

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn  
Badis-Mostaganem  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE Science Alimentaire

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**BENYEKKOU Ahmed Tidjani Et DJANI Fawzi**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN SCIENCE ALIMENTAIRE**

**Spécialité : Nutrition et Pathologie.**

THÈME

**Etude de l'activité antioxydante de l'algue  
Rouge '*Corallina officinalis*'**

Soutenue publiquement le 27/06/2019

DEVANT LE JURY

Président	Mr B. BENBOUZIANE	Grade	MCB	U. Mostaganem
Encadreur	Mr A. CHAALEL	Grade	MCA	U. Mostaganem
Co-Encadreur	Mme D. HAMED	Grade	Ingénieur	U. Mostaganem
Examineur	Melle I. YAHLA	Grade	MCB	U. Mostaganem

*Thème réalisé au laboratoire des Microorganismes bénéfiques, des Aliments Fonctionnels et de la Santé (LMBAFS)*

# *Remerciements*

Nous remercions tout d'abord **ALLAH** le tout puissant et miséricordieux de nous avoir données la force, le courage, la volonté et l'amour de savoir et surtout la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous adressons, notre profonde gratitude et tout notre amour à nos parents, nos sœurs et frères, qui ont su nous faire confiance et nous soutenir en toutes circonstances.

Nous voudrions remercier le **Pr. RIAZI Ali**, Le directeur de Laboratoire Des Microorganismes Bénéfiques, Aliments Fonctionnels et Santé.

Nous tenons particulièrement à remercier Notre promoteur, **Dr Abdelmalek CHAALEL**, Professeur à l'**université de Mostaganem**, département des sciences alimentaires pour avoir accepté la charge d'être directeur de ce mémoire, nous le remercions pour sa disponibilité, ses pertinents conseils, sa patience et pour les efforts qu'il a consenti durant la réalisation de ce mémoire. Qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance et de notre respect.

Nous voudrions remercier Notre Co-encadreur et l'ingénieur de laboratoire LMBAFS **Madame Djahira HAMED**, nous ne saurons jamais la remercier assez pour son aide, sa disponibilité, son soutien et sa sympathie.

Nous adressons de remercier à **Mr B. BENBOUZIANE** , Professeur au Département des sciences alimentaires, Université Mostaganem, d'avoir accepté de présider le jury.

Nous profonds remerciements vont à **Melle I. YAHLA**, Professeur au Département des Science alimentaires, Université de Mostaganem, qui nous fait l'honneur d'examiner ce travail.

Nous remercions le **Pr CHADLI Rabah**, Professeur au département de Biologie, pour ses orientations et identifications des algues.

Ainsi qu'à tous nos proches amis qui nous ont toujours soutenus et encouragés même dans les périodes les plus difficiles.

« *Merci* »

*Tidjani Et Fauzi*

# *Dédicaces*

*Il m'est agréable de profiter de cette occasion, pour rendre un hommage particulièrement sincère à travers ce modeste ouvrage, à tous ceux qui me sont chers, à tous ceux qui m'ont soutenu moralement et matériellement.*

*Je dédie ce modeste mémoire :*

*A ma chère mère que Dieu ait pitié d'elle.*

*A mon chère Père qui ma soutenu tout le long de mon cursus, pour leur patience, leur aide et leurs encouragements et ainsi que leurs prières.*

*A mes chers frères :Salim et Yacine.*

*A mes chères sœurs :Habiba, Wissam , Lamia et Sondos .*

*A tous mes enseignants, car j'ai eu le privilège de profiter de leurs vastes connaissances, ainsi que leur profond savoir.*

*A mes chers amis et collègues :Tidjani ,Walid , Zohir , Zakaria  
ILyes et Sadek .*

*A ma famille et toutes les personnes que j'aime.*

*Fauzi*

# Dédicaces

*Je dédie cette thèse à ...*

## **A ma très chère mère**

*Affable, honorable, aimable : tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.*

## **A mon très chère Père**

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.*

## **A mes chères sœurs : Rabea et Lila**

**A ma grand-mère**, que dieu la protège, une longue vie **Inchallah**.

*A ma famille et Ma future Femme **Inchallah** Salima Que j'aime.*

*J'adresse aussi mes dédicaces à **mes chère amis** (Fawzi; Walid ; Zohir ;Zakaria ;Amir et Bouziane...).*

*Ti Tou*

## Liste des abréviations

**ADN** : Acide désoxyribonucléique.

**C°** : Degré Celsius.

**C. officinalis** : *Corallina officinalis*.

**DO** : Densité Optique.

**DPPH** : Diphenyl-picrylhydrazyle.

**EA** : Équivalent d'acide gallique.

**EAA**: Équivalent d'acide ascorbique.

**EQ** : Équivalent de quercétine.

**FRAP** : Ferric ion Reducing Antioxydant Power.

**g** : Gramme.

**h** : Heure.

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

**M** : Masse.

**mg** : Milligramme.

**min** : Minute.

**ml** : Millilitre.

**nm** : Nanomètre.

**ph** : Potentiel hydrogène.

**Rdt** : Rendement.

**T** : Tour.

**T°** : Température.

**UV** : Radiations ultra-violettes.

**µg** : Microgramme.

**(%)** : Pourcentage.

## Liste des figures

<b>Figure 01:</b> Algue Rouge <i>C. officinalis</i> .....	<b>06</b>
<b>Figure 02:</b> <i>C. officinalis</i> fixée sur les rochers .....	<b>07</b>
<b>Figure 03:</b> <i>C. officinalis</i> a subi à une calcification.....	<b>07</b>
<b>Figure 04:</b> Squelette de base des Flavonoïdes .....	<b>12</b>
<b>Figure 05 :</b> Echantillon de L'algue Rouge <i>C. officinalis</i> .....	<b>17</b>
<b>Figure 06 :</b> les étapes de préparation de la matière Végétale .....	<b>18</b>
<b>Figure 07:</b> Les étapes de préparation d'extrait Brute Eau-Méthanol d'algue rouge <i>C. officinalis</i> .....	<b>19</b>
<b>Figure 08:</b> Les Différents étapes réalisées dans L'expérimentation.....	<b>20</b>
<b>Figure 09:</b> Dosage de Polyphénols totaux .....	<b>22</b>
<b>Figure 10:</b> Dosage de Flavonoïdes totaux .....	<b>23</b>
<b>Figure 11:</b> Structure Chimique de radical libre et non radical .....	<b>24</b>
<b>Figure 12 :</b> Protocol de préparation de l'enchantions de test <i>DPPH</i> .....	<b>25</b>
<b>Figure 13 :</b> Mécanisme réactionnel du test <i>DPPH</i> .....	<b>26</b>
<b>Figure 14 :</b> Mécanisme Réactionnel du test <i>FRAP</i> .....	<b>27</b>
<b>Figure 15:</b> Les étapes qui expriment le pouvoir réducteur du Fer de test <i>FRAP</i> .....	<b>28</b>
<b>Figure 16 :</b> Rendement d'extraction de l'algue Rouge ' <i>C. officinalis</i> '.....	<b>29</b>
<b>Figure 17:</b> Courbe étalon de l'acide gallique.....	<b>30</b>
<b>Figure 18 :</b> Courbe étalon de Quercétine .....	<b>31</b>
<b>Figure 19:</b> Courbe étalon d'acide ascorbique .....	<b>33</b>
<b>Figure 20 :</b> Effet antiradicalaire des extraits eau-méthanol d'algue ' <i>C. officinalis</i> ' sur la réduction du <i>DPPH</i> effet de l'acide ascorbique.....	<b>34</b>
<b>Figure 21 :</b> Effet anti radicalaire d'extraits eau-méthanol d'algue ' <i>C. officinalis</i> ' sur la réduction du Fer effet de l'acide ascorbique.....	<b>36</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01</b> : Caractéristiques importantes des groupes d'algues .....	<b>03</b>
<b>Tableau 02</b> : Classification de l'algue Rouge <i>C. officinalis</i> .....	<b>07</b>
<b>Tableau 03</b> : Quelques classes des polyphénols .....	<b>11</b>
<b>Tableau 04</b> : Les différentes méthodes d'évaluation du pouvoir antioxydant .....	<b>16</b>
<b>Tableau 05</b> : Teneurs en Phénols totaux, et en flavonoïdes de l'extrait brut d'algue rouge ' <i>C. officinalis</i> ' .....	<b>32</b>
<b>Tableau 06</b> : Les pourcentages d'inhibition de l'extrait méthanolique (teste DPPH) et l'acide ascorbique par déduction de la courbe de pourcentage d'inhibition.....	<b>35</b>
<b>Tableau 07</b> : Les pourcentages d'inhibition de l'extrait méthanolique (teste FRAP) et l'acide ascorbique par déduction de la courbe de pourcentage d'inhibition.....	<b>37</b>

# Table des matières

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Résumé**

**Abstract**

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre I : Partie bibliographique .....</b>	<b>02</b>
I. Présentation des Algues Rouges .....	02
I.1 Historique et Généralité .....	02
I.2. Conditions de vie des algues .....	04
I.2.1. La lumière, condition essentielle .....	04
I.2.2. Le substrat (ou support) .....	04
I.2.3. Les facteurs hydrodynamiques .....	04
I.2.4. La température .....	05
I.2.5. La salinité de l'eau .....	05
I.3. Mode de reproduction des algues.....	05
I.3.1. Reproduction Asexuée .....	05
I.3.2. Reproduction sexuée .....	06
I.4. Description botanique .....	06
I.4.1 Classification .....	07
I.5 Constituants de l'algue rouge.....	08
I.5.1 Les éléments minéraux .....	08
I.5.2 Les vitamines .....	08
I.5.3 Les fibres.....	08
I.6 L'utilisation de l'algue rouge.....	09
<b>II. LES POLYPHENOLS.....</b>	<b>10</b>
II.1. Définition.....	10
II.2. Classification.....	10

II.2.1 les Phénols Simples.....	11
III . LES FLAVONOIDES.....	12
III.1. Définition .....	12
III.2. Effets biologiques des Flavonoides .....	13
III.2.1 Effets antioxydant et pro-oxydant.....	13
III.2.2 Effets Cardiovasculaires.....	13
III.2.3 Autres effets Biologique .....	14
IV. Propriétés médicinale des composés phénoliques .....	14
IV.1. Polyphones et cancer.....	15
V. Pouvoir antioxydant des polyphénols.....	15
V.1 Généralités sur les antioxydants.....	15
V.2 Mécanismes et pouvoir antioxydant des polyphénols .....	16
V.3 Captures directes des radicaux libres.....	16
V.4 Les méthodes d'évaluation du pouvoir antioxydant.....	16
<b>Chapitre II : Matériel et Méthodes.....</b>	<b>17</b>
I. Matériel végétal.....	17
II. Objectifs de l'expérimentation.....	18
III. Préparation de l'extrait eau-méthanol d'algues Rouge <i>C. officinalis</i> .....	19
III.1 Le Rendement Obtenue .....	21
IV.Dosage des Polyphénols Totaux .....	21
IV.1 Méthode .....	21
IV.2 Courbe d'étalonnage de l'acide gallique .....	22
V.Dosage des Flavonoïdes totaux .....	22
V.1 Méthode.....	22
V. 2 Courbe d'étalonnage de la Quercétine .....	23
VI. Mesure du pouvoir antioxydant .....	23
VI. 1 Évaluation de l'activité Antiradicalaire du radical libre DPPH .....	24
VI. 2. Mode Opératoire .....	24
VI. 2.1. Préparation du DPPH .....	24

VI. 2.2. Préparation des échantillons .....	25
VI.3. Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique .....	26
VII.Évaluation de l'activité antiradicalaire par la méthode FRAP (Ferric ion Reducing Antioxidant Power).....	26
VII. 1. Mode Opérateur. ....	27
<b>Chapitre III : Résultats et discussion. ....</b>	<b>29</b>
I. Résultats.....	29
I.1. Rendement d'extraction de Algue Rouge ' <i>C. officinalis</i> '.....	29
I.2. Dosage des Composés Phénolique .....	30
I.2.1 Taux de Polyphénols totaux dans l'extrait d'algue Rouge ' <i>C. officinalis</i> '.....	30
I.2.2 Taux de Flavonoïde totaux dans l'extrait d'algue Rouge ' <i>C. officinalis</i> '.....	31
I.3. Evaluation du pouvoir antioxydant.....	32
I.3.1 Test de réduction du radical libre le DPPH.....	33
I.3.2 Calcul des pourcentages d'inhibitions I% .....	34
I.3.3 Evaluation de l'IC50 .....	35
I.4. Test de la réduction du fer FRAP .....	36
<b>Conclusion générale et Perspectives .....</b>	<b>37</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Résumés</b>	

## Résumé

Les algues sont une source potentiellement riche en métabolites. Beaucoup d'algues possèdent des composés bioactifs qui inhibent la croissance de certaines bactéries pathogènes, ainsi que certains champignons. Parmi ces métabolites, on retrouve les vitamines, les acides gras, les antioxydants comme les Polyphénols.

L'objectif de ce travail est l'évaluation de l'activité antioxydante d'extrait eau-méthanol d'algue rouge *Corallina officinalis*, récoltées sur les roches des côtes de la région de **Bosquet** Wilaya de **Mostaganem**, en utilisant le radical libre DPPH, et la réduction du fer.

Les résultats indiquent un rendement en extrait brut est (**6,5%**). Par ailleurs, se caractérise par a un taux important en Polyphénols totaux (**118.07 µg EA/mg d'extrait**), une teneur faible en flavonoïdes de (**48.44 µg EQ/mg d'extrait**).

Les résultats de ce travail nous ont permis d'affirmer que l'activité antioxydante d'algue rouge *Corallina officinalis* revient essentiellement aux composés Phénoliques.

**Mots clés** : *Corallina officinalis*, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, DPPH.

## Abstract

Algae are a potentially rich source of metabolites. Many algae have bioactive compounds that inhibit the growth of certain pathogenic , Among these metabolites include vitamins, fatty acids, and antioxidants like polyphenols.

The objective of this work is the phytochemical study and the evaluation of the antioxidant activity of hydromethanolic extracts, of red algae *Corralina officinalis* harvested from the rock of the coast of **Bosquet** Wilaya **Mostaganem**, the antioxidant activity was carried out using the free radical DPPH, the reduction of Iron.

The results indicate a high yield of crude extract (**6.5%**). Moreover, characterized by a high rate of total polyphenols (**118.07 µg EA/mg Extract**), and low flavonoids (**48.44 µg EQ/mg Extract**).

The results of this work have allowed us to state that the antioxidant activity of red algae *Corralina officinalis* is essentially the phenolic compounds.

**Key words:** *Corralina officinalis*, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity, DPPH.

## Résumé

Les algues sont une source potentiellement riche en métabolites. Beaucoup d'algues possèdent des composés bioactifs qui inhibent la croissance de certaines bactéries pathogènes, ainsi que certains champignons. Parmi ces métabolites, on retrouve les vitamines, les acides gras, les antioxydants comme les Polyphénols.

