

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIES ET VALORISATION DES PLANRES



Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master académique

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Thème :

**Recherche et évaluation de quelques activités biologiques
des extrais d'algues marines**

Soutenu publiquement le 24/09/2023

Présenté par :

- Imekraz Ibtissem
- Belalla Hala
- Bouskine Rima

Devant le jury composé de :

Mr. Bendali .A	MAA	U. Blida 1	Président
Mme. Ghanai	MCB	U. Blida 1	Examinatrice
Mr. Benfares.R	MRA	CNRDPA	Promoteur
Mme Moumen. S	MCA	U. Blida 1	Co-Promotrice
Mme. Kord. A	MRB	CNRDPA	Invité

Années Universitaire 2022/2023



Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu « ALLAH » le tout puissant de nous avoir donné le courage, la force, la volonté de réaliser ce travail.

Nous avons le plaisir de présenter notre profond remerciement à monsieur BENFARES.R et madame KORD.A, pour avoir encadré et dirigé ce travail, ses conseils et la confiance qui a accordé nous ont permis de réaliser ce travail. Merci d'avoir été très patiente avec nous, merci d'avoir mis votre expérience à notre profit.

Un grand merci à notre promotrice madame MOUMEN.S et tous nos enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie.

Nos plus vifs remerciements aux membres de jury madame GHANAI et Mr Bendali. A qui ont accepté de juger notre travail.

Nos remerciements aussi à toute l'équipe de centre de CNRDPA madame LINDA et madame RACHIDA et monsieur BOUDJEMAA et Melle MAHA et Melle MERIEM pour leurs aides et encouragements.

Enfin, nos remerciements vont à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

A ceux que nous aimons avec beaucoup d'affection et nous sommes très fière de les avoir et tous les mots du monde ne peuvent exprimer l'amour et le respect que nous leur porte: nos très chers parents, A nos très chers frères et nos petites sœurs

A toute la famille Bellala, Antri, Imekraz, Kerboube, Bouskine et Rajaa

Et A tous nos enseignants tout au long de nos études sans exception

Enfin, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Hala.Ibtissem, Rima

Sommaire

Liste des figures

Liste des Tableaux

Liste des abréviations

Résumé

Introduction 1

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

Partie 1 : Généralités sur les algues 4

I. Définition des algues 4

II .Habitat des algues 4

III .Conditions de vie des algues 4

III.1. La température 4

III.2. La lumière 4

III.3 .Le substrat 5

III.4. La salinité 5

III.5 .Le pH 5

IV Mode de Reproduction des algues..... 5

IV.1 .Reproduction asexuée 5

IV.2. Reproduction sexuée..... 6

V. Classification..... 6

V.1.Les algues vertes..... 7

V.2 .Les algues rouges 7

V.3. Les algues brunes 7

VI. Présentation des espèces étudiées 8

VI .1 *Dictyota Spiralis* 8

VI .1.1. Classification systématique 8

VI .1.2 .Habitat et répartition géographique	9
VI .1.3 . Description	9
VI .2. <i>Dictyopteris Polipodioides</i>	9
VI.2.1. Classification systématique	9
VI 2 .2.Habitat et répartition géographique	10
VI. 2.3. Description	10
VII .Utilisation des algues	10
VII .1 .Alimentation humaine	10
VII .2. Médecine	10
VII.3. Engrais	11
VII .4 .Cosmétique	11
VII. 5. Bioénergie	11
VII. 6. Industriel	12
Partie 2 : Composition chimiques	12
I .Composition primaire	12
I.1.Fibres.....	12
I.2 .Protéines.....	12
I.3. Eléments minéraux.....	12
I.4 .Lipides	13
I.5 .Vitamines	13
I.6 .Caroténoïdes	13
I.7. Les polysaccharides d'algues	13
I.7.1. Les alginates	14
I.7.2. Structure des alginates	14
II. Composition en métabolites secondaires.....	16
II.1 .Composés phénoliques	17
II.2 .Alcaloides.....	17
II. 3 .Terpènes	17

II.4. Composés halogénés	17
--------------------------------	----

Chapitre 2 : Matériels et méthodes

I. Introduction	20
II. Récolte et identification des algues.....	20
II.1 Récolte	20
II.2. Identification des algues.....	21
III. Préparation de l'herbier	23
III.1. Introduction	23
IV. Lavage, séchage et broyage des algues	25
V. Extraction des alginates	25
V.1. Formalisation:	25
V.2 .Lixiviation ou acidification.....	26
V.3 .Carbonatation.....	26
V.4 .Filtration.....	26
V.5. Conservation de l'alginate.....	27
V.6. Détermination de rendement.....	27
VI. Extraction des polyphénols.....	28
VI.1. Préparation de l'extrait brute.....	28
VI .2. Rendements des extraits secs.....	30
VII. Dosage des composés phénoliques totaux.....	30
VII .1 .Principes de réactif de Folin Ciocalteu.....	30
VII.2. Mode opératoire.....	31
VIII. Activité antioxydante.....	32
VIII.1. Principe.....	32
VIII.2. Mode opératoire.....	32

Chapitre 3 : Résultats et discussion

I. Le Rendement des alginates.....	35
II. Propriétés organoleptiques.....	37

III. Caractérisation de l'alginate de sodium par spectroscopie infrarouge.....	39
IV. Le rendement d'extraction des polyphénols totaux :.....	42
V. Dosage des composés phénoliques.....	43
VI. Pouvoir antioxydant.....	45
VI.1. Test d'inhibition des radicaux libres DPPH.....	45
VI.2. Calcul des pourcentages d'inhibition I%.....	46
VI.3. Evaluation de l'IC50	49
Conclusion	52
Références Bibliographiques.....	55
Annexes	

Liste des figures

Figure 01 : <i>Dictyota Spiralis</i>	8
Figure 02 : <i>Dictyopteris polipodioides</i>	9
Figure 03 : Structure chimique de l'alginate	15
Figure 04 : Représentation schématique de l'effet des enzymes ManC5-Es sur la structure des alginates	16
Figure 05 : Localisation de la zone de prélèvement	21
Figure 06 : Plage de Saidia	21
Figure 07 : Observation macro et microscopique de <i>Dictyopteris polipodioides</i>	22
Figure 08 : Observation macro et microscopique de <i>Dictyota Spiralis</i>	22
Figure 09 : Les étapes de l'herbier	24
Figure 10 : Lavage, séchage, broyage et tamisage des algues.....	25
Figure 11 : Carbonatation dans la cellule thermostatique.....	26
Figure 12 : Les étapes de filtration de l'alginate de sodium.....	27
Figure13 : Lyophilisation des alginates.....	27
Figure 14 : Agitation du mélange (polyphénols)	28
Figure 15 : Filtration lu mélanges (polyphénols).....	29
Figure 16 : Evaporation sous vide des polyphénols.....	29
Figure17 : Schéma récapitulatif de protocole de l'extraction de l'extrait brute.....	30
Figure 18 : Schéma récapitulatif protocole du dosage des Polyphénols.....	31
Figure 19 : Consommable et réactifs utilisés dans l'activité anti- oxydante.....	32
Figure 20 : Schéma récapitulatif de protocole du l'activité antioxydante.....	33
Figure 21 : Rendement en alginates de sodium.....	35
Figure 22 : Photographie de l'alginate DP après lyophilisation.....	38
Figure 23 : Photographie de l'alginate DS après lyophilisation.....	39
Figure 24 : Spectre IR de l'alginate de sodium commercial.....	40
Figure 25 : Spectre IR de l'alginate de sodium extrait de <i>Dictyopteris polipodioides</i> (DP).....	40
Figure 26 : Spectre IR de l'alginate de sodium extrait de <i>Dictyota spiralis</i> (DS).....	41

Figure 27 : Rendement d'extraction des polyphénols.....	42
Figure 28 : Courbe d'étalonnage du phloroglucinol.....	44
Figure 29 : Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'acide ascorbique	46
Figure 30: Pourcentage d'inhibition du DPPH par <i>Dictyota Spiralis</i> récolte 1.....	47
Figure 31 : Pourcentage d'inhibition du DPPH par <i>Dictyota Spiralis</i> récolte 2.....	47
Figure 32 : Pourcentage d'inhibition du DPPH par <i>Dictyopteris polipodioides</i> récolte 1.....	48
Figure 33 : Pourcentage d'inhibition du DPPH par <i>Dictyopteris polipodioides</i> récolte 2.....	48

Liste des tableaux

Tableau 01 : Date des échantillonnages des différentes récoltes d'algues	20
Tableau 02 : Comparaison des teneurs en alginates des espèces étudiées par rapport aux principales Alginophyte dans le monde.....	36
Tableau 03 : Propriétés organoleptiques de l'alginate de sodium extrait de l'algue <i>Dictyopteris polipodioides</i>	37
Tableau 04 : Propriétés organoleptiques de l'alginate de sodium extrait de l'algue <i>Dictyota spiralis</i>	37
Tableau 05 : Les principales bandes caractéristique des alginates	41
Tableau 06 : Teneur en polyphénols totaux des deux espèces pour les deux récoltes....	44
Tableau 07 : Les résultats de IC50	50

Liste des l'abréviations

DP : *Dictyopteris polipodioides*

DPPH : Radical 2.2 diphényle -1-picrylhydrazyl

DS : *Dictyota spiralis*

IC50 : Concentration permettant d'inhiber 50% des radicaux libres DPPH

Malg : La masse des algues

MS : Matière sèche

N : Normalité

UV : Radiations ultra-violettes

EQ : Equivalant phloroglucinol

Résumé

La valorisation des algues marines est devenue l'objet de nombreux chercheurs, car elles constituent une source de nombreux composés bioactifs. Parmi ces métabolites, on retrouve des vitamines, des acides gras et des antioxydants tels que les polyphénols, les alginates et autres. Dans le cadre de la valorisation de la biomasse des algues marines du littoral algérien, cette étude a été consacrée à l'extraction d'alginates et de polyphénols et à l'évaluation des activités antioxydantes de deux types d'algues marines locales, *Dictyota spiralis* et *Dictyopteris polipodioides*, qui ont été collectées sur la plage de Saidia Bouharon. Les résultats indiquent que *Dictyopteris polipodioides* possède un rendement élevé en alginates, estimé à 17,42 %, enregistré pendant la saison hivernale. Un rendement moins important de 12,21% a été obtenu pour *Dictyota spiralis* pendant la même saison. De plus, *Dictyopteris polipodioides* est aussi caractérisée par un taux élevé de polyphénols totaux de 21.03 ± 0.00 g EPG/100g d'extrait en comparaison avec *Dictyota spiralis* qui est de 1.33 ± 0.00 g EPG/100g d'extrait.

L'évaluation de l'activité antioxydante des extraits hydro-méthanoliques des deux espèces a été réalisée par la méthode de piégeage des radicaux libres DPPH. Les résultats ont révélé une activité modérée pour *Dictyopteris polipodioides* et une faible activité pour *Dictyota spiralis*.

Les mots clé : **Algues brunes, *Dictyota spiralis*, *Dictyopteris polipodioides*, Alginates, Polyphénols, Activité antioxydante.**

Abstract

The valorization of marine algae has become the subject of many researchers, because they constitute a source of numerous bioactive compounds. Among these metabolites, we find vitamins, fatty acids and antioxidants such as polyphenols, alginates and others. As part of the valorization of the biomass of marine algae from the Algerian coast, this study was devoted to the extraction of alginates and polyphenols and to the evaluation of the antioxidant activities of two types of local marine algae, *Dictyota spiralis* and *Dictyopteris polipodioides*, which were collected on the beach of Saidia Bouharon. The results indicate that *Dictyopteris polipodioides* has a high alginate yield, estimated at 17.42%, recorded during the winter season. A lower yield of 12.21% was obtained for *Dictyota spiralis* during the same season. In addition, *Dictyopteris polipodioides* is also characterized by a high level of total polyphenols of 21.03 ± 0.00 g EPG/100g of extract in comparison with *Dictyota spiralis* which is 1.33 ± 0.00 g EPG/100g of extract.

The evaluation of the antioxidant activity of the hydro-methanolic extracts of the two species was carried out by the DPPH free radical scavenging method. The results revealed moderate activity for *Dictyopteris polipodioides* and low activity for *Dictyota spiralis*.

Key words: Brown algae, *Dictyota spiralis*, *Dictyopteris polipodioides*, Alginates, Polyphenols, Antioxidant activity.

ملخص

أصبح تثمين الطحالب البحرية موضوعًا للعديد من الباحثين، لأنها تشكل مصدرًا للعديد من المركبات النشطة بيولوجيًا. ومن بين هذه المستقلبات نجد الفيتامينات والأحماض الدهنية ومضادات الأكسدة مثل البوليفينول والجينات وغيرها. في إطار تثمين الكتلة الحيوية للطحالب البحرية من الساحل الجزائري، خصصت هذه الدراسة لاستخلاص الألبينات والبوليفينول وتقييم الأنشطة مضادة للأكسدة لنوعين من الطحالب البحرية المحلية *Dictyota Spiralis* و *Dictyopteris polipodioides* والتي تم جمعها على شاطئ السعيدية بوهارون .

أشارت النتائج إلى أن *Dictyopteris polipodioides* له إنتاجية عالية من الألبينات تقدر بـ 17.42%، تم تسجيلها خلال فصل الشتاء. تم الحصول على محصول أقل بنسبة 12.21% للصنف خلال نفس الموسم. بالإضافة *Dictyota Spiralis* إلى ذلك، يتميز *Dictyopteris polipodioides* أيضا بمستوى عالٍ من إجمالي البوليفينول يبلغ 21.03 ± 0.00 جم من المستخلص مقارنة مع *Dictyota Spiralis* الذي يبلغ 1.3 ± 0.00 جم من EPG/100 المستخلص

تم إجراء تقييم نشاط مضادات الأكسدة للمستخلصات المائية الميثانولية من النوعين بواسطة طريقة DPPH لمسح الجذور الحرة كشفت النتائج عن نشاط معتدل لـ *Dictyopteris polipodioides* و نشاط منخفض لـ *Dictyota Spiralis*

الكلمات المفتاحية : *Alginates*، *Dictyopteris polipodioides*، *Dictyota Spiralis*، الطحالب البنية
النشاط المضاد للأكسدة : **Polyphenols**



Introduction Générale

Introduction

L'environnement marin est un écosystème unique en raison de la diversité des organismes qu'il abrite. Parmi ces organismes, les algues font preuve d'une incroyable richesse, divisées en deux groupes : macro algues et micro algues (**Radmer & Parker, 1994**).

Ces dernières années, le développement et la découverte des composés bioactifs et de leurs propriétés potentielles à partir d'algues marines ont connu un essor considérable bien que de nombreux dispositifs de recherche avancés sont disponibles pour la découverte de composés synthétiques, mais de nombreux chercheurs travaillent encore sur des composés bioactifs naturels pour découvrir leurs propriétés biologiques, qui sont utiles à la société. Les algues marines retiennent l'attention des chercheurs en raison de leurs activités biologiques comme l'anticancéreux, l'antiviral, la réduction du cholestérol et bien d'autres encore. Une variété de composés est recueillie à partir d'algues à des fins spécifiques car elles se développent dans un état extrêmement ambitieux et dur ; cette condition est responsable de la synthèse de composés bioactifs particulièrement efficaces (**Masuma & Illa , 2020**). Parmi lesquelles, on peut citer les acides gras polyinsaturés, les polyphénols, les protéines et vitamines, etc.

Les polyphénols sont un groupe important de métabolites secondaires qui soutiennent le développement structurel des plantes et protègent les algues des conditions de stress biotiques et abiotiques (**Alfredo, 2017**).

Les polyphénols ont une forte activité biologique. Ces propriétés conduisent à l'utilisation des algues brunes comme ingrédient majeur dans les cosméceutiques et nutraceutiques (**Sanjeewa et al.,2016**). Il a été démontré que les polyphénols ont des propriétés thérapeutiques telles que antioxydants, antibactérien, anticancéreux, anti-allergique, Anti-diabétique, anti-âge, anti-inflammatoire et anti-VIH (**Thomas et al. 2011; Li YX et al. 2011**).

Les alginates sont des polysaccharides ou phycocolloïdes produits par les algues brunes, ce sont des copolymères à blocs linéaires. En raison de leur abondance naturelle, prix et propriétés physicochimiques avantageuses, les alginates représentent une classe de biopolymères très intéressante et relativement inexplorée pour des applications dans le domaine des matériaux avancés (**Pettignano, 2016**).

Récemment, les chercheurs ont accordé de plus en plus d'importance aux polysaccharides naturels grâce à leurs grandes propriétés telles que la stabilité, la biodégradabilité et la biocompatibilité pour les applications alimentaires et thérapeutiques. Ces caractéristiques considérables permettent aux polysaccharides algaux et à leurs dérivés d'être utilisés dans de nombreux domaines tels que l'industrie agro-alimentaire, en cosmétologie, en pharmacie et plus.

