

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT  
جامعة عمار ثليجي بالأغواط  
FACULTE DES SCIENCES  
كلية العلوم  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE  
قسم البيولوجيا



## Mémoire

*En vue de l'obtention du diplôme de Master*

*Filière : Sciences Biologiques*

*Option : Microbiologie Environnementale et Infectieuse*

### THEME

---

**Evaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait  
Méthanolique de l'algue brune (*Dictyota dichotoma*)**

---

**Présenté par :**

**Mlle. HELIS Nadjat Fatma**

**Mme. KHORSI Maroua Amina**

**Devant le jury :**

**Président : M. LEBOUKH Mourad**

**Rapporteur : M. BENNACEUR Farouk**

**Examineur : M. GOUZI Hicham**

**Coencadreur : M. KHELEF Abou Bekeur Essedik**


**Université Amar Télidji-Laghouat**

**Université Amar Télidji-Laghouat**

**Université Amar Télidji-Laghouat**

**Université Amar Télidji-Laghouat**

**Soutenu publiquement le : 21 MAI 2017.**



*je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers  
à mon cœur:*

*Ma mère et Mon père pour leur patience et leur  
encouragement grâce à son aide, à son sacrifice  
qu'elle a fait durant mes études.*

*Je le dédie également aux plus aimables au monde  
À mon mari pour leur amour et pour leur confiance*

*A mes chers frères : Ahmed, Abderrahmane*

*A mes chères sœurs: Safaa, alaa*

*À mon amie : rekia*

*Je dédie ce mémoire à mes deux grandes familles*

*Khorsi et Kaf*


*À ma belle-famille Dada*

*À tous mes fidèles amies*

*À tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à  
l'université*

*Khorsi Maroua amina*





*C'est avec un très grand honneur que je  
dédie ce travail aux personnes les plus  
chères au Monde :*

*À ma chère mère Helis Messouda qui ne cesse de tout faire  
pour que j'ai pu arriver à ce niveau.*

*À mon père Mohammed qui a été le premier m'encourager  
à aller si loin dans mes études.*

*À mon frère et mes sœurs qui étaient toujours à mes côtés  
et qui n'ont jamais cessé de me soutenir et de  
m'encourager.*

*À tous mes ami(e)s de la promotion.*

*Et plus particulièrement à Khorsi Maroua Amina, mon  
amie et mon binôme pour son sérieuse et son soutien.*

*Toute ma gratitude et ma sympathie.*

*À ma grande famille, grande et petite.*

*Helis Nadjat fatma*



# **REMERCIEMENT**

*Nous remercions avant tout « DIEU » ﷻ*

*Le miséricordieux qui nous a donné La force pour réaliser ce travail.*

*Nous remercions profondément Monsieur **Bennaceur Farouk**, qui nous a encadré durant ce travail.*

*Nous la remercies pour sa rigueur, pour sa patience, pour sa présence, grâce à vous monsieur nous avons appris beaucoup de choses. C'est un immense plaisir d'avoir travaillé avec vous.*

*Nous remercions très sincèrement, les membres de jury d'avoir accepté d'examiner cette étude.*

*Nous tenons à remercier vivement et particulièrement :*

***Mr Ghouzi Hicham et KHELEF Abou Bekeur et Mme abd elali khadidja et Mr Messaoudi Omar et Mme daamache fatima***

*Nous tenons aussi à remercier toute l'équipe administrative et enseignante et les ingénieurs de laboratoire du département de Biologie de l'Université Amar Telidji -Laghouat.*

*Nous souhaitons aussi saluer et remercier nos collègues étudiants(es), de la promotion de 2012 Microbiologie.*

*Enfin, merci à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin durant ces années d'études.*

## ملخص

في هذا العمل ، ركزنا على تقييم نشاط ضد البكتيريا المستخلص من الطحلب البني من سواحل سلمندر البحرية مستغانم ديكوتويوتا ديكوتوما و وهذا بالنسبة لخمسة سلالات بكتيرية تعتبر مسببات الأمراض على البشر بما في ذلك: سالبة الغرام (الإشريكية القولونية، الزائفة الزنجارية، الكلبسيلا الرئوية) إيجابية الجرام (المكورات العنقودية الذهبية، العصوية الرقيقة)

يتم الحصول على الطحلب البني بطريقة التبخير باستخدام روتفاب ويقدر محتوى هذه الطحالب بنسبة 14.9٪

يتم تحديد النشاط المضاد للبكتيريا من طريقة نشر الأبار

له تأثيرات مضادة للجراثيم ويبدو أن البكتيريا إيجابية الجرام أكثر حساسية *dictyoya dichotoma* الطحلب البني لمستخلص الطحلب مقارنة مع البكتيريا سالبة الجرام. الإشريكية القولونية و الزائفة الزنجارية هي الأكثر مقاومة لهذا الطحلب. بينما المكورات العنقودية الذهبية هي الأكثر حساسية

الطحلب البني يمثل مصدر طبيعي من مضادات الجراثيم التي يمكن أن تستخدم في مجال المستحضرات الصيدلانية كمضاد حيوي أو في الصناعات الغذائية كمادة حافظة،

الكلمة المفتاحية: *Dictyota dichotoma* ،النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط النثر في وسط صلب

## Résumé

Dans ce travail, nous nous sommes focalisés sur l'évaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique d'une algue brune collectée de la cote marine de Salamendre « Mostaganem » *Dictyota dichotoma* vis-à-vis de Cinq souches bactériennes considérées comme pathogènes pour l'être humain dont :Gram- ( *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ; *Klebsiella pneumoniae*),Gram+(*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* ).

L'algue brune est obtenue par la méthode à l'aide d'un rotavape. Le rendement de cette algue est estimée à 14.9%. L'activité antibactérienne est déterminée par la méthode de diffusion sur puits. L'algue brune *Dictyota dichotoma* possède des effets antibactériens. Les bactéries à Gram positif semblent être plus sensibles à notre extrait algal par rapport aux bactéries à Gram négatif. Les souches *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* sont les plus résistantes à cette algue, tandis que *Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis* sont les plus sensible. L'algue brune représente à priori une source naturelle d'agents antibactériens qui peuvent être utilisés dans le domaine pharmaceutique comme antibiotique ou bien dans le domaine agroalimentaire comme conservateur.

**Mots clés** : *Dictyota dichotoma*, activité antibactérienne, technique de diffusion en milieu solide.

### **Abstract:**

In this paper we have focused on the evaluation of the antibacterial activity of the methanol extract of a brown seaweed collected from the marine algae of Salamander "Mostaganem" *Dictyota dichotoma* vis-a-vis five bacterial strains considered pathogenic And / or dangerous to humans Gram- ( *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ; *Klebsiella pneumoniae*), Gram+(*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* ).

The brown alga is obtained by the evaporation rotatif method using a rotavape. The content of this alga is estimated at 14.9%. The antibacterial activity is determined by the well diffusion method. The *cystoseira tamariscifolia* brown alga has antibacterial effects. Gram-positive bacteria appear to be more sensitive to our algal extract compared to Gram-negative bacteria. The strains *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* are the most resistant to this alga, Whereas *Staphylococcus aureus* is the most sensitive. The brown alga represents a priori a natural source of antibacterial agents which can be used in the pharmaceutical field as an antibiotic or else in the agri-food domain as a preservative.

**Keyword:** *Dictyota dichotoma*, antibacterial activity, diffusion technique in solid medium

# Sommaire

Dédicace .....	I
Remerciement.....	III
ملخص .....	IV
Résumé.....	V
Abstract.....	VI
Sommaire .....	VII
Liste des tableaux.....	X
Liste des figures.....	XI
Liste des abréviations.....	XII
<b>Introduction</b> .....	1
<b>Synthèse bibliographiques</b>	
<b>Chapitre 1. Généralités sur les algues brunes</b> .....	3
1.1. Définition.....	3
1.2. La distribution .....	3
1.3. Les grands groupes des algues marines.....	3
1.3.1 Les <i>Chlorophytes</i> .....	4
1.3.2 Les Rhodophytes .....	4
1.3.3. Les Cyanobactéries .....	4
1.3.4. Les Chromophytes .....	4
1.4. Composition biochimique des algues.....	5
1.4.1 Matières minérales .....	6
1.4.2. Matières organiques .....	6
1.4.2.1 Les caroténoïdes.....	6
1.4.2.2 Les polysaccharides.....	6
1.4.2.3 Les vitamines .....	7
1.4.2.4 Les polyphénols .....	7
1.4.2.5 Les protéines.....	7
1.4.2.6 Les acides gras polyinsaturés (AGPI).....	7
1.4.2.7 Les stérols.....	8
1.5 Domaines d'utilisation des algues.....	8
1.5.1 Utilisation industrielle.....	8
1.5.2 Utilisation alimentaire.....	9
1.5.3 Utilisations médicale et pharmaceutique.....	9

I.5.4 Utilisation agricole.....	10
<b>Chapitre 2 : Caractéristiques générales de l’algue brune du genre <i>Dictyota</i> .....</b>	<b>10</b>
2.1. Position systématique .....	10
2.2 Description morphologique .....	10
2.3. Métabolites secondaires des Dictyotaceae .....	10
2.4. Eléments biologiques et écologiques .....	11
<b>Chapitre 3 : Généralités sur les souches bactériennes étudiées.....</b>	<b>13</b>
3.1 Les Bactéries à Gram positifs.....	13
3.1.1 <i>Staphylococcus aureus</i> .....	13
3.1.2. <i>Bacillus subtilis</i> .....	14
3.2 Les Bactéries à Gram négatifs.....	15
3.2.1 <i>Escherichia coli</i> .....	15
3.2.1 <i>Klebsiella pneumoniae</i> .....	16
3.2.1 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	17

### **Matériels et méthodes**

I. Matériels.....	19
I.1. présentation du site la récolte de l’algue brune.....	19
I.2 matérielle algale récolté .....	19
I.3. Souches bactériennes.....	21
2. Méthodes.....	21
2.1. préparation de l’extrait algale .....	21
2.2. Test de sensibilité des Souches microbiennes.....	23
2.3 Test antibactériennes des extraits organique .....	23
2.3.1 preparation de l’inoculome .....	23
2.3.1.1 preparation de préculture .....	23
2.3.1.2 preparation de la suspension .....	23
2.3.2 technique de diffusion en milieu solide.....	23
2.3.2.1. methode de puit .....	23
2.4. Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice CMI.....	24

## **Résultats et discussion**

1. Rendement de l'extrait algale et ses caractéristiques .....	25
2. Activité Antimicrobienne .....	26
2.1. Résultats des tests de sensibilité aux antibiotiques.....	26
2.2. Evaluation de l'activité antibactériens par les méthodes de diffusion sur puits..	29
2.3. Evaluation de la Concentration Minimale Inhibitrice CMI.....	34
<b>Conclusion</b> .....	37
<b>Références bibliographiques</b> .....	38

## **Annexes**

*Liste des tableaux*

<b>Tableau 01 :</b>	Caractéristiques importantes des groupes d'algues	05
<b>Tableau 02 :</b>	Analyse globale moyenne des algues en générale	05
<b>Tableau 03 :</b>	Liste de certaines algues marines exploitées commercialement et les hydrocolloïdes correspondants	08
<b>Tableau 04 :</b>	Origines des souches utilisées dans les différents tests d'activité antibactérienne.	21
<b>Tableau 05 :</b>	Résultats de l'antibiogramme des germes étudiés en présence de quelques antibiotiques.	27
<b>Tableau 06 :</b>	Diamètres (mm) des zones d'inhibition de l'effet antibactérien de l'extrait méthanolique de l'algue brune déterminé par la méthode de puits.	30
<b>Tableau 07 :</b>	les concentrations minimales inhibitrices de l'extrait de l'algue brune.	35

<b>Figure 1 :</b> <i>Staphylococcus aureus</i> au microscope électronique.....	14
<b>Figure 2:</b> <i>Bacillus subtilis</i> au microscope électronique.....	15
<b>Figure 3:</b> <i>Escherichia coli</i> au microscope électronique.....	16
<b>Figure 4:</b> <i>Klebsiella pneumoniae</i> au microscope électronique.....	17
<b>Figure 5:</b> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> au microscope électronique.....	18
<b>Figure 6:</b> la Position géographique de l'algue brune <i>Dictyota dichotoma</i> .....	19
<b>Figure 7:</b> l'algue marine brune après séchage .....	20
<b>Figure 8:</b> Photo représente le broyage de l'algue brune.....	20
<b>Figure 9:</b> la macération de l'extrait algale <i>Dictyota dichotoma</i> .....	22
<b>Figure 10:</b> Photo de l'extrait méthanolique d'algue brune <i>Dictyota dichotoma</i> .....	25
<b>Figure 11:</b> Sensibilité des bactéries aux différents antibiotiques testés.....	28
<b>Figure 12:</b> Histogramme de la zone d'inhibition de <i>S. aureus</i> ; <i>B.subtilis</i> ; <i>K. pneumoniae</i> avec le volume de différents extraits de <i>Dictyota dichotoma</i> .....	30
<b>Figure 13:</b> Résultats de l'effet d'extrait de <i>Dictyota dichotoma</i> (Concentration 7,5mg/ml) sur les souches bactériennes par la méthode de diffusion sur puits .....	31
<b>Figure 14:</b> Résultats de l'effet d'extrait de <i>Dictyota dichotoma</i> (Concentration 15 mg/ml) sur les souches bactériennes par la méthode de diffusion sur puits.....	32
<b>Figure 15:</b> Résultats de l'effet d'extrait de <i>Dictyota dichotoma</i> (Concentration 25mg/ml) sur les souches bactériennes par la méthode de diffusion sur puits .....	33
<b>Figure 16:</b> Résultats de détermination de la CMI de l'extrait de <i>Dictyota dichotoma</i> sur <i>Staphylococcus aureus</i> .....	35
<b>Figure 17 :</b> Résultats de détermination de la CMI de l'extrait de <i>Dictyota dichotoma</i> sur <i>Klebsiella pneumoniae</i> .....	36
<b>Figure 18:</b> Résultats de détermination de la CMI de l'extrait de <i>Dictyota dichotoma</i> sur <i>Bacillus subtilis</i> .....	36

*Liste des photos*

**photo 01:** la Position géographique de l'algue brune *Dictyota dichotoma* .....19

**Photo 02:** l'algue marine brune après séchage .....20

**photo 03:** Photo représente le broyage de l'algue brune.....20

**Photo 04:** la macération de l'extrait algale *Dictyota dichotoma* .....22

**Photo 05:** Photo de l'extrait méthanolique d'algue brune *Dictyota dichotoma*.....25

**Photo 06:**Sensibilité des bactéries aux différents antibiotiques testés.....28

**Photo 07:** Résultats de l'effet d'extrait de *Dictyota dichotoma* (Concentration 7,5mg/ml)  
sur les souches bactériennes par la méthode de diffusion sur puits.....31

**Photo 08:** Résultats de l'effet d'extrait de *Dictyota dichotoma* (Concentration 15 mg/ml)  
sur les souches bactériennes par la méthode de diffusion sur puits.....32

**Photo 09:** Résultats de l'effet d'extrait de *Dictyota dichotoma* (Concentration 25mg/ml)  
sur les souches bactériennes par la méthode de diffusion sur puits .....33

**Photo 10:** Résultats de détermination de la CMI de l'extrait de *Dictyota dichotoma*  
sur *Staphylococcus aureus*.....35

**Photo 11:** Résultats de détermination de la CMI de l'extrait de *Dictyota dichotoma*  
sur *Klebsiella pneumoniae* .....36

**Photo 12:** Résultats de détermination de la CMI de l'extrait de *Dictyota dichotoma*  
sur *Bacillus subtilis* .....36

AK: Amikacin 30 µg.

AML: Amoxicilline 30 µg.

AMP: Ampicilline 10 µg.

ATCC: American Type Culture Collection.

B.s: *Bacillus subtilis*.

BHIB: Brain Heat Infusion Broth.

CMI: Concentration minimale inhibitrice.

CN: Gentamicine 10 µg.

CTX: Céfataxime 30 µg.

DO: Densité Optique.

E.c: *Escherichia coli*.

FOX: Cefoxitine 30 µg.

G - : Gram négatif.

G + : Gram positif.

GN: La gélose nutritive.

IBMC: Institut de biologie moléculaire et cellulaire de Tlemcen.

IMI: Imipenème 10 µg.

K.p : *Klebsiella pneumonies*.

LAPRONA: Laboratoire des Produits Naturels (Université de Tlemcen).

MH: Müeller –Hinton.

MHA: Müeller-Hinton Agar.

MNHN: Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris).

NA: Acide Nalidixique 30 µg.

P.a: Pseudomonas aeruginosa.

S.a: Staphylococcus aureus.

TIM: Ticarciline 75 µg.

UFC: Unité formant colonie.