L'objectif de ce travail est l'évaluation de l'activité antioxydante d'extrait eau-méthanol d'algue rouge *Corallina officinalis*, récoltées sur les roches des côtes de la région de **Bosquet** Wilaya de **Mostaganem**, en utilisant le radical libre DPPH, et la réduction du fer.

Les résultats indiquent un rendement en extrait brut est (**6,5%**). Par ailleurs, se caractérise par a un taux important en Polyphénols totaux (**118.07 µg EA/mg d'extrait**), une teneur faible en flavonoïdes de (**48.44 µg EQ/mg d'extrait**).

Les résultats de ce travail nous ont permis d'affirmer que l'activité antioxydante d'algue rouge *Corallina officinalis* revient essentiellement aux composés Phénoliques.

**Mots clés :** *Corallina officinalis*, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, DPPH.

## Abstract

Algae are a potentially rich source of metabolites. Many algae have bioactive compounds that inhibit the growth of certain pathogenic , Among these metabolites include vitamins, fatty acids, and antioxidants like polyphenols.

The objective of this work is the phytochemical study and the evaluation of the antioxidant activity of hydromethanolic extracts, of red algae *Corallina officinalis* harvested from the rock of the coast of **Bosquet** in Wilaya of **Mostaganem**, the antioxidant activity was carried out using the free radical DPPH, the reduction of Iron.

The results indicate a high yield of crude extract (**6.5%**). Moreover, characterized by a high rate of total polyphenols (**118.07 µg EA/mg Extract**), and low flavonoids (**48.44 µg EQ/mg Extract**). The results of this work have allowed us to state that the antioxidant activity of red algae *Corallina officinalis* is essentially the phenolic compounds.

**Key words:** *Corallina officinalis*, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity, DPPH.

## Introduction

Les radicaux libres ont un rôle très important dans l'origine de la vie et l'évolution biologique, laissant des effets bénéfiques sur les organismes (Mc Cord, 2000). Ils sont impliqués dans de nombreuses fonctions et activités biochimiques de la cellule (Zheng, & Storz, 2000).

Les algues sont des végétaux beaucoup moins connues que les plantes terrestres et beaucoup plus difficiles à appréhender. Elles occupent une grande partie dans les milieux aquatiques, en particulier marins et sous-marins et constituent un ensemble d'organismes extrêmement divers qu'il est fort difficile de présenter de manière univoque (Person et al., 2010). Environ 6000 espèces d'algues ont été identifiées et sont regroupées en différentes catégories à savoir les algues vertes, brunes et rouges.

L'étude des produits marins par les chimistes et les pharmacologues et les biologistes a permis de mettre en évidence leurs activités biologiques variées: antibiotiques, antitumorales, anti-inflammatoires etc. Parmi les organismes marins producteurs de métabolites intéressants figurent les spongiaires et les algues, ils fournissent à eux seuls plus du tiers des molécules isolées du milieu marin (Munoz , 2011).

L'objectif de notre étude est d'estimer la teneur des composés phénoliques et flavonoïdes dans l'algue rouge *Corallina officinalis*, ensuite d'évaluer le pouvoir antioxydant des extraits phénoliques de l'algue étudiée.

Notre travail est organisé en plusieurs parties:

- Une synthèse bibliographique représentant la première partie de notre travail est réalisée afin de regrouper les informations essentielles sur l'algue étudiée et éventuellement leurs pouvoirs antioxydants.
- La deuxième partie de notre étude, le matériel biologique utilisé et les méthodes d'étude et d'expression des résultats.
- Dans la troisième partie, les résultats sont exposés et discutés en les comparants à ceux publiés dans la littérature scientifique internationale.
- L'étude est achevée par une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenus et éventuellement des perspectives d'avenir.

## Chapitre I : Partie bibliographique

### I. Présentation des Algues Rouges

#### I. 1. Historique et Généralité

L'Algérie, avec ses larges côtes, est particulièrement bien pourvue en ressources marines et côtières les algues qui constituent le principal de la flore marine. Ce sont des plantes qui regroupent un ensemble de végétaux photosynthétiques très divers et dont l'appareil végétatif relativement simple est appelé « **thalle** ».

Celui-ci contient une structure à sa base (rhizoïdes, crampons, disques...) permettant l'ancrage de l'algue sur un support : une roche (algues épilithes), ou une plante (algues épiphytes), ou un animal (algues épibiontes) ou parfois même le sable (Zitouni, 2015).

La base de données internationale sur les algues « AlgaeBase » recense environ 127000 noms d'espèces, dont la majorité de micro-algues. Il y aurait environ 9000 espèces de macro algues (Guiry, M. D et Guiry, G. M, 1996).

Pour ce qui concerne les algues marines, on distingue essentiellement quatre types : les algues brunes, les algues rouges, les algues vertes et les algues bleues qui regroupent en plus les mousses, les fougères et les plantes à fleurs (Person, 2011).

Ils sont bien connus comme une excellente source de composés biologiquement actifs. Outre les protéines de haute qualité contenant des acides aminés essentiels, des fibres alimentaires, des acides gras essentiels, des minéraux et des vitamines. Les algues pourraient également être une bonne source de composés phénoliques (Mišurcová, 2011 ; Ambrozova, 2014).

Au cours des dernières décennies, de nombreux nouveaux composés ont été trouvés dans les organismes marins avec d'intéressantes activités pharmaceutiques (Raja *et al.*, 2013). Face aux multiples problèmes de santé, liés aux carences en ces divers éléments dans nos sociétés de consommation, l'utilisation des algues comme complément alimentaire s'avère parmi les solutions possibles compte tenu de leur valeur nutritionnelle qui peut s'expliquer en grande partie par la présence de trois grandes catégories de composants (fibres, minéraux et protéines), mais également par la présence de métabolites présentant des propriétés anti-oxydantes et anti-radicalaires tels que caroténoïdes, polyphénols, et les vitamines (Rezzoum, 2016).

En général, les algues regroupent quatre groupes qui sont différenciées par rapport à la couleur, Chaque groupe contient des classes, et chaque classe contient des centaines d'espèces (Tableau1) (Garon-Lardiere, 2004).

La classification des algues se fait selon des caractéristiques spécifiques, telles que les composantes de la paroi cellulaire, les pigments présents la (couleur), le cycle de vie et le type de composés utilisés pour l'entreposage de la nourriture (Memory, 2006).

**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>Chlorophytes (Protistes)</b>	Algues vertes	7500	Chlorophylle (a,b) Xanthophylles Carotene
<b>Phéophytes (plantes)</b>	Algues brunes	1500 d'espèces	Chlorophyllr (a,c) Carotene
<b>Phéophytes (plantes)</b>	Algues rouges	3900 d'espèces	Chlorophylle (a,b) Xanthophylles Carotene Zéaxanthine Phycocyanine C Phycoérythrine
<b>Phéophytes (plantes)</b>	Algues bleues	15000 d'espèces	Chlorophyllr (a) Allophycocyanines Phycocyanine Phycoérythrine Phycoérythrocyanine

Des macros algues, qui généralement se trouvent dans la zone littorale et peut être de différentes formes, tailles, couleurs et composition. Ils incluent les algues brunes (Phéophycées), algues rouges (rhodophycées) et algues vertes (chlorophycées). Ils sont entrepris dans le but de purifier de nouvelles molécules actives qui pourraient avoir une application dans le domaine médical (Mabeau *et al.*, 1990).

## **I.2. Conditions de vie des algues**

### **I.2.1. La lumière, condition essentielle**

La lumière intervient sur l'algue de diverses façons: par l'intensité lumineuse, par la nature des radiations et par la durée des périodes de luminosité et d'obscurité. La quantité et la qualité de l'algue dépend de la pénétration de la lumière dans les masses d'eau. Elle peut favoriser ou freiner son développement. Les algues détiennent des pigments différents selon les espèces, qui interviennent dans la capture de la lumière. Elles ne font pas toutes le même usage des radiations lumineuses: certaines recherchent beaucoup de lumière et d'autre peu (Anne, 2002).

### **I.2.2. Le substrat (ou support)**

Les algues n'ont pas de racines et ne peuvent donc tirer aucune nourriture de leur support. Les éléments nutritifs viennent du milieu qui les baigne. Néanmoins, le substrat ou support joue un rôle par sa nature et ses caractéristiques et déterminera l'espèce qui viendra s'y fixer. Les roches calcaires par exemple, sont envahies par les algues perforantes microscopiques, ce qui leur confère une coloration spécifique. A l'inverse, certaines autres espèces fuiront le substrat calcaire (Anne, 2002).

En outre, le support peut être en eau profonde ou peu profonde comme sur les rochers, les constructions portuaires, les bouées ou les coques de bateaux. Elles peuvent aussi se développer sur un organisme vivant animal ou végétal (Anne, 2002).

### **I.2.3. Les facteurs hydrodynamiques**

Les vagues, les courants et les marées créent une agitation de l'eau de laquelle dépendent les réactions des algues. Ainsi, chaque espèce supporte différemment ces facteurs hydrodynamiques. Ceux-là agissent donc sur la composition des peuplements d'algues (Anne, 2002).

#### **I.2.4. La température**

Elle agit sur le système métabolique et reproducteur de l'algue. C'est alors que des variations de température peuvent agir sur la dispersion ou la régression des peuplements (Anne, 2002).

#### **I.2.5. La salinité de l'eau**

La salinité agit de deux façons sur l'algue: soit par dissolution du sel dans l'eau, soit par concentration du sel dans l'eau. Ces modifications temporaires ou permanentes peuvent incommoder la vie de l'algue. Les zones à salinité variable limitent l'adaptation des algues. Cette instabilité intervient sur le métabolisme, le perturbe à tel point parfois qu'elle entraîne une élimination des espèces. Seules les algues vertes réussissent à s'adapter (Anne, 2002).

### **I.3. Mode de reproduction des algues**

#### **I.3.1. Reproduction Asexuée**

La reproduction asexuée ou multiplication végétative regroupe tous les phénomènes aboutissant à la production de nouveaux individus sans processus sexué (fusion des gamètes) selon deux types:

##### **- Par le biais de divisions**

- Division cellulaire par scission (scissiparité) chez les procaryotes et par mitose chez les eucaryotes. Les cellules filles obtenues sont morphologiquement et mythologiquement identiques à la cellule mère.

- Simple fragmentation du thalle, comparable à un bouturage chez la cyanobactérie.

##### **- Par le biais de cellules ou organes spécialisés**

- Les akinètes présents chez certaines cyanobactéries (Nostoc, cylindrospermum) et chez les chlorophycées

- Les bulbilles de certaines characées.

- Les spores.

Dans des conditions favorables, ces organes (et cellules) germent pour donner un nouvel individu (Laplace-treiture, 2014).

### I.3.2. Reproduction sexuée

Cette modalité de reproduction rencontrée exclusivement chez les eucaryotes permet un brassage chromosomique. Elle est caractérisée par la fusion (ou gamie) de deux cellules spécialisées appelées gamètes (Laplace-treuture, 2014).

On parle de Planogamie si les gamètes sont mobiles, d'isogamie si les gamètes sont de structure identique (exemple: *Ulothrix zonata*) ou d'anisogamie dans le cas contraire (exemple: *Ulva*) (Laplace-treuture, 2014).

### I. 4. Description botanique

Les algues rouges (Rhodophycées) ; forment un groupe très diversifié, ces algues doivent leur couleur à la présence de plastes roses dans lesquels un pigment rouge, la phycoérythrine, est associé à plusieurs autres pigments dont les chlorophylles. La plupart de ces algues rouges sont pluricellulaires et marines, mais il existe quelques formes unicellulaires et quelques unes vivent également en eau douce (Garon-Lardiere, 2004) (Figure 1).

Plusieurs travaux scientifiques en mis en valeur plusieurs activités biologiques d'algue rouge dont on cite l'exemple de *C. officinalis* (Figure 0). C'est une algue rouge leur extrait à révélé une activité antioxydante sur le radical libre DPPH à (72,6%) (Ismail, 2017). En outre a montré, une activité antimicrobienne évaluée vis-à-vis *S. aureus* et *B. cereus* par un diamètre d'inhibition inférieur à 10mm, et une activité analgésique ont inhibé les crampes abdominales induites par l'injection de l'acide acétique avec des pourcentages allant de 55% (Farid *et al.*, 2009 ; Allmendinger *et al.*, 2010 ; Riahi *et al.*, 2012).



**Figure 01** : Algue Rouge *C. officinalis* (Photo prise par nous-mêmes).

La *Corralline* c'est une algue rouge, elle ne contient que de la chlorophylle a et d'autres pigments. Elle est principalement marine qui se trouvent sur les bords de mer, forme des ceintures au bord des cuvettes du bas de l'estran roche (Figure0). *C. officinalis* est une algue calcifiée qui pousse dans les zones basses et moyennes littorales, sur les côtes rocheuses. Les frondes de *C. officinalis* poussent en touffes qui se développent à partir d'une base. Ils sont segmentés, et ramifiés pour fournir la flexibilité dans l'eau de mer. Cette algue ne tolère pas l'effet desséchant de l'air et devient blanche en s'exposant au soleil (Gayral, 1975) (Figure 02, 03).



**Figure 02:** *C. officinalis* fixée sur les rochers (Photo prise par nous-mêmes).



**Figure 03:** *C. officinalis* a subi à une calcification (Photo prise par nous-mêmes).

### I. 3. Classification

**Tableau 02 :** Classification de l'algue Rouge *C. officinalis* (Linné *et al.*, 1788).

Domaine	<i>Eukaryota</i>
Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Biliphyta</i>
Embranchement	<i>Rhodophyta</i>
Sous-embr.	<i>Eurhodophytina</i>
Classe	<i>Florideophyceae</i>
Sous-classe	<i>Corallinophycidae</i>
Ordre	<i>Corallinales</i>
Famille	<i>Corallinaceae</i>
Sous-famille	<i>Corallinoideae</i>
Tribu	<i>Corallineae</i>
Genre	<i>Corallina</i>

## **I. 4. Constituants de l'algue rouge**

La composition biochimique des macro-algues est très variable selon les espèces, la saison, les conditions de croissance, de stress... On note cependant que la plupart des composés bioactifs décrits à ce jour sont issus des algues brunes et des algues rouges, tandis que les algues vertes constituent un champ d'investigation comparativement peu exploré (Person, 2011).

Ils ont une composition très variable, selon les espèces, l'heure de la collecte et de l'habitat, et selon les conditions externes comme la température de l'eau, l'intensité de la lumière et la concentration des éléments nutritifs dans l'eau. Tandis que les algues rouges sont riches en protéines brutes et en minéraux (Jusqu'à 50%) (Makkar *et al.*, 2016).

