phaeophyceae</i> Ordre: <i>Dictyotales</i> Famille: <i>Dictyotaceae</i> Genre: <i>Padina</i></p>
 <p><i>Sargassum vulgare</i></p>	<p>Algue brune pouvant atteindre plusieurs mètres de longueur, avec un thalle cylindrique en tout ou partie présence des flotteurs latéraux portés par un court pédoncule.</p>	<p>Règne: <i>Plantae</i> Division: <i>Phaeophyta</i> Classe: <i>Phaeophyceae</i> Ordre: <i>Fucales</i> Famille: <i>Sargassaceae</i> Genre: <i>Sargassum</i></p>



Cystoseira humilis



Halopteris scoparia



Padina pavonica



Rhodomela confervoides



Sargassum vulgare

Figure 7: Poudres des algues marines étudiées.

II. Extraction des composés phénoliques

Les polyphénols sont extraits par macération de 5g de poudre dans 50ml d'acétone 70% sous agitation. Après 24 heures, la solution est centrifugée (centrifugeuse SIGMA) à 4000g pendant 5 minutes, le surnageant contenant les polyphénols est récupéré puis filtré avec du papier filtre standard. Après évaporation dans l'étuve à 40°C, une reconstitution des extraits est réalisée avec du DMSO 5% à une concentration de 100 mg/ml. Les extraits sont conservés dans des flacons fumés à 4°C (Cho *et al.*, 2007).

II.1 Taux d'extraction

Le taux d'extraction des extraits acétoniques d'algues marines est déterminé par la formule suivante :

$$\text{Taux d'extraction (\%)} = [(P_1 - P_0)] / E \times 100$$

P_0 : Poids du bécher vide.

P_1 : Poids du bécher et l'extrait après évaporation du solvant.

E : Poids de la poudre.

II.2 Dosage des polyphénols totaux

o Principe

Le principe de cette méthode repose sur l'interaction des composés phénoliques avec le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols qui entraînant la formation d'un complexe de couleur bleue, présentant un maximum d'absorption aux environs de 720-750nm, dont l'intensité est proportionnelle à la quantité des composés phénoliques (Ribéreau-Gayon, 1968).

○ **Mode opératoire**

La teneur des extraits en polyphénols totaux est estimée selon la méthode de (**Kuda et al., 2005**).

0,8ml d'une solution de Folin-Ciocalteu à 10% sont ajoutés à 0,4ml d'extrait dilué. Après 3 minutes, 1,6ml d'une solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 10% sont ajoutés. Ce mélange est laissé à l'obscurité pendant une heure à température ambiante. Des mesures d'absorbance sont enregistrées à 750 nm en utilisant un spectrophotomètre (VIS-7220 G) (**Kuda et al., 2005**).

Les teneurs des extraits en phénols totaux sont déterminées en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec la phloroglucinol (figure1, annexe I). Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent de phloroglucinol par gramme de poudre sèche (mg Eq. phl/g de Ps).

III. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits acétoniques des algues marines étudiées

Afin de déterminer le potentiel bioactif des extraits acétoniques des cinq algues marines, six bactéries sont testées dont trois bactéries Gram positives (*Bacillus subtilis*, SARM et *Listeria innocua*) et trois à Gram négatif (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Acinetobacter baumannii*). Ces souches (Tableau II) sont fournies par le Laboratoire de Microbiologie Appliquée de l'UAMB.

Tableau II: Tableau représentatif des différentes souches microbiennes testées.

Gram	Souches bactériennes	Référence
Gram ⁺	SARM	ATCC 43300
	<i>Bacillus subtilis</i>	ATCC 6633
	<i>Listeria innocua</i>	CLIP 74915
Gram ⁻	<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25922
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 27853
	<i>Acinetobacter baumannii</i>	610

ATCC: American Type Culture Collection; CLIP: Collection *Listeria* Institut Pasteur; SARM: *Staphylococcus aureus* Résistant à la méthicilline.

III.1 Antibiogramme

Trois méthodes différentes sont utilisées pour évaluer l'activité antibactérienne des extraits acétoniques des algues marines étudiées, à savoir : la méthode des disques, des puits et des spots.

Pour chaque méthode, 25µL d'extrait sont testés sur une gélose Mueller Hinton préalablement ensemencées par écouvillonnage à raison de 10^7 UFC/ml (**Karabay-Yavasoglu et al., 2007**). Les boîtes de Petri sont mises au réfrigérateur à 4°C pendant trois heures pour une pré-diffusion (**Bansemir et al., 2006**). Après incubation à 37°C/24 heures, des zones d'inhibition autour du point d'application sont mesurées en millimètres (**Karabay-Yavasoglu et al., 2007**). Le DMSO 5% est utilisé comme témoin négatif.

III.2 Détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI)

○ Principe

La CMI est définie comme étant la plus faible concentration inhibant toute croissance bactérienne après 18 à 24 heures d'incubation (**Caquet, 2004**). La CMI des extraits acétoniques des souches cibles est déterminée sur milieu liquide par la méthode des dilutions à l'aide des microplaques de 96 puits.

○ Mode opératoire

Les micropuits sont remplis par 165µl de bouillon Mueller Hinton, 5 µl de l'inoculum ayant une concentration finale de 10^6 UFC/ml, et de 30µl d'extrait à différentes concentrations allant de 40mg/ml à 100mg/ml. Le volume final de chaque puits est de 200 µl. Les microplaques sont incubées à 37°C pendant 24h (**Santoyo et al., 2009**).

Deux témoins sont réalisés, à savoir:

- Un témoin négatif (sans l'inoculum): Bouillon Mueller Hinton + 30µl d'extrait.
- Un témoin positif (sans extrait): Bouillon Mueller Hinton + 30µl de DMSO 5% + 5µL de l'inoculum.

La CMI de chaque extrait est déterminée par une inspection visuelle des fonds des puits, la croissance bactérienne est indiquée par la présence d'une pelote blanche au fond du puits (**Santoyo et al., 2009**).

III.3 Détermination des concentrations minimales bactéricides (CMB)

- **Principe**

La CMB est définie comme étant la plus petite concentration aboutissant à une destruction notable des bactéries (0,01% de survivant) (Meyer et *al.*, 1994).

- **Mode opératoire**

A partir des puits qui ne présentent aucune croissance, des spots de 10 μ L sont déposés sur la surface d'une gélose Mueller Hinton, après incubation à 37°C/24 heures, une présence ou non d'une croissance est mentionnée. La CMB correspond à la plus faible concentration où aucune croissance n'est observée.

IV. Etude statistique

Pour pouvoir faire une étude statistique, chaque test est réalisé en trois essais. Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type. Les données sont analysées en utilisant une analyse de variance (ANOVA). Des différences significatives ($p < 0,05$) entre les moyennes sont déterminées par le test LSD (Low Significant Difference). Le logiciel utilisé est STATISTICA 5.5.

Résultats et discussion

Résultats et discussion

I. Taux d'extraction et dosage des polyphénols totaux

I.1 Taux d'extraction des composés phénoliques

La méthode d'extraction des composés phénoliques doit permettre d'extraire le maximum de composés phénoliques sans une modification chimique (Hayouni et al., 2007). La température, le temps de macération, la taille des particules et le volume du solvant peuvent affecter le taux d'extraction (Pinelo et al., 2005; Spigno et al., 2007; Bonnaille et al., 2012). La solubilité des composés phénoliques dépend de leur nature qui peut varier de simples substances aux composés fortement polymérisés (Cacace et Mazza, 2003) et par la polarité des solvants (Goli et al., 2005; Sulaiman et al., 2011).

Khokhar et Magnusdottir, (2002), Duan et al. (2006) et Chandini et al. (2008) ont rapporté que les solvants tels que le méthanol, l'éthanol, le butanol, l'acétone, le chloroforme et l'eau ont été couramment utilisés pour l'extraction des composés phénoliques à partir d'algues brunes et rouges. L'acétone 70% est considéré comme étant le mélange de solvant le plus efficace pour extraire les phlorotannins (Koivikko et al., 2005; Murti et Agrawal, 2010).

Tableau III: Taux d'extraction des composés phénoliques des algues marines étudiées.

Espèce d'algue Marine	Taux d'extraction (%)
<i>Rhodomela confervoides</i>	8,472 ± 00,534 ^c
<i>Cystoseira humilis</i>	9,641 ± 00,415 ^d
<i>Halopteris scoparia</i>	5,327 ± 00,286 ^b
<i>Padina pavonica</i>	3,036 ± 00,235 ^a
<i>Sargassum vulgare</i>	5,661 ± 00,048 ^b

Les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative (p>0,05).

Parmi les extraits acétoniques des espèces d'algues marines étudiées, *Cystoseira humilis* représente le taux d'extraction le plus élevé (9,641% ± 00,415), suivi de *Rhodomela confervoides* (8,472% ± 00,534) et de *Sargassum vulgare* (5,661% ± 00,048). *Halopteris*

scoparia (5,327% \pm 00,286) et *Padina pavonica* enregistrent les taux d'extraction les plus faibles (3,036% \pm 00,235) avec aucune différence significative ($p > 0,05$).

Le taux d'extraction obtenu par *Rhodomela confervoides* (8,472%) est supérieur par rapport à celui enregistré par **Mantajun et al. (2008)** pour les extraits méthanoliques des algues rouges *Eucheuma cottonii* (2,25%), *Eucheuma spinosum* (1,88%) et *Halymenia durvillaei* (7,92%). **Duan et al. (2006)** ont observé un taux d'extraction pour l'extrait méthanol/chloroforme de l'algue rouge *Polysiphonia urceolata* un peu plus élevé (12,1%) que notre extrait acétonique de *Rhodomela confervoides*.

Foon et al. (2013) ont enregistré un taux d'extraction de 1,21% pour un extrait méthanolique de l'algue brune *Padina sp*, presque doublement supérieur à celui qu'on a trouvé concernant notre algue brune *Padina pavonica* (3,03%). **Mantajun et al. (2008)** ont révélé un taux d'extraction très élevé pour l'extrait méthanolique de *Padina sp* (8,55%). Toutefois, un taux inférieur à nos résultats est constaté par **Aguila-ramirez et al. (2012)** pour l'extrait éthérique de *Padina conrescens* (0,65%).

Chandini et al. (2008) ont constaté un taux d'extraction par le méthanol (12,31%) d'une algue brune *Padina tetrastomatica* supérieur à celui qu'on a obtenu concernant *Padina pavonica*. Notre algue brune *Sargassum vulgare* a donné un taux d'extraction (5,66%) similaire à celui de l'algues brunes *Sargassum marginatum* (5,45 %) constaté par (**Chandini et al., 2008**) et l'extrait acétonique de *Sargassum siliquastrum* enregistré par **Cho et al. (2007)**, mais inférieur à l'extrait éthanolique de *Sargassum vulgare* (7,7%) observé par **Zubia et al. (2008)**.