La terre est la planète bleue ou l'eau recouvre plus de 70 pourcent de sa surface. Elle abrite des organismes marins riches en composés bioactifs à divers activités biologique présentant une énorme ressource de nouveau composés (**Yong-xin et al., 2011**)

L'étude des produits d'origines marines a débuté à la fin des années 1970 et a conduit à l'isolement d'environ 21855 substances. Beaucoup d'extraits isolés présentent une potentialité pharmacologique, bien supérieure à celle de produits naturels provenant de plantes ou d'organisme terrestre (**Blunt et al., 2012**)

Parmi les microorganismes marins, les algues occupent une place importante dans le milieu marin. Traditionnellement, les algues étaient consommées à l'état frais ou blanchies dans des salades, des soupes ou en garnitures (**Yuan., 2008**). Les algues sont faibles en gras et contiennent beaucoup de minéraux et de vitamines. Des quantités importantes de protéines, d'acides gras polyinsaturés à longues chaînes et des fibres solubles et insolubles y sont présentes (**Yuan, 2008**).

Les algues sont source riches en composés bioactifs. Récemment, les chercheurs ont indiqué que les composés extraits d'algues marines montrent diverse activité biologique à savoir : des activités antioxydantes, antimicrobiennes, et anti inflammatoires, anti-malaria, cytotoxiques, antivirales ainsi que d'autres activités (**Chbani et al., 2011 ; Balboa et al., 2013**).

La résistance croissante des bactéries envers les antibiotiques existants est un problème majeur dans le monde entier. Une des astuces permettant d'éviter ce problème est l'élaboration des nouveaux composés naturels autres que les agents antimicrobiens synthétiques existants. Ainsi, la recherche des nouvelles sources naturelles des écosystèmes marins a pu mener à l'isolement de nouveaux ATB d'origines d'algue tels : acide acrylique, composés aliphatiques halogènes terpénique (**Chiheb et al., 2009**)

L'étude de l'activité antimicrobienne des extraits des algues est un domaine intéressant et d'actualités dont ceci nous a suscité pour consacrer toute une étude impliquant la mise en évidence de l'activité antibactérienne de l'extrait d'algue marins brune *Dictyota dichotoma* de la cote de Salamandre (Mostaganem) sur quelques souches pathogènes .

Notre travail sera présenté en quatre parties est séquencé comme suit La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique sur les algues marines, ainsi qu'un aperçu sur les microorganismes étudiées dans ce travail. Dans la deuxième partie, nous mettrons en évidence les procédures expérimentales. La troisième partie est dédiée à une discussion des résultats expérimentaux conduits lors de ce mémoire. Une récapitulation succincte des

résultats ainsi que les perspectives ouvrant la voie à des études ultérieures sur l'exploitation des activités biologique des algues marines , sont regroupées dans la dernière partie.

### I. Généralité sur les algues

#### I.1. Définition

Les algues sont les plus souvent considérées comme des plantes aquatiques, dont elles sont décrites comme des organismes eucaryote possédant la chlorophylle « a » et réalisant la photosynthèse productrice d'oxygène, elles diffèrent des autres organismes photosynthétiques eucaryotes (**Prescott et al., 2003**), elles sont dépourvues de tige, de racine, de feuille ou de fleur, leur appareil végétatif relativement simple est appelé « thalle » (**Guillaume.,2010**)

Les algues marines sont des plantes primitives qui poussent en abondance dans des eaux de mers allant jusqu'à 180 mètres de profondeur, dans les estuaires et dans les eaux stagnantes (**Kumar et al., 2009; Manivannan et al., 2009**). Les algues sont utilisées depuis longtemps comme nourriture, engrais et en médecine comme source de médicaments (**Manivannan et al., 2008; Shanmugam et Palpandi, 2008; Manivannan et al., 2009**).

Les algues d'origine marine occupent une place importante en pharmacologie et en médecine et, de ce fait, font l'objet d'une exploitation industrielle importante. En effet, plusieurs algues marines possèdent des actions vermifuge (*Alsidium helminthocorton, Digenea simplex*), hypoglycémiant (*Corallina, Cystoseira, Pterocladia, etc...*), Hypotensive (*Chondrus, Laminaria, etc...*), anticoagulante (*Chondrus, Corallina, Delessaria, Laminaria, Pterocladia, etc...*), cardiotonique (*Undria pinnatifida*), antiinflammatoire, antibactérienne, antifongique et antivirale (*Chondrus, Cladophora, Ulva, Fucus, Cystoseira, Bifurcaria*) (**Moujahid et al., 2004**)

#### I.2. La distribution

Les algues se trouvent le plus communément dans l'eau (douce, marine saumâtre) (**Prescott et al., 2003**), elles peuvent y être en suspension (planctonique) la plupart microscopiques ou attaches et vivant sur le fond(benthique) (**Gayral, 1975 ;Barsanti et al., 2008**).

Quelques algues vivent à l'interface eau-air sont appelées neustoniques (**Prescott et al., 2003**). Certaines algues se développent sur des rochers humides, du bois, des arbres ou à la surface d'un sol mouillé (**Barsanti et Gualtieri, 2006; Barsanti et al., 2008**).

Les algues sont aussi des endosymbiotes de divers protozoaires, mollusques, vers ou coraux. Plusieurs algues se développent comme des endosymbiotes de plantes, certaines sont attachées à la surface de divers structures, tandis que d'autres mènent une vie parasitaire, des algues sont aussi associées aux mycètes pour formes des lichens (**Prescott et al., 2003**).

#### I.3. Les grands groupes des algues marines :

En général, les algues regroupent trois groupes qui sont différenciés par leur pigmentation (**Gayral, 1975 ; Mohammed et al., 2012**) et par les caractères morphologiques et anatomiques (**Manivannan et al., 2009**). Nous avons les groupes suivants :

### I.3.1 Les Chlorophytes

Les Chlorophytes sont des algues vertes dont le thalle est de couleur typiquement vert en raison des chlorophylles « a » et « b » dominant dans les chloroplastes où sont associés aux carotène et xanthophylles. Les algues vertes sont présentes dans tous les systèmes aquatiques depuis les milieux marins jusqu'aux eaux douces, mais certaines espèces peuvent également se développer sur terre (Pérez 1997 ; Ainane 2011)

### I.3.2 Les Rhodophytes

Les Rhodophytes ce sont des algues rouges, elles montrent une originalité particulière avec leur pigments surnuméraires rouges (Phycoérythrines) et bleus (Phycocyanines) qui viennent masquer la chlorophylle (Ainane, 2011), produisent des substances de natures terpènes, des acétogénines et halogénés qui sont des composés produits par la polymérisation des acétates (Moujahid et al., 2004) .

Il existe moins de 100 espèces différentes d'algues rouges dans l'eau douce (Nabors., 2009), sont des organismes pluricellulaires d'origine marine divisés en deux grandes groupes en fonction de leur cycle de reproduction : les Bangiophycées et les floridéophycées (Guillaume., 2010). Ces rhodophycées possèdent une activité antimicrobienne par effet cytotoxique (Moujahid et al., 2004)

### I.3.3 Les Cyanobactéries

Les cyanobactéries ou les algues bleues (ainane ,2011) ce sont des organismes, unicellulaires ou pluricellulaires (Donadieu., 1985), elles possèdent des pigments surnuméraires bleus (Phycocyanines) et rouges (Phycoérythrines) qui masquent la chlorophylle « a ». En dépit de leur nom ancien d'algues bleues, elles sont rarement bleues mais plus souvent rouges, vertes avec des reflets bleutés, violets, bruns, jaunes ou orangés. La plupart d'entre elles ont une consistance gélatineuse voire gluante en raison des mucilages qu'elles sécrètent (Ainane., 2011)

### I.3.4 Les Chromophytes

Les Chromophytes ou Les algues brunes sont des algues largement répandues à travers le monde ceci revient à leur faculté d'adaptation via leur reproduction et leur réponse à des conditions écologiques variées (Souhaili et al., 2008). Ce sont des algues presque exclusivement marines. Leur couleur est due à l'abondance des pigments bruns, la fucoxanthine, qui masque les chlorophylles « a » et « c » (ainane ,2011 ; Ozenda, 2000)

Les Phéophycées montrent une grande diversité morphologique depuis les formes filamenteuses relativement simples aux grandes algues brunes dont l'organisation morphologique complexe évoque les tiges feuillées des végétaux supérieurs. Les algues brunes se sont principalement diversifiées dans les mers froides et tempérées où elles forment les grandes forêts sous-marines. Dans les eaux tropicales, elles sont moins nombreuses en espèces, mais représentent les plus grands thalles et

forment les populations les plus denses (**Ainane., 2011**) les algues brunes sécrètent des substances chimiques de défense, contre les multiples dangers auxquels elles sont exposées (prédateurs mobiles, et micro-organismes envahisseurs) (**Souhaili et al., 2008**)

**Tableau 1:** Caractéristiques importantes des groupes d'algues (**Géraldine et Céline., 2009**).

<b>Embranchement (Règne)</b>	<b>Nom commun</b>	<b>Nombre d'espèces</b>	<b>Pigments</b>	<b>Habitat</b>
<b>Chlorophytes (Protistes)</b>	Algues vertes	7500 d'espèces	Chlorophylle (a,b) Xanthophylles Carotènes	Eau douce, saumâtre, salée et terrestre
<b>Phéophytes (Plantes)</b>	Algues brunes	1500 d'espèces	Chlorophylle (a,c) Xanthophylles Carotènes	Eau salée et saumâtre
<b>Rhodophytes (Plantes)</b>	Algues rouges	390 d'espèces	Chlorophylle (a rarement d) Xanthophylles, Carotènes, Zéaxanthine, Phycocyanine Phycoérythrine	Eau douce, saumâtre et salée
<b>Cyanophytes (Procaryotes)</b>	Cyanobactéries algues bleues	15000 d'espèces	Chlorophylle (a), Allophycocyanines, Phycocyanine, Phycoérythrine, Phycoérythrocyanine	Eau riche en minéraux

#### **I.4. Composition biochimique des algues**

La composition biochimique des macro-algues est très variable selon les espèces, la saison, les conditions de croissance, stress...etc. (**Julie., 2010**). Elles se composent généralement de protéines, glucides, vitamines, oligoéléments et en pigments (chlorophylles, caroténoïdes, xanthophylles et phycobilines) (**Donadieu., 1985 ; Duan et al., 2006 ; Ganesan et al., 2008**) (Tableau 2).

**Tableau 2:** Analyse globale moyenne des algues en générale (**Donadieu., 1985**).

<b>Analyse globale moyenne</b>	
Eau.....	80%
Matières sèches.....	20%
Matières organiques.....	15%
Matières minérales.....	05%

### I.4.1 Matières minérales

Les contenus des algues sont dépend de plusieurs facteurs environnementales, physiologique et géographique, les compositions minérales des algues présentent une valeur très importants par rapport les plantes terrestre et les animaux (**Ambreen et al., 2012**)

Quand les chercheurs ont examiné la teneur en minéraux dans les algues récoltées sur les plages japonaises, ils montrèrent que les ions de concentrations plus élevées sont le potassium (2,71 g / L), le magnésium (0,19 g / L) et le calcium (0,16 g / L) qui ont été détectés dans l'extrait de *Sargassum ringgoldianum*. *Codium fragilea* été montré d'être une source riche d'ions de sodium (1,21 g / L). *Kappaphycus alvarezii* contient des niveaux élevés d'ions de magnésium (581,20 mg / l) et de calcium (460,11 mg / L) (**Chojnacka., 2012**).

### I.4.2 Matières organiques

#### I.4.2.1 Les caroténoïdes

Toutes les macroalgues contiennent des caroténoïdes qui sont des pigments liposolubles composés d'unités isoprènes. Ceux sont de puissants antioxydants. Ils représentent en moyenne 0,1% du poids sec des algues brunes qui sont particulièrement riches en caroténoïdes et notamment en fucoxanthine, xanthophylles (violaxanthine) et  $\beta$ -carotène (**Yan et al., 1999**).

Le fucoxanthine est l'un des caroténoïdes marins le plus abondants, et contribue plus que 10 % de toute la production estimée des caroténoïdes en nature, spécialement dans l'environnement marin (**Rengasamy et al., 2014**). C'est une xanthophylle, de la formule  $C_{42}H_{58}O_6$ , se trouvant comme pigment accessoire dans les chloroplastes des algues brunes, par exemple, *Sargassum siliquastrum* en leur donnant une couleur brune ou verte-olive (**Wijesinghe et al., 2012**).

#### I.4.2.2 Les polysaccharides

Les algues riches en polysaccharides très particuliers : les alginates, les agars, les carraghénanes, les ulvanes, les fucoidiens et les phycocolloïdes qui sont présentés de 18 à 45% de la masse sèche. Les Polysaccharides sont largement utilisés dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique et d'autres branches de l'industrie. Ce sont devenus une source importante des composés naturels bioactifs (**Cumashi et al., 2007; Amorim., 2012**).

Les Polysaccharides sulfatés (SPS) à faible poids moléculaire montre une activité antioxydante efficace que SPS de poids moléculaire élevé. En outre, le SPS des algues marines sont connus pour être des extracteurs et des antioxydants de radicaux libres importants pour la prévention des dommages oxydants, qui sont un contribuant important dans la carcinogénèse (**Li et Kim.,2011 ; Kannan et al., 2014**).

### I.4.2.3 Les vitamines

La composition vitaminique des algues brunes est avec des teneurs intéressantes par rapport les algues rouges et les algues vertes, malgré les variations saisonnières. Le tocophérol présente la valeur la plus élevée (**Balboa., 2013**), la vitamine B12 à des teneurs assez importantes contrairement aux plantes terrestres (**Watanabe et al., 1999**)

### I.4.2.4 Les polyphénols

Appelés phlorotannins chez les algues, ce sont des composés phénoliques, qui été identifiés à partir de plusieurs familles d'algues brunes, telles que les *Alariaceae*, les *Fucaceae* et les *Sargassaceae*. Beaucoup d'études ont prouvé que les phlorotannins sont le seul groupe phénolique détecté en algues brunes et peuvent constituer jusqu'à 15 % de leurs poids sec. Phlorotannins sont les composants fortement hydrophiles avec une large gamme de taille moléculaire entre 126 et 650 kDa (**Sathya et al., 2013 ; Glombitza et Keusgen., 1995**), et montant une activité antioxydante dans les tests in vitro (**Shibata et al.,2008**).

### I.4.2.5 Les protéines

Récemment les peptides marins ont ouvert une nouvelle perspective dans le développement pharmaceutique. Les protéines biologiquement actifs ont été isolés non seulement dans les animaux marins, mais également dans les algues (**Wijesinghe et Jeon., 2012**).

La teneur en protéines des algues brunes est considérablement faible (6–13%), l'extraction de ces dernies est difficile en présence des polysaccharides dans les cloisons cellulaires, tels que des alginates (**Balboa et al., 2013**).

Les phycobiliprotéines sont les principaux pigments des algues rouges (phycoérythrine) et cyanobactéries (phycocyanine) possèdent des propriétés antioxydantes utilisées dans les traitements de certains cancers et maladies inflammatoires liées au stress oxydatif (**Remirez et al.,1999**).

### I.4.2.6 Les acides gras polyinsaturés (AGPI)

Les lipides des algues brunes sont présentés à des teneurs basses (**Burton., 2003**) à l'exception des phospholipides et des glycolipides, qui sont les principales classes de lipides présents dans les algues. Lorsque la température de l'environnement diminue, les algues peuvent accumuler des acides gras polyinsaturés (AGPI). AGPI à chaîne longue font partie de l'entretien de la santé de l'homme et ils ne sont synthétisés que par les plantes. Ces lipides sont constitués d'au moins 20 atomes de carbone avec au moins deux doubles liaisons (**Chojnacka., 2012**).

**I.4.2.7 Les stérols**

Le stérol le plus dominante est le fucostérol, bien reconnu pour plusieurs activités biologiques bénéfiques pour la santé, tels que, réduction du cholestérol, et des activités antidiabétiques. En outre, le fucostérol augmente l'activité de piégeage des radicaux libres par les enzymes. Tous les eucaryotes contiennent universellement grandes quantités (20 à 30 %) tels que le cholestérol chez les animaux, l'ergostérol dans les champignons et le phytostérol chez les plantes. Les phytostérols (stérols végétaux) sont des triterpènes (Li et Kim., 2011).

**I.5. Domaines d'utilisation des algues**

Les algues ont été utilisées depuis longtemps : au début dans l'alimentation des populations des rivages asiatiques, ou comme engrais en Europe ou encore pour le bétail, la médecine et toutes les formes d'industrie (Naegelé et Naegelé., 1967).

A cause des propriétés de plusieurs de leurs éléments, les algues ont été et sont encore utilisées à de nombreuses fins :

**I.5.1 Utilisation industrielle**

Les algues sont utilisées dans Industries chimiques : les frustules (enveloppes externes des diatomées) siliceux, sont utilisés comme abrasifs, ou isolants phoniques ou thermiques. Les colles, peintures, résines, caoutchoucs, savons utilisent des produits d'algues (Ainane., 2011) mêmes utilisées à l'état naturel comme produit final pour l'alimentation et l'agriculture, c'est surtout leurs dérivés qui ont pris un immense intérêt industriel: ce sont les alginates, l'agar-agar et les carraghénanes (Naegelé et Naegelé., 1967).

Les hydrocolloïdes sont extraits de différentes macroalgues rouges et brunes). Ces hydrocolloïdes jouent un rôle important comme agents gélifiants, épaississants, texturants, stabilisants et émulsifiants (Barsanti et Gualtieri, 2006; Venugopal., 2009).