### **I. 4.1 Les éléments minéraux**

Les algues puisent dans la mer une richesse incomparable d'éléments minéraux d'où la fraction minérale peut représenter jusqu'à 36% de la masse sèche. Parmi ces éléments présentés dans les algues rouges, nous citons: le potassium, le chlore, le sodium, le calcium, le magnésium, le soufre, le phosphore, l'iode, le fer, le cuivre, le manganèse et de nombreux autres oligo-éléments (Viguerie *et al.*, 2002).

### **I.4.2 Les vitamines**

La composition vitaminique des algues rouges est intéressante, malgré de grandes variations saisonnières. L'ensemble des vitamines est bien représenté par les groupes A, Bi, B2, B6.B12, C, D et E. L'intérêt principal réside dans la vitamine B12 dont les teneurs sont assez importantes dans les algues rouges en générales contrairement aux plantes (Watanabe *et al.*, 1999).

### **I.4.3 Les fibres**

Les algues Rouges forment une source importante de fibres (de 33 à 61%) qui facilitent le transit intestinal. La fraction de fibres solubles constituée selon l'espèce d'agar-agar, offre un intérêt particulier lié à la nature chimique originale des monomères constitutifs (Lahaye, 1991).

## I.5. L'utilisation de l'algue rouge

Il existe plusieurs domaines économiques qui font appel à des algues Rouges. Elles présentent actuellement une source nutritionnelle et un produit à valeur montante, surtout en Asie où elles sont utilisées directement comme aliments, ou indirectement surtout par l'industrie de phycocolloïdes (agars *et* alginates). Elles sont utilisées en agriculture comme engrais et fourrage, dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique, dans d'autres domaines (Chopin, 1997).

L'utilisation d'algue rouge *C. officinalis* à des fins thérapeutiques est loin d'être un phénomène nouveau. Si les principes actifs extraits d'algues utilisés en pharmacie sont peu nombreux, les travaux scientifiques en cours sont importants (Ainane *et al.*, 2015).

*C. officinalis* c'est une algue marine très populaire ingrédient parmi les cosmétiques et les entreprises de santé et de soins personnels. Il existe des vendeurs connus de produits à base de *C. officinalis* aux États-Unis, en Chine, en Italie, France, Suisse et en Allemagne...

Ce sont des produits pour hommes et femmes, comprennent des toners, des hydratants, des nettoyeurs, des émulsions, des essences, des astringents, des crèmes pour les yeux, des gels de toilette, des gels pour la douche, des baumes pour le rasage, des sprays et crèmes hydratants et des masques (Milchakova 2011; Pereira 2014; 2015).

Il existe un usage potentiel des algues rouges pour le traitement des eaux usées. Par exemple, certaines algues rouges sont capables d'absorber les ions de métaux lourds tels que le zinc et le cadmium des eaux polluées (F AO, 2014).

Les algues font partie de la liste positive non exhaustive des matières premières pour aliments des animaux. Les algues rouges ont été utilisées traditionnellement en alimentation animale pendant des centaines d'années. Leur utilisation actuelle reste cependant marginale du fait de leur coût relativement élevé (Dominique, 2005).

## II. LES POLYPHENOLS

### II.1. Définition

Les polyphénols sont des métabolites secondaires ayant une activité anti-oxydante, anti-inflammatoire et antimicrobienne. Ils sont distribués dans le règne végétal. Les extraits riches en polyphénols sont très utilisés dans les produits cosmétiques et la pharmacie en raison de leurs propriétés biologiques bénéfiques (Zillich *et al.*, 2015).

Des études expérimentales sur des animaux ou des cultures de lignées cellulaires humaines confirment le rôle des polyphénols dans la prévention des maladies cardiovasculaires, les cancers, les maladies neuro-dégénératives, le diabète, et l'ostéoporose (Keerthi *et al.*, 2014).

### II.2. Classification

Le terme de composés phénoliques couvre Un groupe très vaste et diversifié de produits chimiques. Le [Tableau 03](#) montre quelques classes des polyphénols en fonction du nombre d'atomes de carbone dans la molécule.

**Tableau 3** : Quelques classes des polyphénols (Macheix *et al.*,2005 ; Sarni-Manchado et Cheyneir, 2006 ; Bruneton, 1999).

Nombre d'atome de carbone	Squelette de base	Classe
6	C6	Phénols simples Bensoquinones
7	C6-C1	Acides phénoliques
8	C6-C2	Acétophénones Acides phénylacétique
9	C6-C3	Acides hydroxycinnamique, Phénylropens, coumarines Isocoumarines
10	C6-C4	Naphtoquinones
13	C6-C1-C6	Xanthonnes
14	C6-C2-C6	Stilbens Anthtrachinones
15	C6-C3-C6	Flavoïnoides Isoflavoïnoides
18	(C6-C3) <sub>2</sub>	lignanes
30	(C6-C3-C6) <sub>2</sub>	Biflavoïnoides
N	(C6-C3) (C6) (C6-C3-C6)	Lignines Caticholmelagnines Tanins condensés

### II.2.1 Les Phénols Simples

Ce sont des composés renfermant une ou plusieurs unités phénoliques sans d'autres fonctions particulières impliquant le (s) noyau (x) benzénique (s) comme le 3-hydroxytrysol, le trysol et le 4-vinylphénol (Kone, 2008).

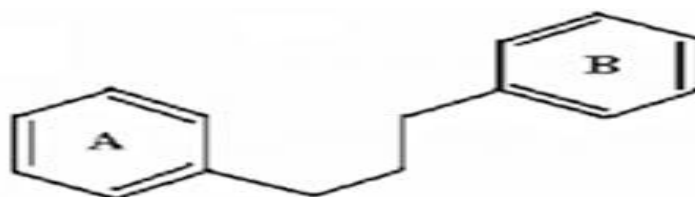
### III. LES FLAVONOÏDES

#### III.1. Définition

L'expression flavonoïde a été introduite en 1952 par Geissman et Hinreiner pour désigner les pigments ayant un squelette (C6-C3-C6), provenant du mot latin flavus qui signifie jaune (Bouakaz, 2006). Occupant une place prépondérante dans le groupe des phénols, les flavonoïdes sont des métabolites secondaires ubiquistes des plantes. On estime que 2 % environ du carbone organique photo-synthétisé par les plantes, soit quelques 109 tonnes par an, est converti en flavonoïdes (Lhuillier, 2007). Les plus couramment vendus ou utilisés en tant que compléments alimentaires. La vanilline et l'acide vanillique, le resveratrol, l'acide ellagique, les curcumine, stilbène, epigallocatechine gallate et la quercétine (Ferguson, 2001).

L'intérêt nutritionnel pour les flavonoïdes date de la découverte de la vitamine C, à la suite des travaux de Szent Gyorgyi en 1938. Le scorbut expérimental cède à l'ingestion de jus d'agrumes mais résiste à la seule administration d'acide ascorbique. Plus pratiquement, les symptômes hémorragiques du scorbut liés à la fragilité des vaisseaux sont guéris par des extraits de Paprika et du jus de citron alors que l'acide ascorbique seul est inefficace. Les analyses chimiques ont montré que la fraction active était de nature flavonoïque. Cette action des flavonoïdes sur la perméabilité vasculaire a été appelée propriété vitaminique P (P étant la première lettre du mot perméabilité). Cette notion de vitamine P n'existe plus à l'heure actuelle puisqu'elle ne correspond pas à la définition classique des vitamines. Ils sont considérés comme des micronutriments importants puisqu'ils peuvent jouer des rôles antioxydants ou posséder des propriétés biologiques diverses (Milane, 2004).

De plus les flavonoïdes ont un rôle de filtre contre le rayonnement UV ; ce qui explique leur localisation dans les tissus externes (Gould et Lister ; 2006). Enfin les flavonoïdes comme les dérivées hydroxycinnamiques jouent un rôle important dans la résistance des plantes aux stress environnementaux (Walton et Brown, 1999) (Figure 4).



**Figure 4:** Squelette de base des flavonoïdes (Walton et Brown, 1999).

## III.2. Effets biologiques des Flavonoïdes

### III.2.1 Effets antioxydant et pro-oxydant

Les flavonoïdes sont des composés avec une activité anti-oxydante prononcée (Hodek *et al.*, 2002). Les flavonoïdes expriment les propriétés anti-oxydantes par : Le piégeage direct des espèces réactives de l'oxygène (ERO), La suppression de la formation des ERO par l'inhibition de quelques enzymes ou par chélation des ions métalliques, impliqués dans leur production, La protection des systèmes de défense antioxydants de l'organisme (Boudiaf, 2006).

Bien que les ERO participent à de nombreuses fonctions physiologiques, elles contribuent également à la pathogenèse d'un grand nombre de maladies qui possèdent un caractère radicalaire, le diabète sucré, les maladies cardiaques, la polyarthrite rhumatoïde, et neurodégénératives, pathologies articulaires, cancérogenèse, peuvent également accélérer le processus de vieillissement. Les ERO ont longtemps été considérées comme des sous-produits toxiques du métabolisme normal de l'oxygène. Physiologiquement, les radicaux libres oxygénés figurent parmi les espèces radicales les plus importantes (Migdal et Serres, 2011 ; Pisoschi et Negulescu, 2012).

Les flavonoïdes sont des antioxydants mais il ne faut pas négliger leurs propriétés prooxydantes. Parfois les flavonoïdes jouent un rôle de pro-oxydants. En effet, plusieurs d'entre eux ont été décrits comme responsables d'auto-oxydation et de la génération de radicaux oxygénés actifs, comme le peroxyde d'hydrogène. En définitive, certains flavonoïdes pourraient accélérer la survenue de l'atteinte oxydative de l'ADN, des protéines et des glucides *in vitro*. Alors, le potentiel pro-oxydant de ces composés ne doit pas être négligé dans le mécanisme d'action des flavonoïdes (Milane, 2004).

### III.2.2 Effets Cardiovasculaires

De nombreux travaux suggèrent que les flavonoïdes participent à la prévention des maladies cardiovasculaires ; Etudes faites par plusieurs auteurs (Crozier *et al.*, 2010). Leur consommation se traduit par une augmentation transitoire de la capacité antioxydante du plasma dans les heures qui suivent le repas. Parvenus au niveau des artères, ils préviennent l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (Low Density Lipoproteins ou LDL), qui est l'un des facteurs clé du processus physiopathologique de l'athérosclérose (épaississement des artères qui contribue à réduire le flux sanguin et peut conduire à l'asphyxie des tissus irrigués).

En inhibant l'oxydation des LDLs, ils limitent leur incrustation dans les parois des artères qui contribue à l'épaississement des parois et à réduire le flux de sang qui parvient au niveau des tissus. Les flavonoïdes agiraient aussi en inhibant l'agrégation plaquettaire impliquée dans le phénomène de thrombose qui peut conduire à l'occlusion des artères (Scalbert *et al.*, 2005).

### III.2.3 Autres effets Biologique:

Les flavonoïdes seraient impliqués dans la prévention des cancers, Ajoutés au régime de divers animaux de laboratoire, ils limitent le développement de tumeurs induites expérimentalement par exposition à des agents carcinogènes. Ils sont actifs contre de nombreux cancers (colon, estomac, foie, sein, prostate, poumon, peau, vessie, etc...) à tous les stades de la cancérogenèse (Petti et Scully, 2009). Au stade d'initiation, ils agissent y comme agents bloquants en empêchant l'activation de pro-carcinogènes, en piégeant les mutagènes électrophiles ou en stimulant la réparation des ADN mutés. Au stade de promotion et de progression, ils agissent comme agents supprimeurs de tumeurs (Ho *et al.*, 2007).

Les mécanismes impliqués peuvent là encore être très variés: prévention du stress oxydant, inhibition du métabolisme de l'acide arachidonique et des réactions inflammatoires associées, inhibition de la protéine kinase C et de la prolifération cellulaire, induction de l'apoptose (Petti et Scully, 2009). Inhibition de l'angiogenèse. Les preuves de leurs effets chez l'homme restent cependant encore insuffisantes.

## III. Propriétés médicinales des composés phénoliques

Les études scientifiques actuelles ont permis de confirmer ces propriétés médicinales attribuées aux composés phénoliques. Les composés phénoliques sont absorbés à travers la barrière intestinale et parviennent au niveau de tissu cibles où ils peuvent exercer des effets protecteurs. Donc le rôle des composés phénoliques dans la prévention des maladies cardiovasculaire et cancers est très étudié (Havsteen, 1993).

### III.I. Polyphénols et cancer

Certains chercheurs ont montré que les polyphénols pourraient être utilisés comme des agents de prévention de différentes maladies cancéreuses (Stagos *et al.*, 2010).

Les polyphénols sont des composés bioactifs puissants qui interfèrent avec l'initiation, le développement et la progression du cancer par des processus critiques (Yang *et al.*, 2013).

Ils ont la capacité d'interrompre ou inverser le processus de cancérogenèse en agissant

sur les molécules de réseau de signalisation intracellulaire impliquées dans l'initiation et/ la promotion d'un cancer. Les polyphénols peuvent également déclencher l'apoptose dans les cellules cancéreuse à travers la modulation d'un certain nombre d'éléments principaux en signal cellulaire (Link *et al.*, 2010).

## **IV. Pouvoir antioxydant des polyphénols**

### **IV.1 Généralités sur les antioxydants**

Un antioxydant est défini comme une substance ajoutée à faible dose à un produit naturellement oxydable à l'air, est capable de ralentir ou d'inhiber le phénomène d'oxydation. Cette définition peut être élargie et le terme "antioxydant" englobe ainsi toutes les substances qui protègent les systèmes biologiques contre les effets délétères potentiels des processus ou réactions qui engendrent une oxydation excessive (Shimizu, 2004).

Les antioxydants sont des composés qui protègent les cellules du corps des dommages causés par radicaux libres (Willcox *et al.*, 2004). C'est pourquoi l'oxygène considéré comme une source de vie pour les organismes aérobies au même temps comme une source d'agression pour l'organisme (Ekoumou, 2003). En effet des dérivés hautement réactifs de l'oxygène peuvent apparaître au cours des réactions enzymatiques ou sous l'effet des rayons U.V (Cavina, 1999).

Le stress oxydatif se définit comme étant un déséquilibre profond de la balance entre les systèmes oxydants de l'organisme en faveur des premiers, ce qui conduit à des dommages cellulaires et irréversibles. Le stress oxydatif est un fonctionnement de l'organisme qui est normal tant qu'il ne dépasse pas certaines limites (Pincemail *et al.*, 1999).

Le stress oxydatif est impliqués dans de très nombreuse pathologies comme facteur déclenchant ou associé à des complications (Favier, 2003), Il peut être associé à l'athérosclérose, l'asthme, l'arthrite, la cataractogénèse l'hyperoxie, l'hépatite, l'attaque cardiaque, les vasospasmes, les traumatismes, les accidents vasculaires cérébraux, les pigments d'âge, les dermatites, les dommages de la rétine (Cohen *et al.*,1999, Packer et Weber, 2001).

### **IV.2. Mécanismes et pouvoir antioxydant des polyphénols**

Plusieurs études épidémiologiques ont montrés qu'il y a un rapport inverse entre la prise d'aliments riches en polyphénols et le risque des maladies neuro-dégénératives (Hu, 2003 ; Bubonja-Sonja *et al.*, 2011).