L'Algérie possède près de 1600 km de côte, renfermant une diversité algale considérable. Compte tenu de leur importance économique, les algues et leurs métabolites ne suscitent pas l'intérêt qu'elles méritent dans notre pays. Il est donc temps de valoriser ces ressources bio-marines. Ce travail consiste en l'extraction et la caractérisation des alginates et polyphénols des algues brunes *Dictyota spiralis* et *Dictyopteris polipodioides* collectées dans la région côtière de Tipaza.

Ce manuscrit est composé en trois chapitres : le premier expose une synthèse bibliographique, présentant des généralités sur les algues et leur composition chimique. Le deuxième chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisés pour la récolte, l'identification des espèces et la préparation de l'herbier, l'extraction et la caractérisation des alginates ainsi que l'étude des polyphénols et leur activité antioxydante. Le troisième chapitre présente et discute les résultats en les comparant à ceux publiés dans la littérature scientifique internationale.



Chapitre 1 :

Synthèse bibliographique

PARTIE 1 : Généralités sur les algues marines

I. Définition des algues

Les algues sont des organismes photosynthétiques présents dans eau douce et eau marine ainsi que de nombreux milieux terrestres. Comprend 20 000 à 30 000 espèces dans le monde, représentant 18 % du règne végétal (**Garon -Lardière ,2004**). Ces des organismes chlorophylliens sans racines, sans tiges, sans feuilles et tissus conducteurs, mais d'autre part, il existe un organe végétatif appelé "Thalle" (**Guillaume, 2010 ; Roland et al., 1999**).

II. Habitat des algues

Les algues vivent principalement dans les océans, mais se trouvent également dans les lacs, les rivières et les étangs. Certaines espèces sont thermophiles et se trouvent dans les sources à haute température, à l'inverse certaines espèces se trouvent dans les eaux glacées des régions polaires (**Ramade, 2009 ; Lecles & Floc'h, 2010**).

III. Conditions de vie des algues

Comme les algues réalisent la photosynthèse, elles dépendent de la présence de plusieurs facteurs.

III.1. La température

L'un des facteurs écologiques clés pour la survie des algues (**Flukes et al., 2015**), favorise la germination ou restaure l'activité végétative en activant plusieurs enzymes thermosensibles nécessaires à la photosynthèse, Respiration et croissance algale (**De Franco, 2009**).

III.2. La lumière

Le rayonnement du rayonnement solaire est absorbé et converti en chlorophylle, donc les algues vertes ont de la chlorophylle, donc elles absorbent d'abord le rayonnement rouge et jaune, puis les algues brunes et rouges, qui ont des caroténoïdes et des phycobilines (pigments en excès), absorbent respectivement le bleu et le vert (**Lobban & Harrison, 1994**).

III .3. Le substrat

Les algues fixes vivent beaucoup plus longtemps que les algues libres, de sorte que les algues préfèrent les habitats rocheux : les roches rugueuses telles que le granit, le gneiss et le grès sont plus favorables que les surfaces lisses telles que le quartzite et le calcaire, qui se désintègrent facilement par l'eau de mer (Zellal, 2012).

III.4. La salinité

Les algues d'eau douce ne peuvent pas supporter un stress de salinité élevé et les algues ne peuvent pas survivre en eau douce. D'autres algues brunes, ne peuvent pas résister à des changements de salinité élevés. Les cellules sont alors protégées par un mucus hydrophile et une paroi cellulaire solide. Plusieurs algues régulent la pression osmotique par des osmolytes, comme le mannitol chez les algues brunes (Augier & Bououdouresque, 1971 ; Zellal, 2012 ; Laplace Treytore, 2014).

III.5. Le pH

Le pH de l'eau de mer est principalement fixé par les carbonates. En raison du métabolisme des espèces marines, comme la respiration, la photosynthèse et l'échange air-océan ou dioxyde de carbone, qui sont difficiles à effectuer rapidement, cette valeur de pH peut être modifiée par des modifications de la concentration de carbonate dans le dioxyde de carbone. La pollution est parfois responsable de modifications du pH, résultant des apports dans les eaux continentales ou des rejets industriels (Aaminot & Chaussepied, 1981).

IV. Mode de Reproduction des algues

Les algues se reproduisent à la fois par voie asexuée et par voie sexuée. La méthode de reproduction asexuée comprend la reproduction par des méthodes végétatives et la reproduction par des spores.

IV .1. Reproduction asexuée

- Par Méthodes végétatives

La reproduction végétative est un type de reproduction dans lequel une partie du thalle se spécialise et se détache du parent pour former une nouvelle progéniture. Le nouvel individu formé génétiquement identique au parent par le bourgeonnement, division cellulaire, bulbilles et les Hormogonies.

- Reproduction asexuée ou par spores

Les akinètes : Ce sont des spores à parois épaisses avec d'abondantes réserves alimentaires. Elles résistent aux conditions défavorables.

Autospores : Le protoplaste à l'intérieur du sporange se divise et forme des spores qui sont identiques à la plante mère (**Dinabandhu et al., 2015**).

IV.2. Reproduction sexuée

La reproduction sexuée a été signalée chez tous les membres des algues, à l'exception des cyanophycées. Lors de la reproduction sexuée, deux types d'accouplement opposés (gamètes) fusionnent pour former un zygote. En fonction de la structure et du comportement des gamètes qui fusionnent (**Dinabandhu et al., 2015**).

V. Classification

William Henry Harvey est considéré comme l'un des premiers algologues à avoir proposé la première classification descriptive des algues. Il a classé les algues pour la première fois en 1836 en quatre groupes sur la base de la couleur des thalles. Dans des environnements d'eau douce ou marins, mais certaines espèces peuvent également pousser sur terre.

La couleur de ces algues est attribuée à la présence de plastes dans lesquels le plusieurs classifications ont été proposées sur la base d'une variété de caractères, compris morphologiques, physiologiques biochimiques et, plus récemment, les caractères moléculaires ont également été pris en compte.

Les principaux caractères largement utilisés pour la classification des algues sont les suivants :

- ✓ Pigments photosynthétiques : Chlorophylles, caroténoïdes (carotènes et xanthophylles), phytonutriments. Xanthophylles), Phycobilines.

- ✓ Nature biochimique de la réserve alimentaire.
- ✓ Composition de la paroi cellulaire (**Dinabandhu et al., 2015**).

V.1. Les algues vertes

Elle se présentent sous diverses formes, unicellulaires ou multicellulaires. Leurs plastes sont colorés en vert par la chlorophylle a et b. La photosynthèse peut former de l'amidon, pour les plantes supérieures. La plupart des algues vertes vivent dans des environnements d'eau douce ou marins, mais certaines espèces peuvent également pousser sur terre. Elle jouent un rôle important dans l'oxygénation des masses d'eau, favorisant ainsi la survie des animaux (**Garon-Lardière, 2004**).

V.2. Les algues rouges

Forment un groupe très diversifié. La couleur de ces algues est attribuée à la présence de plastes roses dans lesquels le pigment rouge phycoérythrine est associé à plusieurs autres pigments dont la chlorophylle. La plupart des algues rouges sont des algues marines multicellulaires, mais il en existe plusieurs formes Unicellulaires, certains vivent aussi en eau douce. Les algues rouges sont divisées en deux groupes : les Bangiophycées (appartenant aux algues primitives) et les Florideophycées (plus complexes). Ils se distinguent souvent par leurs cycles de reproduction particulièrement complexes (**Garon-Lardière, 2004**).

V.3. Les Algues brunes

Il existe environ 2000 espèces d'algues brunes (Phaeophyceae), et la plupart sont marines, en générale les algues brunes sont plus grosses et plus d'espèce se trouvent dans les eaux plus froides. La couleur brune de ces algues résulte de la dominance du pigment xanthophylle fucoxanthine, qui masque les autres pigments, chlorophylle a et c (il n'y a pas de chlorophylle b), bêta-carotène et autres xanthophylles (**Guiry, 2000**).

Les réserves alimentaires sont typiquement des polysaccharides complexes, de sucres et alcools supérieurs. Les parois sont constituées de cellulose et d'acide alginique, un hétéropolysaccharide à longue chaîne (**Guiry, 2000**).

VI. Présentation des espèces étudiées

Les algues brunes contiennent de nombreux types et formes, car leur structure diffère d'une algue à l'autre, mais elles ont de nombreux points communs, dont nous allons découvrir deux d'entre elles *Dictyopteris polipodioides* et *dictyota spiralis*.

VI. 1. *Dictyota spiralis*

VI.1.1. Classification systématique :(Lamare & Verlaque , 2021)

Empire : *Eucaryotes*

Règne : *Chromisât*

Phylum : *Ochrophta*

Classe : *Phaeophyceae*

Sous classe : *Dictyophycidae*

Ordre : *Dictyotales*

Famille : *Dictyotaceae*

Genre : *Dictyota*

Espèce : *Spiralis*



Figure 1 : *Dictyota spiralis* (Stegenga et al.,1997)

VI.2. Habitat et répartition géographique

Cette algue est visible au printemps à l'automne, sur les roches superficielles bien éclairées en mode calme (Lamare & Verlaque , 2021).

VI.3. Description

Dictyota spiralis présente un thalle érigé en forme de rubans étroits de 15 cm de hauteur maximale et de 3 à 4 mm de largeur. Le thalle est opaque, membraneux, de couleur brun-jaunâtre, avec des extrémités parfois iridescentes de couleur verdâtre. Les lanières sont dépourvues de nervure médiane:(Lamare & Verlaque , 2021).

VI.2. *Dictyopteris polipodioides*

VI.2.1 Classification séstématique : (Lamare et al ., 2021).

Empire : *Eucaryotes*

Règne : *Chromista*

Phylum : *Ochrophtha*

Classe : *Phaeophyceae*

Sous classe : *Dictyophycidae*

Ordre : *Dictyotales*

Famille : *Dictyotaceae*

Genre : *Dictyopteris*

Espèce : *Polipodioides*

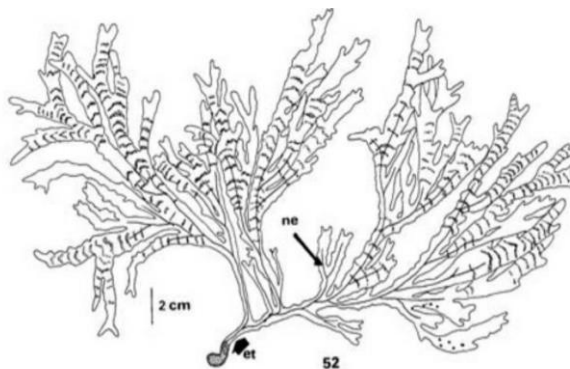


Figure 2 : *Dictiopetiris polipodioides* (Catalina et al.,2005)

VI.2.2. Habitat et répartition géographique

Cette algue sciaphile est présente sur les fonds rocheux depuis la surface jusqu'à 40 m de profondeur. En Atlantique, on la trouve sous les frondes des laminaires. Elle peut aussi se rencontrer dans des biotopes photophiles dans le sud de la Méditerranée (**Lamare et al ., 2021**).

VI.2.3. Description

Le thalle est long, aplati (rubané), de couleur brun verdâtre plus ou moins translucide, à divisions pseudo dichotomiques. Il peut atteindre 30 cm de longueur et 3 à 20 cm d'envergure. Il se ramifie en rubans (ou lanières) de 2 à 10 mm de large, formés d'une nervure centrale très visible de la base jusqu'aux extrémités. Cette algue dégage une forte odeur quand elle est hors de l'eau (**Lamare et al ., 2021**).

VII. Utilisations des algues

VII.1. Alimentation humaine

Dans les pays asiatiques tels que Korêa, le Japon et la Chine, les algues marines sont considérées comme des légumes de mer dans l'alimentation et aussi comme une médecine alternative depuis l'antiquité (**Ali et al .,2000**). L'histoire de l'utilisation des algues comme nourriture remonte au Japon du 14ème siècle et à la Chine du 1er siècle. Contenant plus de 54 éléments nécessaires au développement humain, ces algues sont de précieuses sources de vitamines A, B, B12, C, comme la riboflavine, le folate et le Ca. P. Na K (**Dhargalker et al .,2005**).

VII.2. Médecine

Les algues sont également une source naturelle d'agents antiviraux (**Ponce et al., 2003**). Des études menées par (**Shi et al., 2017**) ont montré que les carraghénanes, en particulier les formes lambda, iota et kappa, ont une activité antivirale contre divers virus en raison des mécanismes qui bloquent l'attachement viral. Les recherches montrent que les algues contiennent un grand nombre de molécules d'intérêt médical. L'agar, la carraghénane et l'alginate font partie des molécules les plus couramment utilisées dans divers domaines médicaux. Par exemple, les anticoagulants, les antioxydants, les pansements absorbants, etc. (**Pillard, 2016**).

VII.3. Engrais

En agriculture, les algues sont principalement utilisées comme engrais ou comme ingrédient dans la fabrication d'aliments pour animaux, où elles sont transformées en poudre, en extrait liquide ou en microbilles et saupoudrées sur le sol. Ils permettent de retenir l'humidité du sol, d'améliorer sa texture, d'entretenir et d'enrichir le sol en oligo-métaux (cuivre, cobalt, zinc, manganèse, fer, azote), d'apporter aux plantes des éléments essentiels, d'améliorer le sol Germe, augmente le rendement et se défend contre certains agents pathogènes des cultures. Les algues calcaires ont été utilisées pour préparer des amendements agricoles pour la fertilisation en apportant des oligo-éléments (**Pérez, 1997**).

VII.4. Cosmétique

Les algues entrent dans la composition de nombreux produits cosmétiques et de préparations pour bains utilisées en thalassothérapie. Outre leurs propriétés "mécaniques", elles sont avant tout appréciées pour leur richesse en minéraux, oligo-éléments et vitamines ainsi que pour d'autres composants (protéines, lipides, etc.). Elles sont incorporées aux produits sous diverses formes : poudre (enveloppements, masques, bains), extrait liquide (lotions, crèmes), bouillie ou gelée. Les algues les plus utilisées en cosmétique sont des algues brunes des genres *Laminaria* *Fucus* et *Ascophyllum* (**Nathalie Souchet, 2004**).

VII.5. Bioénergie

Les performances biologiques et la diversité des espèces des microalgues leur permettent de prendre leur place dans la course aux énergies renouvelables. En fait, la gamme de bioénergies ou de carburants pouvant être produits par les microalgues va des composés gazeux tels que l'hydrogène et le méthane aux alcools et aux hydrocarbures liquides traditionnels (**Adebiotech & Romainville, 2010**).

VII.6. Industriel

Les algues sont soit consommées fraîches directement, soit transformées par l'industrie agro-alimentaire (ex : carraghénane, agar et alginates pour obtenir des produits séchés, surgelés ou incorporés dans les aliments. L'industrie alimentaire utilise le carraghénane dans les produits laitiers tels que la crème, le flan, la crème glacée, etc.) Ce composé stabilise également la pulpe du jus. L'agar est utilisé industriellement comme épaississant et stabilisant pour des choses comme la crème glacée et les tartes, ils l'utilisent également pour faire des bonbons car il n'a pas de saveur et le sucre ajoute à son goût. Pouvoir gélifiant (Alem ,2015).

Partie 2 : Composition chimique

I. Composition primaires

I.1 Fibres

Les algues sont une source importante de fibre (de 33% à 61%). Et leurs structures sont diverses et primitives, contrairement à celles des plantes terrestres . La fraction de fibre soluble composée selon les espèces d'agar, de carraghénane de xylane, d'alginate, de fucoïdane, de lamina (Marfaing *et al.*, 2007).

I.2. Protéines

Les algues ont une teneur en protéines variable. Parmi les macro algues, certains d'un point de vue quantitatif. La teneur en protéines des algues rouge (30 à 40 % de matière sèche) est comparable à celle des légumineuse (Fleurance *et al.*,1999).

I.3. Eléments minéraux

Les algues puisent dans l'océan des éléments minéraux d'une richesse incomparable. La fraction minérale peut constituer jusqu'à 36 % de la masse sèche. La diversité des éléments représentés est très riche : calcium, sodium, magnésium, potassium, phosphore, iode, fer, zinc, magnésium laitue de mer sodium (Marfaing *et al.*, 2007).

I.4. Lipides

Les algues ont une très faible teneur en lipides : 1 à 5 % de matière sèche. Cependant, d'un point de vue qualitatif, les lipides algaux ont une forte proportion d'acides gras essentiels : les algues rouges contiennent une forte teneur en acides gras polyinsaturés à 20 carbones : l'acide gras oméga-3 EPA (C20 :5) constitue 50% des acides gras polyinsaturés (**Darcy-Villon ,1993**).