Plusieurs facteurs peuvent influencer sur la teneur en polyphénols totaux. Des études ont montré que les facteurs extrinsèques (tels que les facteurs géographiques et climatiques), les facteurs génétiques, le degré de maturation de la plante et la durée de stockage ont une forte influence sur la teneur en polyphénols (**Bouزيد et al., 2011**).

I.2 Dosage des polyphénols totaux

Les teneurs en polyphénols totaux des extraits acétoniques des cinq espèces d'algues marines étudiées, exprimées en milligramme équivalent de phloroglucinol par gramme de poudre sèche (mg Eq. phl/g de Ps), sont enregistrées dans le tableau IV.

Tableau IV: Teneurs en polyphénols totaux des extraits acétoniques des algues marines étudiées.

Espèce d'algue Marine	Teneur en composés phénoliques (mg Eq Phl/g de Ps)
<i>Rhodomela confervoides</i>	1,249 ± 0,044 ^c
<i>Cystoseira humilis</i>	4,628 ± 0,234 ^e
<i>Halopteris scoparia</i>	1,444 ± 0,05 ^d
<i>Padina pavonica</i>	1,027 ± 0,087 ^{ab}
<i>Sargassum vulgare</i>	0,838 ± 0,023 ^a

Les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p > 0,05$).

Le tableau IV montre que l'extrait acétonique de l'algue brune *Cystoseira humilis* enregistre la meilleure teneur en polyphénols totaux ($4,628 \pm 0,234$ mg Eq Phl/g de Ps), suivi par *Halopteris scoparia* ($1,444 \pm 0,05$ mg Eq Phl/g de Ps) et l'algue rouge *Rhodomela confervoides* ($1,249 \pm 0,0442$ mg Eq Phl/g de Ps) avec une différence significative ($p < 0,05$). Les plus faibles teneurs en polyphénols totaux sont enregistrées par les extraits acétoniques des algues brunes *Padina pavonica* ($1,0273 \pm 0,0871$ mg Eq Phl/g de Ps) et *Sargassum vulgare* ($0,838 \pm 0,023$ mg Eq Phl/g de Ps) avec une différence non significative ($p > 0,05$).

L'étude réalisée par **Guner et al. (2013)** a montré que l'extrait méthanolique de *Cystoseira compressa* a une teneur en polyphénols totaux de $0,161 \pm 0,08$ mg Eq AG/g de Ps, Cette teneur est largement inférieure à notre extrait acétonique de *Cystoseira humilis* ($4,628 \pm 0,234$ mg Eq Phl/g de Ps).

L'algue rouge *Rhodomela confervoides* montre une teneur ($1,249 \pm 0,0442$ mg Eq Phl/g de Ps) supérieure à l'algue rouge *Gracilaria edulis* ($0,142 \pm 0,025$ mg Eq AG/g de Ps) étudiées par **Murugan et Iyes (2012)**.

Des teneurs en polyphénols totaux supérieures à celles qu'on a obtenues sont observées par **Tariq et al. (2011)** pour les extraits éthanoliques de l'algue brune *Padina pavonica* ($6,5$ mg Eq AG/g de Ps) et l'extrait méthanolique de *Padina tetrastomatica* ($11,10 \pm 0,19$ mg Eq AG/g de Ps) étudié par **Chandini et al. (2008)**. Une étude récente réalisée par **Foon et al. (2013)** a montré que la teneur en polyphénols totaux de l'extrait méthanolique de *Padina sp* ($14,58 \pm 0,12$ mg Eq Phl/g de Ps) est nettement supérieure à nos résultats.

L'algue brune *Sargassum vulgare* a révélé une teneur en polyphénols totaux ($0,838 \pm 0,023$ mg Eq Phl/g de Ps) supérieure aux algues étudiées par **Zhang et al. (2007)** ayant observé une teneur en polyphénols totaux dans les extraits méthanoliques et chloroformiques des algues brunes *Sargassum horneri* ($0,41 \pm 0,01$ mg Eq AG/g de Ps) et *Sargassum thunbergii* ($0,29 \pm 0,01$ mg Eq AG/g de Ps).

II. Activité antibactérienne des extraits acétoniques des algues marines étudiées

II.1 Antibiogrammes

Dans cette étude, trois méthodes de diffusion sur milieu solide sont utilisées pour étudier l'activité antibactérienne des extraits acétoniques de cinq espèces d'algues marines. Afin de déterminer leur potentiel bioactif, tous les extraits sont testés vis à-vis de trois bactéries Gram positives (*Bacillus subtilis*, *Listeria innocua* et *SARM*) et trois à Gram négatif (*Acinetobacter baumannii*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*).

Les résultats sont exprimés selon trois niveaux d'activité : Résistant : $D < 8$ mm, intermédiaire : $15 \text{ mm} \geq D \geq 8$ mm et sensible : $D > 15$ mm, où D : diamètre des zones d'inhibition (**Bansmir et al., 2006**). Les diamètres des zones d'inhibition obtenues par les extraits de *Rhodomela confervoides* et *Padina pavonica* sont donnés dans le tableau I, annexe II. L'activité antibactérienne des extraits acétoniques des cinq espèces d'algues marines étudiées est résumée dans la figure 10.

II.1.1 Activité antibactérienne à l'égard des bactéries Gram positives

Les extraits acétoniques de *Rhodobryopsis confervoides* et de *Padina pavonica*, à une concentration de 100mg/ml, ont montré une bonne activité antibactérienne vis-à-vis les bactéries Gram positives (figure 8). La plus large zone d'inhibition est de 17,5mm révélée par *Rhodobryopsis confervoides* par la méthode des spots à l'égard du SARM, suivi par une zone d'inhibition de 15,5mm (méthode des disques) révélée par *Padina pavonica*, avec une différence significative ($p < 0,05$) entre les extraits de ces deux algues.

Bacillus subtilis a montré une sensibilité vis-à-vis de *Rhodobryopsis confervoides* avec une zone d'inhibition de 15,5mm (méthode des disques) et une activité intermédiaire (12,5mm) avec la méthode des disques, révélée par *Padina pavonica*.

La souche *L. innocua* s'est révélée sensible à l'extrait de l'algue rouge *Rhodobryopsis confervoides* avec une zone d'inhibition de 10,5mm (méthodes des spots) et résistante à l'algue brune *Padina pavonica* avec une différence significative ($p < 0,05$) entre les extraits de ces deux algues marines.

Aucune zone d'inhibition n'est observée pour les extraits acétoniques des algues brunes *Cystoseira humilis*, *Halopteris scoparia* et *Sargassum vulgare* avec les trois méthodes contre toutes les bactéries Gram positives testées.

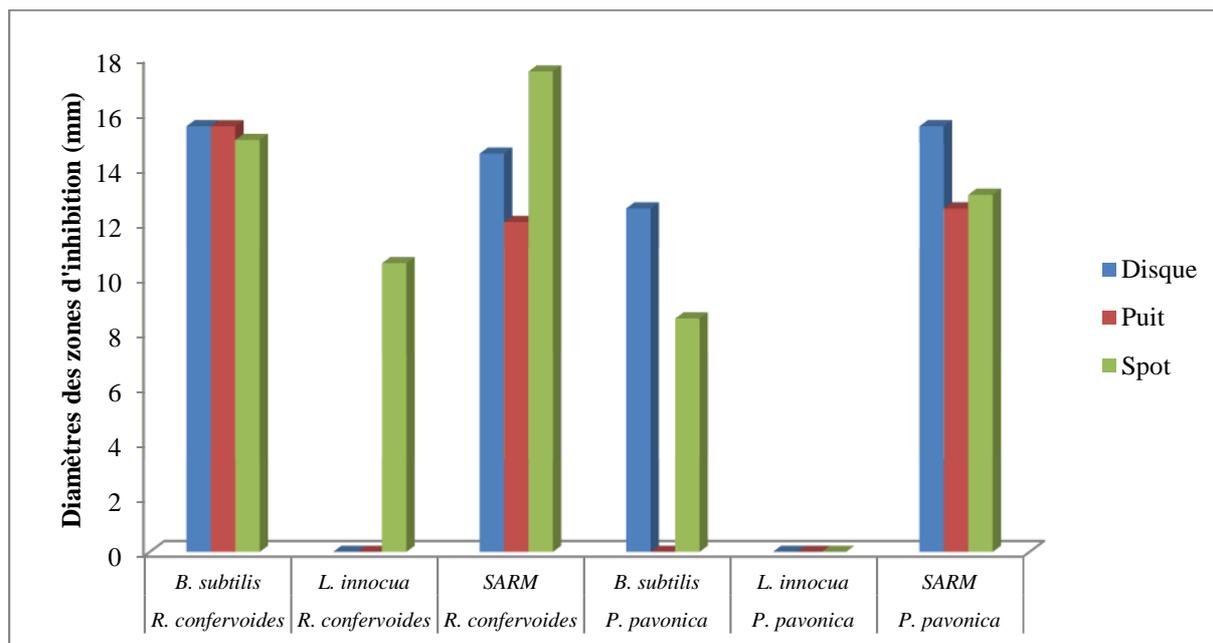


Figure 8: Activité antibactérienne des extraits acétoniques de *Rhodomela confervoides* et de *Padina pavonica* à l'égard des bactéries Gram positives.

II.1.2 Activité antibactérienne à l'égard des Gram négatives

L'extrait de *Rhodomela confervoides* a montré une bonne activité inhibitrice vis-à-vis *E. coli* avec un diamètre de zone d'inhibition de 18mm (méthodes des spots) tandis que *Padina pavonica* n'a aucun effet sur cette souche (figure 9).

A. baumannii a montré une sensibilité vis-à-vis de *Rhodomela confervoides* avec une zone d'inhibition de 15,5mm (méthode des spots et des puits), suivi par *Padina pavonica* avec une zone d'inhibition inférieure à 11,5mm (méthode des spots). Des effets inhibiteurs intermédiaires à l'égard de *P. aeruginosa* (méthode des spots) sont observés chez l'extrait de *Rhodomela confervoides* avec un diamètre de 10mm, et de *Padina pavonica* avec une zone d'inhibition un peu plus élevée et qui est de 13,5mm (méthode des disques).

L'étude statistique a montré une différence significative entre les deux extraits acétoniques de *Rhodomela confervoides* et de *Padina pavonica* vis-à-vis les deux souches *A. baumannii* et *P. aeruginosa*. Pour les autres extraits, *Cystoseira humilis*, *Halopteris scoparia* et *Sargassum vulgare*, aucune zone d'inhibition n'a été observée vis-à-vis les bactéries Gram négatifs testées.