Cette relation est liée au fait que les composés phénoliques possèdent des propriétés antioxydantes et sont capables de piéger les radicaux libres générés en permanence par notre organisme ou formés en réponse à des agressions de notre environnement tels que O<sub>2</sub> (Superoxyde anion), HO<sub>2</sub> (Superoxyde radical), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Hydrogène peroxyde), OH (Hydroxyle Radical), RO<sup>•</sup> (Alkoxyde Radical), ROO<sup>•</sup> (Peroxyde Radical) (Bors, 1990 ; Yamasaki *et al.*, 1996). Ils formeraient des espèces radicalaires intermédiaires peu réactives (Laughton *et al.*, 1989 ; Puppo, 1992).

### IV.3. Captures directes des radicaux libres

Les polyphenols possèdent une structure chimique aromatique permettant une délocalisation électronique importante, donc une stabilisation de leurs formes radicalaires.

C'est pourquoi les propriétés antioxydantes des polyphenols sont souvent associées à leur potentiel anti-radicalaire. De nombreuses études soutiennent le fait que l'activité antioxydante des polyphenols est essentiellement liée à leur capacité de réduire les espèces réactives de l'oxygène comme les supéroxyde, hydroxyles, peroxyde, *et* alkoxyde par transfert d'hydrogène (Fiorucci, 2006).

### IV.4. Les méthodes d'évaluation du pouvoir antioxydant

Il existe différentes méthodes pour mesurer le pouvoir antioxydant d'un aliment ou d'un fluide biologique (Tableau 04) (Salah *et al.*, 1995).

**Tableau 04** : Les différentes méthodes d'évaluation du pouvoir antioxydant (Salah *et al.*, 1995).

Tests du pouvoir anti-radicalaire			
Tests	Avantage	Limites	Références
FRAP 37°	Sensible, simple et rapide	Peu spécifique Ne mesure que le pouvoir réducteur	(Benzie et strain, 1996)
DPPH 20°	Rapide, peu sensible	Ne mesure que le pouvoir antiradicalaire	(Brand-williams <i>et al.</i> , 1995)

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

### I. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé au cours de cette étude une Algue Rouge *Corallina officinalis* (Figure 05), récoltée en mois de Octobre 2018 sur les rochers de la côte de la région de **Bosquet** Wilaya de Mostaganem.



**Figure 05** : Echantillon de L'algue Rouge *C. officinalis* (Photo prise par nous-mêmes).

Après l'identification d'échantillon d'algue rouge *C. officinalis*, le matériel végétal récolté est lavé plusieurs fois avec l'eau de robinet, Au laboratoire afin d'éliminer l'excès de sel, les grains de sable et autres particules; puis séché à l'abri de la lumière et de l'humidité pendant quelques semaine. Une fois séchée, la matière végétale à été broyée en poudre à l'aide d'un mixeur, et conservé jusqu'aux jours d'extraction (Figure 06).



Récolte de la matière Végétale *C. officinalis*.



Lavage et séchage de la matière Végétale.



Broyage de la matière Végétale.



Matière Végétale Broyée.

**Figure 06 :** Les étapes de préparation de la matière Végétale (Photo prise au laboratoire).

## II.Objectifs de l'expérimentation

L'objectif général de ce travail est de déterminer le contenu en Polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux dans l'algue rouge *C. officinalis*.

Ensuite mesurer le pouvoir antioxydant des composés phénoliques contenu dans l'extrait de l'algue rouge étudié.

### III.Préparation de l'extrait eau-méthanol d'algues Rouge *C. officinalis*

Après broyage et séchage de l'algue étudié, 100 g du matériel végétale et soumis a une agitation pendant 30 minutes à température ambiante, dans 200 ml du mélange eau-méthanol (75-125 ml) pendant 1 heure. L'extrait ensuite filtrés sur papier Whatman N°05, puis concentrés au Rotavapeur. La solution récupérée est séchée dans l'étuve à 37°C pendant 72h, c'est l'extrait brut eau-méthanol pour algue Rouge *C. officinalis* (Karumi *et al.*, 2004). (Figure 07).



Matière Végétale Broyée.



Matière Végétale Mélangée avec Eau-Méthanol.



Filtration de l'extrait sur papier Whatman.



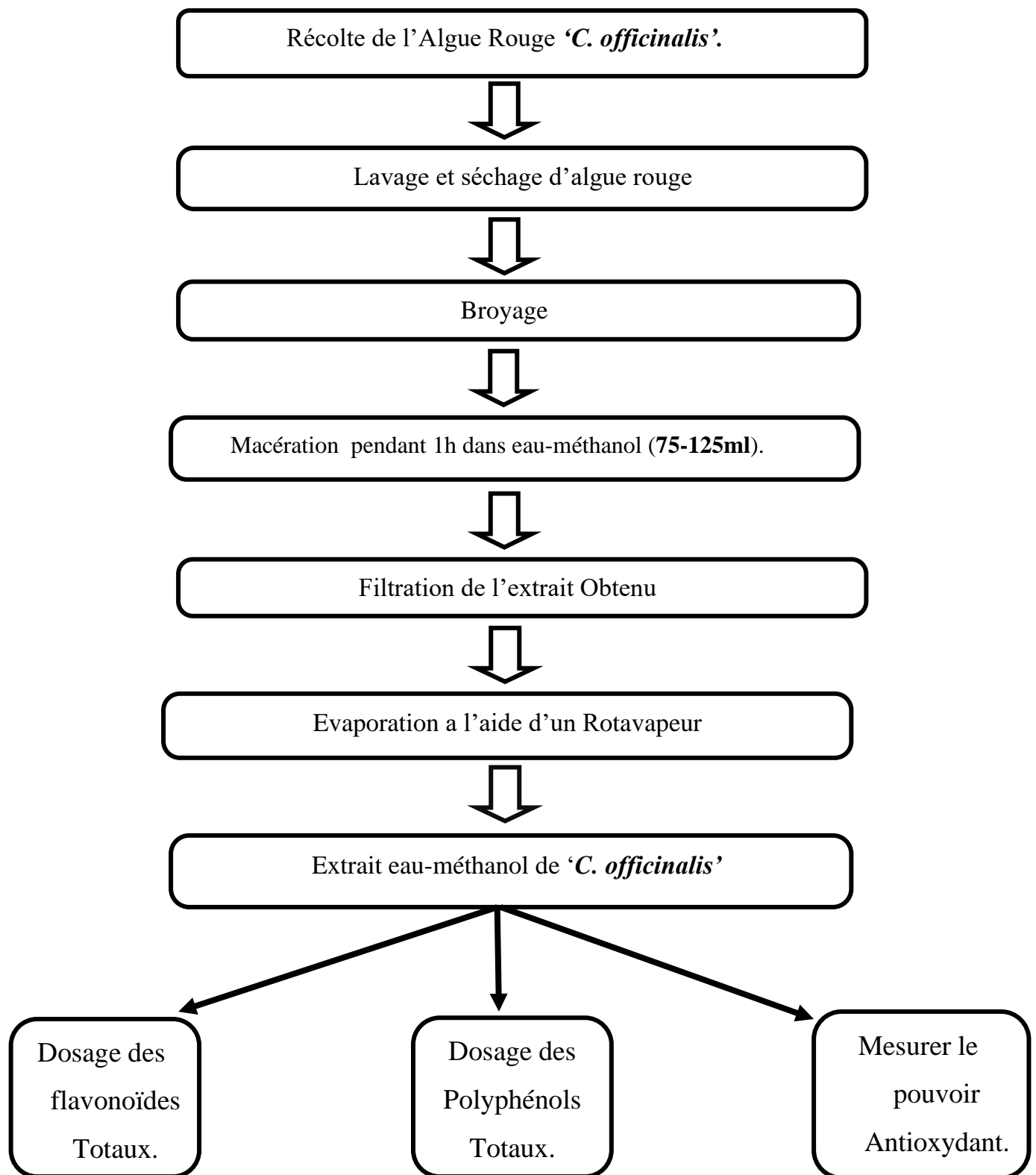
L'évaporateur rotatif sur un Rotavapeur.



l'extrait brut eau-méthanol pour algue Rouge *C. officinalis*.

**Figure 07** : Les étapes de préparation d'extrait Brute Eau-Méthanol d'algue rouge *C. officinalis* (Photo prise au laboratoire).

Les étapes de l'expérimentation sont présentées dans la Figure 08 :



**Figure 08** : Les Différents étapes réalisées dans L'expérimentation.

### III. 1. Le Rendement Obtenue

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

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

**P1** : Poids du ballon après évaporation.

**P2** : Poids du ballon avant évaporation.

**P3** : Poids de la matière végétale de départ.

### IV. Dosage des Polyphénols Totaux

Ce dosage repose sur la méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin Ciocalteu. Ce dernier est constitué d'un mélange d'acide Phosphotungstique ( $\text{H}_3 \text{PW}_{12} \text{O}_4$ ) et d'acide Phosphomolybdique ( $\text{H}_3 \text{PMO}_{12} \text{O}_{40}$ ). L'oxydation des phénols réduit ce réactif en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est proportionnelle au taux de composés phénoliques oxydés dont l'absorbance est comprise entre 725 et 760 nm (Lit *et al.*, 2007).

#### IV. 1. Méthode

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

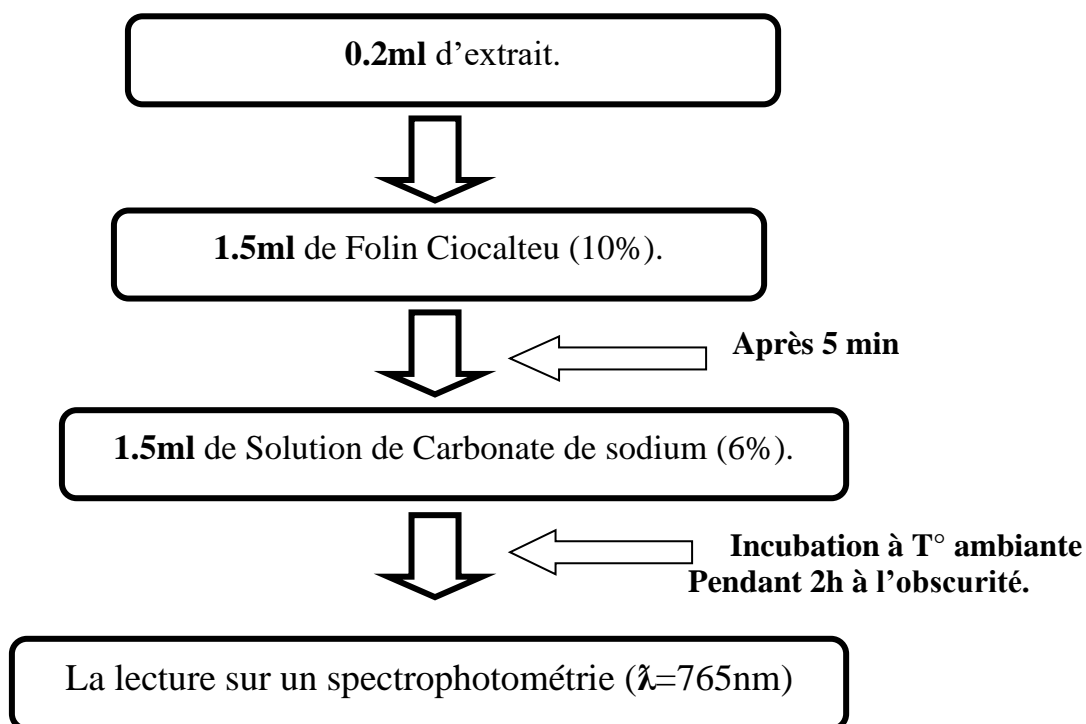
$$\text{Polyphénols} = a \cdot f/C$$

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

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

**C** : Concentration de l'extrait.

Les étapes de dosage de Polyphénols totaux sont présentées dans la [Figure 09](#) :



**Figure 09** : Dosage de Polyphénols totaux ([Lit et al., 2007](#)).

#### IV.2. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

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

#### V. Dosage des Flavonoïdes totaux

Les flavonoïdes sont quantifiés par une méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>) 2%. Le trichlorure d'aluminium forme un complexe jaune avec les flavonoïdes, qui absorbe dans le visible à 510 nm ([Ardestani et Yazdanparast, 2007](#)).

##### V.1 Méthode

Un volume de 1 ml d'extrait a été additionné à 1 ml de Trichlorure d'aluminium à 2% (AlCl<sub>3</sub>). Le mélange a été placé à température ambiante et à l'obscurité pendant 10 min puis l'absorbance a été mesurée à 430 nm sur un Spectrophotomètre. Le Quercétine est utilisé comme standard de référence. Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalents Quercétine par mg d'extrait sec (µg EQ/mg d'extrait).