**Tableau 3:** Liste de certaines algues marines exploitées commercialement et les hydrocolloïdes correspondants (Barsanti et Gualtieri., 2006)

Nom scientifique	Classe	Hydrocolloïde
<i>Ahnfeltia plicata</i>	Floridophyceae	Agar/Carraghénanes
<i>Gelidium lingulatum</i>	Floridophyceae	Agar
<i>Chondrus crispus</i>	Floridophyceae	Carraghénanes
<i>Mazzaella laminaroides</i>	Floridophyceae	Carraghénanes
<i>Laminaria digitata</i>	Phaeophyceae	Alginate
<i>Laminaria digitata</i>	Phaeophyceae	Alginate

### I.5.2 Utilisation alimentaire

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 non traditionnelles (**Burtin, 2003**).

Les algues sont consommées en Asie depuis l'aube de l'humanité. En Occident, cette consommation directe d'algues est plus récente. (**Burtin., 2003 ; Marfaing et Lerat., 2007**)

Des études épidémiologiques menées en Asie mettent en évidence une incidence plus faible des cancers du sein, du côlon et de la prostate liée à la consommation régulière d'algues. Ces résultats seraient en faveur du rôle possible de facteurs nutritionnels multiples, en particulier liés à la présence simultanée dans les algues de différents nutriments comme les protéines, polysaccharides plus ou moins sulfatés, minéraux et oligoéléments mais également métabolites secondaires tels que les polyphénols, caroténoïdes, stérols et bêtaïnes (**Marfaing et Lerat., 2007**).

### I.5.3 Utilisations médicale et pharmaceutique

En thalassothérapie on utilise les bains d'algue (algotérapie) pour traiter les rhumatismes ou certaines affections de l'appareil locomoteur, en chirurgie ou en gynécologie on utilise des stipes de laminaires (pour leur propriétés à retenir l'eau tout en se dilatant) pour débrider une plaie ou dilater une voie naturelle (**Ainane, 2011**) et pour le traitement de la toux, des blessures, la goutte et le goitre (**Dhargalkar et Pereira., 2005**).

Les algues ont une action hypocholestérolémiante, anticoagulante (**Donadieu., 1985**), antibactérienne (**Tüney et al., 2006 ; Patra et al., 2008**), antivirale (**Plaza et al., 2008 ; Moujahid et al., 2004**), anti-tumorale (**Heo et al., 2005**), antifongique (**Pflugmacher et al., 2007 ; Jayaraj et al., 2008 ; Moujahid et al., 2004**) et anti-oxydante (**Zahra et al., 2007 ; Kuda et al., 2005**). En dentisterie les algues sont également utilisées comme pâtes pour les empreintes dentaires (**Ainane., 2011**).

Sur le marché pharmaceutique environ 40 médicaments sont déjà fabriqués à partir de matières chimiques d'algues. En ce qui concerne l'agar-agar son usage est répandu dans la préparation de milieux de cultures nécessaires pour la microbiologie. Il est aussi employé avec succès dans le traitement de la constipation (**Naegelé et Naegelé., 1967**).

L'alginate comme le carraghénane, joue un rôle dans la prévention des ulcères (**Naegelé et Naegelé., 1967**). On utilise les propriétés laxatives ou vermifuges contre les oxyures et les ascaris. (**Ainane., 2011**)

### I.5.4 Utilisation agricole

Une autre utilisation intéressante des algues, pratiquée de longue date et fort répandue est celle du goémon, comme engrais formé principalement d'algues brunes: les *Fucus* et les Laminaires (**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 oligo-éléments dans les algues font d'elles un excellent engrais (**Venugopal., 2009**).

La pulvérisation d'engrais liquide sur les plantes, technique récemment adoptée, a augmenté l'efficacité d'absorption des nutriments par les plantes (par les feuilles) dans les 10 à 15 minutes de son application (**Dhargalkar et Pereira., 2005**). Cette méthode montre des résultats positifs en termes de santé des plantes, l'augmentation des taux de croissance, la résistance aux ravageurs et des rendements plus élevés de 25 à 30% (**Dhargalkar et Pereira., 2005; Venugopal., 2009**).

## II. Caractéristiques générales de l'algue brune du genre *Dictyota*

### II.1. Position systématique

Le genre *Dictyota*, ainsi que 14 autres genres, fait partie de la tribu des Dictyoteae qui est celle comptant le plus grand nombre d'espèces parmi les Dictyotaceae. Plus précisément, il existe 76 espèces de *Dictyota* réparties dans l'ensemble des mers et océans. En mer Méditerranée, seules six espèces sont recensées : *D. dichotoma*, *D. fasciola*, *D. linearis*, *D. ciliolata*, *D. mediterranea* et *D. spiralis* (**MarinLit., 2013**).

### II.2 Description morphologique

Les espèces appartenant au genre *Dictyota* présentent une grande diversité morphologique même si pour la plupart d'entre-elles un thalle aplati en forme de lanières est observé.

L'espèce de *Dictyota dichotoma* possède des rameaux couchés, avec des marges lisses, dentées, crénelées et des ramifications dichotomiques, alternées. La forme de l'extrémité du thalle est arrondie qui mesurent entre 5 et 10 mm de large. La taille des individus varie entre 5 et 50 cm en fonction du genre et de son stade de vie. Ces algues se fixent au substrat par des rhizoïdes, se terminant par des disques adhésifs, d'une manière soit basale soit marginale. La couleur de ces algues montre différentes nuances de brun. Les pigments bruns (principalement la fucoxanthine) prédominent et masquent la couleur verte due à la présence des chlorophylles a et c (**MarinLit., 2013**).

### II.3 Métabolites secondaires des Dictyotaceae

D'un point de vue chimique, au sein des algues brunes les espèces issues de la famille des Dictyotaceae se distinguent par une production riche en métabolites secondaires : avec plus de 500 molécules, elles représentent en effet près d'un tiers des composés décrits dans cette classe d'organismes (**MarinLit., 2013**). Ces métabolites sont majoritairement des terpènes qui peuvent être classés en deux groupes :

➤ Les terpènes "sensu stricto" désignant des composés dont la formule générale découle de  $(C_5H_8)_n$ , et qui sont constitués d'une ou plusieurs unités isopréniques. Ces substances à plusieurs unités isopréniques sont obtenues à partir du métabolisme des précurseurs bien définis. En fonction du nombre de ces unités, **Ruzicka (1959)** a proposé la nomenclature suivante :

- Les monoterpènes ( $C_{10}$ ) dérivant du géranyl pyrophosphate (GPP),
- Les sesquiterpènes ( $C_{15}$ ) provenant du farnésyl pyrophosphate (FPP),
- Les diterpènes ( $C_{20}$ ) ayant comme précurseur le géranylgéranyl pyrophosphate (GGPP),
- Les sesterpènes ( $C_{25}$ ) dérivant du géranylfarnésyl pyrophosphate (GFPP),
- et enfin les triterpènes ( $C_{30}$ ), les tétraterpènes et caroténoïdes ( $C_{40}$ ).

Les terpènes à biogenèse mixte dits "méroterpènes" comprenant un noyau méthylhydroquinonique plus ou moins substitué sur lequel est fixée une chaîne latérale terpénique souvent oxygénée. Dans cette classe de terpènes, on distingue pour les Dictyotaceae deux groupes principaux constitués par les méroditerpènes et les mérosesquiterpènes. Ces composés pouvant être linéaires (chaîne latérale terpénique linéaire), cyclisés (chaîne latérale contenant un ou plusieurs cycles carbonés) (**MarinLit., 2013**).

Les algues brunes peuvent renfermer des structures terpéniques halogénées du fait de la présence d'halopéroxydase (enzyme impliquée dans les réactions d'halogénéation) (**Potin et al., 1999 ; Potin et al., 2002 ; Colin et al., 2003 ; Weinberger et al., 2007 ; La Barre et al., 2010**). De manière générale, les espèces appartenant au genre *Dictyota* renferment principalement des diterpènes, (**Blunt et al., 2005**).

### II.4 Eléments biologiques et écologiques

D'un point de vue biologique, l'espèce de *Dictyota dichotoma* est dioïque c'est-à-dire qu'elle porte les organes mâles et femelles sur des pieds séparés. Leur cycle de reproduction est diphasique isomorphe faisant intervenir une alternance de deux générations semblables (**Gayral et Cosson., 1986**). Il s'agit d'espèces annuelles dont le thalle disparaît en hiver alors que leur taux maximal de croissance intervient pendant le printemps et jusqu'au début de l'été.

Concernant leur distribution géographique, ces algues sont largement répandues dans l'ensemble des mers du globe. Elles se rencontrent essentiellement dans les eaux tropicales et subtropicales chaudes et tempérées (**De Clerck et al., 2006**), mais elles peuvent atteindre les régions tempérées froides des hémisphères nord et sud (**Paula et al., 2011**).

L'habitat de ces algues est diversifié : elles sont présentes jusqu'à des profondeurs de 30 m (**Simeonidis., 1995**), ainsi que dans les cuvettes de l'étage médiolittoral moyen et inférieur. Elles préfèrent les eaux claires peu battues où elles se fixent sur des fonds rocheux et elles sont capables de supporter un certain taux de pollution organique. Elles sont souvent épiphytes sur diverses algues et gorgones (**Gayral et Cosson., 1986**).

Les différentes espèces de *Dictyota* sont réparties sur les cinq continents, principalement dans les eaux chaudes et tempérées. *Dictyota dichotoma* est l'espèce-type du genre *Dictyota*. Elle est très commune en Europe, que ce soit en mer Méditerranée (du détroit de Gibraltar jusqu'en Turquie) ou le long de la façade Atlantique (des Açores à la Norvège). Elle est également présente en mer Rouge, en mer Noire, au Japon et dans l'océan Indien. (**Gayral et Cosson., 1986**).

### III. Généralités sur les souches bactériennes étudiées

#### III.1 Les Bactéries à Gram positifs

##### III.1.1 *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus*, bactérie à Gram positif, appelé *staphylocoque doré*, (du grec « staphyle » qui signifie grappe de raisin) se présente sous l'aspect de coques en petits amas, mesurant de 0,8 à 1µm de diamètre, immobile, aéro-anaérobie facultatif, non capsulé (Minor et al., 1989) . C'est une bactérie ubiquitaire, présente dans tous les milieux naturels (air, poussière, sol, eau, égouts, vêtements) mais également chez les animaux et chez les hommes (Delarras, 2007) C'est une bactérie présente chez L'Homme, 50% des humains sont considérés comme étant des réservoirs naturel de *Staphylococcus aureus* (cavité nasale), 95% responsables des contaminations alimentaires (Larpen., 1997).

*Staphylococcus aureus* est l'espèce la plus pathogène du genre *Staphylococcus* est la première cause d'infection bactérienne à travers le monde (Corne, 2004).

entérotoxines de *Staphylococcus aureus* sont très résistantes à la chaleur (30 mn/120°C), aux variations de pH (entre 4 - 11) et aux enzymes protéolytiques (papaines, trypsine). Ces caractéristiques permettent aux toxines ingérées d'atteindre le tube digestif sans modification de leur toxicité (Delarras., 2007).

Les caractères biochimiques de *Staphylococcus aureus* sont (Callon., 2008) :

- oxydase -.
- glucose + (sans dégagement de gaz).
- catalase, coagulase +.
- Mannitol +.

T° optimale: 37, pH optimum: 6-7, a<sub>w</sub> optimale > 0,99.

De plus,selon la classification de manuel de systématique des bactéries de Bergey's (2009) nous avons comme suit :

Phylum Firmicutes

Classe Bacilli

Ordre Bacillales

Famille Staphylococceae

Genre *Staphylococcus*

Espèce *Staphylococcus aureus*



**Figure 1 :** *Staphylococcus aureus* au microscope électronique  
(<http://www.bacteriainphotos.com>).

### III.1.2 *Bacillus subtilis*

*Bacillus subtilis* c'est une bacille a gram +, mobile grâce à une ciliature péritriche (**Larpen., 1997**). groupés en chaînettes (**Euzeby, 2008**). saprophyte du sol, de l'eau, de l'air et des plantes (**Peiffer, 2000**). il cultive entre 10 et 45°C avec un optimum à 30-35°C (**Avril et al., 1992**).

*Bacillus. subtilis* possède également une phospholipase qui hydrolyse la lécithine en diglycéride et phosphorylcholine (opacification). Souvent, cette réaction est restreinte, c'est à dire très localisée sous la culture. Elle est responsable des infections urinaire, bactériémie, pneumonie, endocardite, méningite, otite, mastoïdite, abcès de l'orbite, panophtalmie, kératite, iridocyclite (**Avril et al., 1992**).

Selon **Avril et al(1992)**, les caractères biochimiques de *Bacillus cereus* sont comme suit :

- catalase +
- Lécithinase -.
- vp +.
- Croissance en 7 % NaCl +.
- gaz en gélose -.
- hydrolyse de l'amidon +.

De même, selon la classification de manuel de systématique des bactéries de Bergey's (2009) nous avons comme suit :

Phylum : Firmicutes

Classe : Bacilli

Ordre : Bacillales

Famille : *Bacillaceae*

Genre : *Bacillus*

Espèce : *Bacillus subtilis*



**Figure 2:** *Bacillus subtilis* au microscope électronique  
(<http://www.gettyimages.com>).

## III.2 Les Bactéries à Gram négatifs

### III.2.1 *Escherichia coli*

Isolée pour la première fois par Escherich en 1885, est l'espèce bactérienne qui a été la plus étudiée par les fundamentalistes pour des travaux de physiologie et de génétique, est une espèce commensale du tube digestif de l'homme et des animaux (Avril et al., 1992) et pathogène pour l'appareil urinaire et qui se transmet par voie orofécale. Certaines souches d'*E. coli* sont capables de causer des dommages au niveau de la muqueuse digestive se traduisant par un syndrome infectieux (Avril., 2000).

C'est un bacille Gram négatif, anaérobie facultatif possédant des cils péritriches et flagelles dont 70% sont mobiles, non sporulés, de 2,5 µm de long et 0,6 µm de large (Scheen., 2004).se développe en 24 heures à 37°C sur les milieux géloses en donnant de colonies rondes, lisses, à bords réguliers, de 2 à 3 mm de diamètre, non pigmentées(Avril et al., 1992).

L'espèce *E. coli* regroupe plusieurs sérotypes dont certains sont pathogènes pour l'homme et, qui sont répartis en six groupes: *E.coli* entérotoxigène (ETEC); *E.coli* entéro-invasif (EIEC); *E. coli* entéropathogène (EPEC); *E. coli* entéroagrégant (EaggEC); *E. coli* entéro-adhérent diffus (DAEC); *E. coli* entéro-hémorragique (EHEC) (Delarras., 2007).

Les caractères biochimiques d'*Escherichia coli* sont (Nicklin., 2000):

- Lactose, mannitol, sorbitol +.
- Gaz en glucose +.
- rouge de méthyle +, Voges-Prokauer -.
- β- galactosidase +.
- indole +.

- phénylalanine-désaminase, uréase, gélatinase, malonate, adonitol, inositol, H<sub>2</sub>S, citrate de simmons -.

Selon la classification de manuel de systématique des bactéries de Bergey's (2009) nous avons comme suit :

Phylum Proteobacteria

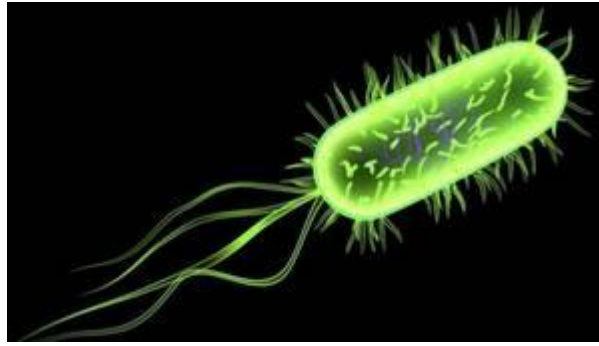
Classe Gamma proteobacteria

Ordre Enterobacterales

Famille *Enterobacteriaceae*

Genre *Escherichia*

Espèce *Escherichia coli*



**Figure 3:** *Escherichia coli* au microscope électronique  
(<http://www.maxisciences.com>).

### III.2.2 *Klebsiella pneumoniae*

C'est un bacille Gram négatif de 1 à 4 µm de long sur 0,4 à 0,6 µm de large, immobile généralement entouré de capsule polysaccharidique donnant un aspect muqueux typique du genre. C'est une bactérie aéro-anaérobie facultative (**Blanc *et al.*, 2006**)

*Klebsiella pneumoniae* est une espèce pathogène opportuniste (**Brisse., 2004**). Elle est fréquemment rencontrée dans la nature : eaux de surface, du sol, du bois et des végétaux. Elle est présente dans le tube digestif de l'homme et des animaux, et elle est commensale des voies respiratoires (**Joly et Reynaud., 2002**).

Les caractères biochimiques de *Klebsiella pneumoniae* sont (**Raude., 2003**) :

- Oxydase -.
- Catalase, Nitrate réductase, β-galactosidase +.
  - Glucose +.
  - Voges-Proskauer -.
  - Production H<sub>2</sub>S -.

- Tryptophane désaminase –.