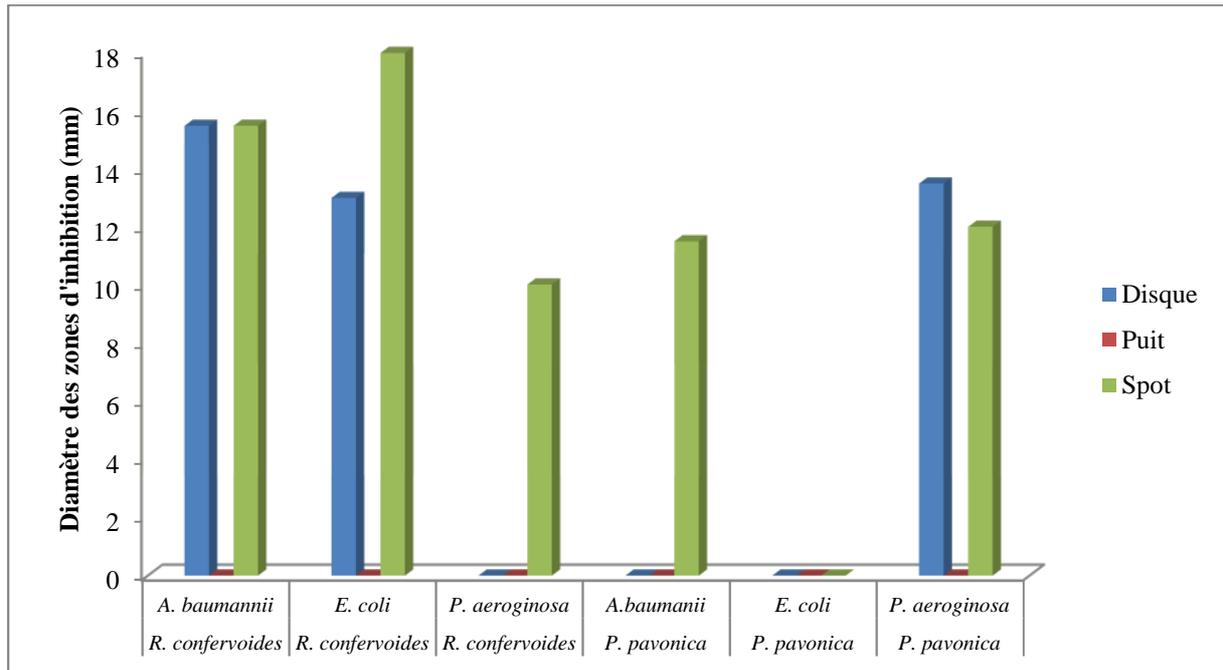


Figure 9: Activité antibactérienne des extraits acétoniques de *Rhodomela confervoides* et de *Padina pavonica* à l'égard des bactéries Gram négatives.

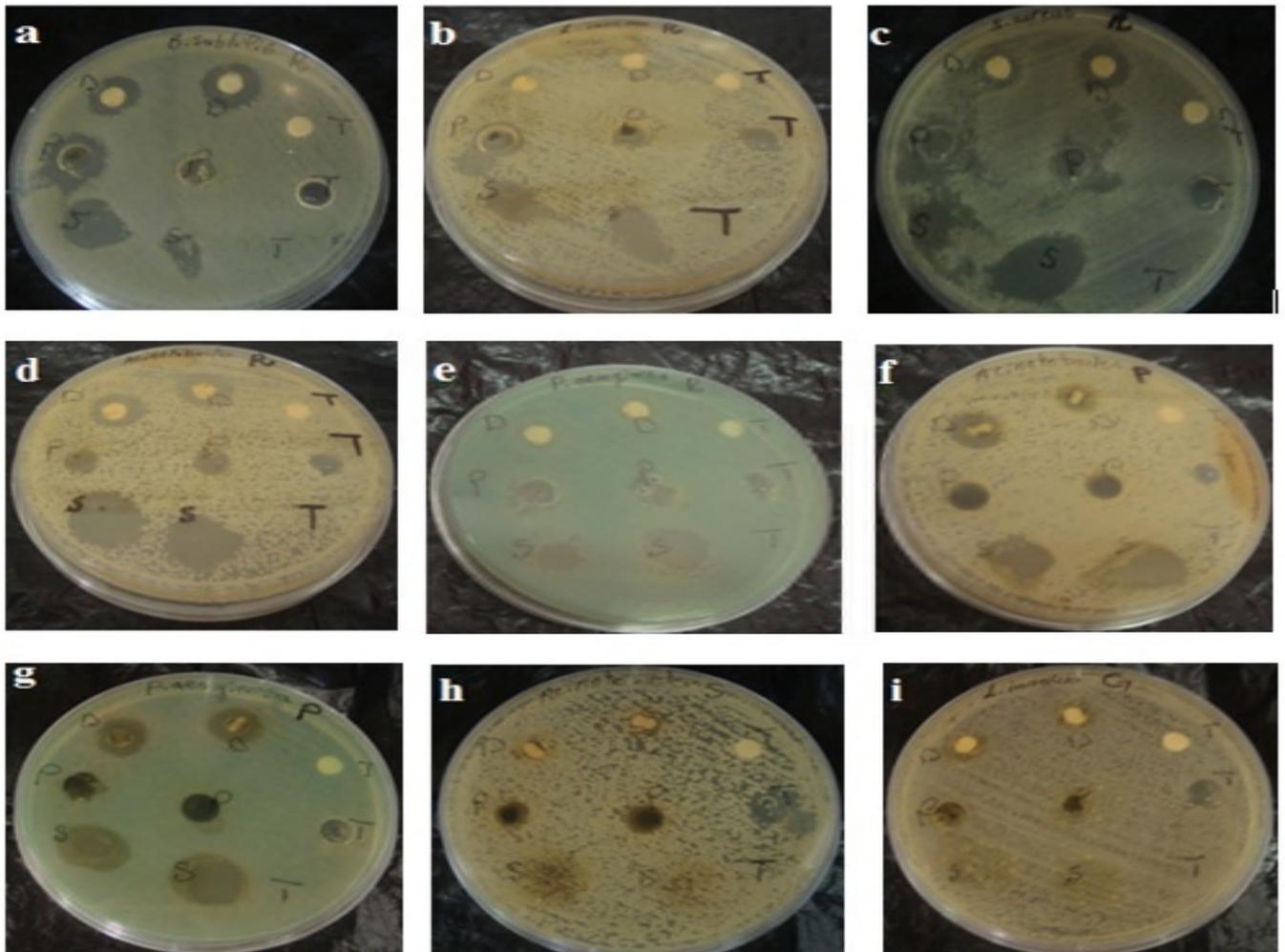


Figure 10: Photographies de quelques zones d'inhibition obtenues par les extraits acétoniques : *Rhodomela confervoides* contre *B. subtilis* (a), *L. innocua* (b), SARM (c), *A. boumanii* (d) et *P. aeruginosa* (e); *Padina pavonica* contre *A. acinetobacter boumanii* (f) et *P. aeruginosa* (g); Absence de zones d'inhibition pour *Cystoseira humilis* contre *A. boumanii* (h) et *Sargassum vulgare* contre *L. innocua* (i).

D'après l'analyse des résultats obtenus l'algue rouge *Rhodomela confervoides* exerce une meilleure activité antibactérienne, ce qui est déjà montré par **Bansemir et al. (2006)** et **Salvador et al. (2007)**. L'extrait acétonique de *Rhodomela confervoides* est actif contre *B. subtilis*, SARM, *E.coli* et *A. baumannii*, nos résultats sont compatibles avec ceux de **Bedjou et al. (2011)** qui ont étudié l'extrait méthanolique de *Rhodomela confervoides* et ayant trouvé un diamètre de zone d'inhibition supérieur pour *B. subtilis* (23,33mm) et *L. innocua* (19,33mm), et une zone d'inhibition similaire à nos résultats pour *E. coli* (18,33mm).

Omar et al. (2012) ont étudié l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique de l'algue rouge *Gracillaria multipartita*, ils ont trouvé une zone d'inhibition faible (12,5mm) et une zone plus large avec l'extrait éther de pétrole à l'égard d'*E. coli* (18mm). L'extrait hexanique d'une algue rouge *Gracilaria*, étudié par **Lima-Filho et al. (2002)** a inhibé seulement la croissance de *B. subtilis*. En revanche, nos résultats montrent que l'extrait acétonique de *Rhodomela confervoides* inhibe la croissance de toutes les souches bactériennes testées.

Dans notre étude, seule l'algue brune *Padina pavonica* s'est révélée active vis-à-vis *B. subtilis*, *SARM*, *A. baumannii* et *P. aeruginosa*. Contrairement à **Tuney et al. (2006)** ayant rapporté que l'extrait acétonique de *Padina pavonica* n'a pas d'activité antibactérienne vis-à-vis de *P. aeruginosa*, ce qui est en accord avec les résultats de **Chbani et al. (2011)**. **Borie et al. (2012)** et **Chiheb et al. (2009)** ont observé que l'extrait méthanolique de *Padina pavonica* a révélé une faible activité (10mm) contre la souche *E. coli*. L'étude réalisée par **Bedjou et al. (2011)** a montré une activité de l'extrait méthanolique vis-à-vis de *B. subtilis* (19,33mm) supérieure à notre résultat, mais vis-à-vis de *P. aeruginosa* le diamètre de la zone d'inhibition est intermédiaire (12,33mm) et très proche du notre résultat (13,5mm). **Gonzalez del Val et al. (2001)** ont rapporté que l'extrait méthanolique de *Padina pavonica* a montré une activité antibactérienne seulement contre *B. subtilis*.

Kayalvizhi et al. (2012) ont testé l'activité antibactérienne de l'algue brune *Padina boergesenii* avec une macération de trois jours utilisant l'acétone comme solvant d'extraction, ils ont obtenus de faibles zones d'inhibition (7mm) vis-à-vis de *P. aeruginosa* et d'*E. coli* comparant à nos résultats où une zone d'inhibitions plus élevée est enregistrée pour *P. aeruginosa* (13,5mm) et absence de zone concernant *E. coli*.

Omar et al. (2012) ont observé une zone d'inhibition de 20mm à l'égard de *B. subtilis* et de 24mm contre le *SARM* concernant l'extrait méthanolique de *Padina pavonica*, ces zones d'inhibition sont supérieures à celles que nous avons obtenu.

Les extraits acétoniques des algues brunes *Cystoseira humilis*, *Halopteris scoparia* et *Sargassum vulgare* sont inactifs sur les six souches testées, tandis que plusieurs études, telles que celles réalisées par **Gonzalez et Silva (2001)**, **Moujahid et al. (2004)** et **Zubia et al.**

(2008), ont montré que ces trois algues brunes ont des activités antibactériennes à l'égard des souches testées.