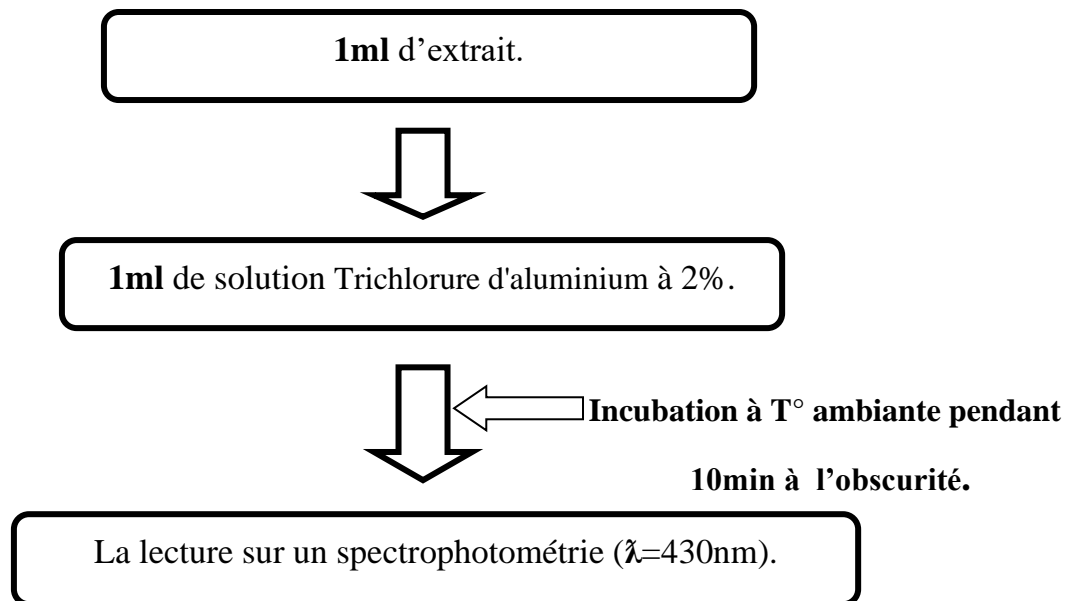
$$\text{Flavonoïdes} = a \cdot f/C$$

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

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

**C** : Concentration de l'extrait.

Les étapes de dosage de flavonoïdes totaux sont présentées dans la [Figure 10](#) :



**Figure 10** : Dosage de Flavonoïdes totaux (Ardestani et Yazdanparast, 2007).

## V.2. Courbe d'étalonnage de la Quercétine

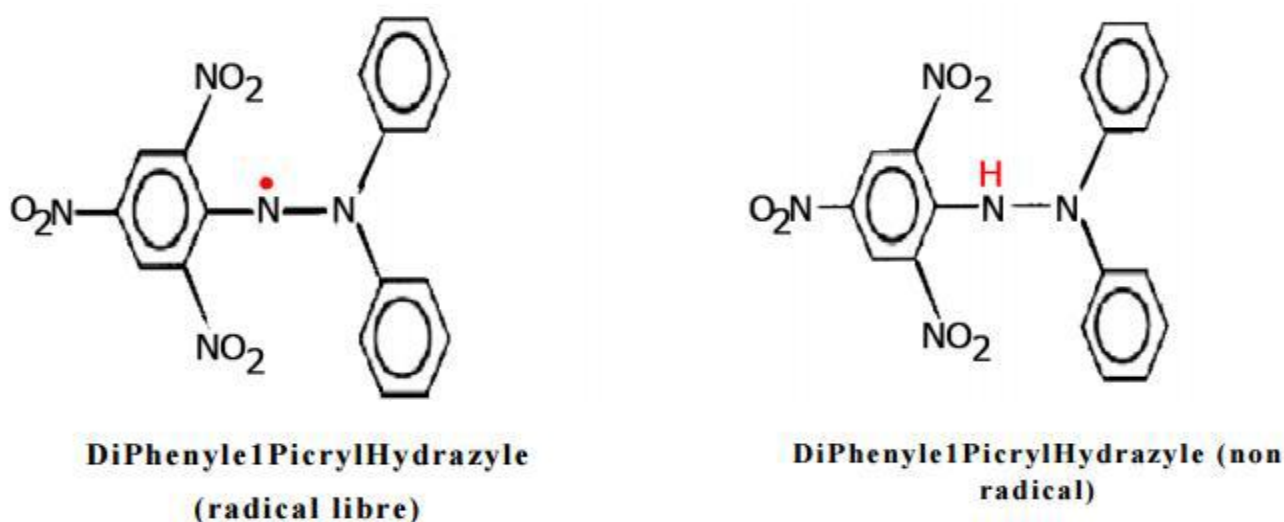
La courbe d'étalonnage est effectuée par Quercétine à différents concentration de 0.1 au 10 µg/l, dans les mêmes conditions et les mêmes étapes du dosage. Les résultats sont ainsi exprimés en milligramme d'équivalents de Quercétine par gramme de matière végétale fraîche.

## VI. Mesure du pouvoir antioxydant

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

## VI. 1. Évaluation de l'activité Antiradicalaire du radical libre DPPH

La méthode du **DPPH** utilise un radical relativement stable, dont les antioxydants réduisent ce radical ayant une couleur violette en un composé jaune, le diphenyl picryl hydrazine (Figure 11). Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le pourcentage d'inhibition du **DPPH** ; dont la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants donneur de proton présents dans l'échantillon (Sanchez Moreno, 2002 ; Parejo *et al.*, 2003).



**Figure 11** : Structure Chimique de radical libre et non radical (Molyneux, 2004).

## VI. 2. Mode Opérateur

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

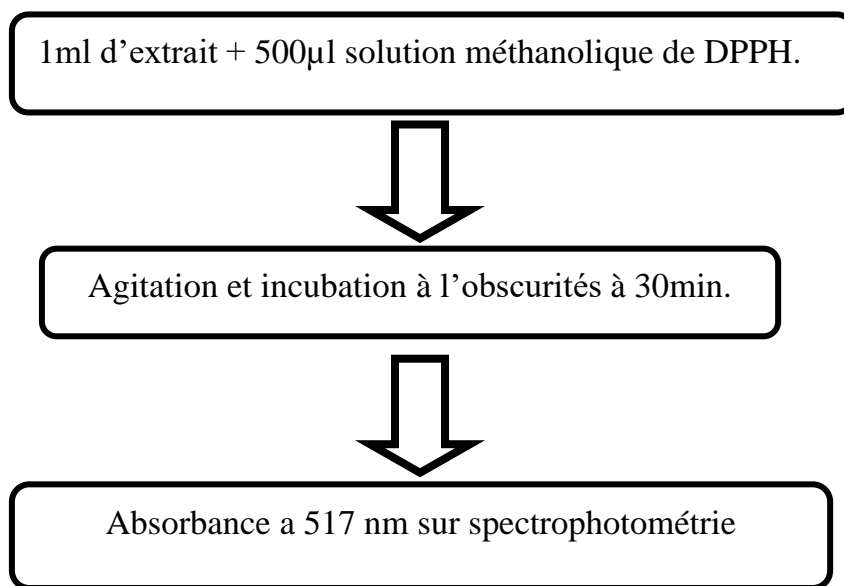
### VI. 2.1. Préparation Du DPPH

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

## VI. 2.2. Préparation des échantillons

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

Le mélange obtenu est ensuite agité, puis gardé à l'abri de lumière à température ambiante pendant 30min. Ensuite La lecture ce fait a l'aide d'un Spectrophotométrie de la densité optique à 517nm (Figure 12).



**Figure 12** : Protocol de préparation de l'enchantions de test **DPPH** (Benariba *et al.*, 2013).

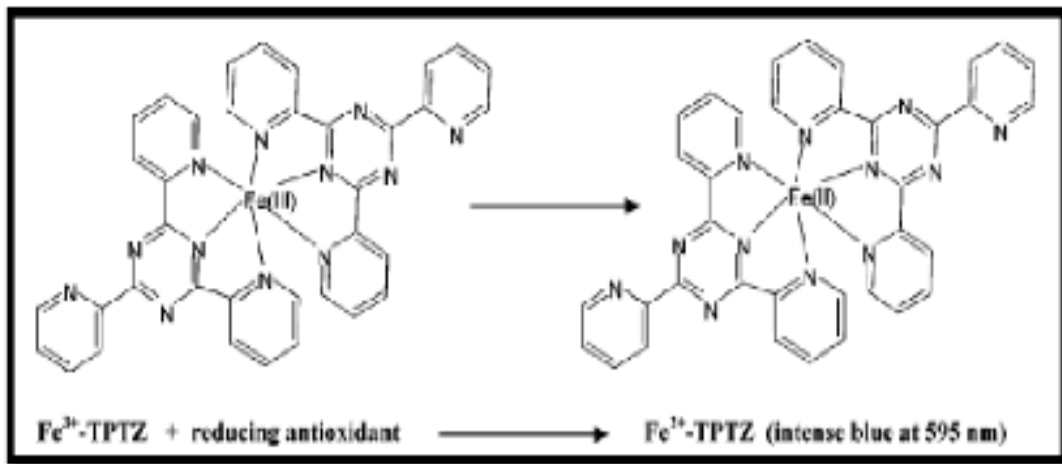
### Pourcentage D'inhibition du radical DPPH

$$I\% = ((Ac - At) / Ac) * 100$$

**Ac** : absorbance du contrôle négatif.

**At** : absorbance de l'extrait.





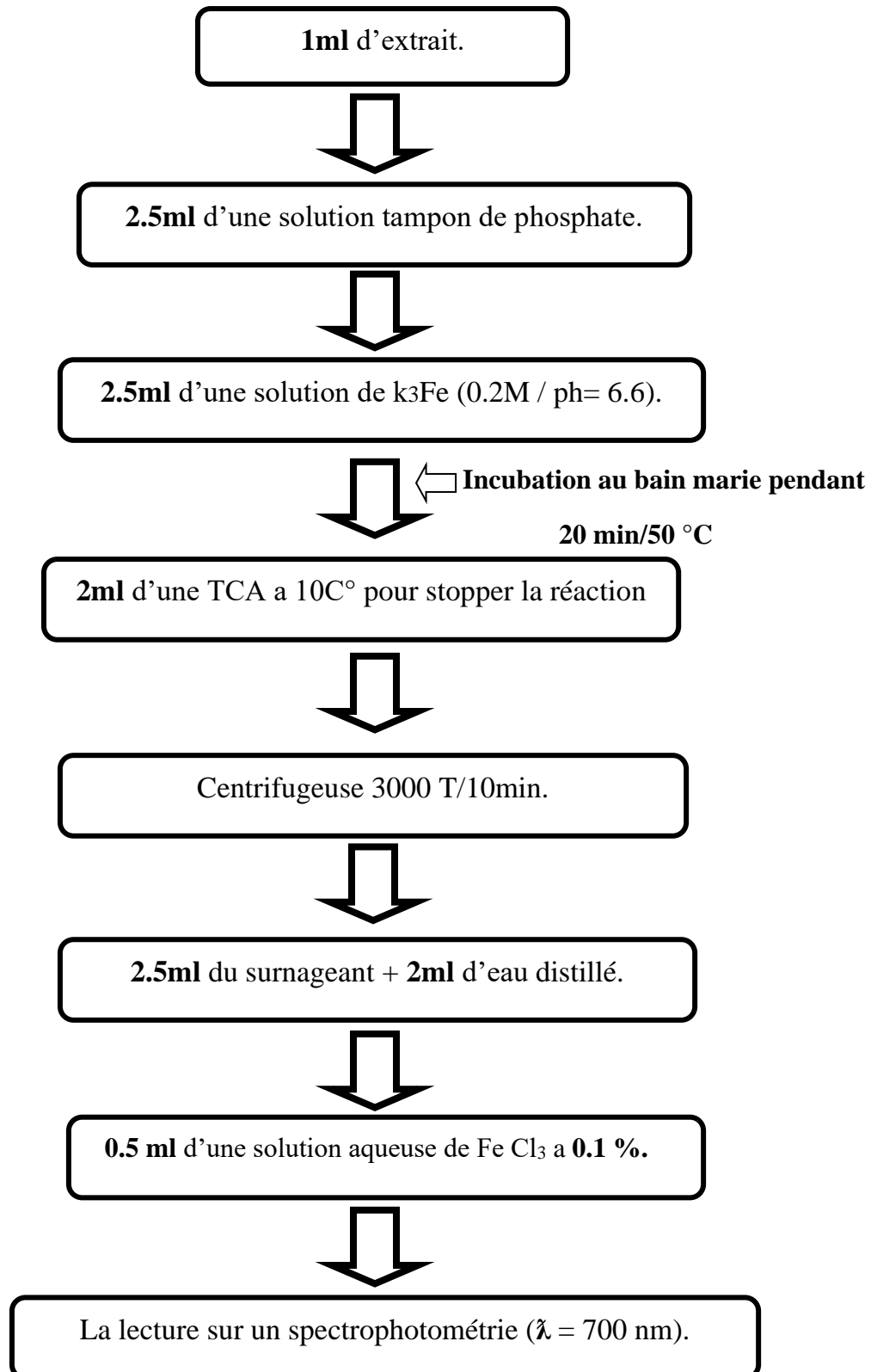
**Figure 14** : Mécanisme Réactionnel du test FRAP (Prior *et al.*, 2005).

### VII.1. Mode Opérateur

L'évaluation de l'activité antioxydant par la réduction du fer à été réalisé selon le Protocol suivant (Yildirim *et al.*, 2001).

- Un Volume de 2.5 ml de solution Tampon phosphate (0.2M, ph.6.6).
- Addition de 2.5 ml d'une solution de  $\text{K}_3\text{Fe}$ .
- L'incubation du mélange au Bain marie à  $50^\circ\text{C}$  pendant 20 minutes.
- 2.5 ml d'une solution de TCA (10%) à  $10^\circ\text{C}$  Pour stopper la réaction.
- Un volume de 2.5ml d'un surnageant, en ajoute 2.5 ml d'eau distillée pour chaque tube (8 tubes).
- Addition de 0.5 ml d'une solution aqueuse de  $\text{FeCl}_3$  a 0.1 %.
- Apre L'agitation d'échantillon, La lecture ce fait a l'aide d'un Spectrophotométrie de la densité optique à 700nm.

Les étapes qui expriment le pouvoir réducteur du Fer sont présentées dans la [Figure 15](#):



**Figure 15** : Les étapes qui expriment le pouvoir réducteur du Fer de test *FRAP* (Yildirim *et al.*, 2001).

## Chapitre III : Résultats et discussion

### I. Résultats

#### I.1. Rendement d'extraction de Algue Rouge '*C. officinalis*'

Le rendement de l'extraction se calcule par le rapport entre la masse de Polyphénols extraits et la masse de la matière première végétale traitée. Après extraction et récupération d'extrait, leur rendement a été déterminé par rapport à 100 g de matière végétale exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

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

**P1** : poids du ballon après évaporation.

**P2** : poids du ballon avant évaporation.

**P3** : poids de la matière végétale de départ.

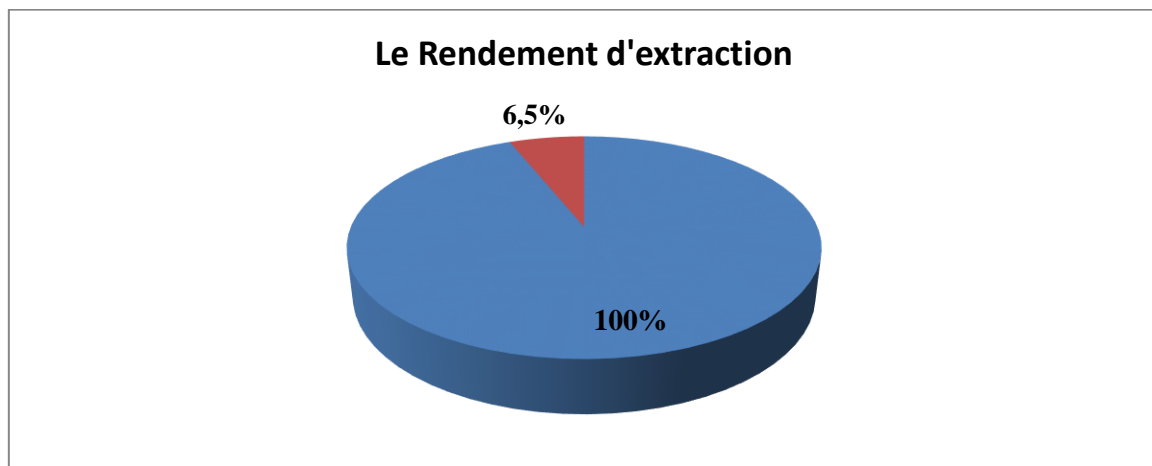
Donc :

**P1** :20.2g

**P2** :13.7g

**P3** :100g

Nous avons calculé le rendement de l'extraction, le résultat obtenu est représenté dans la [Figure 16](#):