Pour la classification de *Klebsiella pneumoniae* est donné comme suit ;(Brenner et al.,2005)

Phylum proteobacteria

Classe Gamma proteobacteria

Ordre enterobacteriales

Famille enterobacteriaceae

Genre *Klebsiella*

Espèce *Klebsiella pneumoniae*



**Figure 4:** *Klebsiella pneumoniae* au microscope électronique  
([http:// futura-sciences. com](http://futura-sciences.com))

### III.2.3 *Pseudomonas aeruginosa*

Le bacille pyocyanique, du grec *puon* = pus et du grec *kuanos* = bleu foncé, est désigné sous le nom d'espèce *Pseudomonas aeruginosa* du latin *aeruginosus* = couvert de rouille. Isolé en 1882 par Gessard (Avril et al., 1992).

C'est une bactérie gram négative, bâtonnets 0,5-1 µm de diamètre sur 1,5-5 µm de longueur. Elle est extrêmement mobile grâce à une ciliature polaire en générale monotriche (Singleton., 1984).

C'est l'espèce la plus connue et la plus répandue du genre *Pseudomonas*. La plus pathogène opportuniste, elle constitue l'espèce-type infections hospitalières ou nosocomiales (Avril et al., 1992).*Pseudomonas aeruginosa* est responsable de toute une gamme d'infections, en particulier de plaies de l'arbre urinaire, ou septicémiques (Hart et Shears., 1999).C'est une bactérie qui vit normalement à l'état de saprophyte dans l'eau et le sol humide ou sur les végétaux. Elle résiste mal à la dessiccation. Cette bactérie peut vivre en commensale dans le tube digestif de l'homme et de divers animaux (Scheen., 2004).

Elle dégage une odeur aromatique caractéristique de seringa due à la production d'ortho-amino-acétophénone, intermédiaire du métabolisme du tryptophane.*P. aeruginosa* exprime un pigment vert soluble dans l'eau et le chloroforme nommé pyocyanine (composé fortement polaire, de nature phénazinique) (Euzeby., 2008).

Les caractères biochimiques de *Pseudomonas aeruginosa* sont (Delarras, 2010) :

- TDA - (tryptophane-désaminase).
- H<sub>2</sub>S - .
- gélatine +.
- ONPG - (orthonitrophényl-galactose).
- LDC - (Lysine-décarboxylase).
- ODC - (Ornithine-décarboxylase).
- Oxydase +.
- Indole - .
- urée - .
- Nitrate-réductase +.

Tandis que la classification de *Pseudomonas aeruginosa* est donné comme suit (Brenner et al., 2005)

Phylum proteobacteria

Classe Gamma proteobacteria

Ordre *Pseudomonadales*

Famille *Pseudomonadaceae*

Genre *Pseudomonas*

Espèce *Pseudomonas aeruginosa*



**Figure 5:** *Pseudomonas aeruginosa* au microscope électronique

([http://. sciencenews.org](http://.sciencenews.org))

### I. Matériels

#### I.1 Présentation du site de la récolte de l'algue brune

La cote rocheuses de la plage Salamandre se situe à 3 Km de la ville de Mostaganem (position GPS 35°55'04.49N ; 0°03'46.80) (**Photo 01**). Elle se caractérise par une température douce et d'une forte remontée d'un courant riche en minéraux, et qui fait la richesse algale de cette région en terme de quantité et de qualité.



**Photo 01** : Position géographique du site de la récolte de l'algue brune *Dictyota dichotoma* (Côte marine de Salamandre-Mostaganem ,2017).

#### I.2 Matériels algal récolté

L'algue brune *Dictyota dichotoma* est récoltée à une profondeur d'environ 40 cm de la surface d'eau de mer à l'état frais pendant le mois de janvier 2017 pendant laquelle l'algue est bien développée. L'algue est rincée avec de l'eau de mer sur place pour débarrasser tous les débris adhérents qui pourrait influencer l'évaluation des activités biologiques, puis elles sont transportées au laboratoire dans des sacs en plastique où elle est lavées avec de l'eau distillée.

L'algue est séchée à température ambiante à l'obscurité pendant 7 jours (**Photo 02**) ;



**Photo 02 :** Photo de l'algue marine brune après séchage

Puis broyée à l'aide d'un broyeur en fine poudre (**Photo 03**) qui est stockée dans des flacons en plastique pour une utilisation ultérieure.



**Photo 03:** Photo représente le broyage de l'algue brune *Dictyota dichotoma* (khorsi et Helis ;2017).

### I.3 Souches bactériennes :

Les souches bactériennes utilisées dans cette étude proviennent de l'ATCC, de l'IBMC (Tableau 04). Leur croissance est réalisée à 37°C sur gélose Mueller-Hinton Agar (MHA bio Mérieux) pour les souches bactériennes.

**Tableau 04 :** Origines des souches utilisées dans les différents tests d'activité antibactérienne.

Bactérie	Gram	Code	Origine
<i>Staphylococcus aureus</i>	Positif	ATCC 6538	MNHN
<i>Bacillus Subtilis</i>		ATCC 6633	LAPRONA
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Négatif	ATCC 27853	MNHN
<i>Escherichia coli</i>		ATCC 8739	MNHN
<i>Klebsiella pneumonia</i>		IBMC Strasbourg	MNHN

**MNHN :** Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris) ; **LAPRONA :** Laboratoire des Produits Naturels (Université de Tlemcen) ; **ATCC :** American Type Culture Collection ; **IBMC :** Institut de biologie moléculaire et cellulaire

## II. Méthodes

### II.1. Préparation de l'extrait algal

10g de la poudre d'algue brune *Dictyota dichotoma* sont introduits dans un flacon en verre contenant 100 mL de méthanol.

Après 24 heures de macération à température ambiante et sous agitation (250 rpm) (**Photo 04**) le contenu des flacons est filtré à l'aide du papier Wattman N°1. Les filtrats ainsi obtenus sont évaporé à sec sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif réglé à 45°C. Les résidus secs sont récupérés dans du méthanol pour une concentration finale de 250 g/l. Les extraits d'algue sont conservés à 4°C, dans des tubes en verre hermétiquement fermés.



**Photo 04 :** photo représente la macération de l'extrait algale *Dictyota dichotoma* à température ambiante et sous agitation (250 rpm) dans un flacon

Le rendement d'extraction est calculé selon la formule suivante :

$$R (\%) = \left( \frac{M}{M_0} \right) \times 100$$

Avec

R : Rendement exprimé en %

M : Masse en gramme du résidu sec résultant

$M_0$  : Masse en gramme du matériel végétal à traiter (10 g).

Le rendement d'extraction est déterminé par rapport de la poudre initial pour les différents extraits en appliquant la formule suivante :

$$\text{Rendement d'extraction (\%)} = \frac{P2 - P1}{P0} \cdot 100$$

Avec :

P1 : poids du ballon vide.

P2 : poids du ballon après l'évaporation du méthanol.

P0 : poids initial de la poudre végétal (10 g).

### II.2 Test de sensibilité des souches bactériennes :

Pour déterminer la sensibilité des souches bactériennes étudiées plusieurs antibiotiques ont été utilisés y compris la liste suivante : APM à 10 µg ; NA à 30µg ; IMI à 10µg ; FOX à 30µg ; AML à 30µg ; AMP à 10 µg ; CTX à 30 µg ; AKA à 30 µg ; CN à 10 µg ; TIM à 75 µg.

Les disques des ATBs ont été déposés à la surface d'un milieu gélosé (Müeller-Hinton Agar pour les souches bactériennes et préalablementensemencé avec un inoculum à 0.1 Macfarland des souches à étudier. La lecture fait après 24 heures d'incubation à 37°C pour les bactéries. La sensibilité des bactéries aux antibiotiques est appréciée selon le même protocole qu'avec les extraits d'algue brune.

### II.3 Tests antibactériennes de l'extrait organique

Une seule méthode a été employées pour l'évaluation de l'effet antibactérien des différents extraits bruts de l'algue marine brune *Dictyota dichotoma* (Bouterfas et al., 2014).

La méthode de diffusion à partir d'un puits sur gélose Müeller-Hinton Agar qui permette la mise en évidence de l'activité antibactérienne de notre extrait.

#### II.3.1 Préparation de l'inoculum

##### II.3.1 .1 Préparation de pré-culture

Les souches bactériennes à tester ont été cultivées dans un milieu liquide bouillon nutritif (BN) Après incubation pendant 24 heures à 37°C, un deuxième repiquage est réalisé dans des boites de pétri contenant de la gélose (MH) puis incubées à 37°C pendant 18 heures

##### II.3.1 .2 Préparation de la suspension

A partir des cultures jeunes sur milieu MH, en mettant quelques colonies bactériennes identique et isolé dans une solution saline (9ml d'eau physiologique stérile).

L'agitation se fait à l'aide d'un vortex pendant quelque secondes suivie d'une mesure la densité optique à l'aide d'un spectrophotomètre réglé sur une longueur d'onde de 620 nm. On admet une DO comprise entre 0,08 et 0,1.

#### II.3.2 Technique de diffusion en milieu solide

##### II.3.2.1 méthode des puits

L'activité inhibitrice de l'extrait organique de *Dictyota dichotoma* obtenu est testée par la méthode des puits. Le méthanol 95% est utilisé comme témoin négatif.

La lecture des résultats s'effectue en mesurant le diamètre des zones d'inhibition qui se traduit par un halo translucide autour du puits après 24 heures d'incubation à 37°C pour les bactéries. Des aliquotes de 30 ; 60 ; et 100µl de chaque extrait sont introduits dans des puits de 6 mm de diamètre, dans la gélose Müeller-Hinton Agar préalablementensemencée par

écouvillonnage avec l'inoculum de chaque bactérie à tester. Les diamètres des zones d'inhibition seront alors mesurés à l'aide d'un pied à coulisse.

### **II.4. Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice CMI**

La détermination des CMI est faite en milieu Brain Heat Infusion Broth B.H.I.B

Pour déterminer la valeur de la CMI de l'extrait algale de *Dictyota dichotoma*, on introduit dans des tubes à essais contenant 9 ml de bouillon B.H.I.B contenant 0,5% de Tween 80, différents volumes de l'extrait algale (5,10, 20, 40, 60,100 µl).

Une autre série de tubes sans extrait, servant de témoin de croissance, a été préparé.

Les tubes à essais sont ensuite inoculés par les cultures bactériennes préparées dans l'eau physiologique à une densité optique de 0,08 à 0,1 déterminée à 620 nm.

Après incubation, la croissance des bactéries sera comparée à celle du témoin. La CMI est définie comme la plus petite concentration de produit pour laquelle aucune croissance bactérienne n'est visible comparativement au témoin sans extrait d'algue.

### **I-Rendement de l'extrait algal et ses caractéristiques**

L'extraction est une étape très importante pour l'isolement et l'identification des principes actifs à haute valeur ajoutée à partir de la matière végétale, notamment le cas des métabolites secondaire, qui suscitent actuellement beaucoup d'intérêt grâce à leur activités biologiques diverses en particulier leur propriétés antibactérienne.

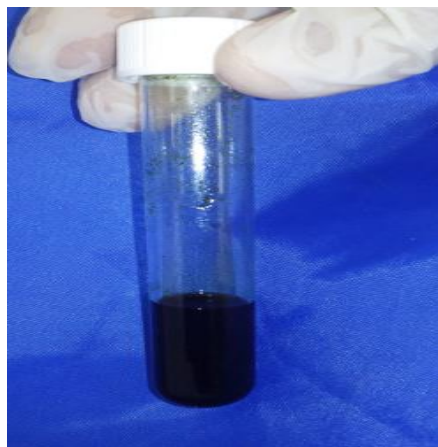
Dans notre travail, nous avons opté pour le méthanol comme solvant d'extraction, car les solvants alcooliques (Ethanol, méthanol) donnent de meilleur taux d'extraction et sont hautement sélectif pour les polyphénols (**Sipgno et al., 2007**).

L'extrait obtenu à une consistance liquide, avec une couleur verdâtre et une odeur caractéristique (**Photo 05**).

Le rendement d'extraction de notre algue marine étudiée en utilisant le méthanol comme solvant égale à 14.9%.

Plusieurs études antérieures ont rapportés que le choix adéquat de solvant ayant un meilleur rendement lors de l'extraction de l'algues brunes ou même rouges dépend beaucoup plus de la composition de l'extrait et aussi de la nature des métabolites secondaires ciblées dont le plus souvent le méthanol semble être le plus utilisé en le comparant avec d'autres solvants tels que l'hexane et/ou l'acétone (**Boussaada et al., 2012, Yagoubi.,2016 ; Berkane et Takhi.,2016**)

De même, la variation du rendement d'extraction est due à l'effet de la nature du solvant, la composition chimique des algues qui dépend de l'espèce, selon le stade de développement, les facteurs environnementales, la localisation géographique des algues, et les conditions saisonnières (**Balboa et al, 2013**).



**Photo 05:** Photo de l'extrait méthanolique d'algue brune *Dictyota dichotom*

## **II. L'activité antibactérienne**

### **II.1. Résultats de tests de sensibilité aux antibiotiques**

Face aux problèmes de la résistance bactérienne aux antibiotiques synthétiques, beaucoup de travaux ont été menés sur le pouvoir antimicrobien des extraits des algues marines. Lors de cette étude, nous avons évalué l'activité antibactérienne d'algue marine *Dictyota dichotoma* de la cote de Salamandre (Mostaganem-Algérie) vis-à-vis de cinq souches bactériennes y compris trois souches à gram négatif (*Escherichia coli*, *Klebiciella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginos*,) et deux sont à gram positif (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*)

L'antibiogramme consiste à rechercher la sensibilité des souches vis-à-vis des antibiotiques. Les **Tableau (05)** reportent les valeurs, en millimètre, des zones d'inhibitions estimées avec les différentes souches étudiées.

**Tableau 05** : Résultats de l'antibiogramme des germes étudiés en présence de quelques antibiotiques.

Antibiotique	Diamètre de la zone d'inhibition (mm)				
	Gram Négatif			Gram positif	
	<i>Ec</i>	<i>Pa</i>	<i>Kp</i>	<i>Sa</i>	<i>Bs</i>
<b>NA : 30µg</b>	20.65	6 ±0	17,55	7.8	11.55
<b>IMI: 10µg</b>	6 ±0	6 ±0	6 ±0	6 ±0	6 ±0
<b>FOX : 30µg</b>	23.55	6 ±0	17.8	28.4	12.4
<b>AML:30µg</b>	10.5	6 ±0	6 ±0	44.55	6 ±0
<b>AMP:10 µg</b>	10.35	6 ±0	6 ±0	41.75	6 ±0
<b>CTX : 30 µg</b>	27.97	14.3	29.75	25.2	6 ±0
<b>AKA : 30 µg</b>	24.35	25.25	20.8	28.15	27.1
<b>CN : 10 µg</b>	21.07	19.65	20.5	27.15	24.15
<b>TIM : 75 µg</b>	12.45	6 ±0	6 ±0	29.2	6 ±0

*Ec* : *Escherichia coli* ; *Pa*: *Pseudomonas aeruginosa*; *Kp* : *Klebsiella pneumoniae* ; *Sa* : *Staphylococcus aureus* ; *Bs*: *Bacillus subtilis*

NA: Acide Nalidixique; IMI: Imipenème ; FOX: Cefoxitine ; AML: Amoxicilline ; AMP: Ampicilline ; CTX: Céfataxime ; AKA: Amikacin.;

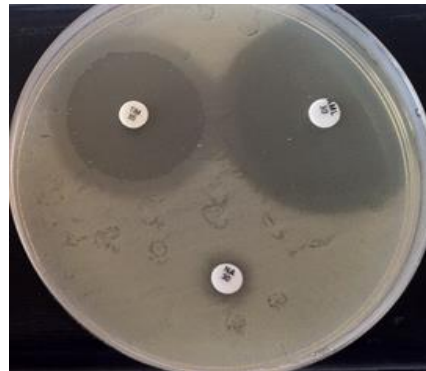
CN: Gentamicine; TIM: Ticarciline

Ces mêmes résultats sont également présentés dans la **photo (06)** dont nous remarquons que les différents antibiotiques possèdent des effets distincts sur les bactéries testées.

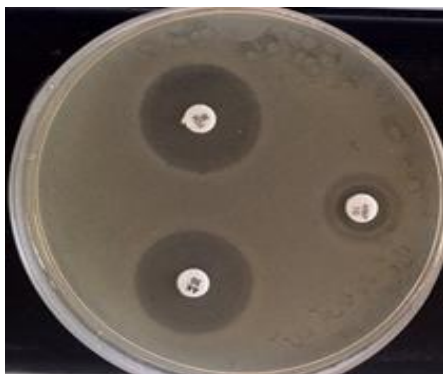
Généralement, nous supposons que la sensibilité d'un germe est nulle pour un diamètre inférieur ou égal à 8 mm ; la sensibilité est limitée pour un diamètre compris entre 8 et 14 mm. Elle est moyenne pour un diamètre entre 14 et 20 mm. Pour un diamètre supérieur ou égal à 20 mm le germe est très sensible (**Duraffourd et al., 1990**)



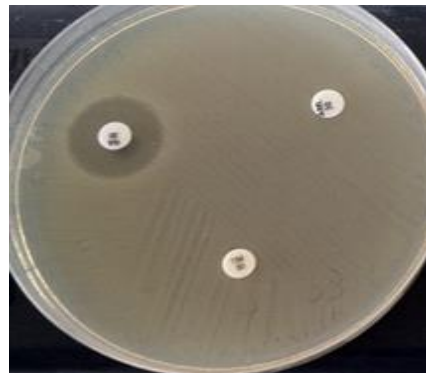
*Bacillus subtilis*



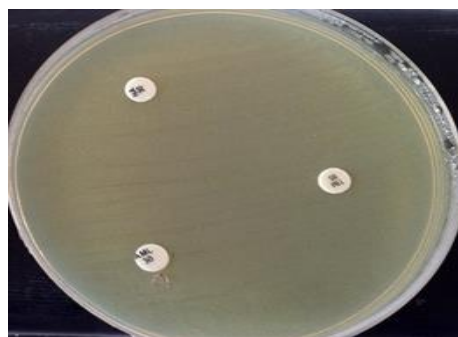
*Staphylococcus aureus*



*Escherichia coli*



*Klebsiella pneumoniae*



*Pseudomonas aeruginosa*

**Photo 06** : Sensibilité des bactéries aux différents antibiotiques testés.

D'après le **tableau (05)** les résultats indiquent que les bactéries testées sont multirésistances vis-à-vis IMI. On constate que parmi les souches étudiées à Gram Négatif *Pseudomonas aeruginosa* et *Klebsiella pneumoniae* se révèlent résistantes vis-à-vis de la plus part des antibiotiques testés, tandis que, la bactérie *E. coli* semble être résistante uniquement à l'IMI.