La souche *E. coli* résiste à l'extrait acétonique de *Cystoseira humilis* ce qui est en accord avec le résultat de **Farid et al. (2009)**, qui ont utilisé l'extrait méthanolique de *Cystoseira humilis* à l'égard d'*E. coli* qui est résistante à cette espèce algale. Par contre **Oumaskour et al. (2012)** ont testé l'activité acétonique de *Cystoseira humilis* sur *B. subtilis*, ils ont trouvé une zone d'inhibition inférieure à 15mm qui diffère de nos résultats où aucune zone d'inhibition n'a été observée.

Des résultats similaires à ceux qu'on a trouvés pour l'extrait acétonique de *Cystoseira humilis* sont observés par **González et Silva (2001)** concernant l'extrait méthanolique de *Cystoseira humilis* vis-à-vis *P. aeruginosa* et *B. subtilis*.

Chiheb et al. (2009) et **Zabakh et al. (2012)** ont trouvé des zones d'inhibition supérieures à 10mm avec l'extrait méthanolique de *Cystoseira humilis* vis-à-vis *E. coli*.

González et Silva (2001) ont constaté que l'extrait méthanolique de l'algue brune *Halopteris scoparia* est actif vis-à-vis de *B. subtilis* (15mm) et inactif à l'égard de *P. aeruginosa* par contre notre extrait acétonique de *Halopteris scoparia* n'a révélé aucune activité à l'égard de ces deux souches. **Taskin et al. (2007)** ont aussi constaté que l'algue brune *Halopteris filicina* n'a révélé aucune activité contre *E. coli*, ce qui est en accord avec nos résultats.

Parmi les 21 espèces phaeophyceae testées par **Chiheb et al. (2009)**, l'extrait méthanolique de *Sargassum vulgare* ne possède pas d'activité vis-à-vis d'*E. coli*, ce qui est similaire à nos résultats. Par contre **Zubia et al. (2008)**, ont montré que l'extrait éthanolique de *Sargassum vulgare* a une activité antibactérienne vis-à-vis d'*E. coli* et de *P. aeruginosa* avec un diamètre d'inhibition inférieur à 10mm.

Xavier et al. (2012) ont mis en évidence l'effet antibactérien de l'extrait acétonique de l'algue brune *Sargassum wightii* avec des zones d'inhibitions de 10,67mm pour *P.*

aeruginosa, 15,33mm pour *E. coli*, 16,33mm pour le SARM, et 10,67mm pour *B. subtilis* tandis que notre extrait n'a révélé aucune activité antibactérienne pour ces souches cibles.

Le type et la nature des substances bioactives produites influencent sur le potentiel antibactérien (**Manivannan et al., 2009**). Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de la différence entre nos résultats et ceux obtenus dans des études antérieures. Parmi ces facteurs, la variabilité intraspécifique de la production de métabolites secondaires liée à des variations saisonnières (**Karabay-Yavasoglu et al., 2007; Rajasulochana et al., 2009**).

Plusieurs auteurs ont expliqué que les différences entre les résultats sont dues aux protocoles et aux solvants d'extraction (**Karabay-Yavasoglu et al., 2007; Kandhasamy et Arunachalam, 2008; Shanmughapriya et al., 2008; Abou-Elela et al., 2009; Rajasulochana et al., 2009**) ainsi qu'à la différence des méthodes utilisées pour évaluer l'activité antibactérienne (**Karabay-Yavasoglu et al., 2007; Kandhasamy et Arunachalam, 2008; Rajasulochana et al., 2009**).

La différence dans la structure de la paroi bactérienne joue un rôle important dans la susceptibilité des bactéries (**Shan et al., 2007; Tian et al., 2009**). Plusieurs travaux ont mis en évidence la grande sensibilité des bactéries Gram positives aux extraits de plantes par rapport aux bactéries Gram négatives (**Turkmen et al., 2006; Hayouni et al., 2007; Falleh et al., 2008**). Les bactéries Gram négatives possèdent une membrane externe constituée principalement de lipopolysaccharides (LPS) et des protéines majoritaires appelées porines. Cette membrane est imperméable à la plupart des molécules. Cependant, l'inhibition de la croissance des bactéries Gram négatives a été rapportée, particulièrement en combinaison avec les facteurs qui peuvent influencer l'intégrité de la cellule et/ou la perméabilité de la membrane, telle que les basses valeurs du pH et les concentrations accrues en NaCl (**Georgantelis et al., 2007**).

De plus, selon **Shan et al. (2007)**, la membrane des bactéries Gram négatives est associée à des enzymes dans l'espace périplasmique qui sont capable de détruire les molécules intruses. En effet les extrémités lipophiles des acides lipoteichoïques de la paroi des bactéries Gram positives facilitent la pénétration des composés hydrophobes (**Boussaada et al., 2008**), tels que les tannins qui peuvent atteindre la membrane cytoplasmique, et perturbent la force

motrice de protons, le transport actif et la coagulation du contenu cellulaire (Tian et al., 2009).

En comparant la sensibilité des souches testées, nous ne remarquons pas de différences significatives dans la susceptibilité entre les bactéries Gram positives et Gram négatives. Cela est en accord avec quelques études réalisées dans cette optique. Ceci pourrait refléter soit le large spectre d'activité d'un ou des composés phénoliques de nos extraits acétoniques ou bien la variabilité des composés phénoliques des cinq algues marines étudiées.

II.2 Détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB)

Les extraits acétoniques des algues marines *Cystoseira humilis*, *Halopteris scoparia* et *Sargassum vulgare* ont un faible effet inhibiteur vis-à-vis les bactéries testées avec des CMI et des CMB supérieures à 20mg/ml.

L'extrait acétonique de *Rhodomela confervoides* possède un effet inhibiteur bactériostatique à 20mg/ml vis-à-vis du *SARM* et d'*E. coli*, leur CMB sont supérieures à 20 mg/ml.

Malgré la faible teneur en polyphénols totaux, l'extrait acétonique de *Padina pavonica* exerce un effet inhibiteur vis-à-vis les bactéries Gram négatives avec une CMI ≤ 10 mg/ml à l'égard d'*A. baumannii* et une CMI de 10mg/ml vis-à-vis *P. aeruginosa* (figure 11), leur CMB sont supérieures à 10mg/ml.

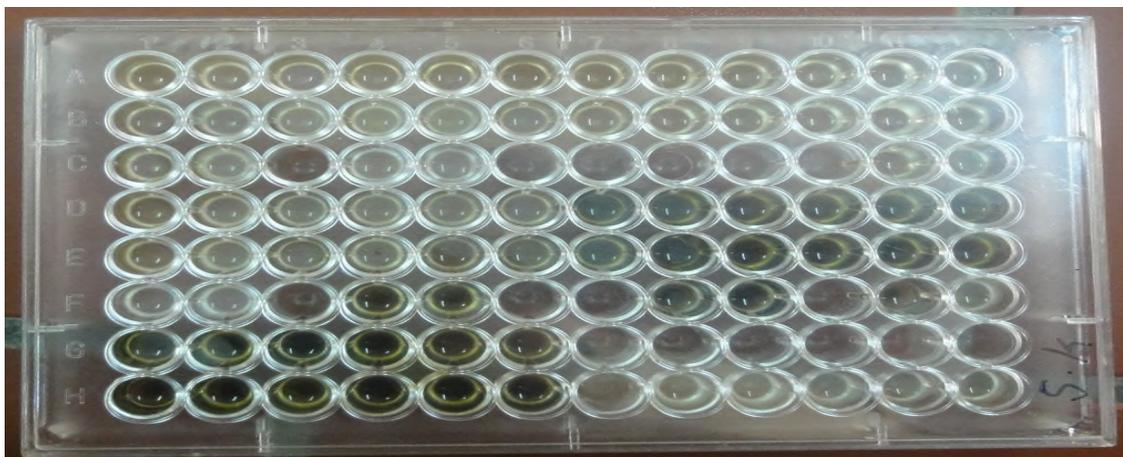


Figure 11: Photographie de la microplaque de 96 puits pour les CMI obtenues par les extraits acétoniques de *Rhodomedela confervoides* et *Padina pavonica*.

La CMI révélée par l'extrait de notre algue *Padina pavonica* est supérieure aux CMI enregistrées pour cette espèce d'algue étudiée par **Omar et al. (2012)**, elles sont de 1.25µg/ml pour *E. coli* et le *SARM*. Notre résultat est similaire à celui de **Salem et al. (2011)** pour l'extrait de l'algue brune *Padina gymnospora* qui a donné une CMI de 10mg/ml, mais avec la même algue *Padina gymnospora* **Xavier et al. (2012)** a trouvé une CMI de 2,5mg/ml à l'égard de *P. aeruginosa*.

Salem et al. (2011) ont constaté que les extraits méthanoliques de *Cystoseira myrica* et de *sargassum dentifium* ont enregistré une CMI de 50mg/ml à l'égard d'*E. coli* et de *P. aeruginosa*, ce qui est en accord avec nos résultats (CMI>20 mg/ml).

Les composés phénoliques isolés de l'extrait acétonique de l'algue brune *Cymbella ssp* par **Al-Mola (2009)** ont montré un effet inhibiteur vis-à-vis d'*E. coli* avec des CMI de 3mg/ml et de 0,78mg/ml contre *P. aeruginosa*.

Xu et al. (2003) ont testé les bromophénols de l'algue rouge *Rhodomela confervoides*, ils ont trouvé que le composé di-(2,3-dibromo-4,5-dihydroxybenzyl) éther possède le meilleur effet inhibiteur contre les sept souches testées avec des CMI inférieures à 0,7mg/ml vis-à-vis de *P. aeruginosa* et *E. coli*. **Oh et al. (2008)** ont étudié l'algue rouge *Odonthalia corymbifera*, ils ont trouvé que le composé di-(2,3-dibromo-4,5-dihydroxybenzyl) éther possède une CMI supérieure à 1mg/ml à l'égard de *B. subtilis* et *E. coli*.

Nagayama et al. (2002) et **Xu et al. (2003)** ont étudié l'activité antibactérienne des phlorotannins et des bromophénols, ils ont constaté des activités élevées comparées à nos résultats cela est peut être due au fait que leur composés sont purs alors que nos extraits sont bruts.

D'après les résultats du dosage, la teneur en composés phénoliques n'est pas proportionnelle à l'activité antibactérienne, mais à la nature des composés présents dans les extraits. C'est le cas de l'extrait acétonique de *Padina pavonica*, celui-ci bien qu'il soit pauvre en composés phénoliques, exprime une activité antibactérienne importante vis-à-vis du *SARM*. Ceci pourrait être lié à la présence d'autres composés dont la nature permet une

activité antibactérienne élevée, telles que les unités oligomériques des tannins, connues pour leur effet antibactérien (**Navarro et al., 1996; Dall'agnol et al., 2003; Taguri et al., 2006**).

Conclusion

Conclusion

Les travaux réalisés jusqu'à présent en Algérie ont surtout porté sur les plantes médicinales terrestres. Peu de résultats, concernant l'activité antibactérienne des algues marines sont disponibles. Actuellement les algues sont de plus en plus consommées et utilisées pour l'extraction de molécules biologiquement actives.