**Figure 16** : Rendement d'extraction de l'algue Rouge '*C. officinalis*'.

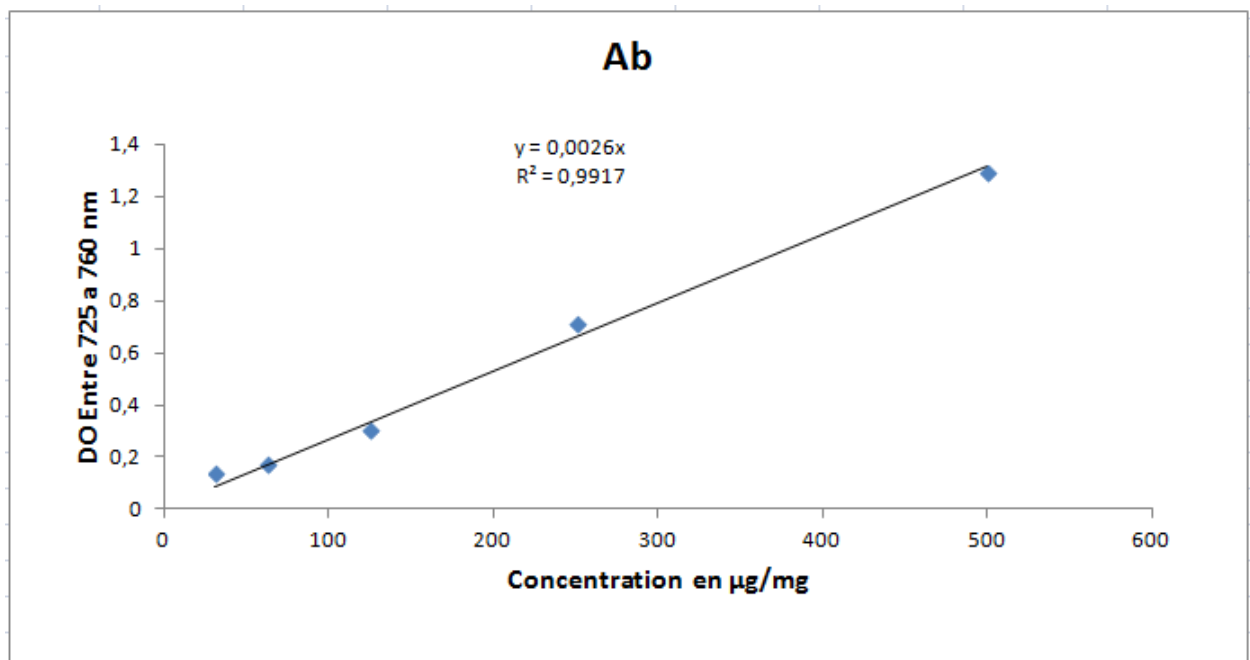
Le calcul de la teneur de rendement d'extraction repose sur plusieurs facteurs à savoir température d'extraction, de la matière végétale initiale et l'humidité (Wattiaux, 1994).

Selon Michel *et al.* (2012), le rendement des extractions dépend de la nature du solvant utilisé et des propriétés chimiques des molécules à extraire. De même, la méthode d'extraction (macération, décoction, infusion) joue également un rôle important dans la détermination du rendement ainsi que la composition chimique de l'extrait préparé (Tefiani, 2015).

## I.2. Dosage des Composés Phénolique

### I.2.1 Taux de Polyphénols totaux dans l'extrait d'algue Rouge 'C. officinalis'

La teneur en Polyphénols totaux dans l'extrait eau-méthanol est déterminée à partir des équations de la régression linéaire de courbe d'étalonnage exprimées en  $\mu\text{g}$ . Eq acide gallique par mg d'extrait (Figure 17).



**Figure 17:** Courbe étalon de l'acide gallique.

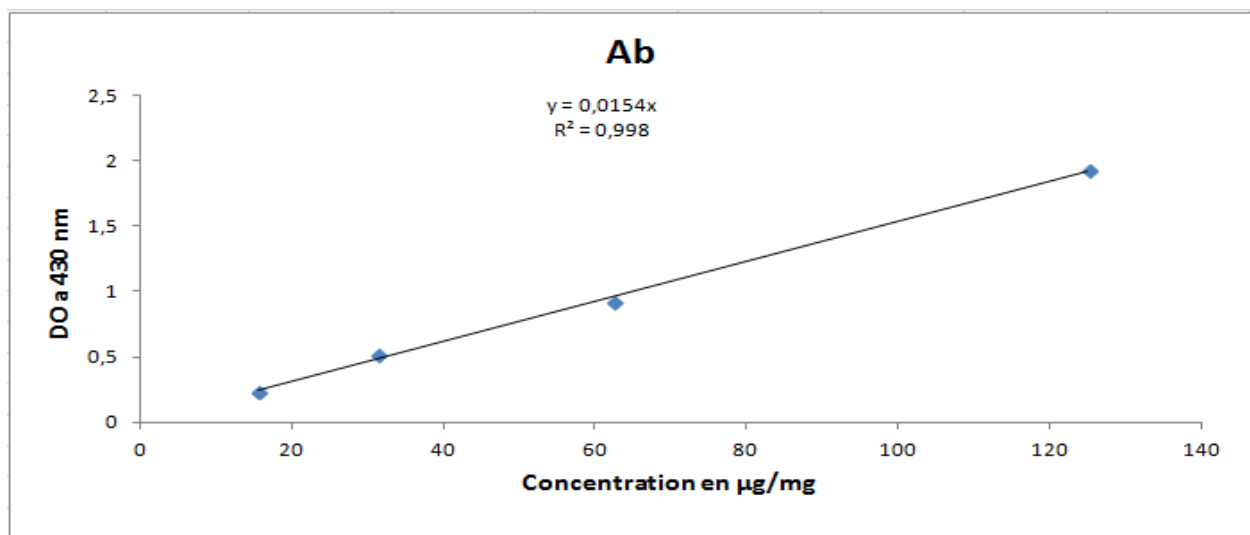
Le dosage des polyphénols a été réalisé en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu à 2%. Malgré la sensibilité et la simplicité de cette méthode qui est largement utilisée, elle n'est pas spécifique des Polyphénols.

En effet, le réactif peut réagir avec des protéines, des sucres, l'acide ascorbique et des composés soufrés, ce qui peut influencer les résultats obtenus (Singleton et Rossi, 1965). En ce qui concerne notre étude, l'analyse des composés phénoliques montre que la teneur en Polyphénols enregistrée dans cette étude est de **118.07 µg. EA** par mg d'extrait.

Des études récentes ont montré que les teneurs en composés phénoliques et surtout le Polyphénol, changent de façon considérable d'une espèce à une autre et à l'intérieur de la même espèce, à cause des facteurs extrinsèques (température, climat...), génétiques (la variété et l'origine d'espèces), physiologiques (le degré de maturation des algues, les organes utilisés) et de la durée de stockage (Maisuthisakul *et al.*, 2007; Ksouri *et al.*, 2009).

### I.2.2 Taux de Flavonoïde totaux dans l'extrait d'algue Rouge '*C. officinalis*'

Équations de la régression linéaire de courbe d'étalonnage exprimées en µg. Eq Quercétine par mg d'extrait (Figure 18).



**Figure 18** : Courbe étalon de Quercétine.

La teneur en flavonoïde est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage à la Quercétine. La teneur en flavonoïdes enregistrée dans cette étude est de **48.44** µg EQ/mg extrait, ce résultat est en accord avec d'autres travaux où ils ont trouvé qu'il existe seulement peu données concernant le contenu en flavonoïdes dans les algues marines (Meenakshi and Gnanambigai, 2009 ; Sava and Sirbu, 2010 ; Zeng *et al.*, 2001).

Selon (Ravel *et al.*, 2005), les méthodes de conservation et d'exposition à la lumière des algues peuvent affecter la teneur en flavonoïdes. Par ailleurs, il est rapporté que les teneurs en flavonoïdes dans les algues marines varient pour plusieurs raisons à savoir l'espèce, la saison et ainsi que les conditions géographiques (Sarojini *et al.*, 2012).

**Tableau 05** : Teneurs en Phénols totaux, et en flavonoïdes de l'extrait brut d'algue rouge '*C. officinalis*'.

	Phénols totaux (µg EA/mg extrait)	Flavonoïdes (µg EQ/mg extrait)
<b>Extrait Brut</b>	<b>118.07</b>	<b>48.44</b>

D'après ces résultats nous constatons que *C. officinalis* est riche en phénols totaux (**118.07 µg EA/mg extrait**) par rapport les flavonoïdes totaux (**48.44 µg EQ/mg extrait**).

Il est difficile de comparer ces résultats avec ceux de la bibliographie car l'utilisation de différentes méthodes d'extraction, réduit les possibilités de comparaison entre les études (Trabelsi *et al.*, 2010).

De ce fait le méthanol reste le meilleur solvant pour extraire ces composés, cette affinité est appuyée par plusieurs travaux (Abdille *et al.*, 2005).

### I.3. Evaluation du pouvoir antioxydant

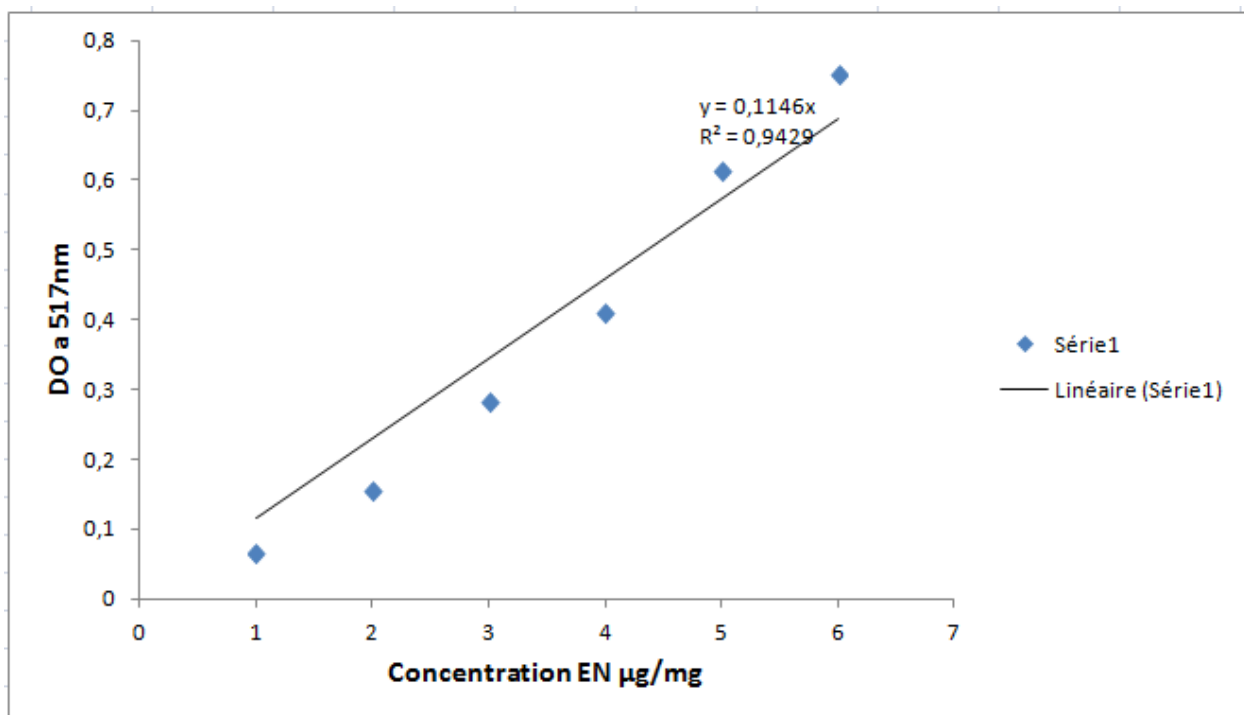
L'activité antioxydante de l'extrait algue rouge '*C. officinalis*' est évaluée par deux tests qui sont le test de réduction du radicale libre **DPPH** et la méthode de réduction du fer **FRAP**.

### I.3.1 Test de réduction du radical libre le DPPH

L'activité antioxydante est évaluée en utilisant la méthode du test **DPPH**. Le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle est un radical de couleur violacée qui absorbe dans l'UV- visible à la longueur d'onde de 517nm, suivie par spectrophotométrie. Il fut l'un des premiers radicaux libres utilisés pour étudier l'activité antioxydante des composés phénolique.

Dans ce test, le substrat est un radical libre qui, en réagissant avec une molécule antioxydante, se transforme en DPPH-H (2,2-diphényl-1-picrylhydrazine) avec perte de son absorbance caractéristique à 517 nm. Les réactions ont lieu à température ambiante et en milieu éthanolique, qui permet une bonne solubilisation de la plupart des antioxydants. Ce test est très utilisé, car il est rapide et facile, Malgré qu'elle soit couteuse.

L'étude quantitative d'acide ascorbique de l'algue rouge '*C. officinalis*', est réalisée par des dosages spectrophotométrique. La teneur en vitamine C est exprimé en microgramme d'équivalent l'acide ascorbique par gramme d'extrait (Figure 19).



**Figure 19:** Courbe étalon d'acide ascorbique.

### I.3.2 Calcul des pourcentages d'inhibitions I%

Les résultats du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par l'extrait méthanolique de l'algue rouge *C. officinalis* sont illustrés dans le [Tableau 06](#) et la [Figure 20](#).

Ces résultats sont comparés aux pourcentages d'inhibition par un puissant antioxydant (acide ascorbique) utilisé dans cette étude comme témoin positif ([Figure 20](#)).

D'après le [Tableau 06](#) et la [Figure 20](#), le pourcentage d'inhibition de l'extrait varie entre **11,2%** et **55,5%**. Le pourcentage d'inhibition le plus élevé (**55,5%**) est enregistré avec la concentration de l'extrait méthanolique (**6,25µg /ml**).

Comparativement à la littérature, les travaux de [Tefiani \(2015\)](#), a obtenu le plus grand pourcentage d'inhibition (**7%**) avec la concentration (**1mg/ml**). Les valeurs obtenues dans notre étude sont par conséquent très intéressante, vue que si on considère une concentration de l'ordre de **1mg/ml** de notre extrait méthanolique, elle va correspondre à un pourcentage d'inhibition de **8.88 %**.