D'autre part en analysant la résistance des bactéries Gram positif vis-à-vis de la liste des antibiotiques testés nous retrouvons que *Bacillus subtilis* est résistante pour cinq antibiotiques y compris : IMI, AML, AMP, CTX et TIM avec en revanche une sensibilité moyenne vis-à-vis de NA, et FOX et forte sensibilité aux AKA, CN.

*Staphylococcus aureus* à son tour semble être plus sensible à la plupart des antibiotiques testés.

Nos résultats sont en accord avec ceux de Yakhlef et ses co-équipiers (2011) qui ont rapporté que les bactéries à Gram positif sont le plus souvent sensibles à la majorité des antibiotiques testés par rapport aux bactéries à Gram Négatif.

## **II-2 Evaluation de l'activité antibactérienne par la méthode de diffusion sur puits**

L'activité inhibitrice de l'extrait algale de *Dictyota dichotoma* sur la croissance de cinq souches bactérienne pathogènes a été étudiée. La technique de diffusion sur des puits a été utilisée pour évaluer l'inhibition des bactéries.

Le choix des souches microbiennes utilisées dans ce test biologique a été dicté par l'effet pathogène qu'elles provoquent en cas de maladie, telles que les diarrhées, conjonctivite...etc.

Les résultats du test de sensibilité bactérienne au l'extrait de notre algue brune sont regroupés dans le **Tableau(06)**. Les valeurs indiquées sont les moyennes de deux mesures.

L'action bactériostatique se traduit par l'apparition d'une zone d'inhibition autour du puits. Le diamètre de la zone d'inhibition diffère d'une bactérie à une autre.

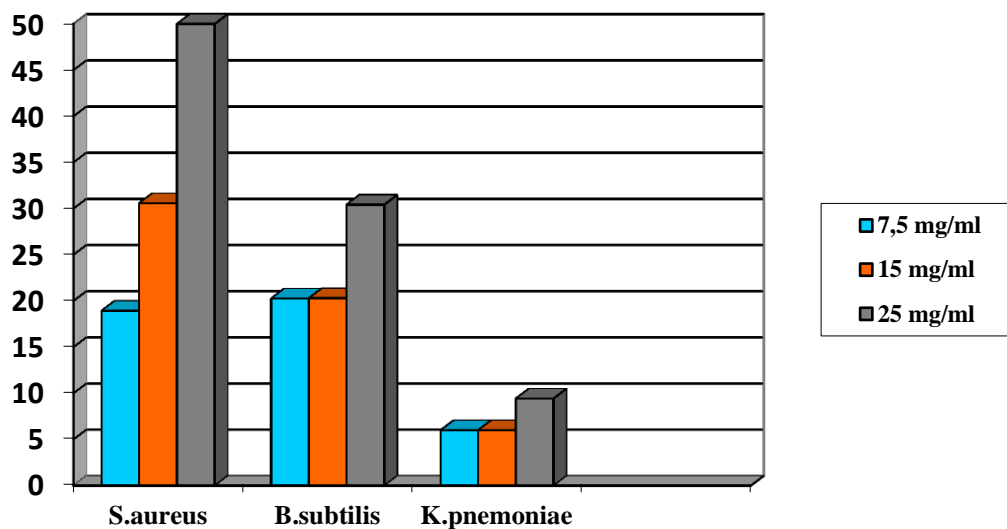
Selon (**Berche et al, 1991**) un extrait est considéré actif lorsqu'il induit une zone d'inhibition supérieure ou égale à 10 mm.

**Tableau 06 :** Diamètres (mm) des zones d'inhibition de l'effet antibactérien de l'extrait méthanolique de l'algue brune déterminé par la méthode de puits

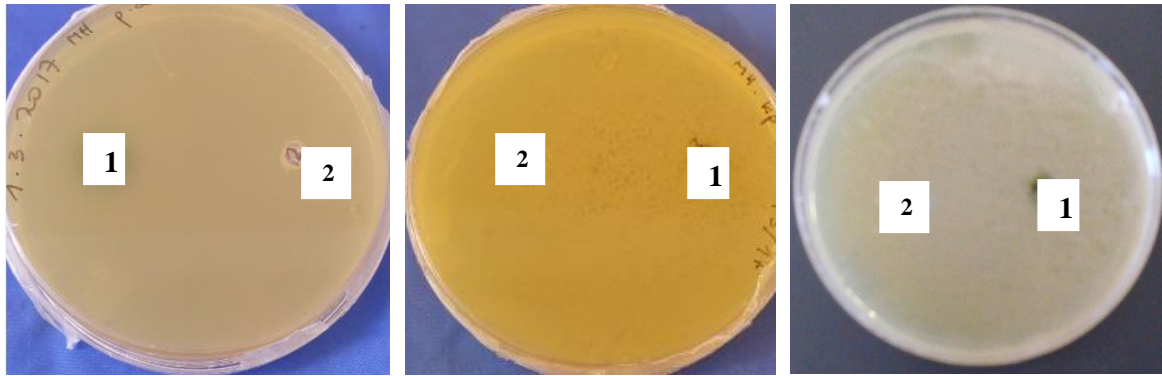
Type de Bactérie	Microorganismes testés	Diamètre de la zone d'inhibition (mm)		
		7,5 mg/ml	15 mg/ml	25 mg/ml
Gram positif	<i>Staphylococcus aureus</i>	18.93±1.01	30.59±0.50	52±0.13
	<i>Bacillus subtilis</i>	20.26±0.12	20.29±2.12	30.42±0.50
Gram négatif	<i>Escherichia coli</i>	6±0	6±0	6±0
	<i>Klebiciella pneumoniae</i>	6±0	6±0	9.43±0.05
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	6±0	6±0	6±0

Le méthanol pur, utilisé comme solvant de solubilisation des résidus secs d'algue brune ne présente aucun effet antibactérien sur les souches étudiées.

Trois concentrations de l'extrait de l'algue brune *Dictyota dichotoma* ont été utilisés (7,5mg/ml ,15mg/ml, 25mg/ml).Les résultats correspondants sont également récapitulés dans l'histogramme suivant et/ou dans les photos (08, 09 et 10)



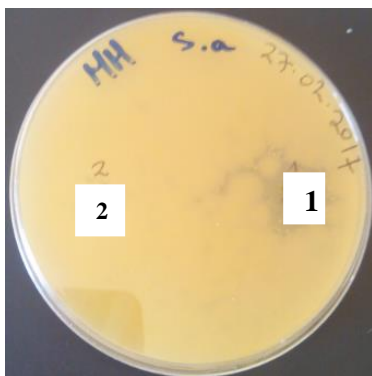
**Figure 07:** Histogramme de la zone d'inhibition de *S. aureus* ; *B.subtilis* ; *K. pnemoniae* avec le volume de différents extraits de *Dictyota dichotoma*



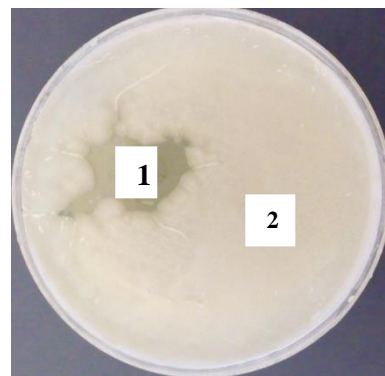
*Escherichia coli*

*Pseudomonas aeruginosa*

*Klebsiella pneumoniae*

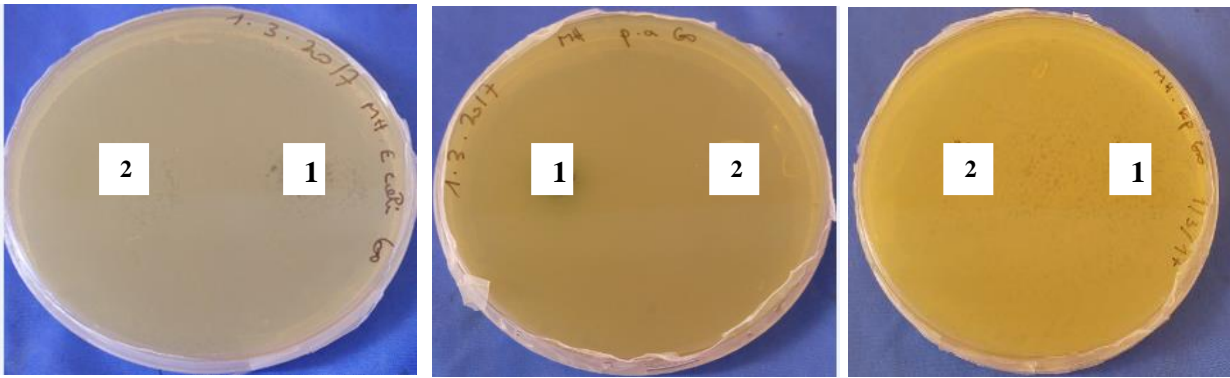


*Staphylococcus aureus*



*Bacillus subtilis*

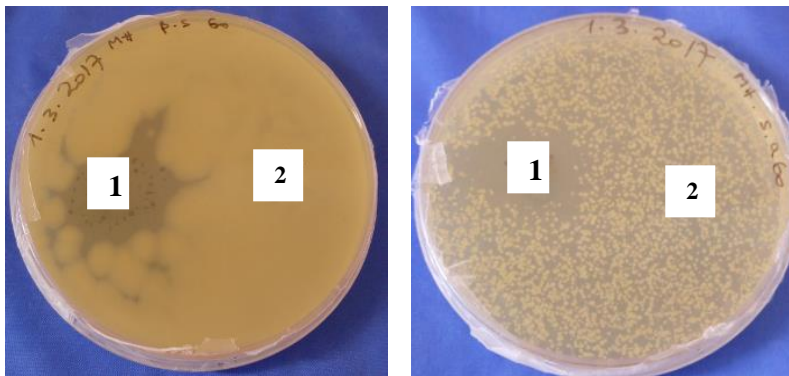
**Photo 08 :** Résultats de l'effet d'extrait de *Dictyota dichotoma* (Concentration 7,5mg/ml) sur les souches bactériennes par la méthode de diffusion sur puits.



*Escherichia coli*

*Pseudomonas aeruginosa*

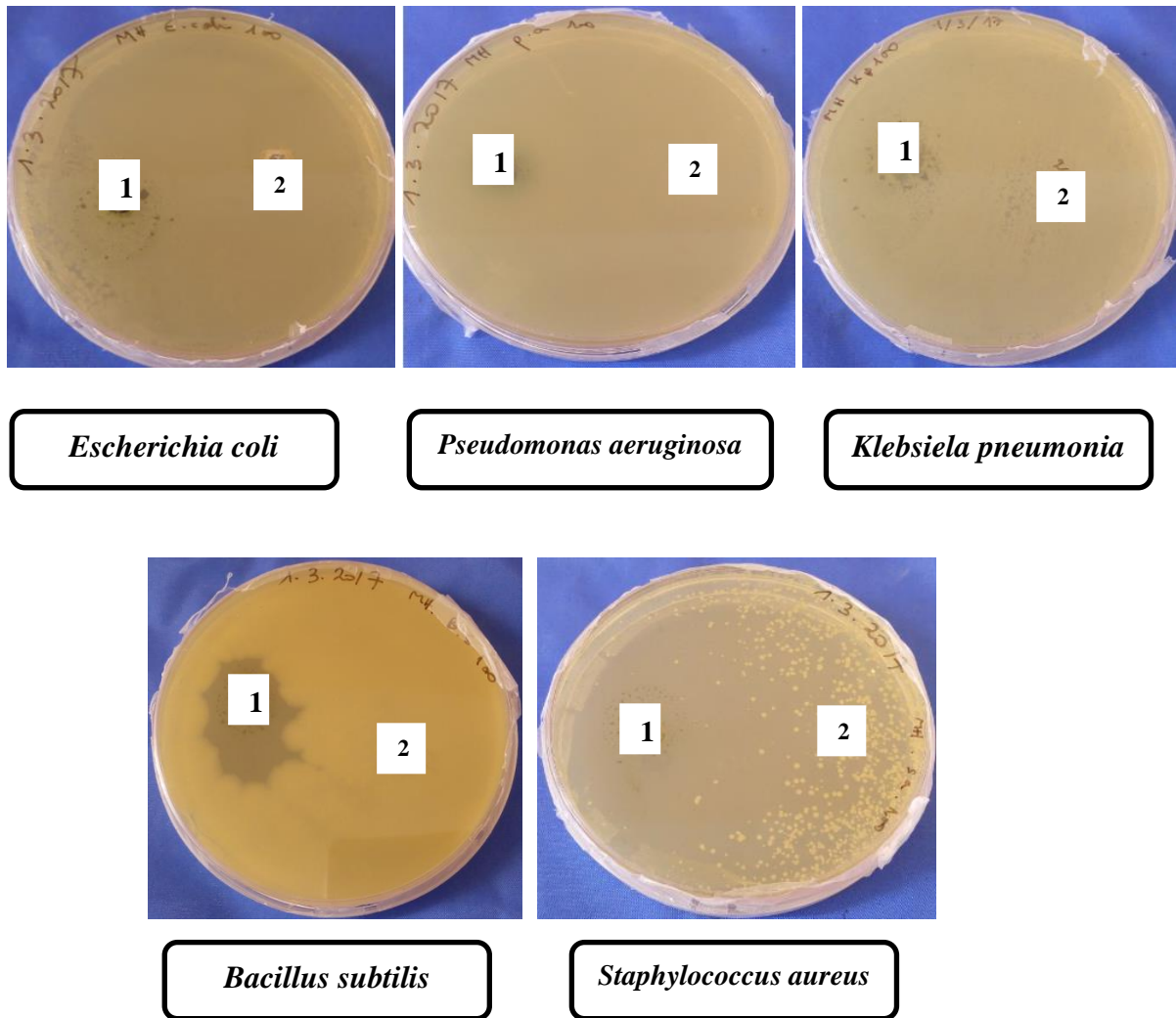
*Klebsiella pneumonia*



*Bacillus subtilis*

*Staphylococcus aureus*

**Photo 09:** Résultats de l'effet d'extrait de *Dictyota dichotoma* (Concentration 15 mg/ml) sur les souches bactériennes par la méthode de diffusion sur puits.



**Photo 10:** Résultats de l'effet d'extrait de *Dictyota dichotoma* (Concentration 25mg/ml) sur les souches bactériennes par la méthode de diffusion sur puits.

Les diamètres des zones d'inhibition varient entre  $9.43 \pm 0.05$  et  $30.59 \pm 0.50$  mm.

Cet effet est mis en évidence par la mesure de l'étendue d'inhibition développée sur la boîte de Pétri autour du puits renfermant l'extrait d'algue *Dictyota dichotoma* dont la zone d'inhibition se caractérise par l'absence de développement d'aucune bactérie et ayant un aspect très clair.

Selon les résultats obtenues l'extrait de l'algue brune inhibe fortement les bactéries Gram (+) par rapport aux bactéries Gram (-), dont nous remarquons d'un part l'efficacité de notre extrait est positive sur *Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis* et d'autre part une absence d'activité inhibitrice sur la croissance d'*Escherichia coli*, ainsi que *Pseudomonas aeruginosa*.

Nos résultats obtenus sont en accord avec les résultats de (**Pesando et Caram, 1984 ; Tajbak hs et al., 2011 Berber et al., 2015**) dont ils ont rapportés que l'extrait d'algue brune inhibe fortement les bactéries Gram (+) par rapport aux bactéries Gram (-).

Ceci peut être expliqué par la différence structurale entre les bactéries Gram (+) et Gram (-) dont les bactéries Gram négatif, ont une membrane externe composée de phospholipides, de protéines et riche en molécules de lipopolysaccharides, rendant leur membrane comme une barrière imperméable suite à une diminution de la polarité membranaire ce qui empêche l'entrée de substance environnementale comme les antibiotiques et les anti-inhibiteurs (**Mendes et al., 2013 ;Bouterfas et al.,2014**).