Dans la présente étude nous nous sommes intéressés à l'évaluation de l'activité antibactérienne, vis-à-vis des Gram positives et Gram négatives des extraits de cinq algues marines de la cote de Béjaïa à savoir *Cystoseira humilis*, *Halopteris scoparia*, *Padina pavonica*, *Sargassum vulgare* et *Rhodomela conforveides*.

Les résultats du dosage des polyphénols totaux ont montré que *Cystoseira humilis* et *Halopteris scoparia* possèdent les teneurs les plus élevées en polyphénols totaux ($4,628 \pm 0,234$ et $1,444 \pm 0,05$ Eq mg Phl/g de poudre, respectivement) tandis que *Sargassum vulgare* a enregistré la plus faible teneur en ces composés ($0,838 \pm 0,023$ Eq mg Phl/g de poudre).

L'évaluation de l'effet antibactérien montre que la plupart des souches bactériennes testées sont sensibles aux extraits des algues *Rhodomela conforveides* et *Padina pavonica*. La meilleure zone d'inhibition est obtenue par l'algue rouge *Rodomela confervoides* qui est active à l'égard de toutes les souches testées avec un diamètre de 18mm vis-à-vis d'*E. coli*.

L'évaluation quantitative de l'activité antibactérienne par la détermination des CMI et des CMB montre que les souches testées sont résistantes aux extraits acétoniques de *Cystoseira humilis*, *Halopteris scoparia* et *Sargassum vulgare* avec des CMI et des CMB supérieures à 20mg/ml. *P. aeruginosa* est la plus sensible à l'extrait de *P. pavonica* avec une CMI ≤ 10 mg/ml et une CMB supérieure à 10mg/ml.

Les résultats de la présente étude donnent un aperçu général sur le potentiel antibactérien des extraits d'algues marines étudiées. Nous avons utilisé des extraits bruts, ce qui ne nous renseigne nullement sur les composés actifs responsables des activités antibactériennes. Il serait donc nécessaire :

- D'extraire les composés phénoliques par fractionnement ;
- D'élargir la gamme des microorganismes cibles ;
- De procéder à une séparation de ces composés, par CCM, HPLC ou d'autres méthodes, afin de les tester séparément et identifier ceux parmi eux actifs ;
- D'étudier d'autres activités telles que les activités antifongique, antioxydante, anti-inflammatoire...etc.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

Abou-Elela GM, Abd-Elnaby H, Ibrahim HAH et Okbah MA. (2009). Marine natural products and their potential applications as anti-infective agents. *World Applied Sciences Journal*. **7** Suppl 7: 872-880.

Águila-Ramírez RN, Arenas-González A, Hernández-Guerrero CJ, González-Acosta B, Borges-Souza JM, Véron B, Pope J et Hellio C. (2012). Antimicrobial and antifouling activities achieved by extracts of seaweeds from Gulf of California, Mexico. *Hidrobiológica*. **22** Suppl 1: 8-15.

AL-Mola HF. (2009). Antibacterial activity of crude extracts and phlorotannin isolated from the diatom *Cymbella* spp. *Journal of Pharmacy Research*. **2**, 304-308.

AL-Zereini W. (2006). Natural products from marine bacteria Ph.D Thesis, University of Kaiserslautern: Germany. *Annals of Microbiology*. **58** Suppl 3: 535-541.

Arnold TM et Targett NM. (1998). Quantifying in situ rates of phlorotannins synthesis and polymerization in marine brown algae. *Journal of Chemical Ecology*, **24** Suppl 3: 577-595.

Arunachalam P, Uthandakalai R et Rajsmail R. (2014). Evaluation of antibacterial activity of some selected green seaweed extracts from Muttam coastal areas, Kanyakumari, Tamil Nadu. *India Journal of Coastal Life Medicine*. **2** Suppl 2: 112-115.

Athukorala Y, Kim KN et Jeon YJ. (2006). Antiproliferative and antioxidant properties of an enzymatic hydrolysate from brown alga, *Eckloniacava*. *Food and Chemical Toxicology*, **44**, 1065-1074.

B

Balasundram N, Sundram K et Samman S. (2006). Phenolic compounds in plants and agricultural by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*. **99**, 191-203.

Bansemir A, Blum M, Schröder S et Lindequist U. (2006). Screening of cultivated seaweeds for antibacterial activity against fish pathogenic bacteria. *Aquaculture*. **252**, 79-84.

Bedjou F, Benabdesselam-Maiza F, Saidani K et Touati N. (2011). Antibacterial activity of four species of Algerian algae. *Natural Products*. **7** Suppl 2: 66-70.

Bonnaillie C, Salacs M, Vassiliova E et Saykova I. (2012). Etude de l'extraction des composés phénoliques à partir de pellicules d'arachide (*Arachis hypogaea* L.). *Revue de génie industriel*, **7**, 35-45.

Borie M I, Neveen AR, Mohamed ABH et Khaled El. (2012). Antimicrobial and antiviral activities against Newcastle disease virus (NDV) from marine algae isolated from Qusier and Marsa-Alam Seashore (Red Sea) Egypt. *African Journal of Biotechnology*. **11** Suppl 33: 8332-8340.

Boussaada O, Chriaa J, Nabli R, Ammar S, Saidana D, Mahjoub AM, Chraeif I, Helal AN et Mighri Z. (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of methanol extracts of *Evax pygmaea* (Asteraceae) growing wild in Tunisia. *World J Microbiol Biotechnol*, **24**, 1289-1296.

Bouزيد W, Yahia M, Abdeddaim M, Aberkane MC et Ayachi A. (2011). Evaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne des extraits de l'*Aubepine monogyne*. *Lebanese Science Journal*. **12**, 59-69.

Bravo L. (1998). Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*. **56** Suppl **11**: 317-333.

Bruneton J. (1999). *Parmacognosie, phytochimie et plantes médicinales*. Edition : Tec & Doc. Paris. 1120 p.

Burtin P. (2003). Nutritional value of seaweeds. *Electronic Journal of Environmental Agricultural and Food Chemistry*, **2** Suppl 4: 498-503.

C

Cabioc'h J, Floc'h JY, Le Toquin A, Boudouresque CF, Meinesz A et Verlaque M. (1992). *Guide des algues des mers d'Europe*. Edition : Delachaux et Niestlé. France. 231p.

Cacace JE et Mazza G. (2003). Mass transfer process during extraction of phenolic compounds from milled berries. *Journal of Food Engineering*. **59**, 379-389.

Caquet R. (2004). *250 examens de laboratoire: Prescription et interprétation*. Edition: Masson. Paris. 453p.

Chandini SK, Ganesan P et Bhaskar N. (2008). In vitro antioxidant activities of three selected brown seaweeds of India. *Food Chemistry*. **107** Suppl 2: 707-713.

Chbani A, Mawlawi H et Etahiri S. (2011). Activité antibactérienne des extraits d'une algue brune *Padina pavonica* de la côte méditerranéenne au Liban. *Phytothérapie*. **9**, 283-286.

Chbani A, Mawlawi H et Etahiri S. (2011). Évaluation de l'activité inhibitrice des extraits d'une algue brune, *Padina pavonica*, récoltée sur les côtes libanaises. *Afrique Science*. **7** Suppl 3: 91-96.

Chiheb I, Riadi H, Martinez-Lopez J, Domingue Seglar JF, Gomez Vidal JA, Bouziane H et Kadiri M. (2009). Screening of antibacterial activity in marine green and brown macroalgae from the coast of Morocco. *African Journal of Biotechnology*. **8** Suppl 7: 1258-1262.

Cho S H, Kang SE, Cho J, Kim A, Park S, Hong Y et Ahn D. (2007). The Antioxidant properties of brown seaweed (*Sargassum siliquastrum*) extracts. *Journal of Medicinal Food*. **10** Suppl 3: 479-485.

Cornish ML et Garbary DJ. (2010). Antioxidants from macroalgae: Potential applications in human health and nutrition. *Algae*. **25**, 155-171.

Cosandey C, Bigot S, Dacharry M, Gille E, Laganier R et Salvador P. (2003). Les eaux courantes : Géographie et environnement, Collection Belin Sup Géographie. 240p.

Cowan MM. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *American Society for Microbiology*, **12** Suppl 4: 12-14.

Crozier A, Jaganath IB et Clifford MN. (2006). Phenols, polyphenols and tannins: An Overview in plant secondary metabolites occurrence, structure and role in the human diet. Edition: Ltd. Singapore. 24p.

Cushnie T P T et Lamb A. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*. **26**, 343-356.

D

Dall' Agnol R, Ferraz A, Bernardi A P, Albring D, Nör C, Sarmento L, Lamb L, Hass M, von Poser G et Schaoval E E S. (2003). Antimicrobial activity of some *Hypericum* species. *Phytomedicine*. **10**, 511-516.

Davies-Coleman MT et Beukes DR. (2004). Ten years of marine natural products research at Rhodes University South African. *Journal of Science*. **100** Suppl 12: 539-544.

Davis TA, Volesky B et Mucci A. (2003). A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. *Water Research*. **37**, 4311-4330.

Dayong S, Shuju G, Jiang B, Chao G, Wang T, Zhang L et Jingya L HPN. (2013). A synthetic analogue of bromophenol from red alga *Rhodomela confervoides*: Synthesis and anti-diabetic effects in C57BL/KsJ-db/db mice. *Marine Drugs*. **11** Suppl 2: 350-362.

Dhargalkar VK et Pereira N. (2005). Seaweed: Promising plant of the millennium. *Science and culture*. **71**, 60-66.

Dhuique-Mayer C, Tbatou M, Carail M, Caris-Veyrat C, Dornier M et Amiot Dounadiou Y, Basire J et Christian B. (1985). Les algues: les thérapeutiques naturelles. Edition: Maloine. Paris. 511p.

Duan XJ, Zhang WW, Li XM et Wang BG. (2006). Evaluation of antioxidant property of extract and fractions obtained from a red alga *Polysiphonia urceolata*. *Food Chemistry*. **95**, 37-43.

Durand JR et Lévêque C. (1980). Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne. Editions: IRD. Montpellier. 873p.

E

El Shoubaky GA et Salem EAR. (2014). Active ingredients fatty acids as antibacterial agent from the brown algae *Padina pavonica* and *Hormophys atriquetra*. Journal of Coastal Life Medicine. **2** Suppl 6: 431-438.

Elena M, Francisco Y et Erickson KL. (2001). Mailiohydrin, a cytotoxic chamigrene dibromohydrin from a Phillippine Laurencia species, Journal of Natural Product. **64** Suppl 6: 790-791.

El-Masry MH, Mostaza MH, Ibrahim AM et El-Naggar MM. (1995). Marine algae that display antitumorigenic activity against *Agrobacterium tumefaciens*. FEMS Microbiology Letters. **128** Suppl 2: 151-155.