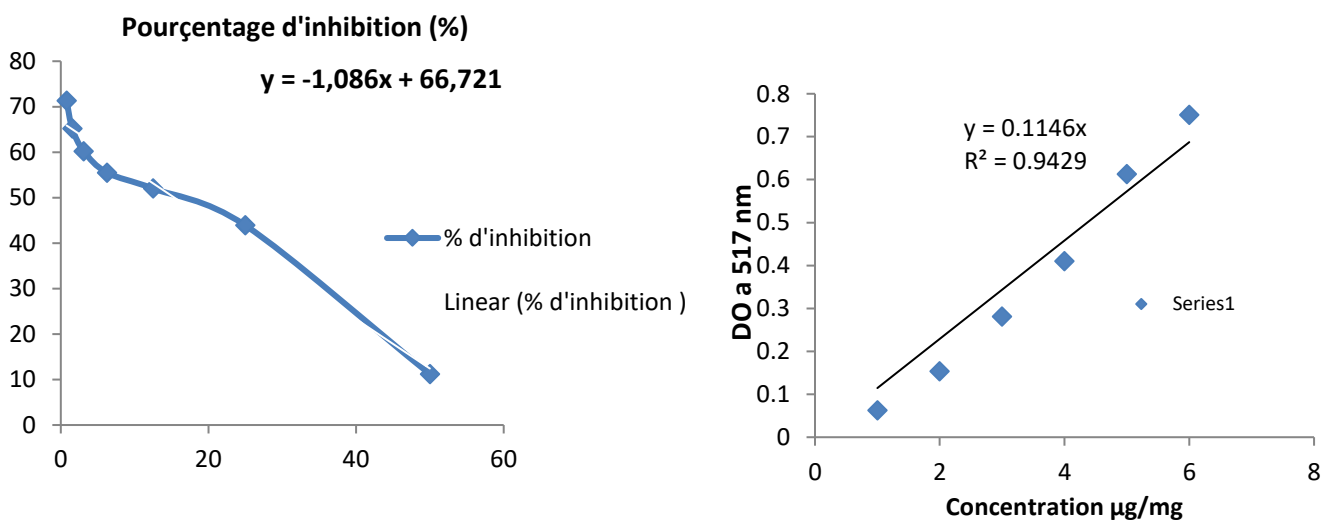
Nous calculons les pourcentages d'inhibition par la formule suivante :

$$I\% = ((Ac - At) / Ac) * 100$$

**Ac** : Absorbance du contrôle négatif.

**At** : Absorbance de l'extrait.

Les résultats sont représentés sur la [Figure 20](#) et le [Tableau 06](#)



**Figure 20** : Effet antiradicalaire des extraits eau-méthanol d'algue '*C. officinalis*' sur la réduction du DPPH effet de l'acide ascorbique.

**Tableau 06:** Les pourcentages d'inhibition de l'extrait méthanolique (teste DPPH) et l'acide ascorbique par déduction de la courbe de pourcentage d'inhibition.

Concentrations testées (µg/ml)	50	25	12.5	6.25	3.12	1.56
Pourcentage d'inhibition de l'acide ascorbique (%)	75.1	61.3	41	28.1	15.4	11.2
Pourcentage d'inhibition de l'extrait méthanolique DPPH(%)	11.2	43.9	47.9	55.5	46.7	15.1

### I.3.3 Evaluation de l'IC50

L'IC50 est inversement lié à la capacité antioxydante d'un composé, car il exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50%. Plus la valeur d'IC50 est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est élevée.

La concentration de l'échantillon nécessaire pour inhiber 50% du DPPH radicalaire, est calculée par régression linéaire des pourcentages d'inhibition calculés en fonction de différentes concentrations d'extrait préparé.

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

L'IC50 est déterminée à partir d'une courbe de pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH enregistrée dans cette étude est **153.9 µg /ml**, cette valeur reste nettement inférieure à celle de l'acide ascorbique (**436.30µg/ml**).

#### I.4. Test de la réduction du fer FRAP

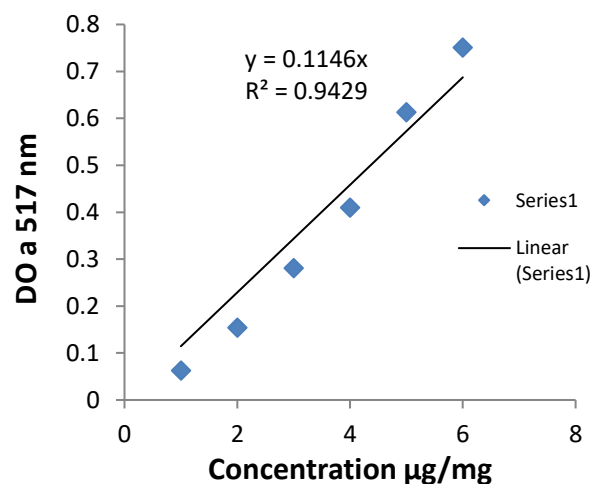
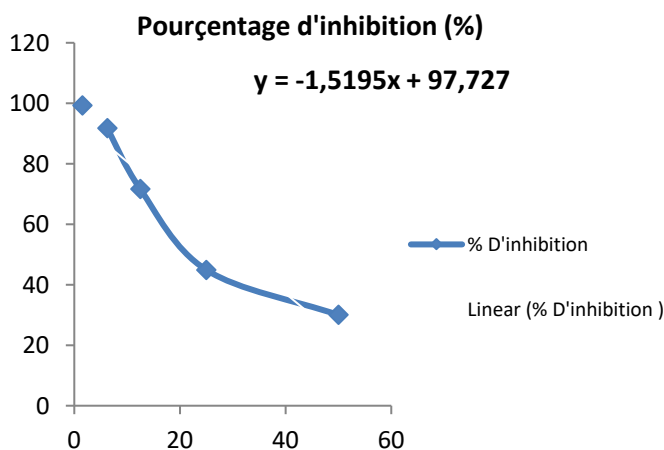
Le pouvoir réducteur a été déterminé selon la méthode d'Oyaizu (1986). Sur la base des données qui représente l'absorbance en fonction des différentes concentrations du standard d'acide ascorbique, nous avons construit la courbe de régression ci dessous (Figure 21).

La présence des réductants dans l'extrait provoque la réduction de fer  $Fe^{3+}$  complexe ferricyanide à la forme ferreux. Par conséquent,  $Fe^{2+}$  peut être évalué en mesurant et en surveillant l'augmentation de la densité de la couleur bleu vert dans le milieu réactionnel à 700 nm.

Cette dernière est un essai simple, rapide et reproductible. Il est universel peut être appliqué aussi bien chez les plantes que les plasmas et dans les extraits organiques et aqueux (Li *et al.*, 2008). Le contrôle positif utilisé pour cette activité est l'acide ascorbique testé à différente concentration, les résultats obtenus sont représentés dans la Figure 21.

Les valeurs de **IC50** correspondant à la concentration qui assure une absorbance de 0,5 et déterminé des graphes de concentration d'extraits en fonction de la DO, nous ont permis de calculées d'évaluer et comparer l'efficacité des différents extraits, plus la valeur est petite, plus l'effet réducteur du fer est élevé.

**IC50** est déterminée à partir d'une courbe de pourcentage d'inhibition de FRAP enregistrée dans cette étude est **31.40 µg /ml**, cette valeur reste inferieur à celle de l'acide ascorbique (**436.30µg/ml**).



**Figure 21** : Effet anti radicalaire d'extraits eau-méthanol d'algue '*C. officinalis*' sur la réduction du Fer effet de l'acide ascorbique.

<b>Concentrations testées (µg/ml)</b>	<b>50</b>	25	12.5	6.25	3.12	<b>1.56</b>
<b>Pourcentage d'inhibition de l'acide ascorbique (%)</b>	<b>75.1</b>	<b>61.3</b>	<b>41</b>	<b>28.1</b>	<b>15.4</b>	<b>11.2</b>
<b>Pourcentage d'inhibition de l'extrait méthanolique FRAP (%)</b>	<b>44.9</b>	<b>71.6</b>	<b>85.1</b>	-	<b>91.80</b>	<b>91.9</b>

**Tableau 07**: Les pourcentages d'inhibition de l'extrait méthanolique (teste FRAP) et l'acide ascorbique par déduction de la courbe de pourcentage d'inhibition.

Les résultats du pourcentage d'inhibition du Test de la réduction du fer **FRAP** par l'extrait brut méthanolique de l'algue rouge *C. officinalis* sont illustrés dans le [Tableau 07](#) et la [Figure 21](#).

Ces résultats sont comparés aux pourcentages d'inhibition par un puissant antioxydant (Acide ascorbique) utilisé dans cette étude comme témoin positif ([Tableau 07](#)).

D'après le [Tableau 07](#) et la [Figure 21](#), le pourcentage d'inhibition de l'extrait varie entre **44,9%** et **91.9%**. Le pourcentage d'inhibition le plus élevé (**91.9%**) est enregistré avec la concentration de l'extrait méthanolique (**1,56 µg /ml**).

Comparativement avec le pourcentage d'inhibition de Test de la réduction du fer **FRAP**, la plus grande valeur enregistrée est (**91.9%**). Par rapport de Test de réduction du radical libre le **DPPH** on a obtenue (**55.5 %**).

## Conclusion Et Perspectives

Dans cette étude, nous avons constaté que l'extrait de l'algue rouge *Corallina officinalis* est riche en polyphénols totaux (**118.07 µg EA/mg d'extrait**), et qui est responsable à des effets antioxydants important sur le DPPH, FRAP.

Les résultats d'extraction de la matière végétale obtenus montrent que l'extrait brut eau-méthanol de *C. officinalis* est récupéré avec un rendement de **6.5%**.

En parallèle ; la quantification des flavonoïdes à été effectuée par la méthode (Ardestani et Yazdanparast, 2007), nous a permis d'observer également une teneur dans l'extrait étudié de **48.44 µg EQ/mg d'extrait**.

La méthode d'extraction joue un rôle important dans la détermination du rendement ainsi que la composition chimique de l'extraits préparés .Le rendement d'extrait dépend de la nature du solvant utilisé et des propriétés chimiques des molécules à extraire (Michel *et al.*, 2012).

Ce travail avait pour objectif d'évaluer *in vitro* l'activité antioxydante de l'algue rouge *C. officinalis* par la méthode colorimétrique, récolté de la région de **Bosquet** Wilaya de Mostaganem.

Très peu de travaux ont été réalisés sur l'étude des propriétés antioxydantes des algues ceci nous a insisté de rechercher l'effet antioxydant sur l'algue rouge genre *C. officinalis*.

Ces premiers résultats sont encourageants et font de l'algue rouge locale étudiée une source naturelle très intéressante qui peut être utilisée à des fins thérapeutiques et dans le but de renforcer l'antibiothérapie.

Afin d'approfondir ce travail de recherche, nous proposons les perspectives suivantes :

- Il serait intéressant de travailler sur d'autres sites avec un nombre plus élevé d'espèces.
- De purifier et d'identifier les molécules responsables de l'activité antioxydant des algues marines en générale.
- Evaluation de l'activité antioxydante de cette algue par d'autres méthodes *in vitro*.
- Recherche d'autres activités biologiques (antidiabétique, antimicrobienne etc.).

***SYNTHESE  
BIBLIOGRAPHIQUE***

***MATERIEL ET  
METHODES***

# ***INTRODUCTION***

***RESULTATS ET  
DISCUSSIONS***

***CONCLUSION ET  
PERSPECTIVES***

# *Références Bibliographique*

Références bibliographiques*A*

1-(Abdille *et al.*, 2005) : Abdille M.H., Singh R.P., Jayaprakasha G.K., Jena B.S., (2005). Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits, *Food Chemistry*, 90(4). 891-896.

2- (Ainane *et al.*, 2015) : Ainane, T., Abourriche, A., Bennamara, A., Talbi, M., & Lemrani, M. (2015). Activité anti-leishmanienne des extraits d'une algue brune *Bifurcaria bifurcata* de la côte atlantique du Maroc. *Phytothérapie*, 1-6 .

3-(Ambrozova, 2014) : Ambrozova, J.V.; Misurcova, L.; Vicha, R.; Machu, L.; Samek, D.; Baron, M.; Mlcek, J.; Sochor, J.; Jurikova, T. (2014) Influence of extractive solvents on lipid and fatty acids content of edible freshwater algal and seaweed products, the green microalga *Chlorella* .

4-(Ardestani et Yazdanparast, 2007) : Ardestani, A. and Yazdanparast, R. (2007) Antioxidant and Free Radical Scavenging Potential of *Achillea santolina* Extracts. *Food Chemistry*, 104, 21-29.

*B*

5-(Bors, 1990 ) : Bors W . 1990 Flavonoids as antioxidants: determination of radical-scavenging efficiencies. *Methods Enzymol.* 1990;186:343-55.

6-(Bouakaz, 2006) : Bouakaz I (2006). Etude phytochimique de la plante *Genista Microcephala*.

7-(Boudiaf, 2006) : Boudiaf K (2006). Etude des effets anti-xanthine oxydoréductase et anti-radicalaires des extraits des graines de *Nigella sativa*. Thèse de magistère. Département de biologie. Université Ferhat abbas. (Sétif) Algérie.

8-(Bourkhiss *et al.*, 2010) : Parties de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters du Maroc. Bulletin de la société royale des sciences de liège. 141-154.

9-(Bruneton, 1999) : Bruneton J., (1999). Pharmiognosie, phytochimie, plantes médicinales, 2eme édition, Paris : Editions médicales internationales, Tec et Doc Lavoisier. 1120.

10-( Bubonja-Sonja *et al.*, 2011) : Bubonja-Sonje M, Giacometti J, Maja Abram M,2011. Antioxydant and antilisterial activity of olive oil , Cocoa and rosemary extract polyphénols. Food Chem 127 :1821-27.

## C

11-(Cavina, 1999) : Cavina N (1999). Investigation Phytochimique De Trois Plantes Indounisienne Au Propriété Antioxydante et Antiradicalaire .les réactions enzymatiques 23(14) :25-49.

12-(Chopin, 1997) : Surveillance de la biodiversité marine, Protocoles de surveillance des algues marines, Un rapport du comité de surveillance de biodiversité marine- Atlantic Ecologie science Coopérative, centre des sciences de la mer Huntsman. Editeur : St John, Canada : Université du Nouveau-Brunswick, Centre d'études Littorales et Aquaculture.

13-(Cohen *et al.*1999) : H. Cohen, T. Maniv, R. Tenne, Y. Rosenfeld Hacoheh, O. Stephan, and C. Colliex Phys. Rev. Lett. 80, 782 (1999).

14-(Crozier *et al.*, 2010) : Crozier A, Del Rio D,Clifford M(2010). Bioavailability of dietary flavonoids and *d'angéiologie*,d'approvisionnement potentielle. *Food and Agricultural Research council Mauritiass*,p83.

**D**

15-(Dominique, 2005) : Dominique B., Dominique D., Patrick D., Marie-Christine., (2005). Algues et alimentation animale, Algo rythme. 3.

**E**

16-(Ekoumou, 2003) : Ekoumou C. (2003). Etude phytochimique et pharmacologique de cinq recettes traditionnelles utilisées dans le traitement des infections urinaires et la cystite ;Ed.Bamako pp-145.

**F**

17-(Fao, 2014) : FAO., (2014). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture, SOFIA: 114-115-116.

18-(Farid *et al.*, 2009 ) : Farid, Y., Etahiri, S., & Assobhei, O. (2009). Activité antimicrobienne des algues marines de la lagune d'Oualidia (Maroc) : Criblage et optimisation de la période de la récolte. J. Appl. Biosci, 24, 1543-1552.