I.5. Vitamines

La composition vitaminique des algues est intéressante malgré les grands changements saisonniers. Toutes les vitamines sont bien représentées. L'intérêt principal est la vitamine B12, qui est assez riche dans les algues et complètement déficiente dans les plantes terrestres (**Watanabe et al.,1999**).

I.6. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont de puissants antioxydants. Les algues brunes sont riches en caroténoïdes principalement la fucoxanthine, le bêta-carotène et la violaxanthine. Les principaux caroténoïdes des algues rouges sont le β -carotène, l' α -carotène et leurs dérivés dihydroxy : zéaxanthine et lutéine. La composition en caroténoïdes des algues vertes est proche de celle des plantes supérieures. De nombreuses études ont démontré les propriétés antioxydantes des caroténoïdes d'algues et leur rôle dans la prévention de diverses pathologies associées au stress oxydatif (**Okuzumi et al 1993 ; Yan et al.,1999**).

I.7. Les polysaccharides d'algues

Les algues contiennent un grand nombre de polysaccharides, y compris des structures de paroi cellulaire, des mucopolysaccharides et des polysaccharides de stockage. Les concentrations totales de polysaccharides dans les espèces d'algues d'intérêt varient de 4% à 76% en poids sec (**Kraan et al.,2012 ; Usman et al., 2017**).

Il y a trois principaux types de polysaccharides matriciels sont dérivés des algues brunes : le fucoïdane, l'ascophyllan et l'alginate (**Garon- Lardiere ,2004**).

I.7.1 Les alginates

L'alginate est un polysaccharide naturellement présent dans les parois cellulaires des algues brunes. La présence d'alginate dans la paroi cellulaire apporte de la souplesse et une structure solide aux algues et les protège des dommages éventuels lorsqu'elles sont exposées à l'eau de mer avec de fortes vagues (Venkatesan et al., 2014). L'alginate est connu comme stabilisant, épaississant, gélifiant et émulsifiant depuis sa découverte en 1881 à partir de algues par l'Université de Stanford (Szekalska et al., 2016).

I.7.2 Structures des alginates

L'alginate est un polymère linéaire composé de β (1-4) acide-D- mannuronique (M) et acide α (1-4)-L-guluronique (G). Ces deux acides uroniques sont disposés intégralement le long de la chaîne polysaccharidique. Ils existent sous forme d'homopolymères MM ou GG ou d'hétéropolymères MG (figure 3).

L'alginate est d'abord déposé sous forme de polymannuronate. Le mannuronate peut ensuite être converti en acide guluronique dans la paroi cellulaire par une réaction d'épimérisation catalysée par la mannuronate C5-épimérase (ManC5-E). Le bloc GG a la spécificité de pouvoir lier des cations divalents (généralement du calcium) et de former des liaisons de type "boîte à œufs" (figure 4) d'une manière similaire à celle observée dans les pectines désestérifiées chez les plantes. Par conséquent, la formation de deux brins antiparallèles augmente la résistance mécanique du gel. Différentes propriétés rhéologiques ont été observées en fonction du rapport entre les deux unités M et G. le rapport des unités M et G chez le même individu varie selon le stade de développement, l'âge des tissus et le type d'organe (Amandine, 2018).

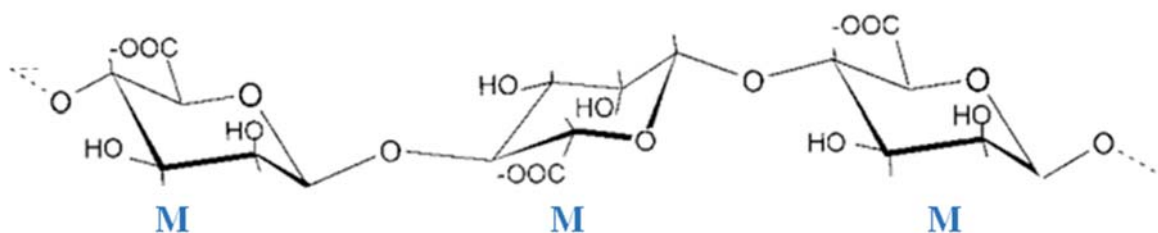
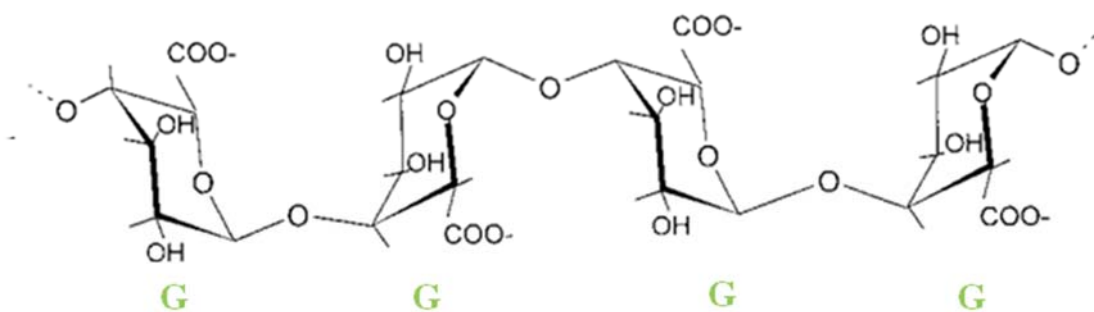
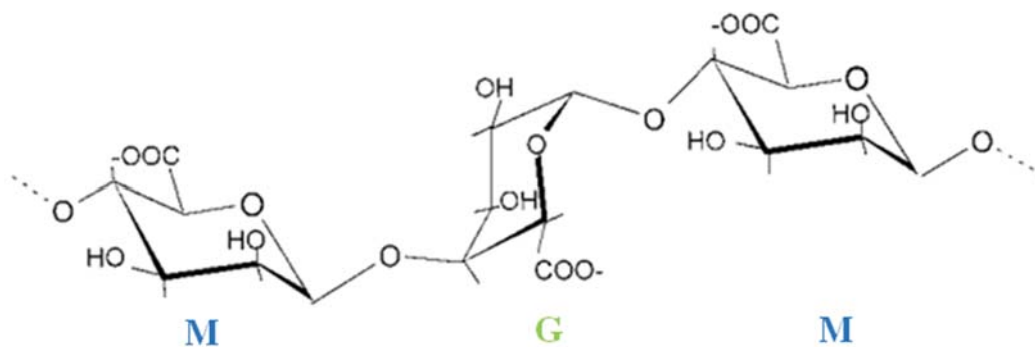
Bloc homopolymérique d'acide manuronique (M)**Bloc homopolymérique d'acide guluronique (G)****Bloc hétéropolymérique MG**

Figure 3 : Structure chimique de l'alginate (adapté de Küpper et al., 2001).

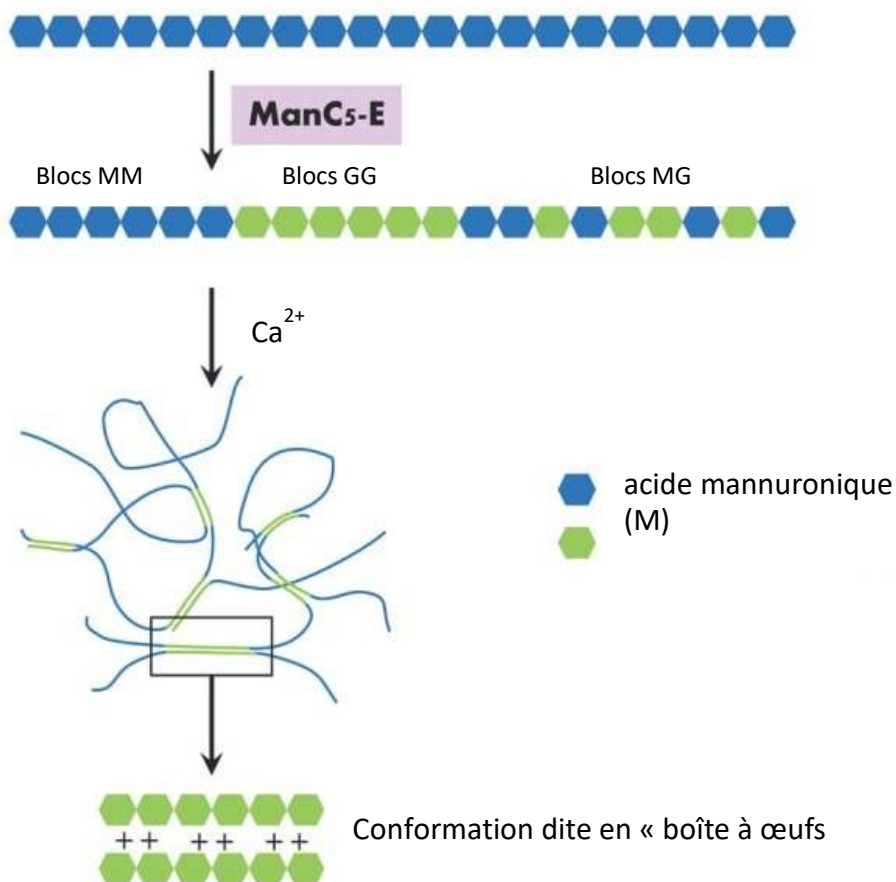


Figure 4 : Représentation schématique de l'effet des enzymes ManC5-Es sur la structure des alginates (d'après Fischl et al., 2016).

II. Composition en métabolites secondaires

En plus des métabolites primaires classiques (protéines, lipides...), les algues produisent fréquemment des métabolites secondaires appartenant à divers groupes chimiques (alcaloïdes, terpènes, composés phénoliques, composés halogénés, etc.) et présentant de nombreuses activités biologiques bénéfiques.

II.1. Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des composés avec un ou plusieurs cycles aromatiques et un ou plusieurs groupements hydroxyles. Ils sont largement distribués dans le règne végétal et sont les métabolites secondaires les plus abondants chez les plantes. Il existe plus de 8 000 structures phénoliques connues. Les composés phénoliques végétaux sont généralement impliqués dans la défense contre les rayons UV ou les attaques d'agents pathogènes, de parasites et de prédateurs, et contribuent également à la couleur des plantes (**Dai et al., 2010**). Les composés phénoliques sont un terme général faisant référence à une large classe de substances aromatiques appartenant au groupe des métabolites secondaires et généralement considérées comme métaboliquement inactives (**Luthar, 1992 ; Castellano, 2012**).

II.2. Alcaloïdes

Les composés azotés présents dans les algues sont relativement rares et se répartissent en trois catégories : les alcaloïdes phénéthylamine, les alcaloïdes indole et haloindole et les autres alcaloïdes. Structuellement, la plupart des alcaloïdes isolés des algues appartiennent à la phénéthylamine et à l'indole. Les activités biologiques de ces alcaloïdes n'ont pas été complètement étudiées (**Gross et al., 2006**).

II.3. Terpènes

Les algues brunes, vertes et rouges se caractérisent par la production de terpénoïdes comme métabolites secondaires. Les terpènes sont composés d'unités isoprènes (C5) et se répartissent en plusieurs classes : monoterpènes (C10), diterpènes (C20), triterpènes (C30), sesquiterpènes (C15) et tétra- terpènes (C40) (**Harper et al., 2001 ; Blunt et al., 2011**).

II.4 Composés halogénés

Les composés halogénés sont produits principalement par les algues rouge et brune. L'eau de mer étant un environnement riche en halogènes, il n'est pas surprenant que les organismes marins soient capables de biosynthétiser des métabolites halogénés (**Kinghorn et al., 2016**).

Les principaux producteurs de composés halogénés dans le milieu marin appartiennent au genre *Laurencia* (Rhodophyta). Ces composés sont surtout dérivés de sesquiterpènes, diterpènes, triterpènes et acétogénines (**Vairappan et al., 2001**).



Chapitre 2 : **Matériels et méthodes**

I. Introduction :

Nos travaux, menés au CNRDPA, ont porté sur l'extraction d'alginate et de polyphénols et sur l'étude de leur activité antioxydante à partir de deux types d'algues brunes *Dictyopteris polipodioides* et *Dictyota spiralis*.

II. Récolte et identification des algues

II.1 Récolte

La récolte des deux espèces d'algues marines *Dictyota spiralis* et *Dictyopteris polipodioides* a été réalisée à la main à environ 0,5-1m de profondeur au niveau de la plage de Saidia, située à Bouharon de la wilaya de Tipaza (figure 5). Trois récoltes ont été réalisées correspondant à différentes saisons d'échantillonnage (tableau 1).

Tableau 1 : Dates d'échantillonnage des différentes récoltes d'algues

Désignation de la récolte	Date d'échantillonnage	Espèces récoltées
Récolte 1	16/03/2023	<i>Dictyota spiralis</i> et <i>Dictyopteris polipodioides</i>
Récolte 2	12/04/2023	<i>Dictyota spiralis</i> et <i>Dictyopteris polipodioides</i>
Récolte 3	13/06/2023	<i>Dictyopteris polipodioides</i>

Remarque : *Dictyota spiralis* disparaître lors de la troisième récolte

Les échantillons ont été conservés dans des sacs en plastique avec un peu de l'eau de mer et transportés directement au laboratoire de CNRDPA.



Figure 5 : Localisation de la zone de prélèvement



Figure 6 : Plage de Saïdia

II.2 Identification des algues

Les algues brunes *Dictyota spiralis* et *Dictyopteris polipodioides* sont conservées dans de l'eau de mer formolée à 1% pour l'identification. Les deux espèces sont identifiées par formation des coupes et observées sous microscope optique (OPTIKA) au niveau de laboratoire du CNRDPA avec l'utilisation d'une clé d'identification (Fischer et al., 1987).

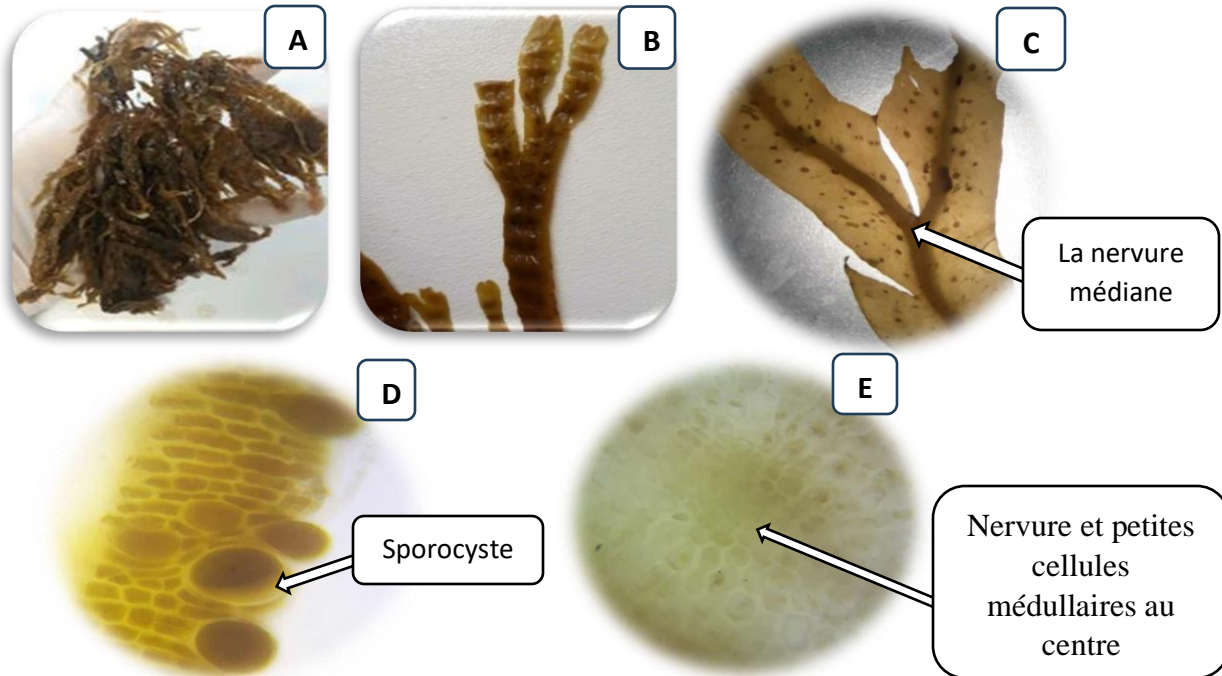


Figure 7 : Observation macro et microscopique de *Dictyopteris polipodioides*

A, B : Aspect général d'un thalle.

C : La nervure médiane apparaît à la surface du thalle

D : Coupe transversale d'un thalle fertile (sporocyste). **E :** Coupe transversale du thalle (nervure et petites cellules médullaires au centre).