Erlund I. (2004). Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability and epidemiology. Nutrition Research. **24**, 51-874.

F

FAO. (2010). Annuaire statistique des pêches et de l'aquaculture 2008. Services des statistiques et de l'information du département des pêches et de l'aquaculture, Rome, 72 p.

Farid Y, Etahiri S et Assobhei O. (2009). Antimicrobienne des algues marines de la lagune d'Oualidia (Maroc): Criblage et optimisation de la période de la récolte. Journal of Applied Biosciences. **24**, 1543-1552.

Falleh H, Ksouri R, Chaieb K, Karray-Bouraoui N, Trabelsi N, Boulaaba M et Abdelly C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. C. R. Biologies. **331**, 372-379.

Ferreres F, Lopes G, Gil-Izquierdo A, Andrade PB, Sousa C, Mouga T et Valentão P. (2012). Phlorotannin extracts from fucales characterized by HPLC-DAD-ESI-MSⁿ: Approaches to hyaluronidase inhibitory capacity and antioxidant properties. Marine Drugs. **10** Suppl 12: 2766-2781.

Foon SM, Ai LA, Kuppusamy P, Yusoff MM, Govindan N. (2013). Studies on in-vitro antioxidant activity of marine edible seaweeds from the east coastal region of peninsular Malaysia using different extraction methods. Journal of Coastal Life Medicine. **1** Suppl 3: 193-198.

G

Gayral P. (1975). Les algues: Morphologie cytologie reproduction écologie. Edition : *Doin*. Paris. 166p.

Genevés L. (1990). *Biologie végétale: Thallopythes et microorganismes*. Edition: Bordas. Paris. 129p.

Georgantelis D, Ambrosiadis I, Katikou P, Blekas G et Georgakis SA. (2007). Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4 °C. *Meat Science*. **76**, 172-181.

Ghedira K. (2005). Les flavonoïdes: Structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*. **4**, 162-169.

Goli AH, Barzegar M et Sahari MA. (2005). Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. *Food Chemistry*. **92**, 521-525.

González delVal A, Platas G et Basilio A. (2001). Screening of antimicrobial activities in red, green and brown macroalgae from Gran Canaria (Canary Islands, Spain). *International Microbiology*. **4**, 35-40.

González F et Silva M. (2001). Biodiversidad química de macroalgas marinas En: *Sustentabilidad de la biodiversidad un problema actual*. Primera edición. Alveal K y T. Antezana (Eds.): Universidad de Concepción de Chile, pp. 415-496.

Guiraud JP. (1998). *Microbiologie alimentaire*. Edition: Dunod. Paris. 652p.

Guner AC, Koçksal I, Baykan Erel S, Kayalar H, Nalbantsoy A, Sukatar A, Karabay N et Yavas O. (2013). Antimicrobial and antioxidant activities with acute toxicity, cytotoxicity and mutagenicity of *Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin from the coast of Urla (Izmir, Turkey). *Cytotechnology*. **142**, 591-619.

H

Hammerschmidt R. (2005). Phenols and plant-pathogen interactions: The saga continues. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. **66** Suppl 3: 77-78.

Hassenklover T et Bickmeyer U. (2006). The marine secondary metabolites 2,4-dibromophenol and 2,4,6-tribromophenol differentially modulate voltage dependent ion currents in neuroendocrine (PC12) cells. *Aquatic Toxicology*. **79**, 384-390.

Hayouni E, Abedrabba M, Bouix M et Hamdi H. (2007). The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. Fruit extracts. *Food Chemistry*. **105** Suppl 3: 1126-1134.

Heim KE, Tagliaferro AR et Bobilya DJ. (2002). Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry*. **13**, 572-584.

Horta A, Pinteus S, Alves C, Fino N, Joana S, Fernandez S , Rodrigues A, and Pedrosa R. (2014). Antioxidant and antimicrobial potential of the *Bifurcaria bifurcate* epiphytic bacteria. *Marine Drugs*. **12**, 1676-1689.

I

Iken K, Amsler CD, Hubbard JM, McClintock JB et Baker BJ. (2007). Allocation patterns of phlorotannins in Antarctic brown algae *Phycologia*. **46** Suppl 4: 386-395.

Iken K, Amsler CD, Amsler MO, McClintock JB et Baker BJ. (2009). Field studies on deterrent properties of phlorotannins in Antarctic brown algae. *Botanica Marina*. **52**, 547-557.

Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT). (2000).

K

Kandhasamy M et Arunachalam KD. (2008). Evaluation of *in vitro* antibacterial property of seaweeds of southeast coast of India. *African Journal of Biotechnology*, **7** Suppl 12: 1958-1961.

Karabay-Yavasoglu NU, Sukatar A, Ozdemir G et Horzum Z. (2007). Antimicrobial Activity of volatile components and various extracts of the red alga *Janiarubens*. *Phytotherapy research*. **21**, 153-156.

Karou D, Dicko MH, Simpore J et Traore AS. (2005). Antioxidant and antibacterial activities of polyphénols from ethnomedicinal plants of Burkina Faso. *African Journal of Biotechnology*. **4** Suppl 8: 823-828.

Kayalvizhi K, Vasuki S, Anantharaman P et Kathiresan. (2012). Antimicrobial activity of seaweeds from the Gulf of Mannar. *International Journal of Pharmaceutical Applications*. **3**, 306-314.

Keita Y, Koné O, Ly KA et Häkkinen V. (2004). Etude chimique et l'activité antibactérienne des distillats de quelques variétés de mangue de Guinée. *Comptes Rendus Chimie*. **7**, 1095-1100.

Khokhar S et Magnusdottir SGM. (2002). Total phenol catechin and caffeine contents of teas commonly consumed in the United Kingdom. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **50**, 565-570.

Kim JH, Hudson JB, Huang AM, Bannistes K, Jin H , Choi TJ, Towers GHN, Hong YK et Dewreede RE. (1997). Biological activities of seaweed extracts from British, Columbia, Canada and Korea. I. Antiviral Activity. *Can. J. Bot. Rev. Can. Bot*. **75** Suppl 10: 1656-1660

Kobayashi M et Kitagawa I. (1994). Bioactive substances isolated from marine sponge, a miniature conglomerate of various organisms. *Pure and Applied Chemistry*. **66** Suppl 4: 819-826.

Koivikko R, Loponen J, Honkanen K et Jormalainen V. (2005). Contents of soluble, cell-wall-bound and exuded phlorotannins in the brown alga *Fucus vesiculosus*, with implications on their ecological functions. *Journal of Chemical Ecology*. **31** Suppl 1: 195-212.

Koivikko R, Loponen J, Eränen JK et Jormalainen V. (2008). Variation of phlorotannins among three populations of *Fucus vesiculosus* as revealed by HPLC and colorimetric quantification. *Journal of Chemical Ecology*. **34**, 57-64.

Kuda T, Tsunekawa M, Hishi T et Araki Y. (2005). Antioxidant properties of dried 'kayamonori', a brown alga *Scytosiphon lomentaria* (Scytosiphonales, Phaeophyceae). *Food Chemistry*. **89**, 617-622.

L

Lima-Filho JVM, Carvalho AFFU, Freitas SM et Melo VMM. (2002). Antibacterial activity of extracts of six macroalgae from the Northeastern Brazilian coast. *Brazilian Journal of Microbiology*. **33**, 311-313.

M

Manivannan K, Thirumaran G, Devi GK, Hemalatha A, Anantharaman P et Balasubramanian T. (2009). Proximate composition of different group of seaweeds from Vedalai coastal waters (Gulf of Mannar): Southeast coast of India. *Middle-East Journal of Scientific Research*. **4** Suppl 2: 72-77.

Marais JPJ, Deavours B, Dixon RA et Ferreira D. (2006). *The Stereochemistry of Flavonoids In The science of flavonoïds*. Edition: BS/DH. USA. 46p.

Marfaing H et Lerat Y. (2007). Des ressources marines: Les algues ont-elles une place en nutrition? *Phytothérapie*. 2-5.

Martin S et Andriantsitohaina R. (2002). Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Annales de cardiologie et d'angéiologie*. **51**, 304-315.

Maschek JA et Baker BJ. (2008). *The chemistry of algal secondary metabolism In Algal chemical ecology*. Edition: Birmingham. USA. 322p.

Matanjun P, Mohamed S, Mustapha NM, Muhammad K et Ming CH. (2008). Antioxidant activities and phenolics content of eight species of seaweeds from north Borneo. *Journal of Applied Phycology*. **20**, 367-373.

Mautner HG, Gardner GM et Pratt R. (1953). Antibiotic activity of seaweed extracts *Rhodomela larix*. Journal of the American Pharmaceutical Association. **42**, 294-296.

Meyer A, Deiana J et Leclerc H. (1994). Cours de Microbiologie générale. Edition: Doin. Paris. 365p.

Mohamed AA, Khalil AA. et El-Beltagi HES. (2009). Chemical compositions and antioxidant/antimicrobial activities of kaff maryam (*Anastatica hierochuntica*) and doum palm (*Hyphaene thebaica*) cultivated in Egypt. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi. **2** Suppl 2: 71-79.

Mori A, Nishino C, Enoki N et Tawata S. (1987). Antibacterial activity and mode of action of plant flavonoids against *Proteus vulgaris* and *Staphylococcus aureus*. Phytochemistry. **26**, 2231-423.

Moujahid A, Bencharki B, Hilali L, Bagri A, Najim L. (2004). Activités antibactérienne et antifongique des extraits d'algues marines d'origine marocaine. Biologie et Santé. **4** Suppl 2: 299-305.

Murti Y et Agrawal T. (2010). Marine derived pharmaceuticals development of natural health products from marine biodiversity. International Journal of Chem Tech Research. **2** Suppl 4, 2198-2217.

Murugan K et Iyes VV. (2012). Antioxidant and Antiproliferative activities of marine algae, *Gracilaria edulis* and *Enteromorpha lingulata*, from Chennai coast. International Journal of Cancer Research. **8** Suppl 1: 15-26.

N

Naegelé E et Naegelé A. (1967). Les algues. Edition : Presses universitaire de France. Paris. 127p.

Nagayama K, Iwamura Y, Shibata T, Hirayama I and Nakamura T. (2002). Bactericidal activity of phlorotannins from the brown alga *Ecklonia kurome*. Journal of Antimicrobial Chemotherapy. **50**, 889-893.

Navvarro V, Villarreal M L, Rojas G et Lozoia X. (1996). Antimicrobial evaluation of some plants used Mexican traditional medicine for the treatment of infectious diseases. Journal of Ethnopharmacology. **53**, 143-147.

Nora MA, Ponce CA, Pujol E, Damonte B, Flores ML et Stortz CA. (2003). Fucoidans from the brown seaweed *Adenocystis utricularis*: Extraction methods, antiviral activity and structural studies. Carbohydrate Research. **338**, 153-165.