19-(Favier, 2003) : Favier A (2003). Le stress oxydant intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité chimique,(9) :108-115.

20-(Fiorucci, 2006) : Fiorucci S. (2006). Activités biologiques de composés de la famille de flavonoïdes : approches par des méthodes de chimie quantique et de dynamique moléculaire. Thèse de doctorat. Nice, 211p.

## G

21-(Garon-Lardiere, 2004) : Garon-Lardiere, S., (2004). Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). Université De Bretagne Occidentale.

22-(Gayral, 1975) : Les algues : Morphologie, cytologie, reproduction, écologie, Ed doin 41p.

23-(Géraldine et Céline, 2009) : Géraldine., Céline L., (2009). Les algues le trésor de la mer. Heds, Haute école de santé , Genève, 1-6.

24-(Gould et Lister ; 2006) : Gould K, Lister C (2006). « Flavonoid functions in plants ».in :Flavonoids :Chimistry,Biochimistry and applications.,O.Anderson ;Et K.R.M-Markhem.,Ed.CRC Press,pp :8-39,41-74.

25-(Guiry, M. D et Guiry, G. M, 1996). : Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (1996). AlgaeBase is a database of information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms.

## H

26-(Ho *et al.*, 2007) : Ho, I.S., Hannan, F., Guo, H.F., Hakker, I., Zhong, Y. (2007). Distinct functional domains of neurofibromatosis type 1 regulate immediate versus long-term memory formation. *J. Neurosci.* 27(25): 6852--6857.

27-(Hodek *et al.*, 2002) : Hodek P, Trefil P ,Stiborova M (2002).Flavonoids-potent and versatile biologically.

28-(Hu, 2003) : Hu Y, et al. (2003). Reduction of Htt inclusion formation in strains of *Saccharomyces cerevisiae* deficient in certain DNA repair functions: a statistical analysis of phenotype. *Exp Cell Res* 291(1):46-55.

29-(Hubert, 2006) : Hubert, J. (2006). Caractérisation biochimique et propriétés biologiques des micronutriments du germe de soja: étude des voies de sa valorisation en nutrition et santé humaines (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Toulouse).

*I*

30-(Ismail, 2017) : Ismail, G. A. (2017). Biochemical composition of some Egyptian seaweeds with potent nutritive and antioxidant properties. *Food Science and Technology (Campinas), (AHEAD)*, 37(2): 294-302 .

*K*

31-(Ksouri *et al.*, 2009) : Ksouri R, Falleh H, Megdiche W, Trabelsi N, Hamdi B, Chaieb K, et al. Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L and related polyphenolic constituents. *Food Chem Toxicol.* 2009;47:2083–91.

*L*

32-(Lahaye, 1991) : Lahaye M., (1991). Marine algac as source of fibers: determination of soluble and insoluble dietary fibre content in some sea-vegetables. *Journal Sciences Food Agricol.* 54 et 587-94.

33-(Laplace-treiture, 2014) : Laplace-Treiture C., Pelter M.C., Lambert E., Roudriguez S., Vergon J.P., Chauvin C. ;(2014). Guide pratique de détermination générique des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes. Ministère de l'environnement.13-14.

34-(Laughton *et al.*, 1989 ) : Laughton M. J., Halliwell B., Evans P. J. and Houlton J. R. S. (1989). Antioxidant and pro-oxidant actions of the plant phenolics quercetin, gossypol and myricetin. Effects on lipid peroxidation, hydroxyl radical generation and bleomycin-dépendent damage to D N A. *Biochem. Pharmacol.* 38, 2859-2865.

35-(Lhuillier, 2007) : Lhuillier, A.(2007). Contribution à l'étude phytochimique de quatre plantes malgaches :Agauria salicifolia Hook.f ex Oliver,Agauria polyphyllaBaker (Ericaceae), Tambourissatricophylla Baker ( Monimiaceae) et Embelia concinna Baker(Myrsinaceae). Thèse de doctorat.

36-(Linne *et al.*, 1788) : Linné, C.V., Gmelin, J.F., Metcalf, C 1788 - Caroli a Linné. *Systemanaturae per regna trianaturae : secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis.* Lipsiae : impensis Georg. Emanuel.Beer.

## M

37-(Mabeau, *et al.*, 1990) : Mabeau, S., Vallat, O., & Brault, D. (1990). Le charme discret des macro-algues ? De l'orient à l'occident: les principaux marchés. *Biofutur*, 88, 24-29.

38-(Macheix *et al.*,2005) : Macheix JJ, Fleuriet A, Jay-Allemand C (2005). Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, p. 4-5.

- 39-(Maisuthisakul *et al.*, 2007) : Maisuthisakul M, Da-SilvaM (2007) . Assessment of phenolics content and free radical scavenging capacity of some that indigenous plants. *Food Chem*(100) : 1409-1418.
- 40-(Makkar *et al.*, 2016) : Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F., & Ankers, P. (2016). Seaweeds for livestock diets: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 212, 1-17.
- 41-(McCord, 2000) : McCord, J. M. (2000). The evolution of free radicals and oxidative stress. *The American journal of medicine*, 108(8), 652-659.
- 42-(Meenakshi and Gnanambigai,2009) : Total Flavanoid and *in vitro* Antioxidant Activity of Two Seaweeds of Rameshwaram Coast S. Meenakshi, D. Manicka Gnanambigai, Centre of Advanced Study in Marine Biology, Annamalai University, Parangipettai-608 502, Tamil Nadu, India.
- 43-(Munoz , 2011) : Munoz J., (2011). Extraction de l'éponge marine *Axinella donnani* et synthèse d'une chimiothèque d'analogues du dispacamide A, Thèse de doctorat, Université Paris sud XI, France.
- 44-(Mišurcová, 2011) : Mišurcová, L. (2011). Chemical composition of seaweeds. *Handbook of Marine Macroalgae: Biotechnology and Applied Phycology*, 171-192.
- 45-(Memory, 2006) : Memory H. (2006). *Biologie Module 1, Diversité des algues et des plantes*: 45
- 46-(Milchakova 2011) : Coyer JA, Diekmann OE, Serrão EA, Procaccini G, Milchakova N, Pearson GA, Stam WT, Olsen JL. Population genetics of dwarf eelgrass *Zostera noltii* throughout its biogeographic range. *Mar Ecol Prog Ser*. 2004a;281:51–62.
- 47-(Migdal et Serres, 2011) : Migdal, C., & Serres, M. (2011). Reactive oxygen species and oxidative stress. *Medecine sciences: M/S*, 27(4), 405-412.

48-(Milane, 2004) : Milane H. (2004). La quercétine et ses dérivés: molécules à caractère prooxydant ou capte

49-(Molyneux, 2004) : Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. Songklanakarin J. Sci. Technol, 26(2), 211-219.

50-Michel *et al.* (2012) : Michel T., Destandau E., Le Floch G., Lucchesi M.E., Elfakira C., (2012). Antimicrobial, antioxidant and phytochemical investigations of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) leaf, stem, root and seed, Food Chemistry, 131(3). 754-760.

O

51-Oyaizu (1986) : Oyaizu M., (1986). Studies on products of browning reaction prepared from glucose amine. Japanese Journal of Nutrition, (44). 307-3 15.

P

52-(Packer et Weber, 2001) : Effect of benzoyl peroxide on antioxidant status, NF-kappaB activity and interleukin-1alpha gene expression in human keratinocytes. **Weber SU, Packer L**  
Department of Molecular and Cell Biology, University of California, Berkeley, CA 94720-3200, USA. [gvalacchi@ucdavis.edu](mailto:gvalacchi@ucdavis.edu)

53-(Parejo *et al.*, 2003) : Parejo, I., Viladomat, F., Bastida, J., Rosas-Romero, A., Saavedra, G., Murcia, M. A., & Codina, C. (2003). Investigation of Bolivian plant extracts for their radical scavenging activity and antioxidant activity. Life Sciences, 73(13), 1667-1681.

54-(Pisoschi et Negulescu, 2012) : Pisoschi, A. M., & Negulescu, G. P. (2012). Methods for total antioxidant activity determination: a review. *Biochemistry & Analytical Biochemistry*, 2012.

55-(Pereira, 2014) : Pereira, L. 2014. *Corallina officinalis*—Portuguese Seaweeds Website, available online at: [http://macoi.ci.uc.pt/spec\\_list\\_detail.php?spec\\_id=51](http://macoi.ci.uc.pt/spec_list_detail.php?spec_id=51)

56-(Person, 2011) : Person, J., & Colloque Algues, filières du futur !. (2011). Algues, filières du futur : Livre Turquoise. Editions Adebitech

57-(Person *et al.*, 2010) : Person, J., & Colloque Algues, filières du futur !. (2010). Algues, filières du futur : Livre Turquoise. Editions Adebitech.

58-(Petti et Scully, 2009) : Petti S, Scully C (2009). Polyphenols, oral health and disease: A review. *Journal of phenolic compounds. Molecular Aspects of Medicine*, 31 : 446–467.

59-(Pincemail *et al.*, 1999) : Pincemail J, Meurisse M, Limet R et Defraigne J O (1999). L'évaluation du stress oxydatif d'un individu: une réalité pour le médecin. *Vaisseaux, Coeur, Poumons*, 4 (5).

60-(Pereira 2015) : Pereira, L. 2015a. Seaweed flora of the European north Atlantic and Mediterranean. pp. 65–178. *In*: Se-Kwon Kim (ed.). *Handbook of Marine Biotechnology*, Part A. Springer, London



R

61-(Raja *et al.*, 2013) : Raja, A., Vipin, C., & Aiyappan, A. (2013). Biological importance of Marine Algae-An overview. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 2, 222-2

62-(Rezzoum, 2016) : Rezzoum, N., Mouradi, A., Givernaud, T., Merzouk, N., & Bennaser, L. (2016). Variations saisonnières des concentrations en quelques oligo-éléments et métaux lourds chez *Fucus spiralis* (Linnaeus, 1753) et *Laminaria ochroleuca* (Bachelot de la Pylaie, 1824) du littoral de la ville d'El Jadida, Maroc. *Afrique SCIENCE*, 12(3), 293-305.

63-([Riahi et al., 2012](#)) : Riahi, R. C., Tarhouni, S., & Kharrat, R. (2012). Criblage de l'effet anti-inflammatoire et analgésique des algues marines de la mer méditerranée. *Les Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 88(1-4), 19-28.

S

64-([Salah et al., 1995](#)) : Salah, N.; Miller, N. J.; Paganga, G.; Tijburg, L.; Bolwell, G. P.; Rice-Evans, C. 1995. Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chainbreaking antioxidants. *Archives of Biochemistry and Biophysics* **322**, 339-346.

65-([Samarth et al., 2008](#)) : Samarth R.M., Panawar M.,Soni A., Kumar M., (2008). Evaluation of antioxidant and radical-scavenging activities of certain radioprotective plant extract, *Food Chemistry*, 106,868-873.

66-([Sanchez Moreno, 2002](#)) : Sanchez-Moreno C. (2002). Review: Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Sci Technol Int* 8:121-137.

67-([Sarni-Manchado et Cheyneir, 2006](#)) : Sarni-Manchado P and Cheyneir V. Les polyphénols en agroalimentaire. Ed. Tec & Doc, Paris, 2006, p. 2-10.

68-([Sava and Sirbu, 2010](#)) : Sava C., Sirbu R., (2010). *Ovidius University Annals of Chemistry*. 21et 29-34.

69-([Scalbert et al., 2005](#)) : Scalbert A, Manach C.Morand C,Rémésy C (2005). Dietary Polyphenols .

70-([Sharma, et al., 2009](#)) : Sharma, O. P., & Bhat, T. K. (2009). DPPH antioxidant assay revisited. *Food chemistry*, 113(4), 1202-1205. / Bourkhiss, M. B., Hnach, M., Paolini, J., Costa, J., Farah, A., & Satrani, B. (2010). Propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des huiles essentielles des différentes .

71-(Shimizu, 2004) : Shimizu H., (2004). Relationship between plasma glutathione levels and cardiovascular disease in a defined population: the Hisayama study. *Stroke*, 35 (9). 2072-2077.

72-(Singleton et Rossi, 1965) : Singleton V.L., Rossi J.A., (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents, *American Journal of Enology and Viticulture*, (16). 144-158.

*T*

73-(Tefiani, 2015) : TEFIANI, I. (2015). Contribution à l'étude phytochimique et à l'effet antioxydant des extraits d'algue verte: *Ulva linza* (Doctoral dissertation, université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen-).

*V*

74-(Viguerie et al, 2002) : Viguerie N., Millet L., Avizou S., (2002). Regulation of human adipocyte gene expression by thyroid hormone. *Journal Clin Endocrinol Metab*, 87(2). 630-4.

*W*

75-(Walton et Brown, 1999) : Walton NJ, Brown DE (1999). *Chemicals from plants: Perspectives on plant secondary products*. London: Imperial College press.

76-(Watanabe et al, 1999) : Watanabe F., Takenaka S., Katsura H., (1999). Dried green and purple lavers (None) contain substantial amounts of biologically active vitamin B12 but less of dietary iodine relative to other edible seaweeds. *Journal Agriculture Food Che*. 47et 2341-3.

77- (Wattiaux, 1994) : Wattiaux David(1994) :Prediction of the electronic equipement during a pyrotechnic shock., In first Inernational Symposium on Envirmental Testing Engineering,(23) :541-545.

78-(Willcox *et al.*, 2004) : Willcox JK, Ash SL, Catignani GL. Antioxidants and prevention of chronic disease. *Crit Rev Food Sci Nutr* 44, 275-295

## Y

79-(Yamasaki *et al.*, 1996) : Yamazaki H, Bujo H, Kusunoki J, Seimiya K, Kanaki T, Morisaki N, Schneider WJ, Saito Y. (1996) Elements of neural adhesion molecules and a yeast vacuolar protein sorting receptor are present in a novel mammalian low density lipoprotein receptor family member. *J Biol Chem* 271(40):24761-8.

80-(Yang *et al.*, 2013) : Yang J ,Yumin D,Ronghua H, Yunyang W,Yan W.(2013).The structureanticoagulant activity relationships of sulfated lacquer polysaccharide.Effect of carboxyl group and position of sulfation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 36: 9–15.

81-(Yildirim *et al.*, 2001) : Yildirim A., Mavi A., Kara AA. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.2001; 9: 4083-4089.

## Z

82-( Zeng *et al.*, 2001) : Zeng, M., et al. (2001) AdEasy System Made Easier by Selecting the Viral Backbone Plasmid Preceding Homologous Recombination. *Biotechniques*, 31, 260-262.

83-(Zitouni, 2015) : Zitouni, H. (2015). Valorisation nutritionnelle d'algues marines du littoral Algérien chez le ruminant via des méthodes chimiques, biologiques et moléculaires (Doctoral dissertation, Université de Liège).