De même cette membrane est associée à des enzymes dans l'espace périplasmique qui pouvant décomposer toute molécule introduite de l'extérieur (**Adaykalaraj et al., 2012**).

En revanche, la sensibilité des bactéries Gram-positif peut être expliqué par l'absence d'une telle barrière membranaire avec la présence d'une couche de peptidoglycane externe (**Abirami et al., 2012**).

### **II.3 Evaluation de la concentration minimale inhibitrice (CMI)**

La CMI est définie comme étant la plus basse concentration capable d'empêcher une croissance bactérienne visible. La CMI n'est pas totalement bactéricide et une partie de l'inoculum est capable de se développée après disparition du composé inhibiteur (**Mann et Markham., 1998**).

Nous rapportons dans le **Tableau 07**, les CMI de notre extrait sur trois bactéries constatés lors de l'étude en milieu solide, qui sont obtenues par la méthode de puits en milieu gélosé. Les CMI sont inversement proportionnelles aux diamètres des zones d'inhibitions.

La CMI est déterminée comme étant la concentration minimale de l'extrait qui inhibe la croissance de la population bactérienne après un temps d'incubation de 24 heures à 37°C.

**Aligiannis et ses coéquipiers (2001)** ont proposé une classification des extraits du matériel végétal sur la base des résultats des CMI, comme suit :

- forte inhibition : CMI inférieure à 500 µg/ml
- inhibition modérée : CMI varie de 600 à 1 500 µg/ml
- faible inhibition : CMI supérieure à 1 600 µg/ml

Nous rapportons dans le **Tableau (07)** le CMI de notre extrait.

---

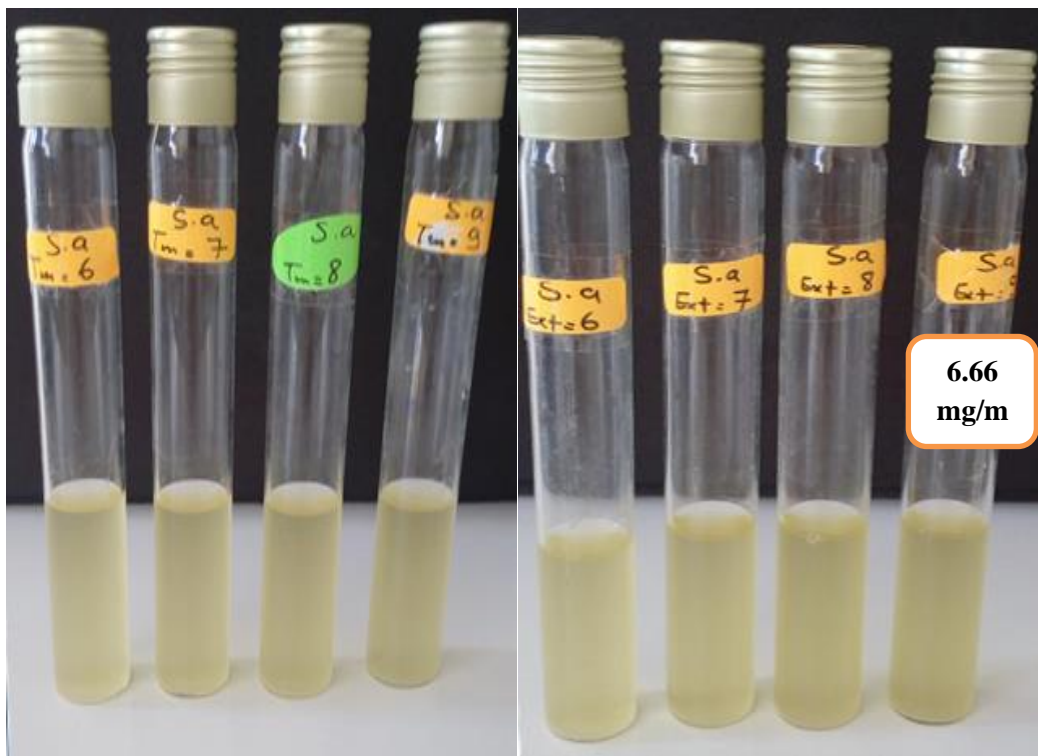
**Tableau07:** les concentrations minimales inhibitrices de l'extrait de l'algue brune

---

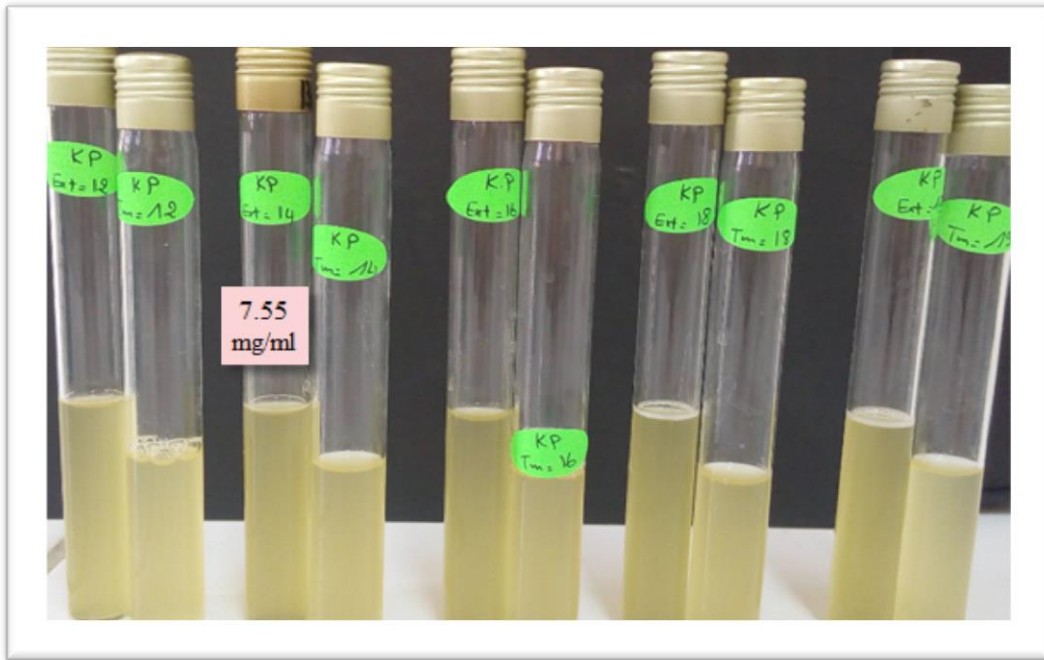
Souche bactérienne		CMI (mg/mL)
Gram positif	<i>Staphylococcus aureus</i>	6.66 mg/ml
	<i>Bacillus subtilis</i>	7.55 mg/ml
Gram négatif	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	7.55 mg/ml

Ainsi selon cette classification, on constate une faible inhibition avec l'extrait de *Dictyota dichotoma* sur des bactéries testées **Photo11**.

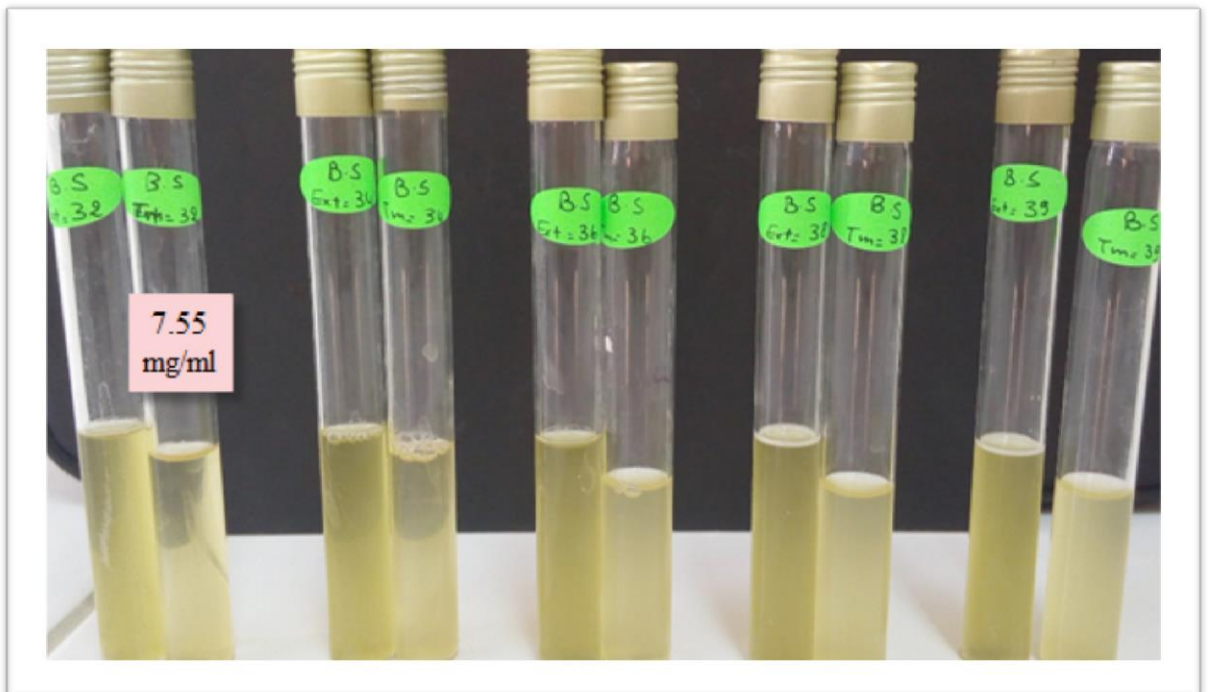
Les différences observées pour les valeurs de CMI peuvent s'expliquer par la présence de composés antibactériens dans l'extrait d'algue à différentes concentrations, mais aussi par rapport au choix des techniques utilisées.



**Photo11** : Résultats de détermination de la concentration minimale inhibitrice de l'extrait de *Dictyota dichotoma* sur *Staphylococcus aureus*



**Photo 12 :** Résultats de détermination de la concentration minimale inhibitrice de l'extrait de *Dictyota dichotoma* sur *Klebsiella pneumoniae*



**Photo 13 :** Résultats de détermination de la concentration minimale inhibitrice de l'extrait de *Dictyota dichotoma* sur *Bacillus subtilis*

Le littoral algérien s'étend sur près de 1200 km renfermant entre autres une flore trop riche et diversifiée y compris les algues marines. Ces dernières sont connues par leur composition riche en composés phénoliques.

Plusieurs études ont rapportés les propriétés biologiques des composés phénoliques des algues marines notamment l'activité antioxydante et antiradicalaire tandis que l'évaluation de l'activité antimicrobienne de ces plantes n'a pas eu une telle attention.

Ceci nous a suscité pour consacrer la présente étude sur l'évaluation *in vitro* de l'activité antibactérienne l'extrait méthanoïque d'algue brune *Dictyota dichotoma* vis à vis cinq souches bactéries pathogènes dangereuses sur la santé humaine parmi lesquelles deux bactéries à Gram + et trois autres à Gram -.

En comparant la sensibilité des souches ciblées, nous ne remarquons une différence significative dans la susceptibilité entre les bactéries Gram positif et Gram négatif. Cela est en accord avec quelques études réalisées dans cette optique.

Il ressort de la présente étude que les algues marines étudiées peuvent être utilisées comme une bonne source naturelle d'agents anti Gram (+).

Comme perspectives, il serait envisageable d'identifier les molécules et/ou les composés responsables de cette activité antibactérienne tout en évaluant également leur cytotoxicité pour concevoir par la suite des nouveaux antibiotiques à base naturelle, de même l'étude des autres activités biologiques (antioxydantes, antifongiques et antiparasitaires...etc.) est également recommandée.

## Références bibliographique

---

### A

1. **Adaykalaraj, G., Patric, R.D., Johonson, M., janakiraman, N., Babu, A. (2012).** Antibacterial potential of selected red seaweeds from manapad coastal areas, Thoothukudi, Tamil Nadu, India. *Asian pacific Journal of tropical Biomedicine*, P1077-1088.
2. **AFSSA (Association Française de Sécurité Sanitaire des Aliments), (2006).** Hygiène domestique. CHU Bordeaux, (France).
3. **Ainane, T. (2011).** Valorisation de la biomasse algale du Maroc : Potentialités pharmacologiques et Applications environnementales, cas des algues brunes *Cystoseira tamariscifolia* et *Bifurcaria bifurcata*. Faculté des Sciences Ben M'sik Université Hassan II Casablanca. 185 pages.
4. **Aligiannis, N., Kalpotzakis, E., Mitaku, S., Chinou, I. B. (2001).** Composition and antimicrobial activity of the essential oils of two *Origanum* species. *J. Agric. Food Chem.* 40: 4168-4170.
5. **Ambreen ; Hira, K ; Amna ,T ; Ruqia ;Viqar ,S ; Jehan, A. (2012).** Evaluation of biochemical component and antimicrobial activity of some seaweeds occurring at Karachi *In vitro antioxydant properties of crude extract and compounds from brown algae coast.* *Pak. J. Bot.*, 44: 1799-1803.
6. **Amorim, R.D.D; Rodrigues, J.A.G; Holanda, M.L; Quindere, A.L.G; Paula, R.C.M; Melo, V.M.M; Benevides, N.M.B. (2012).** *Antimicrobial effect of a crude sulfated polysaccharide from the red seaweed Gracilaria ornata.* *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 55: 171–181.
7. **AVRIL, J.L. (2000).** Bactériologie clinique. 3ème Edition.

### B

8. **Balboa, M.E., conde, E., Moure, A., Falque, E., Dominguez, H. (2013).** *Food chemistry*, 138 : 1764-1785
9. **Barsanti, L., Gualtieri, P. (2006).** *Algae: Anatomy, biochemistry and biotechnology.* Ed. CRC press Taylor & Francis group. Boca Raton, London and New York, P: 320.
10. **Barsanti, L., Coltelli, P., Evangelista, V., Frassanito, A.M., Passarelli, V., Vesentini, N., Gualtieri, P. (2008).** *The world of algae In Algal toxins: Nature, occurrence, effect and detection.* Ed. NATO Science for Peace and Security Series A. Chemistry and Biology, Pisa, P: 398.
11. **Bel hadjs.K., Mahjoub, M.A., Ammar, S., Imed, F., Zine, M., Mahjoub, A. (2010).** *Propriétés antioxydantes de l'huile essentielle de Coridothymus capitatus (L.). Les Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales.* Faculté de Pharmacie- 5000 Monastir, Tunisie.

## Références bibliographique

---

12. Berche, P. (2003). *Bactériologie générale*. PCE M 2. Faculté de médecine Necker-Enfants malades (France). pp 89.
13. Berche, P. (1999). *Physiopathologie et diagnostic bactériologique des infections materno-infantiles à *Listeria monocytogenes**, Médecine thérapeutique/ Pédiatrie, Revu maladies mitochondriales, 2(1)
14. Bézanger, B., Pinkas, M., Totck, M., Trotin, F. (1980). *Les plantes médicinales des régions tempérées*. Edition Maloine. Pp 12-13.
15. Bhakuni, D.S., Rawat, D.S. (2005). *Bioactive marine natural products*. Ed. Anamaya. India, P:396.
16. Blanc, V., Mesa, R., Saco, M., Lavilla, S., Prats, G., Miro, B., Navarro, F., Corte´s, P., Llagostera, M. (2006). *ESBL - and plasmidic class C b-lactamase-producing *E. coli* strains isolated from poultry, pig and rabbit farms*. *Veterinary Microbiology*, 118: 299–304.
17. Blunt, J.W., Copp, B.R., Munro, M.H.G., Northcote, P.T., Prinsep, M.R. (2005). *Marine natural products*. *Natural Product Reports* 22: 15-61.
18. Blunt, J.W., Copp, B.R., Munro, M.H.G., Northcote, P.T., Prinsep, M.R. (2012). *Marine natural products*. *Natural Product Reports*, 29: 144-222.
19. Bouterfas, K. Z., Mehdadi, A., Latreche, L., Aouad, (2014). *Pouvoir antimicrobien des flavonoïdes extraits des feuilles de *Marrubium vulgare* L. en provenance du mont de Tessala (Algérie occidentale)*. *Pharmacognosie*. 6, 5-7.
20. Burtin, P. (2003). *Nutritional value of seaweeds*. *Electronic Journal of Environmental Agricultural and Food Chemistry*, 2 (4): 498-503.

## C

21. Chbani1., Mawlawi, H., Etahiri, S. (2011). *activité antibactérienne des extraits d'une algue brune *padina pavonica* de la côte méditerranéenne au liban*. *Phytothérapie* (2011) 9:283-286
22. Chiheb, I., Riadi, H., Martinez-Lopez, J., Dominguez Seglar, J.F, Gomez Vidal, J.A., Bouziane, H., Kadiri, M. (2009). *Screening of antibacterial activity in marine green and brown macroalgae from the coast of Morocco*. *Afr. J. of Biotechnol.* 8 (7): 1258-1262.
23. Chojnacka, K., Agnieszka, S., Zuzanna, W., Lukasz, T. (2012). *Biologically active compounds in seaweed extracts—the prospects for the application*. *The Open Conference Proceedings Journal*.3:20-28.
24. Colin, C., Leblanc, C., Wagner, E., Delage, L., Leize-Wagner, E., Van Dorsselaer, A., Kloareg, B., Potin, P. (2003). *The brown algal kelp *Laminaria digitata* features distinct bromoperoxidase and Iodoperoxidase Activities*. *Journal of Biological Chemistry* 278(26) :23545-23552.
25. Cumashi, A., shakova, N.A., Preobrazhenskaya, M.E., D'Incecco, A., Piccoli, A., Totani, L., Tinari, N., Morozevich, G.E., Berman, A.E., Bilan, M.I., Usov, A.,

## Références bibliographique

---

Ustyuzhanina, N.E., Grachev, A.A., Sanderson, C.J., Kelly, M., Rabinovich, G.A., Iacobelli, S., Nifantiev, N.E. (2007). *A comparative study of the antiinflammatory, anticoagulant, antiangiogenic, and antiadhesive activities of nine different fucoidans from brown seaweeds*. *Glycobiology*, (17): 541-552.