O

Oh KB, Lee JH, Chung SH, Shin J, Shin HJ, Kim HK et Lee HS. (2008). Antimicrobial activities of the bromophenols from the red alga *Odonthalia corymbifera* and some synthetic derivatives. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. **18**, 104-108.

Okai Y, Higashi OK, Ishizaka S, et Yamashita U. (1997). Enhancing Effect of polysaccharide from an edible brown alga, *Hijikia fusiforme* (Hijiki), on release of tumour necrosis factor alpha from macrophages of endotoxin nonresponder C3H/HeJ Mice. *Nutr Cancer*. **27** Suppl 1: 74-79.

Omar HH, Shiekh HM, Gungumjee NM, El-Kazan MM et El-Gendy AM. (2012). Antibacterial activity of extracts of marine algae from the red sea of Jeddah Saudi Arabia. *African Journal of Biotechnology*. **11** suppl 71: 13576-13585.

Orhan DD, Ozelik B, ZgenS et Ergun F. (2010). Antibacterial, antifungal, and antiviral activities of some flavonoids. *Microbiological Research*. **165**, 496-504.

Oumaskour k, Boujaber N, EtahiriS et Assobhei O. (2012). Screening of antibacterial and antifungal activities in green and brown algae from the coast of SidiBouزيد (El Jadida, Morocco). *African Journal of Biotechnology*. **11** Suppl 104: 16831-16837.

P

Pavia H et Toth GB. (2000). Influence of light and nitrogen on the phlorotannin content of the brown seaweeds *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus*. *Hydrobiologia*. **440**, 299-305.

Pietta PG. (2000). Flavonoïds as antioxidants. *Journal of Natural Products*. **63**, 1035-1042.

Pinelo M, Del Fabbro P, Manzocco L, Nunez M J et Nicoli M C. (2005). Optimization of continuous phenol extraction from *Vitis vinifera* by products. *Food Chemistry*. **92**, 109-117.

Plaper A, Golob M, Hafner I, Oblak M, Tomaž S et Roman J. (2003). Characterization of quercetin binding site on DNA gyrase. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. **306**, 530-536.

Premila JC, Raviraja NS et Sridhar KR. (1996). Antimicrobial activity of Some marine algae of southwest coast of India. *Indian J. Mar.Sci.* **26** Suppl 2: 201-205.

Puupponen-Pimiä R, Nohynek L, Meier C, Kähkönen M, Heinonen M, Hopia A et Oksman-Caldentey KM. (2001). Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries. *Journal of Applied Microbiology*. **90**, 494-507.

R

Rajasulochana P, Dhamotharan R, Krishnamoorthy P et Murugesan S. (2009). Antibacterial activity of the extracts of marine red and brown algae. *Journal of American Science*. **5** Suppl 3: 20-25.

Ramade F. (2009). *Eléments d'écologie appliquée*. Edition: Dunod. Paris. 689p.

Retz de Carvalho L et Roque NF. (2004). Correlations between primary and secondary metabolites in Ceramiales (Rhodophyta). *Biochemical Systematics and Ecology*. **32**, 337-342.

Ribéreau-Gayon P. (1968). *Les composés phénoliques des végétaux*. Edition: Dunod. Paris. 173-201p.

S

Salem WM, Galal H et Nasr El-deen F. (2011). Screening for antibacterial activities in some marine algae from the red sea (Hurghada, Egypt). *African Journal of Microbiology Research*. **5** Suppl 15: 2160-2167.

Salvador N, Gómez G A, Lavelli L et Ribera M A. (2007). Antimicrobial activity of Iberian macroalgae. *Scientia Marina*. **71**, 101-113.

Santoyo S, Rodri'guez-Meizoso I, CifuentesA, Jaime L, Garcí'a-Blairsy R, Sen'orans FJ etIba'ñez E. (2009). Green processes based on the extraction with pressurized fluids to obtain potentanti microbials from *Haematococcus pluvialis* microalgae. *Food Science and Technology*. **42**, 1213–1218.

Shan B, Cai YZ, Brooks JD et Corke H. (2007). The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. *International Journal of Food Microbiology*. **117**, 112-119.

Shanmughapriya S, Manilal A, Sujith S, Selvin J, Kiran GS et Natarajaseenivasan K. (2008). Antimicrobial activity of seaweeds extracts against multiresistant pathogens. *Annals of Microbiology*. **58** Suppl 3: 535-54.

Smith AJ. (2004). Medical and pharmaceutical applications of seaweed natural products-a review. *Journal of Applied Phycology*. **16**, 245-262.

Spigno G, TramelliL et DeFaveriD M. (2007). Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. *Journal of Food Engineering*. **81**, 200-208.

Sulaiman S F, Abu Bakar Sajak A, OoiK L, Supriatno et Seow E M. (2011). Effect of solvents in extracting polyphenols and antioxidants of selected raw vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*. **24**, 506-515.

Sung-Hwan E, Young-Mog K et Se-Kwon K. (2012). Antimicrobial effect of phlorotannins from marine brown algae. *Food and Chemical Toxicology*. **50**, 3251-3255.

T

Targett NH, Boettecher AA, Targett TE et Vrolijk NH. (1995). Tropical marine herbivore assimilation of phenolic-rich plants. *Oecologia*. **103**, 170-179.

Taguri T, Tanaka T et Kouno I. (2006). Antibacterial spectrum of plant polyphenols and extracts depending upon hydroxyphenyl structure. *Biology Pharmacology Bulltin*. **29** Suppl 11: 2226-2235.

Taskin E, Ozturk M, Taskin et Kurt O. (2007). Antibacterial activities of some marine algae from the Aegean Sea (Turkey). *African Journal of Biotechnology*. **6** Suppl 24: 2746-2751.

Tian FLB, Ji B, Yang J, Zhang G, Chen Y et Luo Y. (2009). Antioxidant and antimicrobial activities of consecutive extracts from *Galla chinensis*: The polarity affects the bioactivities. *Food Chemistry*. **113**, 173-179.

Tüney I, Çadirci BH, Ünal D et Sukatar A. (2006). Antimicrobial activities of the extracts of marine algae from the coast of Urla (Izmir, Turkey). *Turk J Biol*. **30**, 171-175.

Turkmen N, Sari FY et Velioglu S. (2006). Effects of extraction solvents on conce nitration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. *Food Chemistry*. **99**, 835-841.

U

Ullah MF et Khan MW. (2008). Food as medicine: Potential therapeutic tendencies of plant derived polyphenolic compounds. *Asian Pacific. Journal of Cancer Prevention*. **9**, 187-196.

UlteeA, KetsEPW et Smid EJ. (2002). The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food born pathogen *Bacillus cereus*. *Appl. Envir. Microbial*. **68**, 1561-1568.

V

Vairappan C, Daitoh M, Suzuki M, Abe T et Masuda M. (2001). Antibacterial halogenated metabolites from the Malaysian *Laurencia* species. *Phytochemistry*. **58**, 291-297.

Vasconsuelo A et Boland B. (2007). Molecular aspects of the early stages of elicitation of secondary metabolites in plants. *Plant Science*. **172**, 861-875.

Venugopal V. (2009). Marine products for healthcare functional and bioactive nutraceutical compounds from the ocean. Edition: Taylor & Francis group. Boca Raton, London and New York. 552p.

Vlachos V, Critchley AT et Von Holy A. (1999). Differential anti-bacterial activity of extracts from selected southern African macroalgal thalli. *Botánica Marina*. **42** Suppl 2: 165-173.

W

Wang Y, Xu Z, Bach SJ, McAllister TA. (2009). Sensitivity of *Escherichia coli* O157:H7 to seaweed (*Ascophyllum nodosum*) phlorotannins and terrestrial. **10**, 1656-1660.

Wang Y, Xu Z, Bach SJ et Mc Allister TA. (2008). Effects of phlorotannins from *Ascophyllum nodosum* (brown seaweed) on in vitroruminal digestion of mixed forage or barley grain. *Animal Feed Science and Technology*. **145**, 375-395.

Wei Y, Li Z, Hu Y et Xu Z. (2003). Inhibition of mouse liver lipid peroxidation by high molecular weight phlorotannins from *Sargassum kjellmanianum*. *Journal of Applied Phycology*. **15**, 507-511.

X

Xavier DR, Shanmugavel S, Kuppu R, Sundaram J. (2012). Screening of selected marine algae from the coastal Tamil Nadu, South India for antibacterial activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 140-146.

Xu N, Fan X, Yan X, Li X, Niu R et Tseng CK. (2003). Antibacterial bromophenols from the marinered alga *Rhodomela confervoides*. *Pergamon*. **62**, 1221-1224.

Yang CS, Lee M et Chen L. (1999). Human salivary tea catechin levels and catechin esterase activities: Implication in human cancer prevention studies. *Cancer Epidem Biomar*. **8**, 83-9.

Yoshie Y, Wang W, Petillo D et Suzuki T. (2000). Distribution of catechins in Japanese seaweeds. *Fisheries Science*. **66**, 998-1000.

Z

ZbakhH, Chiheb H, Bouziane B, Sánchez VM et Riadi H. (2012). Antibacterial activity of benthic marine algae extracts from the mediterranean coast of Morocco. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. **2** Suppl 1: 219-228.

Zhang Q, ZhangJ, Shen J, Silva A, Dennis DA et Barrow CJ. (2006). A simple 96-well microplate method for estimation of total polyphenol content in seaweeds. *Journal of Applied Phycology*. **18**, 445-450.

Zhang WW, Duan XJ, Huang HL, Zhang YI et Wang BG. (2007). Evaluation of 28 marines algae from the Qingdao coast for antioxidative capacity and determination of antioxidant efficiency and total phenolic content of fractions and subfractions derived from *Symphyocladial atiuscula* (Rhodomelaceae). Springer Science. **19**, 97-108.

Zhao J, Davis C L et Verpoorte R. (2005). Elicitor signal transduction leading to Production of plant secondary metabolites. Biotechnology Advances. **23**, 283-333.

Zhao J, Fan X, Wang S, Li S, Shang S, Yang Y, Xu N, Lü Y et Shi J. (2004). Bromophenol derivatives from the red alga *Rhodomela confervoides*. Journal of Natural Products. **67**, 1032-1035.

Zubia M, Payri C et Deslandes E. (2008). Alginate, mannitol, phenolic compounds and biological activities of two range-extending brown algae, *Sargassum mangarevense* and *Turbinaria ornata* (Phaeophyta: Fucales), from Tahiti (French Polynesia). J Appl Phycol. **20**, 1033-1043.

Zubia M, Robledo D et Freile-Pelegrin Y. (2007). Antioxidant activities in tropical marine macroalgae from the Yucatan Peninsula, Mexico. J. Appl. Phycol. **19**, 449-458.