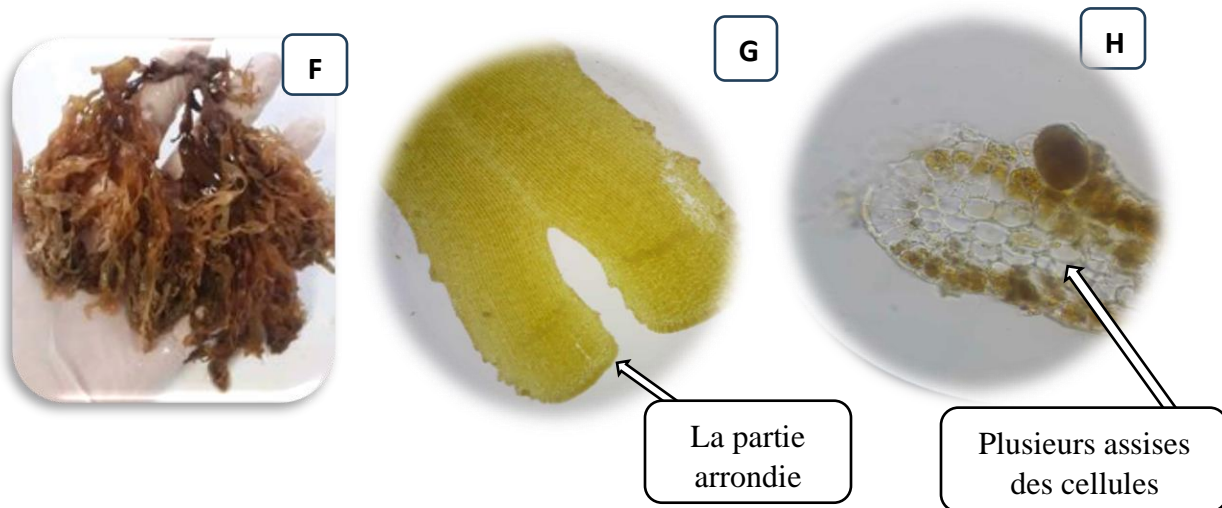


Figure 8 : Observation macro et microscopique de *Dictyota spiralis*

F : Aspect général d'un thalle.

G : La partie supérieure du thalle arrondie

K : Coupe transversale présence de plusieurs assises des cellules.

III. Préparation d'un Herbier

III .1. Introduction

Un herbier est une collection de plantes séchées que l'on conserve aplaties entre des feuilles de papier. Chaque plante est appelée par son nom scientifique et son nom courant (ou nom vernaculaire). L'herbier constitue un catalogue de la diversité des plantes sur terre. Il sert à leur identification et à la conservation de leur mémoire

Mode de travail

- Les feuilles de Bristol et des algues ont été immergées dans une bassine remplie par l'eau de mer.
- Repassés avec un pinceau (trempé dans de l'eau de mer si nécessaire).
- Des serviettes en papier ont été appliquées sur l'algue avec le nom de l'algue écrit sur du papier Bristol.
- Les matériaux de préparation sont placés dans l'ordre suivant : Bristol / papier absorbant / Journaux et finis avec du carton solide.
- Le carton a été changé régulièrement, une fois par jour pendant 5 jours.



Figure 9 : Les étapes de l'herbier

- A :** Immergé l'algue et feuille de bristol dans l'eau. **B :** Repassés l'algues avec pinceau
- C :** Placez les outils comme indiqué. **D :** En changeant le papier à chaque fois
- E :** DS après le séchage. **F :** DP après le séchage

IV. Lavage, séchage et broyage des algues

À l'aide d'une pince, toutes les impuretés et les nématodes dans les algues ont été éliminés puis lavés abondamment à l'eau de robinet pour éliminer tous les sable et les sels. Les algues sont séchées par la suite dans une étuve à 45°C pendant 6 heures, après sont broyées par un broyeur électrique (SEB) et tamisée, ensuite conservées dans des flacons en verre à l'abri de la lumière et l'humidité (figure 10).

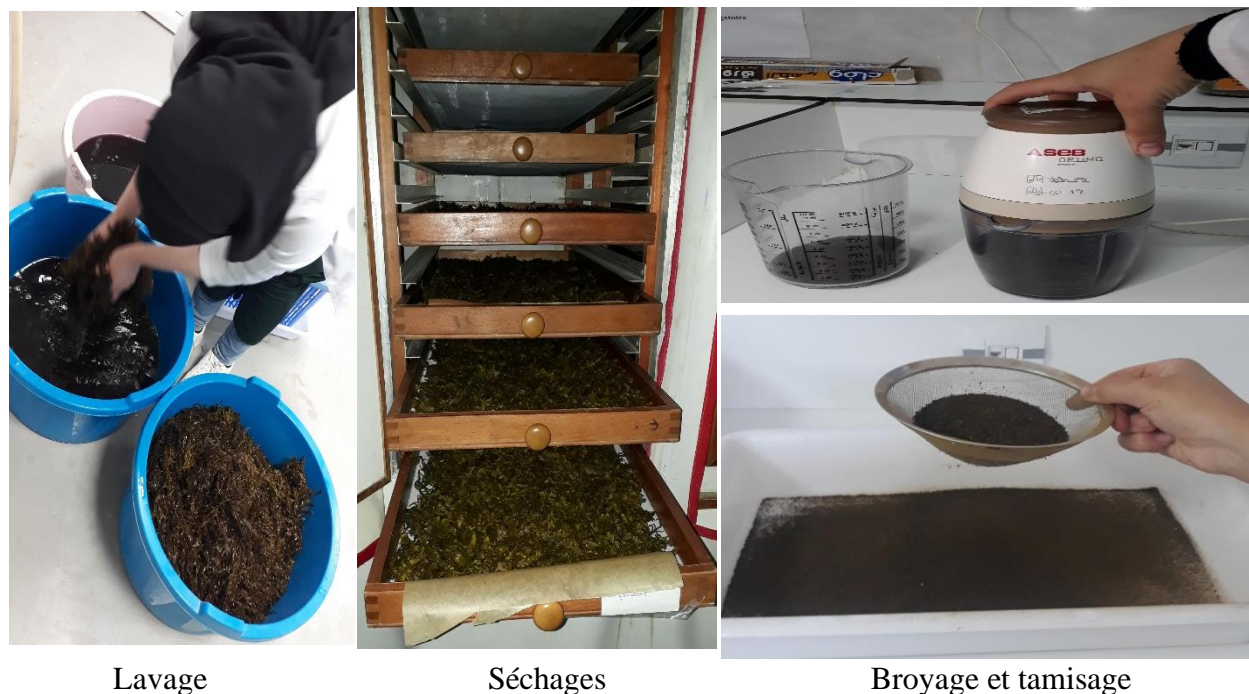


Figure 10 : Lavage, séchages broyage et tamisage des algues

V. Extraction des alginates

V.1. Formalisation

Généralement le formol est utilisé car il présente plusieurs avantages : il provoque une dépigmentation des algues et une amélioration de la blancheur du produit final.

Les algues ont été trempées dans un bain de formol à environ 2% pendant 22 heures puis les algues ont été rincées par l'eau distillée.

V.2. Lixiviation ou acidification

Cette étape de carbonatation est utilisée pour convertir l'acide alginique insoluble dans la paroi cellulaire des algues en alginate de sodium soluble dans l'eau. Les ions calcium et magnésium sont libérés avec l'eau de rinçage sous forme de sulfate.

La poudre d'algue est immergée dans une solution d'acide sulfurique à 0.5N pendant 4 heures avec 1 heures d'agitation. Après rinçage par l'eau distillée jusqu'à pH neutre.

V.3. Carbonatation

La poudre d'algue est immergée dans la cellule thermostatique remplie par la solution de carbonate de sodium à température de 45°C à 50°C avec agitation pendant 4 heures. L'acide alginique insoluble présent dans les cellules algales réagit avec le carbonate de sodium pour former de l'alginate de sodium soluble qui passe dans la phase aqueuse. A l'issue de cette opération, un gel carbonaté est obtenu (figure 11).



Figure 11 : Carbonatation dans la cellule thermostatique

V.4. Filtration

Il s'agit d'utiliser un « tulle » pour séparer la solution d'alginate des particules de matière d'algue en suspension, suivie d'une filtration. Une centrifugeuse est utilisée pour obtenir un gel visqueux "alginate de sodium" exempt de très fines particules d'algue. A l'issue de cette étape, un gel carbonaté est obtenue, puis précipité avec l'éthanol à 90% pour obtenir l'alginate de sodium (figure 12).



Figure 12 : Les étapes de filtration de l’alginate de sodium

V.5. Conservation de l’alginate :

La méthode de conservation consiste à mettre l'alginate dans une boîte de Pétri. La lyophilisation est faite pendant 13H heures à températures (-80 °C) (figure13).

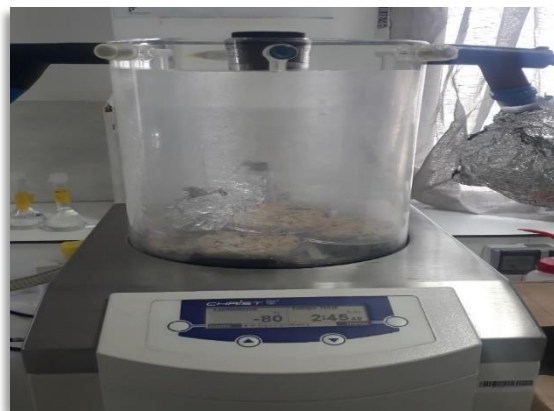


Figure 13 : Lyophilisation des alginates

V.6. Détermination de rendement

Le taux d'extraction est calculé selon l'équation (1)

$$R\% = \frac{M_{alg}}{M_s} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Malg : Masse de l'algue (g)

MS : Matière sèche (g)

VI. Extraction des polyphénols

VI.1. Préparation de l'extrait brut

Dans un bécher, 100g de poudre d'algues ont été ajoutés à 500 ml de solvant (400ml de méthanol + 100ml d'eau) (80% 20%). Macération du mélange obtenu pendant 22 heures (3 heures sous agitation), à l'abri de la lumière et de l'humidité (figure 14).

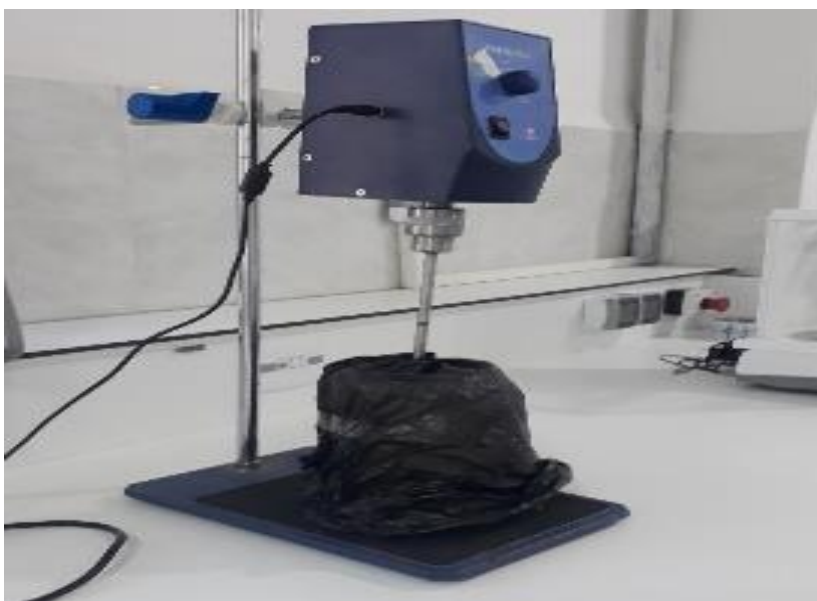


Figure 14 : Agitation du mélange (polyphénols)

Le mélange est filtré sur papier filtre. Après rinçage du reste de la poudre (2 rinçages chacun avec 50 ml de méthanol) on obtient l'extrait (figure15).



Figure 15 : Filtration du mélange (polyphénols)

Le filtrat résultant, est évaporé à 40°C pendant 3 heures sous pression réduite en utilisant un évaporateur rotatif (Heidolph) pour éliminer le solvant (méthanol + l'eau) (figure16).



Figure 16 : Evaporation sous vide des polyphénols

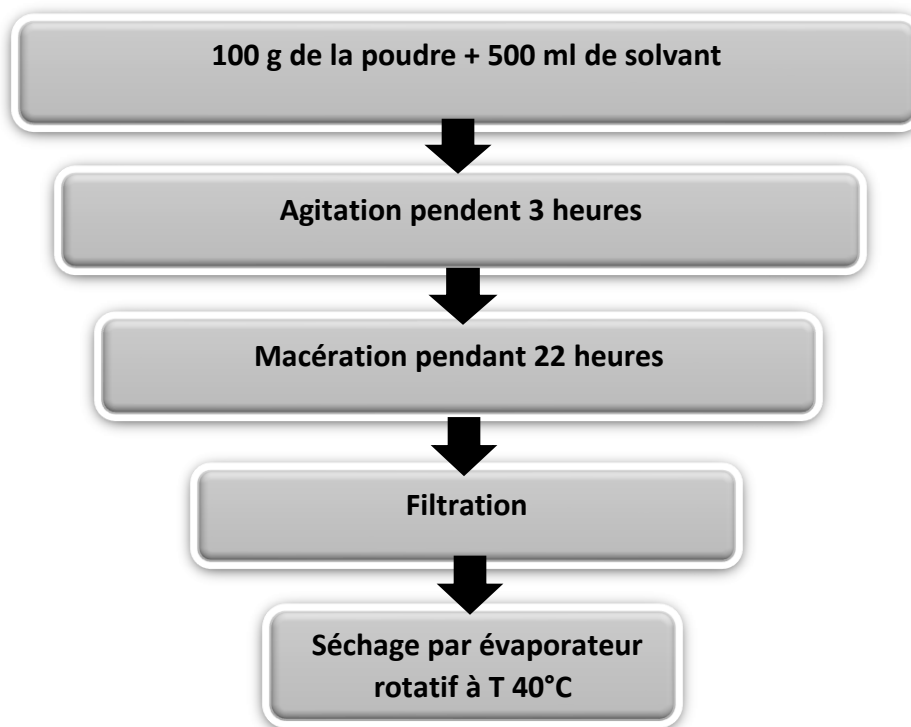


Figure 17 : Schéma récapitulatif de protocole de l'extraction de l'extrait brute

VI.2. Rendements des extraits secs

La détermination du rendement de l'extrait sec est réalisée en appliquant la formule (2)

$$R\% = \frac{P1-P2}{P3} * 100 \dots\dots\dots(2)$$

- P1 : poids du ballon avant évaporation (g)
- P2 : poids du ballon après évaporation (g)
- P3 : poids de la matière sèche algale(g)

VII. Dosage des composés phénoliques totaux

VII .1. Principes de réactif de Folin-Ciocalteu

Le réactif de Folin-Ciocalteu est un acide jaune constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique (HPWO) et d'acide phosphomolybdique (HPMO). Lors de l'oxydation des phénols, il est réduit en un mélange d'oxyde bleu de tungstène et de molybdène (Ribéreau, 1968).

Son maximum d'absorption à environ 760-765 nm est directement proportionnel à la quantité de polyphénols présents dans l'extrait végétal (Boizot *et al.*, 2006).

VII .2. Mode opératoire

Dans des tubes à essai et avec une micropipette, ont été prélevées 500 µl de chaque extrait avec 2500 µl de réactif de Folin dilué à 1/10 ,3 min après, on ajoute 2000 µl de carbonate de sodium Na₂CO₃ à une concentration de 7,5%. Ensuite, les tubes sont agités à l'aide d'un Vortex, et incubé à température ambiante à l'obscurité pendant 2 heures. L'absorbance est mesurée à 765 nm par un Spectrophotomètre UV (JENWAY).

On a utilisé comme référence une gamme d'étalon préparée à partir d'une solution mère de phloroglucinol à 120 µg/ml, avec des concentrations variant de 10 à 80 µg/ml.