### D

26. Davis, T.A., Volesky, B., Mucci, A. (2003). *A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae*. *Water Research*, 37: 4311-4330.
27. De Clerck, O., Leliaert, F., Verbruggen, H., Lane, C.E., De Paula, J.C., Payo, D.A., Coppejans, E. (2006). *A revised classification of the Dictyoteae (Dictyotales, Phaeophyceae) based on rbc and 26S ribosomal DNA sequences analyses*. *Journal of Phycology*, 42 (6): 1271-1288.
28. Dejean-Arrecgros, J., Pierre, J.F. (1977). *Je découvre les algues marines et d'eaux douces*. Edition André Leson. Pp 32-33.
29. Delarras, C. (2007). *Microbiologie Pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire*. Edition Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
30. Dhargalkar, V. K., Pereira, N. (2005). *Seaweed: Promising plant of the millennium*. *Science and culture*, 71: 60-66.
31. Dhargalkar, V.K., Verlecar, X.N. (2009). *Southern ocean seaweeds: A resource for exploration in food and drugs*. *Aquaculture*, 287: 229-242.
32. Donadieu, Y., Basire, J. (1985). *Les algues : thérapeutiques naturelles*. Edition Maloine. Pp. 36- 40.
33. Duan, X.J., Zhang, W.W., Li, X.M., Wang, B.G. (2006). *Evaluation of antioxidant property of extract and fractions obtained from a red alga, Polysiphonia urceolata*. *Food Chemistry*, 95: 37-43.
34. Duraffourd, C., D'Hervicourt, L., Lapraz, J.C. (1990). *Cahiers de phytothérapie clinique. Examens de laboratoire galénique. Eléments thérapeutiques synergiques*. 2ème éd. Masson, Paris.

### E

35. Euzéby, J.P. (2008). *Dictionnaire de bactériologie vétérinaire*.
36. Euzéby, J.P. (2010). *List of Bacterial Names with Standing in Nomenclature*. *International Journal of Systematic Bacteriology* 47 : 13-17.

### F

37. Federighi, M. (2005). *Bactériologie Alimentaire compendium d'hygiène des aliments*. 2ème Edition, Economica. 292 pages.

### G

38. Ganesan, P., Kumar, C.S., Bhaskar, N. (2008). *Antioxidant properties of methanol extract and its solvent fractions obtained from selected Indian red seaweeds*. *Bioresource Technology*, 99: 2717-2723.

## *Références bibliographique*

---

39. **Gayral, P. (1975).** *Les algues: Morphologie cytologie reproduction écologie.* Ed. Doin. Paris, P:166.
40. **Gayral, P., Cosson, J. (1986).** *Connaître et reconnaître les algues marines.* Connaitre et reconnaître : p 220.
41. **Géraldine ; Céline, L. (2009).** *Les algues le trésor de la mer.* Heds, Haute école de santé Genève, 1-6.
42. **Glombitza, K.W., Keusgen, M. (1995).** *Fuhalols and deshydroxyfuhalols from the brown alga Sargassum spinuligerum.* Phytochemistry 38: 987-95.
43. **Greenblat, C. L., Baum, J. (2004).** "Micrococcus luteus – Survival in Amber." Microbial Ecology: 120-127.
44. **Guillaume, P. (2010).** *caractérisation biochimique d'exopolymères d'origine algal du bassin de marrennes-Oléron et études des propriétés physico-chimiques de surfaces de micro-organismes. Impliquées dans leur adhésion.* Thèse Doctorat en biochimie. Université de la Rochelle, France.

### **H**

45. **Hart, T., Shears, P. (1997).** *Atlas de poche de microbiologie I*" édition : p 71-75.
46. **Heo, S.J., Park, E.J., Lee, K.W., Jeon, Y.J. (2005).** *Antioxidant activities of enzymatic extracts from brown seaweeds.* Bioresource Technology, 96: 1613-1623.

### **I**

47. **Ismail, A., Hong, S.T. (2002).** *Antioxidant Activity of Selected Commercial Seaweeds.* Mal Journal of Nutrition, 8 (2): 167-177.

### **J**

48. **Jayaraj, J., Wan, A., Rahman, M., Punja, Z.K. (2008).** *Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot.* Crop Protection. 27: 1360-1366.
49. **Joly, B., Reynaud, A. (2002).** *Entérobactéries : Systématique et Méthode de diagnostic.* Tec & Doc, Lavoisier.
50. **Julie, P., Danielle, L., Daniel, M. (2010).** *Algues, filières du futur Livre Turquoise.* adebiohech: 163 pages.
51. **Karacalar, U., Turan, G. (2008).** *Microbiological assays on edible seaweed Ulva Lactuca (L.) cultured in outdoor tanks.* Journal of Applied Biological Sciences, 2(2): 27-30.
52. **Kuda, T., Tsunekawa, M., Goto, H., Araki, Y. (2005).** *Antioxidant properties of four edible algae harvested in the Noto Peninsula, Japan.* Journal of Food Composition and Analysis. 18: 625–633.

## Références bibliographique

---

53. Kumar, J.I.1.N., Kumar, R.N., Patel, K., Viyol, S., Bhoi, R. (2009). *Nutrient composition and calorific value of some seaweeds from bet dwarka, west coast of Gujarat, India. Our Nature, 7:18-25.*

### L

54. La Barre, S., Potin, P., Leblanc, C., Delage, L. (2010). *The halogenated metabolism of brown algae (Phaeophyta), its biological importance and its environmental significance. Marine Drugs 8 (4) : 988-1010.*
55. Larpent, J.P. (1997). *Microbiologie Alimentaire, Techniques de laboratoire. Tec & Doc, Lavoisier, pp 1074.*
56. Li, Y.X., Kim, S.K. (2011). *Utilization of Seaweed Derived Ingredients as Potential Antioxidants and Functional Ingredients in the Food Industry: An Overview. Food Sci. Biotechnol. 20: 1461-1466.*

### M

57. Manivannan, K., Thirumaran, G., Devi, G.K., Hemalatha, A., Anantharaman, P. (2008). *Biochemical composition of seaweeds from Mandapam coastal regions along southeast coast of India. American-Eurasian Journal of Botany, 1 (2): 32-37.*
58. Manivannan, K., Thirumaran, G., Devi, G.K., Hemalatha, A., Anantharaman, P., 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 (2): 72-77.*
59. Marinlit, D. (2013). *Marinlit Database Version 17.3, Department of Chemistry, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand*  
<http://www.chem.canterbury.ac.nz/marinlit/marinlit.shtml>
60. Martin, P., Jacquet, C. (2000). *Centre national de référence des Listeria, Institut Pasteur.*
61. Maschek, J.A., Baker, B.J. (2008). *The chemistry of algal secondary metabolism In Algal chemical ecology. Ed. Birmingham. USA, P: 322.*
62. Mendes, M., Pereira, R., Sousa Pinto, I., Carvalho, A.P., Gomes, A.M. (2013). *Antimicrobial activity and lipid profile of seaweed extracts from the north portuguese coast. International food research journal, Vol.20, N°6, P337-3345.*
63. Mohamed, S., Hachim, S.N., Rahman, A.H.(2012). *seaweeds :A sustainable functional food for complementary and alternative therapy. food science& technology(23) :83-96*
64. Moujahid, A., Bencharki, B., Hilali, L., Bagri, A., Najim, L. (2004). *Activités antibactérienne et antifongique des extraits d'algues marines d'origine marocaine. Biologie & Santé. 4 (2): 298-305*

### N

65. Nabors, M. (2009). *Biologie végétale structure, fonctionnement et biotechnologies.nouveaux nabors.614 pages.*
66. Naegelé, E., Naegelé, A. (1967). *Les algues. Ed. Presses universitaire de France. Paris, P: 127. of Experimental Botany 58 (15-16): 4365 – 4372*

### O

67. **Ozenda, P. (2000).** *Les végétaux : organisation et diversité biologique.* Edition Dunod. Pp. 65-69.

### P

68. **Paula, J.C.D., Vallim, M.A., Teixeira, V.L. (2011).** *What are and where are the bioactive terpenoids metabolites from Dictyotaceae (Phaeophyceae).* Revista Brasileira de Farmacognosia, 21: 216-228.
69. **Peiffer, B. (2000).** *Intoxications causées par bacillus cereus.*  
file <http://www.bacillus.cereus.htm>.
70. **Pérez, R. (1997).** *ces algues qui nous entourent.* Edition quae : 272p
71. **Pflugmacher, S., Olin, M., Kankaanpää, H. (2007).** *Nodularin induces oxidative stress in the Baltic Sea brown alga Fucus vesiculosus (Phaeophyceae).* Marine Environmental Research. 64: 149-159.
72. **Ponce, A.G., Fritz, R., del Valle, C., Roura, S.I.(2003).** *Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swisschard.* LWT. Food SciTechnol 36: 679–84.
73. **Potin, P., Bouarab, K., Küpper, F., Kloareg, B.(1999).** *Oligosaccharide recognition signals and defence reactions in marine plant-microbe interactions.* Current Opinion in Microbiology 2 (3): 276-283.
74. **Potin, P., Bouarab, K., Salaün, J.P., Pohnert, G., Kloareg, B. (2002).** *Biotic interactions of marine algae.* Current Opinion in Plant Biology 5 (4): 308-317.
75. **Prescott, M.L., Harley, J.P., Kleen, A.D. (2003).** *Microbiologie.2<sup>ème</sup> édition Française.* pp578.

### R

76. **Raud, P.(2003).** *Etude de la diversité génétique des souches de Klebsiella pneumoniae productrice de la bêta-lactamase à spectre étendu (BLSE), isolé au C.H.U de Nantes, de 1990 à 2001.* Thèse de doctorat en microbiologie. Université de Nantes, France.
77. **Remirez, D., González, A., Merino, N., González, R., Ancheta, O., Romay, C., Rodriguez, S. (1999).** *effect of phycocyanin in zymosan induced arthritis in mice phycocyanin as an antiarthritic compound .*drug development research 48 :70-75
78. **Ruzicka, L. (1959).** *History of the isoprene rule.* Proceedings of the Chemical Society 341.

### S

79. Sathya, R., Kanaga, N., Sankar, P., Jeeva, S.(2013). *Antioxidant properties of phlorotannins from brown seaweed Cystoseira trinodis*. Arabian Journal of Chemistry.1-7.
80. Scheen, A.J.(2004). *Le médicament du mois Insuline glargine*. Revue médicale de Liège, 59 (2) : 110-114.
81. Shanmugam, A., Palpandi, C. (2008). *Biochemical composition and fatty acid profile in the green alga Ulva riticulata*. Asian journal of biochemistry, 3(1): 26-31.
82. Simeonidis, D. (1995). *Guide sous-marin du bassin méditerranéen : faune et flore*. Delachaux et Niestlé 1: 160 p.
83. Singleton.(1984).*Bactériologie*.4 éme édition. Dunod, (paris).317p.
84. Souhaili, Z., Mohammad, H., Noureddine, H., Mohamed, F.(2008). *Effet léthal de l'extrait aqueux de l'algue brune marine (Cystoseira tamariscifolia) sur la souris et sur les cellules tumorales du myélome murin*. Afrique SCIENCE 04(3) : 580 - 590

### T

85. Tüney, I., Çadirci, B.H., Ünal, D., Sukatar, A. (2006). *Antimicrobial Activities of the Extracts of Marine Algae from the Coast of Urla (Izmir, Turkey)*. Turk J Biol, 30: 171-175.

### V

86. Venugopal, V. (2009). *Marine products for healthcare functional and bioactive nutraceutical compounds from the ocean*. Ed. CRC press Taylor & Francis group. Boca Raton, London and New York, P: 552.

### W

87. Weinberger, F., Coquempot, B., Forner, S., Morin, P., Kloareg, B., Potin, P. (2007). *Different regulation of haloperoxidation during agar oligosaccharide-activated defence mechanisms in two related red algae, Gracilaria sp. and Gracilaria chilensis*. Journal of Experimental Botany 58 (15-16) 4365-4372.
88. .Wijesinghe,W.A.J.P., Jeon,Y.J. (2012). *Enzyme-assistant extraction (EAE) of bioactive components: A useful approach for recovery of industrially important metabolites from seaweeds. A review*. Fitoterapia 83: 6–12.

### Y

89. **Yagoubi, S. (2016).** *étude de l'activité antimicrobienne de l'algue brune dictyota dichotoma de la cote marine de salamandre (Mostaganem).* mémoire de master en microbiologie. Université amar telidji laghouat.40 p
90. **Yan, X., Chuda, Y., Suzuki, M. (1999).** *Fucoxanthin as the major antioxidant in Hijikia fusiformis, a common edible seaweed.* Biosci Biotechnol Biochem, 63: 605-7.
91. **Yang, J., Nan, W., Yu-Jie, F., Wei, W., Meng, L., Chun-Jian, Z., Yuan-Gang, Z., Xiao-Lei, L.(2011).** *Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Rosemary.* Environmental toxicology and pharmacology. 32, 63-68.

### Z

92. **Zahra, R., Mehrnaz, M., Farzaneh, V., Kohzad, S. (2008).** *Antioxidant activity of extract from a brown alga, Sargassum boveanum.* African Journal of Biotechnology. 6 (24): 2740-2745.

*Annexes I*

*Composition de différents milieux utilisés :*

**Bouillon cœur-cervelle (BHIB) :**

**Composition :**

Infusion de cervelle de veau.....	12.5g
Infusion de cœur de bœuf.....	5.0g
Peptone.....	10.0g
Glucose.....	2.0g
Chlorure de sodium.....	2.0g
Phosphatase di sodique.....	5g
pH= 7.4	

**Mueller-Hinton agar (M.H.A) :**

Infusion de viande de bœuf.....	300 cm <sup>3</sup>
Peptone de caséine.....	17.5g
Amidon de maïs.....	1.5g
Agar .....	17g
Eau distillé.....	1000ml
PH.....	7.4

**Eau physiologique :**

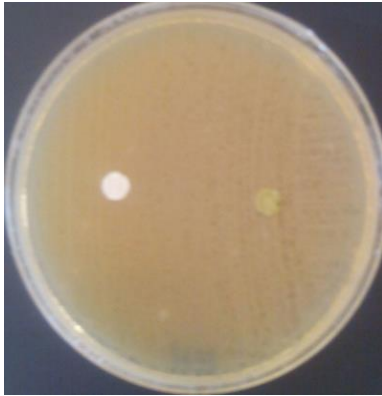
Eau distillé .....	1000ml
NaCl.....	9g

**Milieu liquide Bouillon nutritive**

Peptone.....	5 g
Extrait de viande.....	1 g
Extrait de levure.....	2 g
Chlorure de Sodium.....	5 g
Eau distillée.....	1000 ml

*Annexes II*

Résultats des tests antibactériennes de l'extrait algale par la méthode de disque de diffusion