Annexes

Annexe I: Courbe d'étalonnage

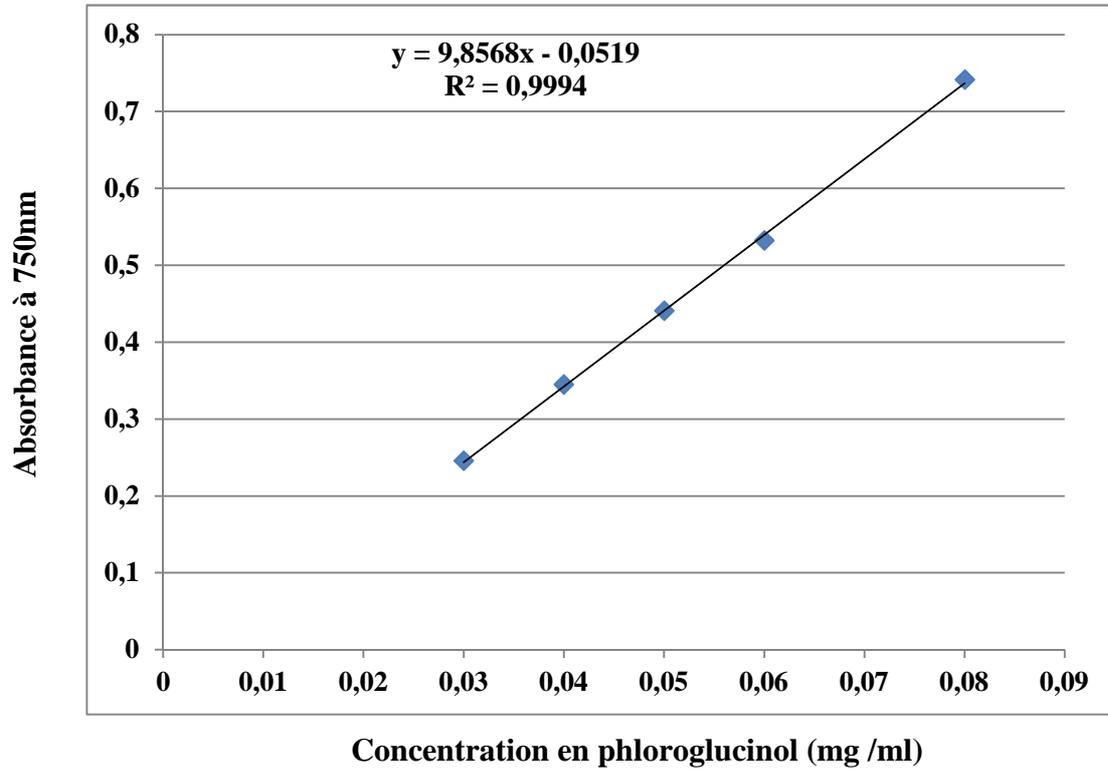


Figure 1: Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux.

Annexe II: Diamètres des zones d'inhibition obtenues

Tableau I: Activité antibactérienne des extraits acétoniques de *Rhodomela confervoides* et de *Padina pavonica*.

Algue Mari	Méthode	Diamètre des zones d'inhibition (mm)					
		<i>B. subtilis</i>	<i>L. innocua</i>	SARM	<i>E. coli</i>	<i>A. baumannii</i>	<i>P. aeruginosa</i>
<i>Rhodomela confervoides</i>	Disque	15,50±00,70 ⁱ	00,00±00,00 ^a	14,50±00,70 ^h	13,00±00,00 ^f	15,50±00,70 ⁱ	00,00±00,00 ^a
	Puits	15,50±00,70 ⁱ	00,00±00,00 ^a	12,00±00,00 ^d	00,00±00,00 ^a	00,00±00,00 ^a	00,00±00,00 ^a
	Spot	15,00±00,00 ^h _i	10,50±00,70 ^c	17,50±00,70 ^j	18,00±00,00 ^j	15,50±00,70 ⁱ	10,00±01,41 ^c
<i>Padina pavonica</i>	Disque	12,50±00,70 ^e	00,00±00,00 ^a	15,50±02,12 ⁱ	00,00±00,00 ^a	00,00±00,00 ^a	13,50±00,70 ^g
	Puits	00,00±00,00 ^a	00,00±00,00 ^a	12,50±01,41 ^{ef}	00,00±00,00 ^a	00,00±00,00 ^a	00,00±00,00 ^a
	Spot	08,50±00,70 ^b	00,00±00,00 ^a	13,00±00,00 ^f _g	00,00±00,00 ^a	11,50±02,12 ^d	12,00±01,41 ^d _e

* A noter que le témoin négatif (DMSO 5%) n'a montré aucune activité.

Chaque valeur représente la moyenne ± écart-type (n=3).

Les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative (p>0,05).

**Annexe III: Composition (pour un litre) des milieux de culture utilisés
(Guiraud, 1998)**

Bouillon nutritif

Peptone 10g
Extrait de viande 5g
Chlorure de sodium 5g
pH 7,2

Gélose Chapman

Extrait de viande 1 g
Peptone 10 g
Chlorure de sodium 5 g
Mannitol 10 g
Rouge de phénol 25 mg
Agar 15 g
pH 7,4

Gélose Hektoen

Protéose peptone 12 g
Extrait de levure 3 g
Chlorure de sodium 5 g
Thiosulfate de sodium 5 g
Sels biliaires 9 g
Citrate de fer ammoniacal 1,5
Salicine 2 g
Lactose 12 g
Saccharose 12 g
Fuchine acide 0,1 g
Bleu de bromothymol 65 mg
Agar 13 mg
pH 7,6

Gélose Mueller Hinton

Etrait de viande 2 g
Hydrolysate acide de caséine 17,5 g
Amidon 1,5 g
Agar 10 g
pH 7,4

Gélose PCA

Peptone 5 g
Extrait de levure 2,5 g
Glucose 1 g
Agar 15 g
pH 7

Annexe IV: Matériel et produits utilisés

1. Appareillages

Autoclave
Bain-marie
Balance de précision
Broyeur (Kika Labortechnik)
Centrifugeuse SIGMA
Etuve MEMMERT
Réfrigérateur
Four Pasteur
pH mètre
Spectrophotomètre VIS-7220 G
Vortex.

2. Produits chimiques

Acétone (C_3H_6O), 99,78%, MM 58g/mol, d=0,819 (BIOCHEM).
Carbonate de sodium (Na_2CO_3)
Chlorure de sodium (NaCl)
Diméthylsulfoxyde (C_2H_6OS), MM =78,13 g/mol, d=1,10(PROLABO).
Eau physiologique (9g de NaCl dans un litre d'eau distillée)
Phloroglucinol
Folin-Ciocalteu

Glossaire

Glossaire

Anti-inflammatoire: Substances chimiques ayant le pouvoir de réduire les réactions inflammatoires de l'organisme.

Antipaludéens: Les agents utilisés dans le traitement du paludisme. Ils sont généralement classés sur la base de leur action contre les plasmodies à différents stades de leur cycle de vie dans l'humain.

Basedow: c'est une maladie auto-immune de la thyroïde. La personne atteinte produit des anticorps anormaux dirigés contre les cellules folliculaires de la thyroïde, plutôt que de détruire ces cellules, comme le ferait tout anticorps normal.

Cancer: Maladie qui a pour mécanisme une prolifération cellulaire anarchique, incontrôlée et incessante.

Cytotoxique: Une substance ou une cellule spécialisée capable de détruire les cellules de l'organisme.

Fébrifuges: Un remède qui a la propriété de combattre la fièvre.

Goitre: Grosseur au cou provenant d'une augmentation de la glande thyroïde.

Goutte: Maladie due à un excès d'acide urique et affectant les articulations.

Rhumatisme: Toute affection douloureuse, aiguë ou le plus souvent chronique, qui gêne le bon fonctionnement de l'appareil locomoteur.

Suc stomacal: c'est un liquide biologique produit par les glandes de la paroi de l'estomac (glandes gastriques).

Résumé

L'objectif du présent travail est de mettre en évidence l'activité antibactérienne des extraits acétoniques de cinq espèces d'algues marines: *Cystoseira humilis*, *Halopteris scoparia*, *Padina pavonica*, *Sargassum vulgare* et *Rhodomela confervoides* de la cote de Béjaïa. Les deux algues *Cystoseira humilis* et *Halopteris scoparia* montrent les teneurs les plus élevées en polyphénols totaux ($4,628 \pm 0,234$ et $1,444 \pm 0,05$ Eq mg Phl/g de poudre, respectivement). *Sargassum vulgare* s'est montrée la moins riche en polyphénols totaux ($0,838 \pm 0,023$ Eq mg Phl/g de poudre). L'activité antibactérienne des extraits acétoniques montre que la plupart des souches bactériennes testées sont sensibles aux extraits des algues marines *Rhodomela confervoides* et *Padina pavonica*, mais elles sont résistantes aux extraits de *Cystoseira humilis*, *Halopteris scoparia* et *Sargassum vulgare*. Une activité antibactérienne importante est notée pour l'algue marine rouge *Rhodomela confervoides* qui est active à l'égard de toutes les souches bactériennes testées avec le plus large diamètre d'inhibition (18mm) vis-à-vis d'*E. coli* et avec une CMI de 20mg/ml. L'extrait de *Padina pavonica* montre une activité intermédiaire (13,5mm) vis-à-vis de *P. aeruginosa* avec une CMI ≤ 10 mg/ml et une CMB supérieure à 10mg/ml.

Mots-clés: Activité antibactérienne, algues marines, composés phénoliques.

Abstract

The aim of this study is to highlight the antibacterial activity of acetone extracts of five marine algae species: *Cystoseira humilis*, *Halopteris scoparia*, *Pavonica padina*, *Sargassum vulgare* and *Rhodomela confervoides* of Bejaïa's coast. The algae *Cystoseira humilis* and *Halopteris scoparia* showed the highest contents of total polyphenols ($4,628 \pm 0,234$ and $1,444 \pm 0,05$ mg Eq Phl/g of powder, respectively). *Sargassum vulgare* is the lowest one ($0,838 \pm 0,023$ mg Eq Phl/g of powder). The antibacterial activity of acetone extracts showed that the most of the bacterial strains tested are sensitive to the marine algae *Padina pavonica* and *Rhodomela confervoides*, but they are resistant to *Cystoseira humilis*, *Sargassum vulgare* and *Halopteris scoparia* extracts. The important antibacterial activity is noted by the marine red alga *Rhodomela confervoides* which is active against all the bacterial strains tested with the largest diameter of inhibition (18mm) for *E. coli* and with a MIC equal to 20mg/ml. The extract of *Padina pavonica* showed a moderate activity (13,5mm) against *P. aeruginosa* with a MIC ≤ 10 mg/ml and a MBC > 10 mg/ml.

Key-words: Antibacterial activity, marine algae, phenolic compounds.