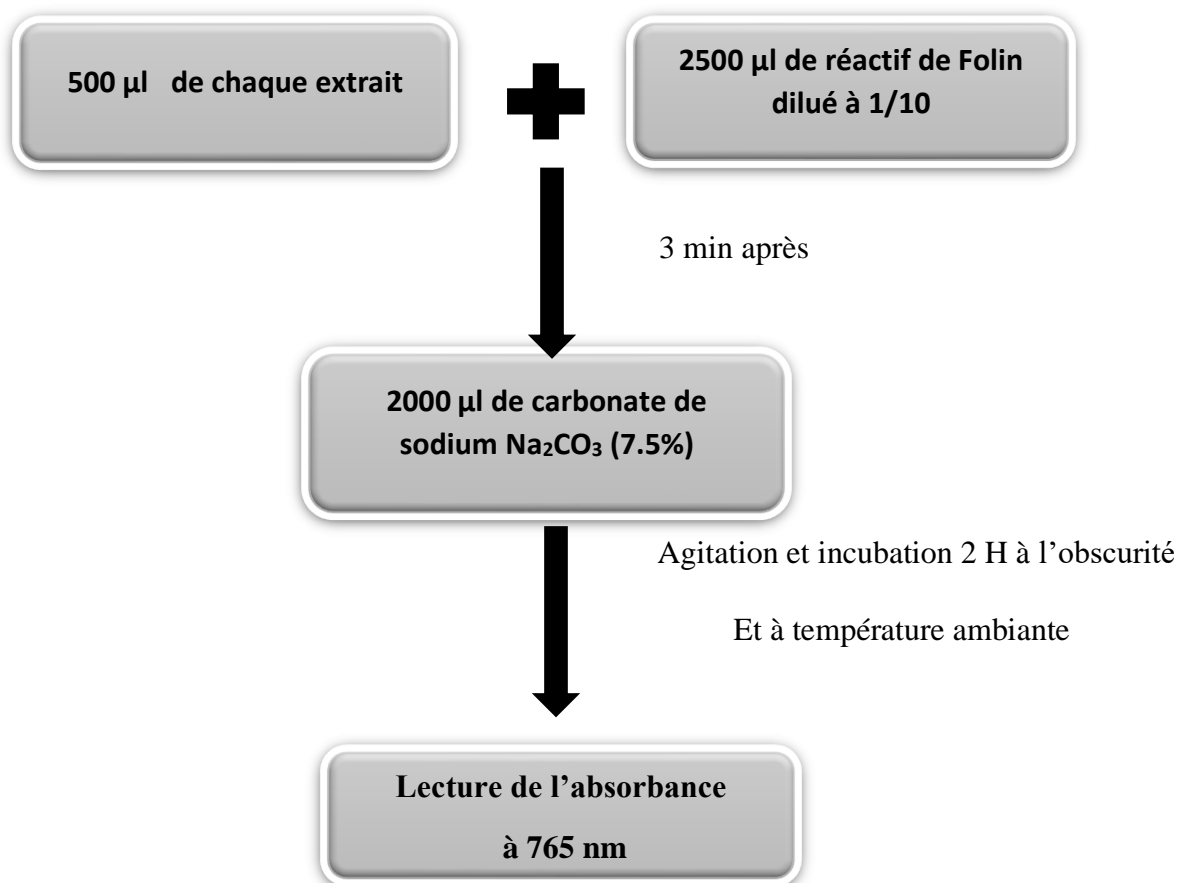


Figure 18 : Schéma récapitulatif du protocole du dosage des Polyphénols

VIII. Activité antioxydant

VIII .1. Principe

Le DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) est un radical libre stable qui absorbe entre 512 et 517 nm. En présence de composés anti-radicalaires, le DPPH de couleur violette se réduit en 2,2-Diphényl-1-picryl hydrazine de couleur jaune (Maataoui *et al.*, 2006).

VIII.2. Mode opératoire

Par une micropipette et dans des tubes à essai, 2500 μ l de différentes concentrations de chaque extrait sont ajoutés à 2500 μ l de solution de méthanol DPPH fraîchement préparée (0,004mg/l),

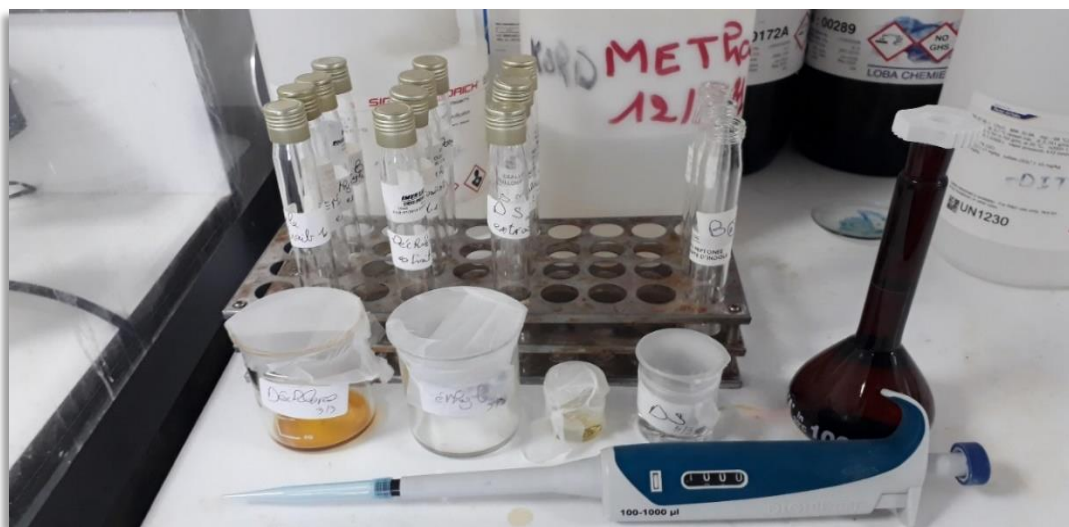


Figure 19 : Consommable et réactifs utilisés dans l'activité anti-oxydante

Après agitation et incubation dans l'obscurité pendant 30 min et à température ambiante, la lecture des absorbances est effectuée à 517nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

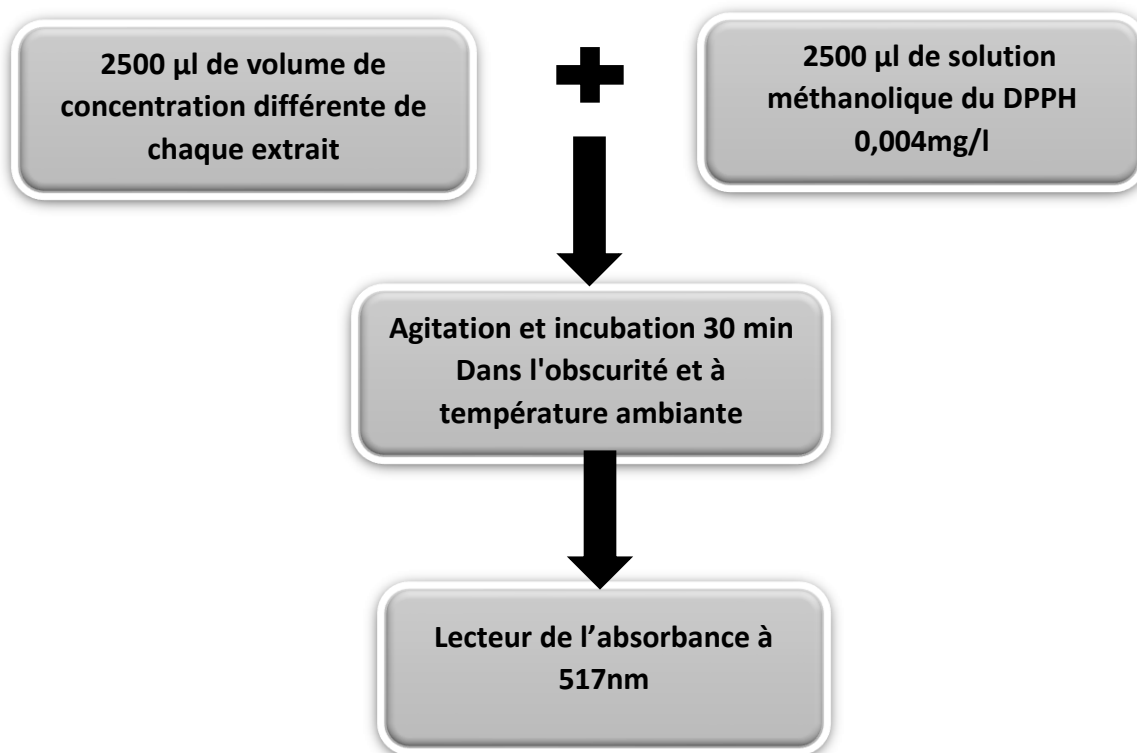


Figure 20 : Schéma récapitulatif de protocole du l'activité antioxydante



Chapitre 3 :

Résultats et discussion

Résultats et discussion .

I .Le Rendement des algines

Les rendements en alginate de sodium obtenus à partir des deux espèces d'algues brunes *Dictyopteris polipodioides* et *Dictyota spiralis* calculés pour 100g de poudre d'algues sont donnés dans la figure (21) :

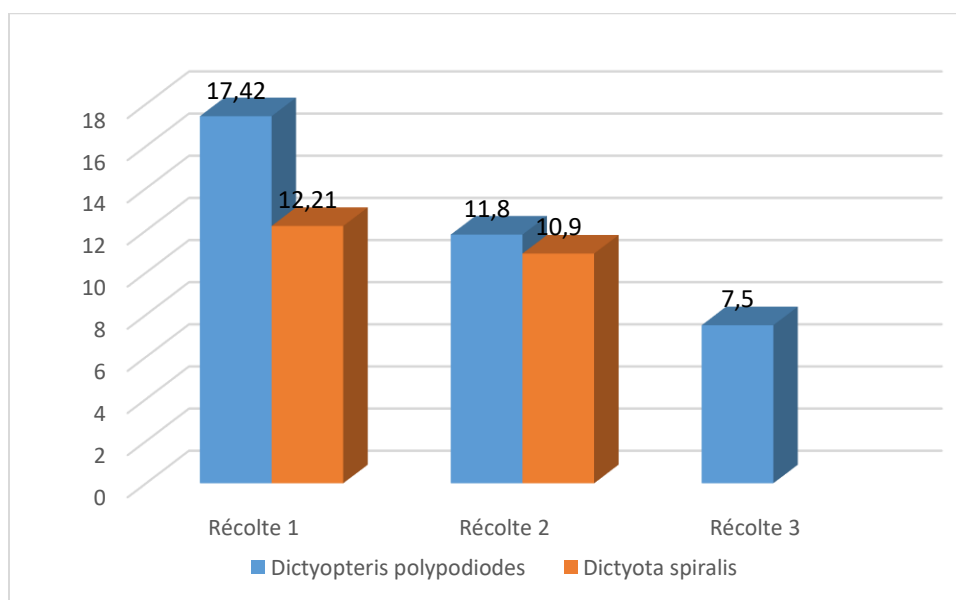


Figure 21 : Rendement en algines de sodium

Les résultats obtenus ont montré que les rendements en algines de l'algue brune *Dictyopteris polipodioides* sont supérieurs à ceux obtenus pour l'algue brune *Dictyota Spiralis*. Ceci peut s'expliquer par la différence des deux algues en termes de composition en métabolites primaires et secondaires principalement de leur contenu en algines. On peut aussi voir une diminution progressive du rendement en algines de sodium depuis la récolte 1 (saison hivernale) jusqu'à la récolte 3 cela pourrait être dû aux facteurs environnementaux. (**Perret-Boudouresque et al .,1992**). A rapporté que les paramètres environnementaux comme la température, la lumière et le substrat interviennent sur tous les processus métaboliques des algues et cette action se manifeste généralement dans le sens d'une perturbation menant à terme à un changement de composition chimique.

Les rendements obtenus ont été comparés à ceux d'autres étudiées en Algérie et au monde à titre indicatif, certains résultats sont fournis ci – dessous (tableau 2) :

Tableau 2 : Comparaison des teneurs en alginates des espèces étudiées par rapport aux principales Alginophyte dans le monde.

Alginophyte	Teneur en alginates (% poids)	Références
<i>Dictyopteris polipodioides</i> <i>Dilophus ligulatus</i> <i>Halopteris scoparia</i>	21.92% 8.8% 4.16%	Belattmania et al.,2015
<i>Ascophyllum nodosum</i>	15 -20 %	Pérez,1997
<i>Dictyopteris polipodioides</i> <i>Dictyota spiralis</i>	17.42% 11.8% 4.16% 12.21% 10.09%	Notre études

Les rendements de alginate de sodium pour *Dictyopteris polipodioides* et *Dictyota spiralis*, sont respectivement de l'ordre de 17.42 %, 12.21% PS (% en alginate de sodium par rapport au poids sec initialement utilisé). En comparaison avec les données de la littérature (Tableau 2), la teneur en alginates de l'espèce *Dictyopteris polipodioides* s'avère très prometteuse et avoisine les rendements en alginates de certaines alginophytes telles que *Ascophyllum nodosum* (15 -20 %PS) et *Macrocystis pyrifera* (18-21 %PS). En outre, les résultats de cette étude sont plus importantes de certaines espèces telles que *Dilophus ligulatus* (8.8%PS) et *Halopteris scoparia* (4.16%PS), mais ces teneurs restent néanmoins inférieures par rapport aux alginophytes qui dominent le marché mondial de l'industrie des alginates (**Pérez et al., 1992**).

Cette variation peut être expliquée par plusieurs facteurs qui influencent la composition biochimique de l'algue tels que son état physiologique, la période de l'année, la partie utilisée du thalle, de l'âge des tissus, de la zone de croissance, des lieux de récolte et de la saison (**Beata Labowska et al., 2019**).

II. Propriétés organoleptiques

Les caractères organoleptiques des alginates des deux espèces étudiées sont fournis dans le tableau 3et 4.

Tableau 03 : Propriétés organoleptiques de l'alginate de sodium extrait de l'algue *Dictyopteris polipodioides*.

Espèces Caractères organoleptiques	<i>Dictyopteris polipodioides</i> récolte 1	<i>Dictyopteris polipodioides</i> récolte 2	<i>Dictyopteris polipodioides</i> récolte 3
Aspect avant séchage	Gel d'alginate Moyennement visqueux	Gel d'alginate Moyennement visqueux	Gel d'alginate Moyennement visqueux
Aspect après séchage	Poudre filamenteuse	Poudre filamenteuse	Poudre moins filamenteuse
Odeur	Aucune	Aucune	Aucune
Couleur	Brun -jaune	Jaune	Blanche

Tableau 04: Propriétés organoleptiques de l'alginate de sodium extrait de l'algue *Dictyota spiralis*.

Espèces Caractères organoleptiques	<i>Dictyota spiralis</i> récolte 1	<i>Dictyota spiralis</i> récolte 2
Aspect avant séchage	Gel d'alginate Fortement visqueux	Gel d'alginate Fortement visqueux
Aspect après séchage	Poudre très filamenteuse	Poudre très filamenteuse
Odeur	Aucune	Aucune
Couleur	Jaune	Brun -jaune

L'aspect des alginates extraits varie d'une espèce à l'autre, ils sont poudreux plus ou moins filamenteux selon la source. On remarque que plus le gel d'alginate est visqueux plus la poudre est filamenteuse.

La couleur varie également selon les espèces, du blanc au Brun-jaune plus ou moins foncé. Les pigments présents dans les algues déterminent la couleur de la poudre d'alginate (Tableau 3 ,4).

Les alginates ont été photographié après séchage (lyophilisation) (figure 22 . 23).