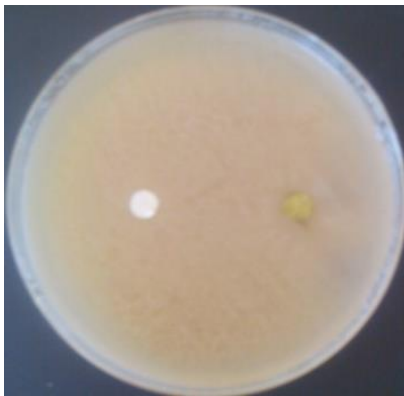
*Escherichia coli*



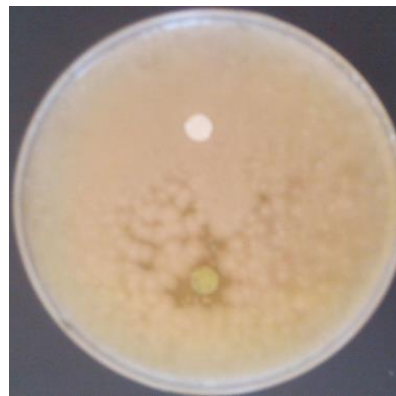
*Pseudomonas aeruginosa*



*Klebsiella pneumoniae*



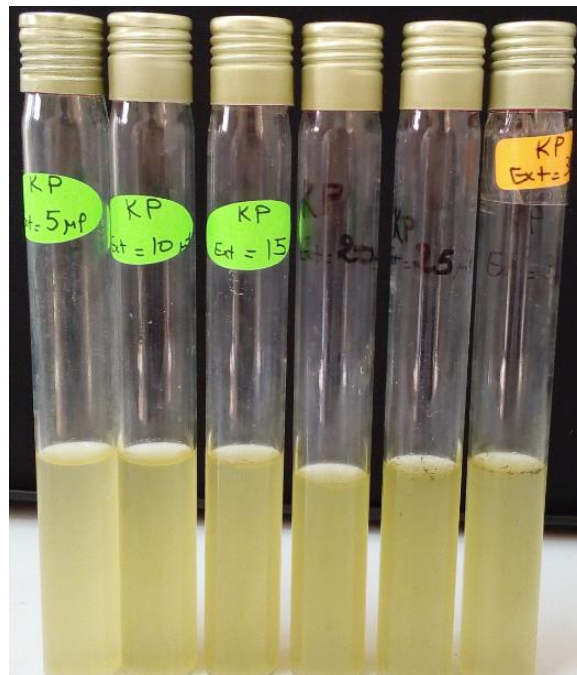
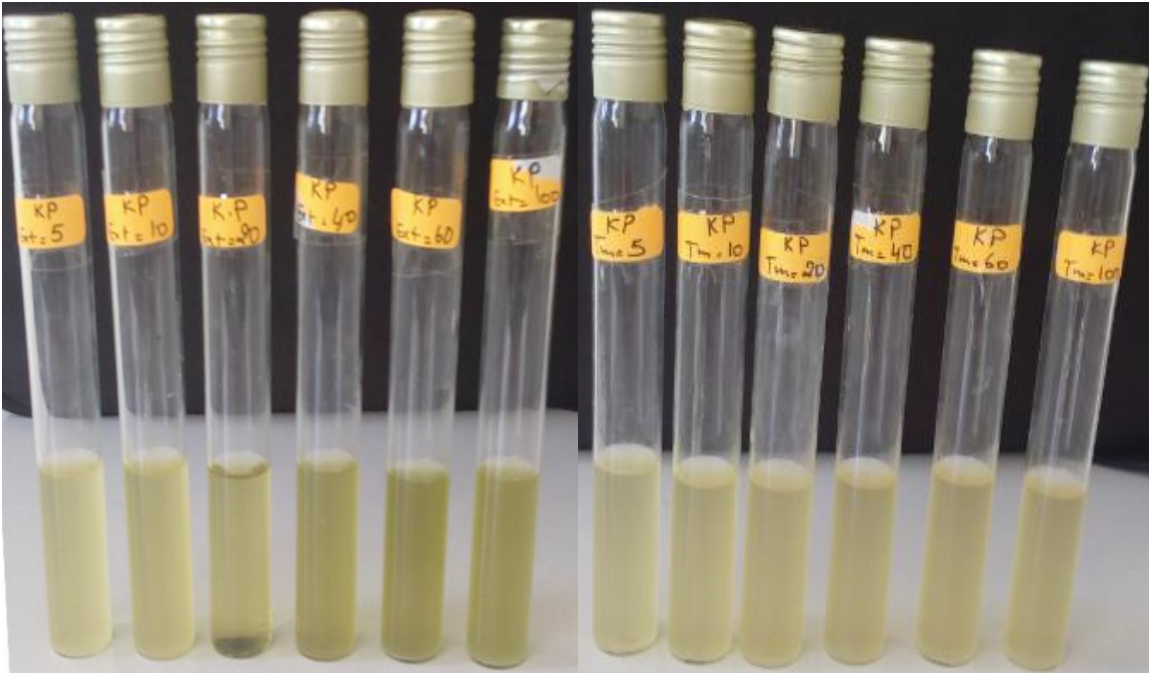
*Bacillus subtilis*



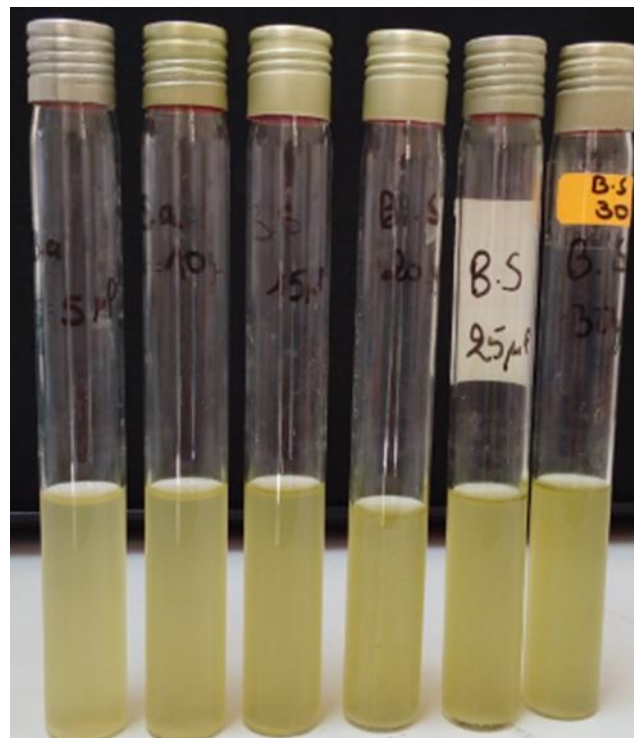
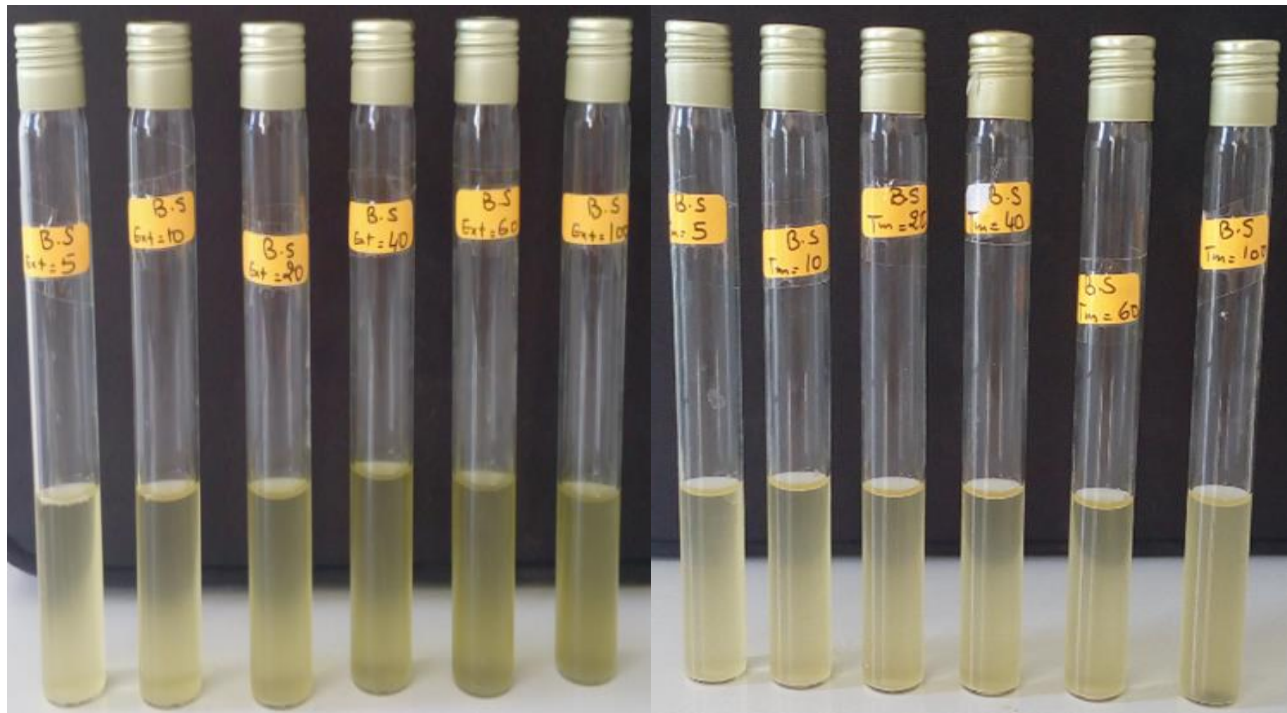
*Staphylococcus aureus*

La concentration minimale inhibitrice (CMI)

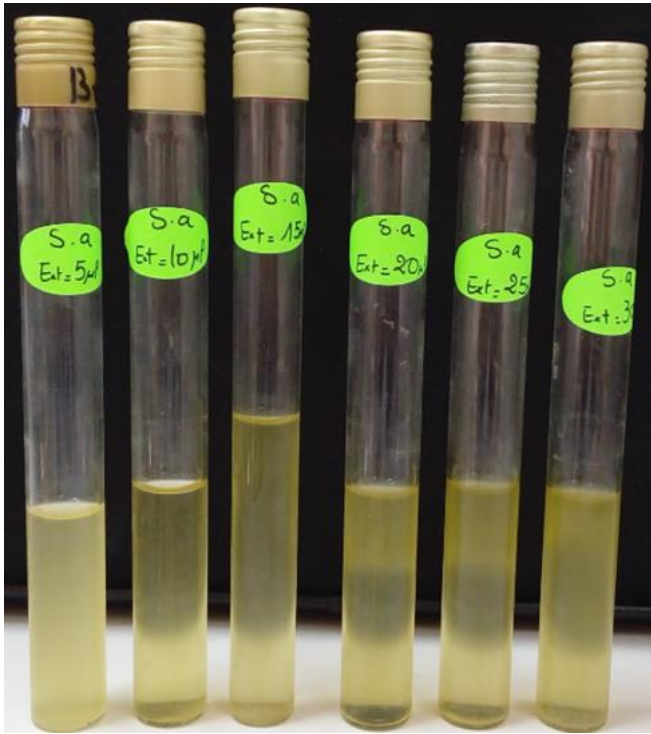
*Klebsiella pneumoniae*



*Bacillus subtilis*



*Staphylococcus aureus*



*Annexes III*

Rotavape



## ملخص

في هذه الورقة، ركزنا على تقييم نشاط مضاد للجراثيم المستخلص من الطحلب البني من سواحل سلمندر البحرية مستغانم ديكتويوتا ديكتوما وجها لوجه لخمسة سلالات بكتيرية تعتبر مسببات الأمراض و / أو خطرة على البشر بما في ذلك: سالبة الغرام (الإشريكية القولونية، الزائفة الزنجارية، الكلبسيلا الرئوية) إيجابية الجرام (المكورات العنقودية الذهبية، العنقودية الرقيقة)

يتم الحصول على الطحلب البني بطريقة التقطير البخار باستخدام روتفاب ويقدر محتوى هذه الطحالب بنسبة 14.9٪

يتم تحديد النشاط المضاد للبكتيريا من طريقة نشر ابار

له تأثيرات مضادة للجراثيم ويبدو أن البكتيريا إيجابية الجرام أكثر حساسية لمستخلص الطحلب مقارنة مع البكتيريا سالبة الجرام. *Dictyota dichotoma* الطحلب البني

الإشريكية القولونية و الزائفة الزنجارية هي الأكثر مقاومة لهذا الطحلب. بينما المكورات العنقودية الذهبية هي الأكثر حساسية

الطحلب البني يمثل مصدر طبيعي من مضادات الجراثيم التي يمكن أن تستخدم في مجال المستحضرات الصيدلانية كمضاد حيوي أو في الصناعات الغذائية كمادة حافظة.

**الكلمة المفتاحية:** *Dictyota dichotoma* ، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط النثر في وسط صلب

## Résumé

Dans ce papier, nous nous sommes focalisés sur l'évaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique d'une algue brune collectée de la cote marine de Salamendre « Mostaganem » *Dictyota dichotoma* vis-à-vis de Cinq souches bactériennes considérées comme pathogènes et/ou dangereuses pour l'être humain dont : Gram- (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ; *Klebsiella pneumoniae*), Gram+ (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* ).

L'algue brune est obtenue par la méthode d'évaporateur rotatif à l'aide d'un rotavape. La teneur de cette algue est estimée à 14.9%.

L'activité antibactérienne est déterminée par la méthode de diffusion sur puits. L'algue brune *Dictyota dichotoma* possède des effets antibactériens. Les bactéries à Gram positif semblent être plus sensibles à notre extrait algal par rapport aux bactéries à Gram négatif.

Les souches *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* sont les plus résistantes à cette algue, tandis que *Staphylococcus aureus* est la plus sensible. L'algue brune représente a priori une source naturelle d'agents antibactériens qui peuvent être utilisés dans le domaine pharmaceutique comme antibiotique ou bien dans le domaine agroalimentaire comme conservateur.

**Mots clés :** *Dictyota dichotoma* ,activité antibactérienne, technique de diffusion en milieu solide.

### **Abstract:**

In this paper we have focused on the evaluation of the antibacterial activity of the methanol extract of a brown seaweed collected from the marine algae of Salamander "Mostaganem" *Dictyota dichotoma* vis-a-vis five bacterial strains considered pathogenic And / or dangerous to humans Gram- (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ; *Klebsiella pneumoniae*), Gram+(*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* ). The brown alga is obtained by the hydrodistillation method using a rotavape. The content of this alga is estimated at 14.9%. The antibacterial activity is determined by the well diffusion method. The *cystoseira tamariscifolia* brown alga has antibacterial effects. Gram-positive bacteria appear to be more sensitive to our algal extract compared to Gram-negative bacteria. The strains *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* are the most resistant to this alga, Whereas *Staphylococcus aureus* is the most sensitive. The brown alga represents a priori a natural source of antibacterial agents which can be used in the pharmaceutical field as an antibiotic or else in the agri-food domain as a preservative.

**Keyword:** *Dictyota dichotoma*, antibacterial activity, diffusion technique in solid medium



*Annexes*

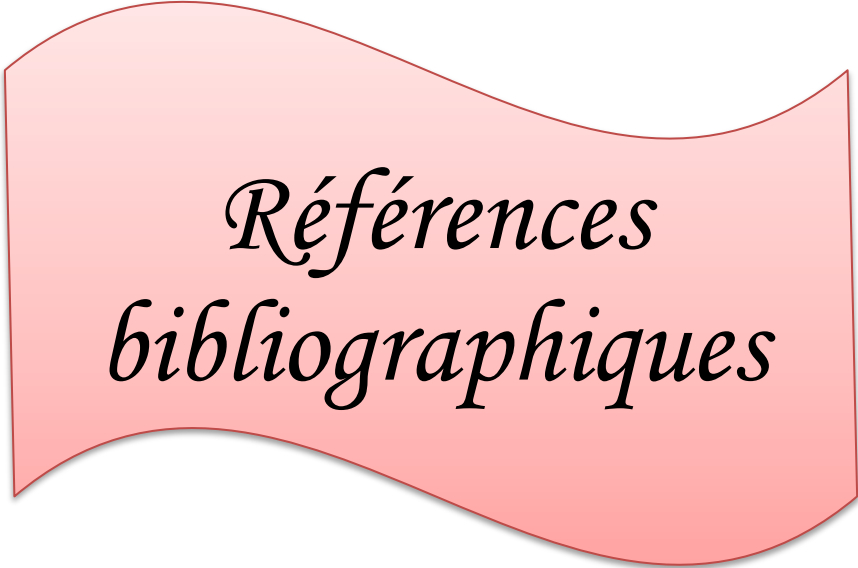


*Conclusion*

# *Introduction*

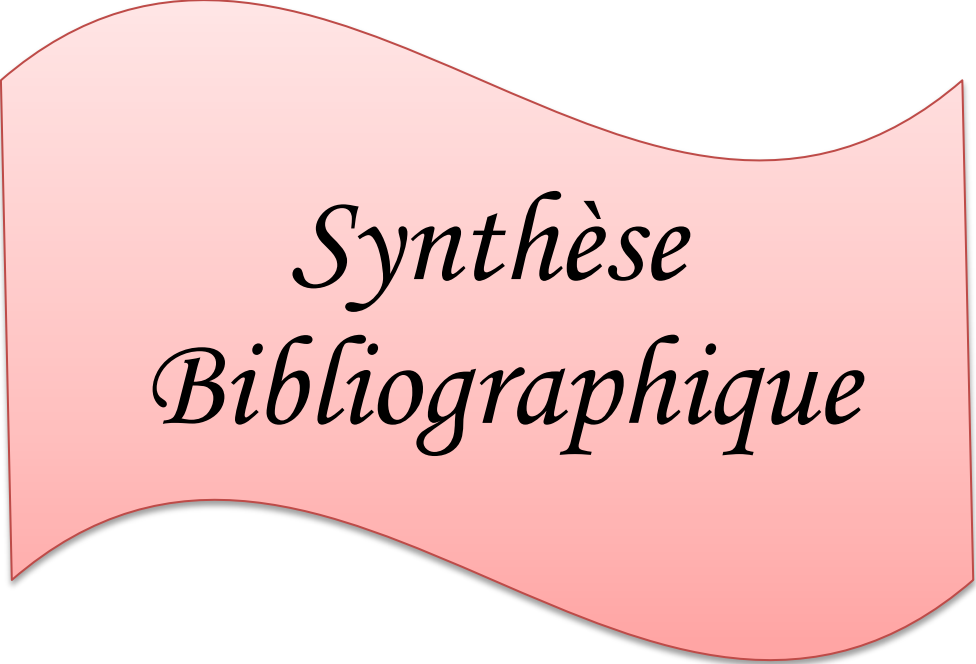


*Matériels et méthodes*



*Références  
bibliographiques*

# *Résultats et discussion*



*Synthèse  
Bibliographique*



*Dédicace*