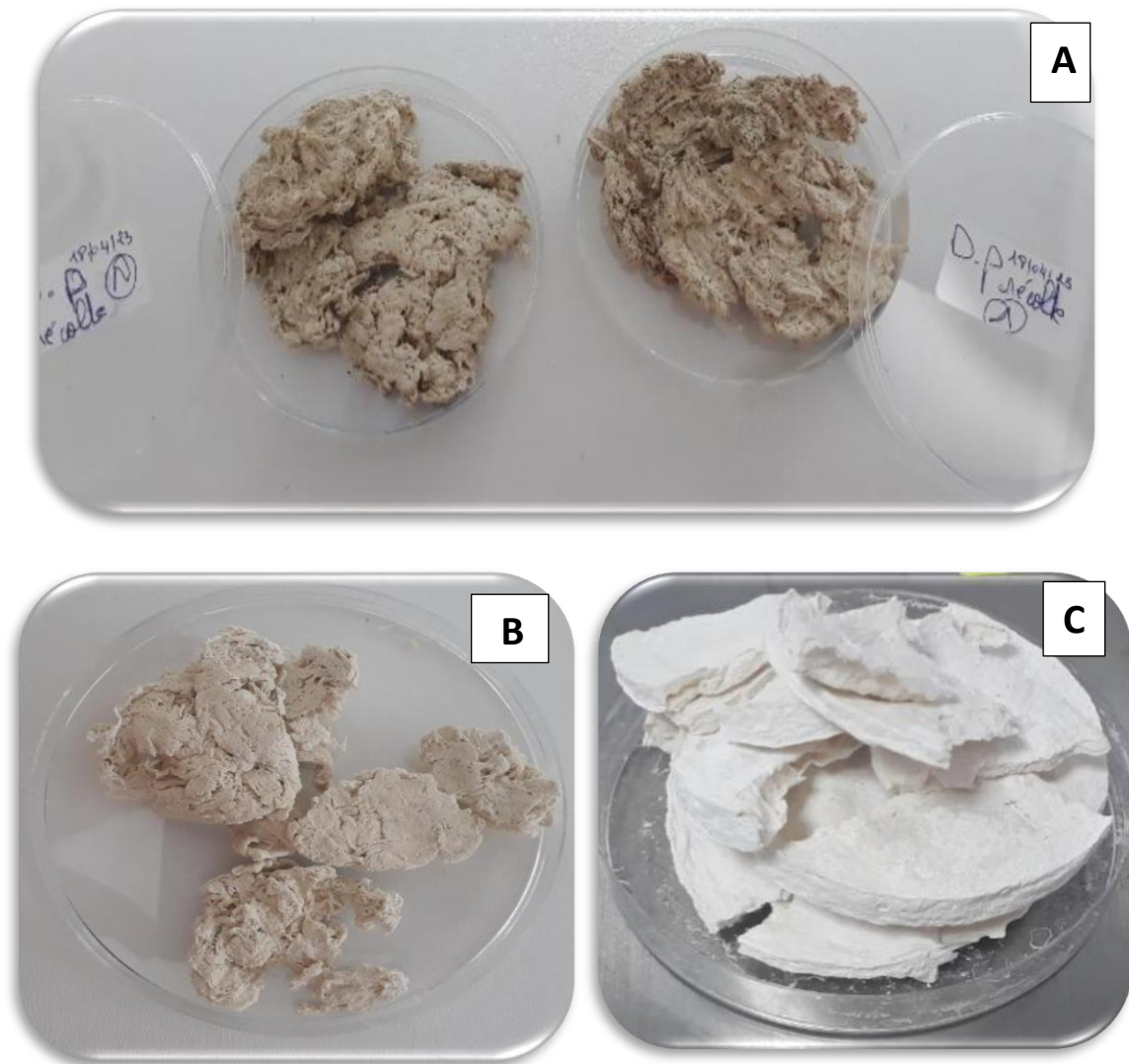


Figure 22 : Photographie des alginates DP après lyophilisation

(A : DP récolte 1, B : DP récolte 2, C : DP récolte 3)

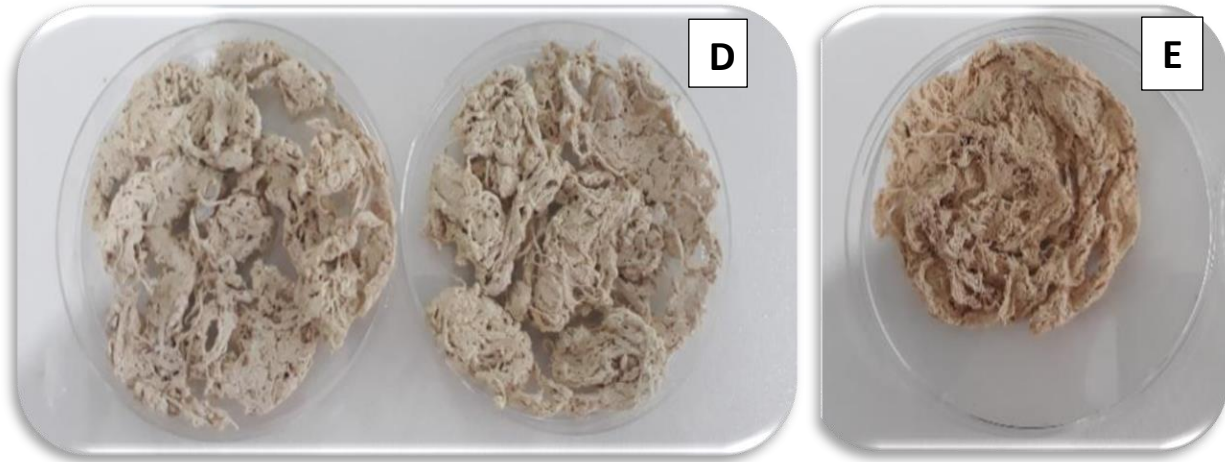


Figure 23 : Photographie des alginate DS après lyophilisation
(**D :** DS récolte 1, **E :** DS récolte 2)

III. Caractérisation de l'alginate de sodium par spectroscopie infrarouge :

L'analyse de l'alginate par spectroscopie infrarouge (FTIR) a permis de caractériser les groupes fonctionnels de l'alginate extrait des deux algues brunes étudiées (*Dictyota* et *Dictyopteris*) et de la comparer avec le spectre infrarouge de l'alginate commercial.

Les résultats obtenus sont présentés dans la figure ci-dessous (Figure :24, Figure :25, Figure : 26). Les principales bandes caractéristiques de l'alginate sont répertoriées dans le tableau 5.

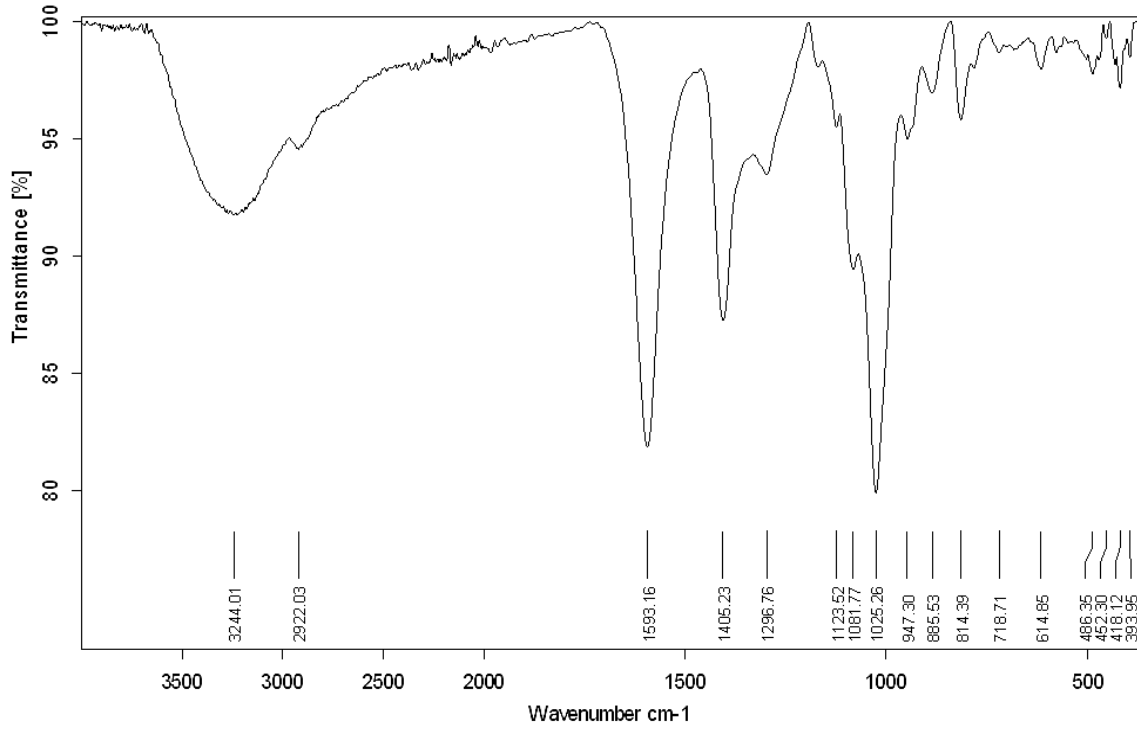


Figure 24 : Spectre IR de l'alginate de sodium commercial

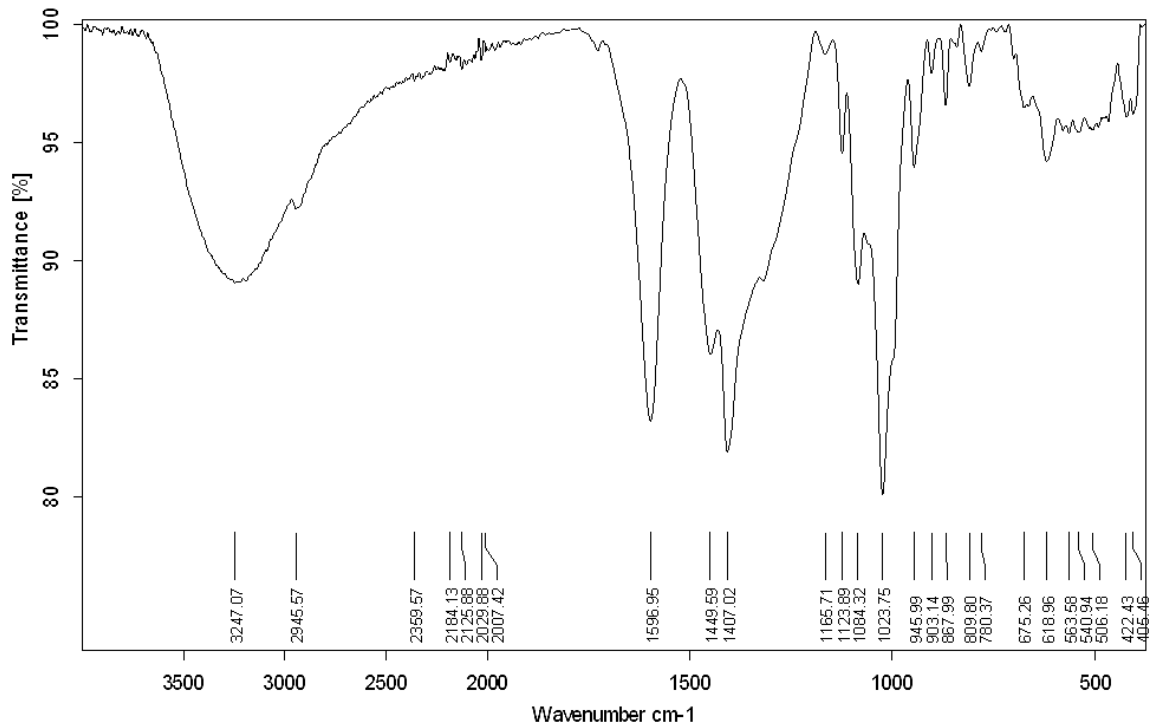


Figure 25 : Spectre IR de alginate de sodium extrait de *Dictyopteris polipodioides* (DP)

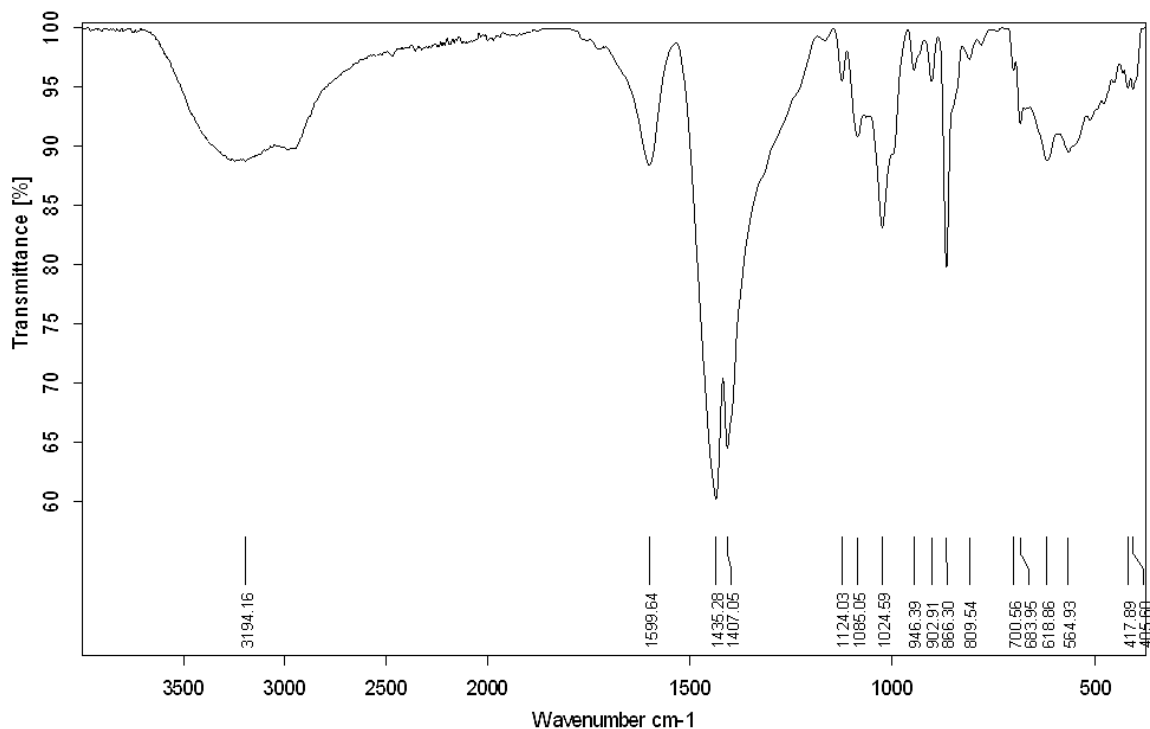


Figure 26 : Spectre IR de alginate de sodium extrait de *Dictyota spiralis* (DS)

Tableau 05 : Les principales bandes caractéristique des alginates

Bandes d'absorption (cm)			
Alginate commercial	<i>Dictyopteris polipodioides</i>	<i>Dictyota Spiralis</i>	Attribution
3244	3247	3194	Vibration du groupement _OH
1593	1596	1599	Vibration d'élongation asymétrique COO ⁻
1405	1449	1435	Vibration d'élongation symétrique du COO ⁻
947	945	946	Vibration d'élongation - C-O d'acide uronique

Les spectres sont similaires et présentent les mêmes bandes caractéristiques. Les spectres infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) des alginates extraits des algues brunes *Dictyota spiralis* et *Dictyopteris Polipodioides* ainsi que celui de l'alginate commercial mettent en évidence la présence de plusieurs bandes caractéristiques. La bande large vers 3244 cm^{-1} est relative à la vibration d'élongation du groupement -OH. Les deux bandes vers 1593 cm^{-1} et 1405 cm^{-1} sont spécifiques des vibrations d'élongation carboxylate (COO^-) asymétrique et symétrique, respectivement (Papageorgiou et al., 2010). Le groupe à 947 cm^{-1} est indicatif de la présence d'acide uronique (Chandia et al., 2001).

IV. Le rendement d'extraction des polyphénols totaux

Le rendement d'extraction a été calculé par le rapport entre la masse de polyphénols extraits et la masse du matériel végétal traité. Après extraction et récupération de l'extrait, le rendement en pourcentage a été déterminé par rapport à 100g de matière végétale .

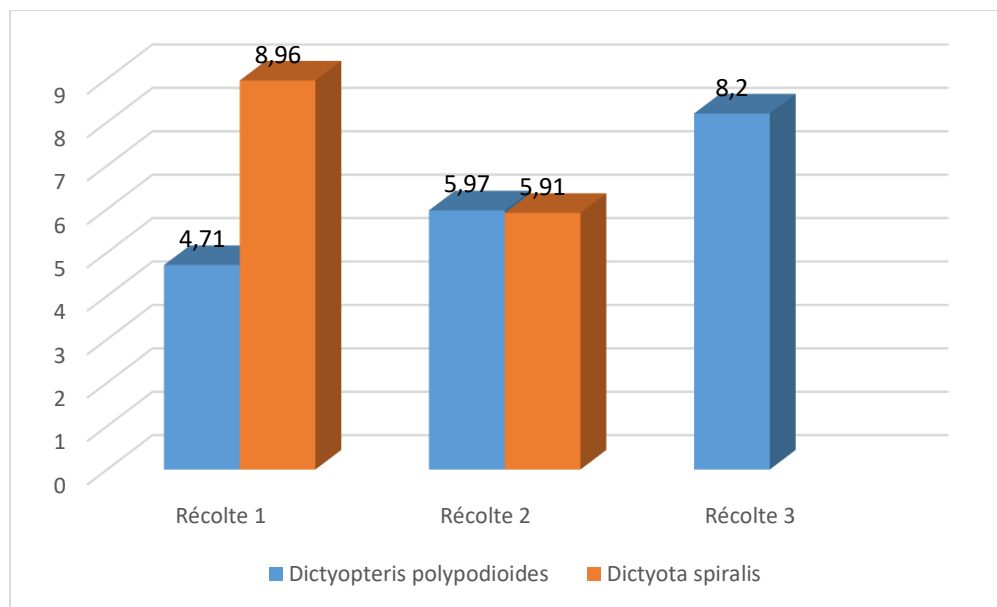


Figure 27 : Rendement d'extraction des polyphénols

Les rendements massiques en polyphénol obtenus pour *Dictyopteris polipodioides* dans les trois récoltes sont respectivement de l'ordre de 4.71 % , 5.97 % , 8.2 % , et pour *Dictyota spiralis* sont respectivement de l'ordre de 8.96 % et 5.91 % (figure 28).

On constate que le rendement en polyphénols totaux obtenu à partir de l'algue brune DS est supérieur à celui obtenu à partir de DP .Ceci peut s'expliquer par la différence de composition ou de teneur totale en polyphénols des deux algues brunes, on peut également constater une augmentation de la production de polyphénol de l'algue DP tandis qu'une diminution significative de la production de polyphénol de l'algue DS .Cela peut être dû aux changements des facteurs environnementaux du milieu marin tels que la température, la salinité, degré de pollution ,etc. Et à leurs effets sur les composants des algues . Dans ce type de valorisation, les valeurs de rendement d'extraction à sec pour une même espèce d'algue étudiée peuvent varier, en fonction de la période d'échantillonnage, mais aussi en fonction de plusieurs facteurs, à savoir la température et la méthode d'extraction choisie , le matériel végétal utilisé ainsi que sa teneur en humidité (Wattiaux, 1994). Selon (Michel et al.,2012) le rendement des extractions utilisant des solvants de polarité croissante dépend de la nature du solvant utilisé et de la chimie des molécules à extraire. De même, la méthode d'extraction (macération, décoction, infusion) joue également un rôle important dans la détermination du rendement et de la composition chimique de l'extrait (Tefiani ,2015) .

V. Dosage des composés phénoliques :

Les résultats obtenus des teneurs en polyphénols des trois récoltes de deux déférents espèces *Dictyota Spiralis* et *Dictyopteris polipodioides* sont illustrés dans le tableau 6. Les concentrations sont exprimées en microgrammes équivalent phloroglucinol par milligramme de la matière sèche en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage du phloroglucinol (Figure 29).

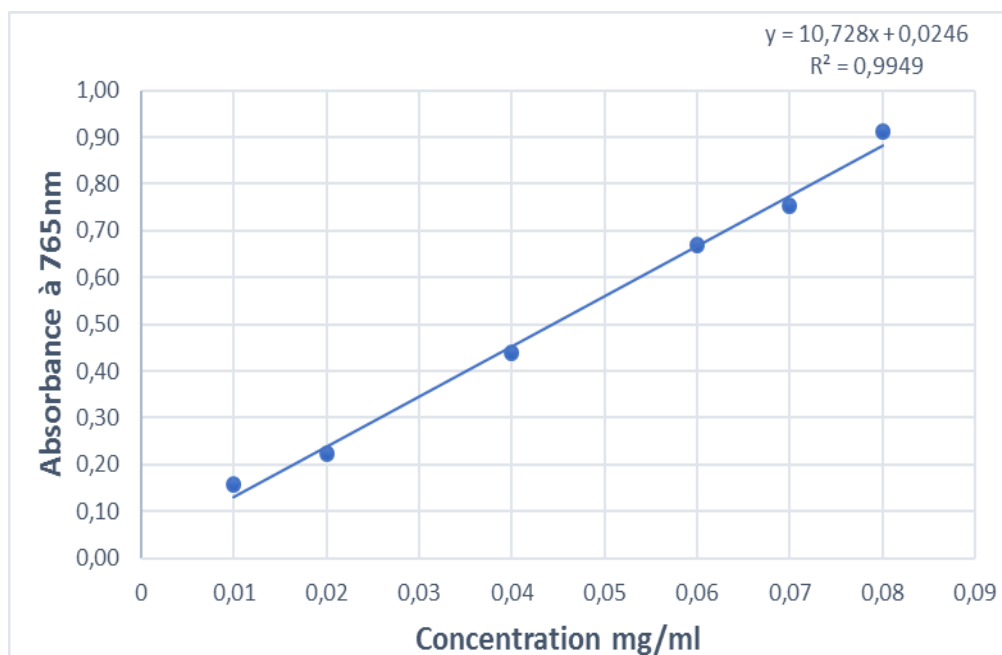


Figure 28 : Courbe d'étalonnage du phloroglucinol

Tableau 06 : Teneur en polyphénols totaux des deux espèces pour les deux récoltes

Les espèces	Teneurs des polyphénols (g EPG/100g MS) \pm SD	
	Récolte 1	Récolte 2
<i>Dictyota Spiralis</i>	0.24 \pm 0.00	1.33 \pm 0.00
<i>Dictyopteris Polipodioides</i>	17.02 \pm 0.00	21.03 \pm 0.00

L'objectif était de déterminer la teneur en polyphénols totaux de deux espèces d'algues brunes *Dictyota spiralis* et *Dictyopteris polipodioides* dans deux récoltes.

Les polyphénols en été dosés à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu. Selon (Trubelsi et al. , 2010) , il est difficile de comparer les résultats de cette étude avec des résultats de la bibliographie car l'utilisation de différentes méthodes d'extraction réduit la possibilité de comparaison entre les études . On ce qui concerne notre étude, l'analyse des composés phénoliques montre que l'extrait méthanolique obtenue à partir de l'algue brune *Dictyopteris polipodioides* possède une teneur en polyphénols totaux plus importante que celle enregistrée chez l'algue brune *Dictyota Spiralis*.

Selon la littérature, les extraits méthanoliques sont les plus concentrés en composés phénoliques, le méthanol reste donc le meilleur solvant pour l'extraction de ces composés, cette affinité est étayée par plusieurs études (Abdille et al., 2005). En effet, le méthanol peut inhiber l'action de la polyphénol oxydase, conduisant à l'oxydation des polyphénols dans les tissus végétaux (Yao et al., 2004). Les polyphénols varient considérablement d'une espèce à l'autre et au sein d'une même espèce, en raison d'influences externes (température, climat...), génétiques (diversité et origine des espèces), physiologique (maturation des algues, organes utilisés) et la durée de stockage (Ksouri et al., 2009).

VI. Pouvoir antioxydant

L'activité antioxydante de l'extrait de *Dictyota Spiralis* et *Dictyopteris polipodioides* est évaluée par le test de piégeage des radicaux libres DPPH.

VI.1. Test d'inhibition des radicaux libres DPPH :

L'analyse de l'activité antioxydante par le test de piégeage des radicaux DPPH a été largement utilisée dans de nombreuses études car la méthode peut être adaptée à diverses matrices et elle est suffisamment sensible pour détecter de faible concentration de substances actives (Sanchez -Moreno, 2002).

Les résultats du taux d'inhibition des radicaux libres DPPH par les extraits bruts au méthanol des algues brunes *Dictyota Spiralis* et *Dictyopteris polipodioides* sont présentés sur les figures ci-dessous. Ces résultats sont comparés avec le taux d'inhibition d'un puissant antioxydant (acide ascorbique) utilisé comme contrôle positif dans cette étude.

VI.2. Calcul les pourcentages d'inhibition I%

Le calcul des pourcentages d'inhibition se fait par la formule (4) suivante :

$$I\% = \frac{AC_{Ae}}{AC} * 100 \dots\dots\dots (4)$$

- Ac : Absorbance de contrôle (solution de DPPH sans échantillon).
- Ae : Absorbance de l'extrait

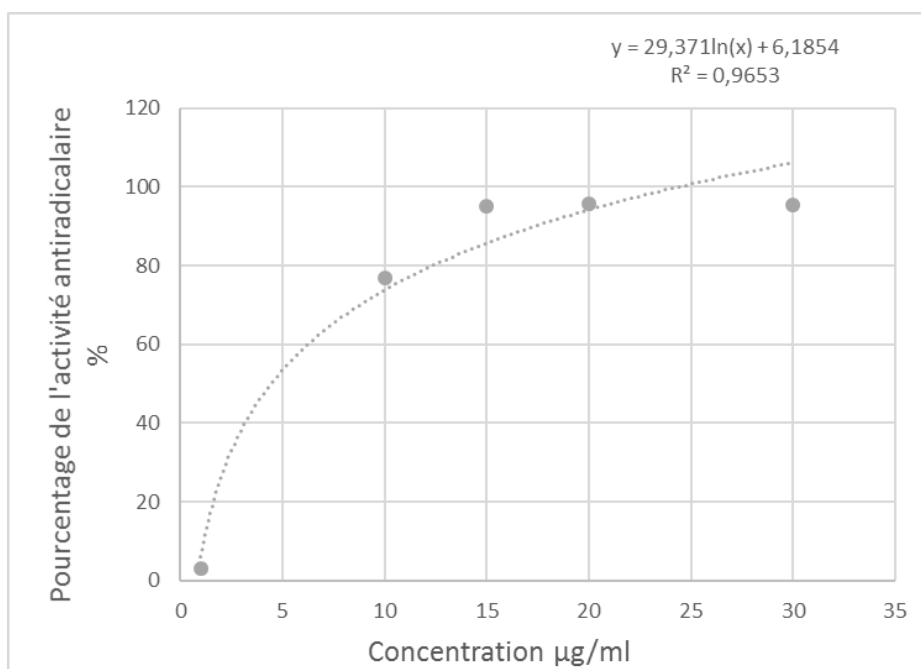


Figure 29 : Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'acide ascorbique

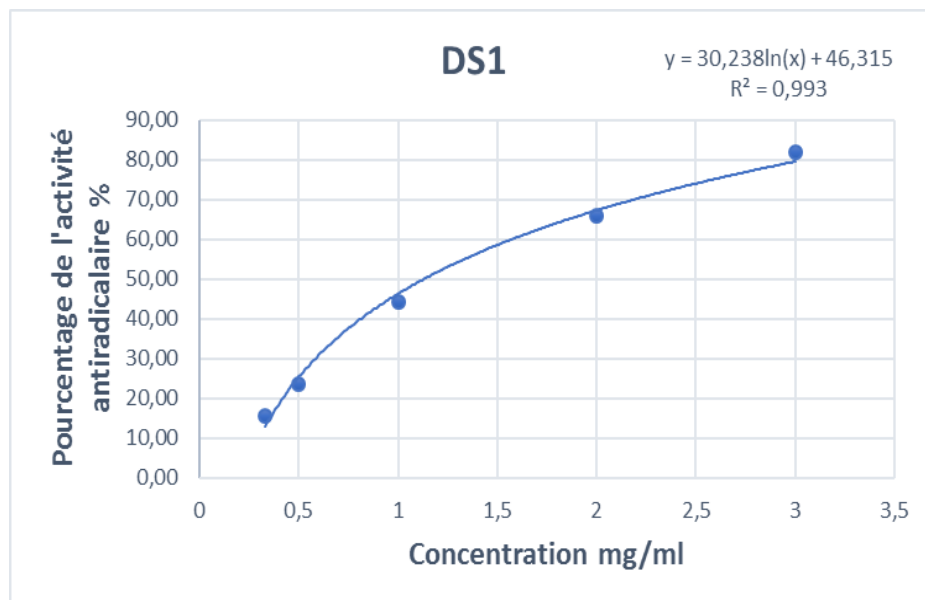


Figure 30 : Pourcentage d'inhibition du DPPH par *Dictyota Spiralis* récolte 1

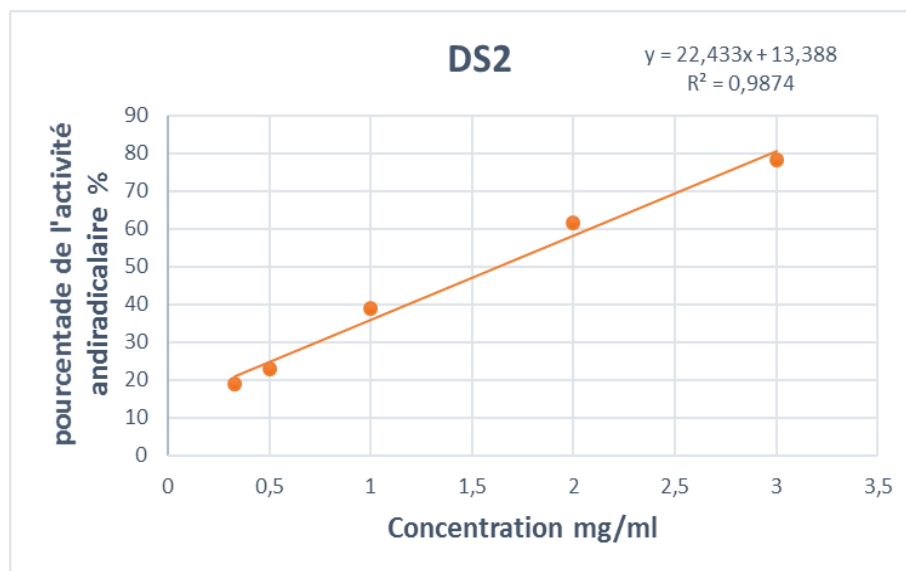


Figure 31 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par *Dictyota Spiralis* récolte 2

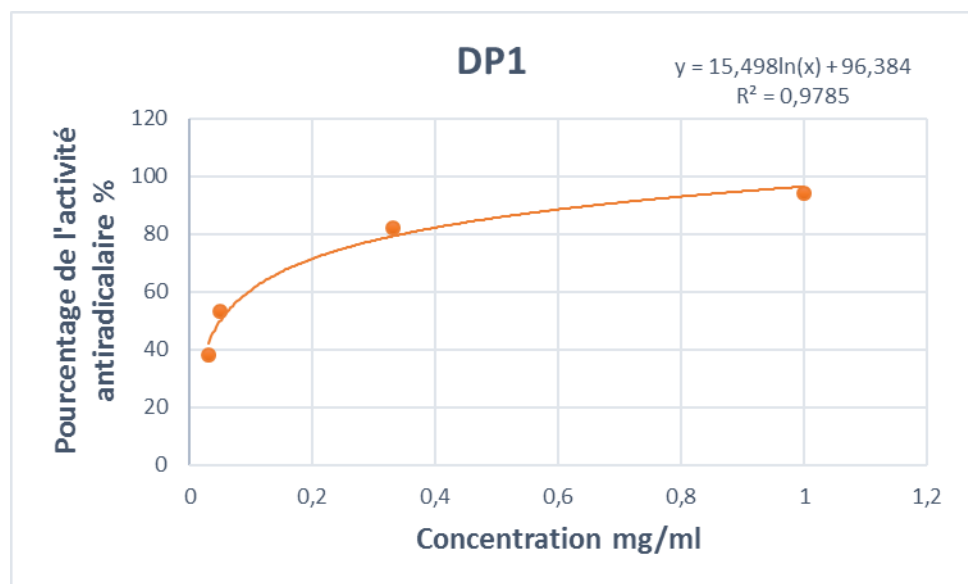


Figure 32 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par *Dictyopteris polipodioides* récolte 1

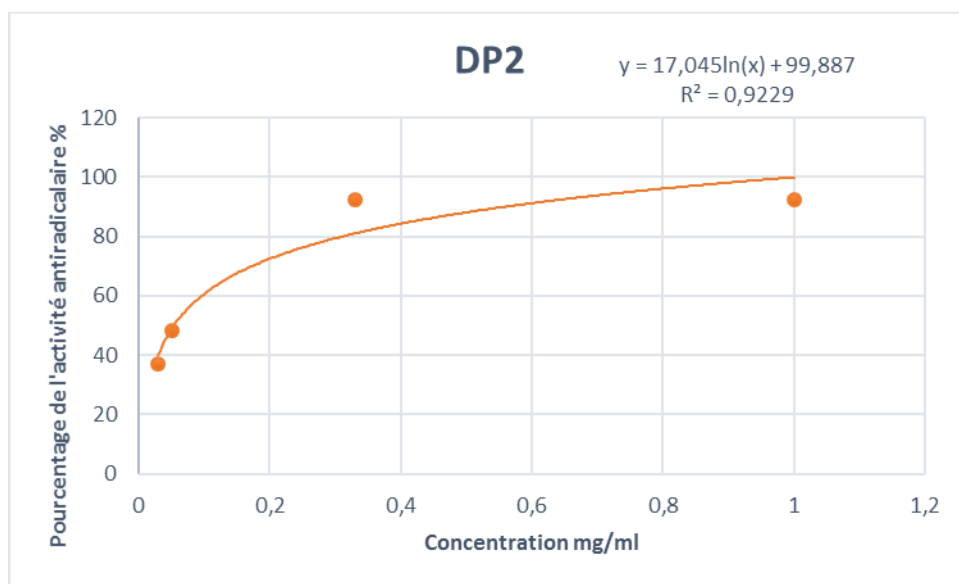


Figure 33 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par *Dictyopteris Polipodioides* récolte 2

Dictyota Spiralis

Selon les (figures 31 et 32), le pourcentage d'inhibition des extraits de DS lors de la première et deuxième récolte variait respectivement de 15,44 % à 81,99 % et 18,95% à 78,06 %. Le pourcentage d'inhibition le plus élevé (81,99 %) pour DS dans le premier récolte et 78,06 % dans le deuxième récolte ils étaient enregistré à la concentration d'extrait méthanolique (3 mg/ml). En outre, ils ont également étaient noté que le pourcentage d'inhibition augmentait proportionnellement à la concentration jusqu'à 81,99 % et 78,06 %. Au-dessus de cette concentration, une diminution du pourcentage d'inhibition (15,44 %) et 18,95 % proportionnelle à la concentration de l'extrait méthanolique (0,33 mg/ml) ont étaient enregistré.

Dictyopteris polipodioides

D'après les (figures 33et 34), le pourcentage d'inhibition de l'extrait DP à la premier et le deuxième récolte variait respectivement de 38,16% à 93,85% et 37,04 % à 92,27 %. Le pourcentage d'inhibition le plus élevé (93,85 %) dans le premier récolte et (92,27 %) dans le deuxième récolte ont étaient enregistré à la concentration d'extrait méthanolique (1 mg/ml). De plus, il est à noter que le pourcentage d'inhibition augmente proportionnellement à la concentration jusqu'à 93,85 % et 92,27 %. Au-dessus de cette concentration, une diminution du pourcentage d'inhibition (38,16 %) et (37,04 %) proportionnelle à la concentration de l'extrait méthanolique (0,03 mg/ml) ont étaient enregistré.

D'après ces résultats, la réduction des radicaux DPPH a augmenté de manière significative avec l'augmentation de la concentration d'extrait d'algues , qui a été également rapporté par (Ismail & Hong.,2002 ; Cao & coll., 2011 ; Hwang & Do Thi 2014).

VI. 3. Evaluation de l'IC50

La concentration inhibitrice 50 (IC50) est inversement proportionnelle à la capacité antioxydante d'un composé, car elle représente la quantité d'antioxydant nécessaire pour réduire la concentration de radicaux libres de 50 %. Plus la valeur IC50 est basse, plus l'activité antioxydante du composé est élevée. La concentration de l'échantillon requise pour inhiber 50 % du radical libre DPPH a été calculée sur la base des équations de régression (pourcentage d'inhibition calculé à partir d'extraits préparés à différentes concentrations).

D'après le tableaux (7), la concentration d'acide ascorbique qui inhibe le DPPH de 50 % (IC50) est de 5.42 ± 0.00 . L'acide ascorbique a donc une faible (IC50), ce qui est cohérent avec la capacité antiradicalaire élevée obtenue.

Tableau 7 : Les résultats de IC50

Echantillons	IC50	
	Récolte 1	Récolte 2
L'acide ascorbique	$5.42 \pm 0.00 \mu\text{g/ml}$	
<i>Dictyota Spiralis</i>	1.33 mg/ml	1.63 mg/ml
<i>Dictyopteris Polipodioides</i>	0.05 mg/ml	0.05 mg/ml

On remarque que les deux espèces d'algues possèdent des valeurs de IC50 supérieure à celle enregistrée pour l'acide ascorbique exprimant une activité antiradicalaire plus faible par rapport au contrôle positif. De plus, la capacité antiradicalaire de l'algue brune *Dictyopteris Polipodioides* enregistré dans les deux récoltes est considérable à celle obtenue à partir de l'algue *Dictyota spiralis*.



Conclusion générale

L'objectif de notre étude se concentre sur l'extraction des métabolites bioactifs (alginates et polyphénols) à partir des algues brunes *Dictyopteris polipodioides* et *Dictyota spiralis* collectées dans la région côtière de Tipaza.

Les rendements des alginates obtenus pour *Dictyopteris polipodioides* dans les trois récoltes (récolte1, récolte 2 et récolte 3) sont respectivement (17,42%, 11.8% et 7.5%) et pour *Dictyota spiralis* (12,21% et 10,9%). À partir de ces résultats, nous pouvons conclure que le rendement en alginates chez DP est supérieur à DS, dont le maximum est enregistré dans la récolte 1 qui correspond à la saison hivernale.

L'analyse des alginates par spectroscopie infrarouge, moyennant un spectrophotomètre FTIR- ATR, montre que les spectres d'alginates extraits présentent une similarité avec l'alginate commercial.

Les résultats obtenus après extractions des polyphénols par macération à froid nous ont permis de calculer le rendement en extrait brut pour *Dictyopteris polipodioides*, soit 4,71%, 5,87% et 8,2 % enregistrés respectivement pour la récolte 1, récolte 2 et récolte 3, dont le maximum est obtenue dans la saison printanière. Contrairement à *Dictyota spiralis* où le maximum du rendement est obtenu dans la saison hivernale avec 8,96%.

Les résultats du dosage quantitatif des polyphénols totaux de *Dictyopteris Polipodioides* dans les différentes récoltes sont proportionnelles aux résultats des rendements en polyphénols, avec récolte 1 (17.02 ± 0.00 µg EPG/mg extrait) et récolte 2 (21.03 ± 0.00 µg EPG/mg extrait). En revanche, *Dictyota spiralis* détient une très faible teneur en polyphénols totaux de l'ordre de 0.24 ± 0.00 µg EPG/mg extrait pour la récolte 1 et 1.33 ± 0.00 µg EPG/mg extrait pour la récolte2.

L'évaluation de l'activité antioxydante des extraits hydro-méthanoliques des deux espèces par la méthode de piégeage des radicaux libres DPPH a révélé une activité modérée pour *Dictyopteris polipodioides* et une faible activité pour *Dictyota spiralis* en comparaison avec l'acide ascorbique testé en tant que contrôle positif.

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

Dictyopteris polipodioides constitue une source intéressante d'alginate qui pourraient trouver une large application dans le domaine agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique. De plus des analyses plus approfondies de ces composants telles que la viscosité, la rhéologie, la spectroscopie RMN sont indispensables afin de caractériser les alginate extraits.

- Expérimenter d'autres méthodes pour étudier l'activité antioxydante telles que le pouvoir réducteur, test de blanchiment de β carotène et autres.
- En considérant le large éventail d'activités des polyphénols, nous suggérons de rechercher d'autres activités biologiques telles que l'activité antibactérienne et antifongique.



***Références
Bibliographiques***

A

- **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.

- **Adebiotech., Romainville., (2010).**Algues, filières du futur : Livre Turquoise., PP: II-6.

- **Alem M. (2015).** Les compléments alimentaires à base d'algues. Thèse de Doctorat. Université Mohamed V-Rabat.

- **Ali M., Jahangir M., Saleem M., Pervez M., Hameed S., Ahmad V., (2000).**Métabolites d'algues marines récoltées sur Karachi-côtes de la mer d'Oman.*Nat.Prod.Sci.*6, 61-65.

- Alfredo A .Rose C(2017).**Screening of Polyphenol Composition and Antiradical Capacity of Wild *Erica arborea* : A Native Plant Species from the Portuguese Flora.*Journal of Chromatography Separation Techniques*

- Amandine S. (2018)** . Localisations et rôles des polysaccharides de paroi au cours du développement de deux modèles d'algues brunes,le zygote de *Fucus* et *Ectocarpus*,Thèse de doctorat de Biologie marine Dirigée par Bernard.

- **Aminot A., Chaussepied M., (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin CNEXO. 395p.

- **Augier H., Boudouresque C.F., (1971).** Découverte des cystocarpes de *Feldmannophycus rayssia* (Feld, J. et Feld, G) nov.gen (Rhodophycées, Gigartinales) *Bulletin de la société phytologique*, France 16, 25-30.

B

- Beata Łabowska , Izabela Michalak ndi Jerzy Detyna Kuchokera m'magazini Open Chemistry (2019)** Njira zochotsera , physicochemical properties of alginates ndi ntchito zawo mu biomedical field - ndemanga Magdalena

- **Belattmania Z., Zrid R., Reani A., Elatouani S., Sabbar EM., Mourtadi A., El Moznine R., Cherkaoui O., Bentiss F., Sabour B., (2015).** Caractérisation spectroscopique et rhéologique des alginates de sodium extraits de trois algues marines *Phaeophyceae* (*Dictyopteris polypodioides*, *Dilophus ligulatus* et *Halopteris scoparia*) de la côte d'El Jadida-M

- Blunt J.W., Copp B.R., Munro M.H.G., Northctec P.T., Prinsep M.R., (2011).** Marine Natural Product. *Natural Product Reports*, 27, 165.aroc), 6, 1657-1662.

- **Boizot N., Charpentier J.P., (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Méthodes et outils pour d'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques.*INR.*79-82.

C

-**Catalina F., Allen N.S., Peinado C., (2005)** .T Corrales Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 169 (1), 95-100.

_**Castellano G , José Tena (2012)** , Medialdea Classification of Phenolic Compounds by Chemical Structural Indicators and Its Relation to Antioxidant Properties of Posidonia Oceanica (L.) Delile January 2012 match Communications in Mathematical and in Computer Chemistry . 67 (1) : 231-250

- **Chandia N. P., Matsuhira B., Vásquez A.E., (2001)**. Carbohydr. Polym.46, 81p.

D

- **Dai, J., Russell, J., (2010)**.Plant phenolic: Extraction, analysis and their Antioxidant and Anticancer Properties.Molecules, 15, 7313 _7352

- **Darcy-Vrillon B., (1993)**.Nutritional aspects of the developing use of marine macroalgae for the human food industry.Int J Food Sci Nutr 44 (1 p. 1/4), S23-535.

- **De Franco, P.O., (2009)**. Étude des glutathion S-transférases chez les algues brunes Laminaria digitata et Ectocarpus siliculosus. Génomique, Transcriptomique et Proteomique [q-bio.GN], Rennes 1. Français.

- **Dinabandhu S., Seckbach J., (2015)**. The Algae World .Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology: 26, p 3-581.

F

- **Fleurance F., Kaas R., (1999)** .les algues marines : une source méconnue de protéines végétales. Equinoxe 56: 12-7.

- **Flukes., Emma B., Jeffrey T., Wright., Craig R., Johnson., (2015)** Phenotypic plasticity and biogeographic variation in physiology of habitat-forming seaweed: response to temperature and nitrate. Volume51, Pages 896-909

- **Fischl R., Bertelsen K., Gaillard F., Coelho S., Michel G., Klinger M., Boyen C., Czizek M., and Hervé C., (2016)**. "The Cell Wall Active Mannuronan CS-Epimerases in the Model Brown Alga Retocarpus From Gene Context to Recombinant Protein

-**Fisher, L. J. ; Lessard, J. R., (1987)**. Intake and digestibility of corn, rye and sorghum-sudan grass silages by lactating cows. Can. J. Anim. Sci., 67 (4): 1027-1032

-**Fischer W., Bauchot M-L., Schneider M., (1987)**, FICHES FAO D'IDENTIFICATION DES ESPECES POUR LES BESOINS DE LA PECHE (REVISION 1). MEDITERRANEE ET MER NOIRE, ZONE DE PECHE 37. VOLUME 1. VEGETAUX ET INVERTEBRES , CEE, FAO, ed. FAO, Rome, 760p.

G

- **Garon-Lardière S., (2004).** Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonne maisoniales). Thèse de doctorat en chimie. Fac. SCI. Université de Bretagne occidentale, France. 332p.
- **Guillaume P., (2010).** Caractérisation biochimique d'exo polymères d'origine algale du bassin de Marennes- Oléron et étude des propriétés physico-chimiques de surface de micro-organismes impliquées dans leur adhésion. Sciences agricoles. Université de La Rochelle, France. NNT: 2010LAROS314.
- **Gross H.I., Goeger D.E., Hiils P., Mooberry S.L., Ballantine D.L., Murray T.F., Valeriote F.A., et Gerwick W.H., (2006).**Lophocladines, bioactive alcaloïdes from the red Alga *Lophocladia* sp. *Journal of Natural Products*, 69 (4), 640-644.

H

- **Hwang E.S., Do Thi N., (2014).**Effects of Extraction and Processing Methods on Antioxidant Compound Contents and Radical Scavenging Activities of Laver (*Porphyra tenera*). *Preventive Nutrition and Food Science*, 19(1): 40-48.
- **Harper M.K., Bugni T.S., Copp B.R., James R.D., Lindsay B.S., Richardson A.D., Schnabel P.C., Tasdemir D., Vanwagoner R.M., Verbiteskis M., Ireland C.M., (2001).**Introduction to the chemical ecology of marine natural products. In: Mcclintock, J.B.et Baker, B.J.*Marine Chemical Ecology*, 1st Ed, and CRC Marine Science.

I

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

K

- Kraan , Stefan., (2012)** " Algal Polysaccharides , Novel Applications and Outlook . " Chap . 22 in *Carbohydrates - comprehensive studies on glycobiology and glycotecnology* . LaHaye , Marc . " Chemistry and physico - chemistry of phyccocolloids.
- **Kinghorn A.D., Falk H., Gibbons S., Kobayashi J., (2016).**Progress in the chemistry of organic natural products, 102, Switzerland, Springer.
- **Küpper F.C., Kloares B., Guern J., & Potin P., (2001).** Oligogaluronates elicit an oxidative burst in the brown algal kelp *Laminaria*.

Ksouri Riadh Hanen Falleh Wided Megdiche Najla 2014 Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L. and related polyphenolic constituents August 2009. *Food and Chemical Toxicology* . 47 (8) : 2083-2091

L

- Lamare Véronique, Verlaque Marc in : DORIS., (2021) : *Dictyota spiralis* Montagne, <https://doris.ffesmm.fr/ref/specie/1282>
- Lamare -Véronique, Wacquant-Claude, Verlaque -Marc in: DORIS .,(2021) : *Dictyopterispolypodioides* (A.P.De :Candolle)J.V.Lamouroux, <https://doris.ffesmm.fr/ref/specie/1281>
- Lamouroux J.V.F. (1809). Observations sur la physiologie des algues marines, et description de cinq nouveaux genres de cette famille.
- Laplace-Treyture C., Peltre M.C., Lambert E., Rodriguez S., Vergeon J.P., Chouvin C., (2014). Guide pratique de détermination des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes. Les éditions d'irstea, Bordeaux. Cesta, 204p.
- Leclec V., Floc'h J.Y., (2010). Les secrets des algues, lère Edition.Quae, 13p.
- Lobban C., Harrisson P., (1994).Seaweed ecology and Physiology.Cambridge University Press.
- Li Y.X., Wijesekara I., Li Y., Kim S.K., (2011).Phlorotannins as bioactive agents from brown algae. Process Biochem 46(12):2219–2224.
- Luther, R. G., Matatko, J., & Corner, D. C. (1992). The Investment Performance of UK “Ethical” Unit Trusts. *Accounting, Auditing and Accountability Journal*, 5, 57-70.

M

- Masuma M Hakim., Illa C Patel., (2020).A review on phytoconstituents of marine brown algae.future journal of pharmaceutical sciences
- Marfaing M., Lerat Y., (2007).les algues ont-elles une place en nutrition.
- Maataoui B.S., Hmeyene A., Hilali S., (2006). Activités anti-radicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*), Lebanese Science Journal, (1), 3-8
- Michel T., Destandau E., Le Floch G., Lucchesi M.E., Elfakira C., (2012).Antimicrobial,antioxidant and phytochemical investigations of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.)Leaf, stem, root and seed. Food Chemistry, 131(3), 754-760.

N

- Nathalie S., (2004).Etude de l'influence de la période de récolte de l'algue brune *Laminaria Longicuris* sur sa composition en polysaccharides bioactifs.

O

- **Okuzumi J., Takahashi T., Yamane T., (1993).**Inhibitory effects of fucoxanthin, a natural carotenoid, on N-ethyl-N'-nitro-N-nitroso- guanidine-induced mouse duodenal carcinogenesis. *Cancer Lett* 68: 159-68.

P

- **Papageorgiou S.K., Kouvelos E.P., Favvas E.P., Sapolidis A.A., Romanos Katsaros F.K., (2010).** *Carbohydr. Res.* 345, 469.

- **Pettignano A., (2016).**Alginate a versatile biopolymer for functional advanced materials.

- **Perret-Boudouresque C.F., Meinesz A., Verlaque M., (1992).** Guide des algues des mers d'Europe. Ed. Delacaux et Niestlé. France. 23p.

-**Pérez-Martínez, C., Cruz-Pizarro, L. and Sánchez-Castillo, P. (1992) Auxosporulation in Cyclotella ocellata (Bacillariophyceae) under natural and experimental conditions Journal of Phycology 28(5): 608-615.**

- **Pérez R., (1997).** Ces algues qui nous entourent. Ifremer. 272pp.

- **Pillard S., (2016).** Mise au point sur les algues vertes risque environnementaux et valorisation. Thèse de Doctorat. Université de Picardie Jules Verne.

- **Ponce N.M.A., Pujol C.A., Damonte E.B., Flores M.L., Stortz C.A., (2003).** Fucoïdanes from the brown seaweed *Adenocystis utricularis*: extraction methods, antiviral activity and structural studies. *Carbohydrate Research*, 338 (2), 153-165.

R

- **Radmer R.J., Parker B.C., (1994).** Commercial application of algae: opportunities and constraints. *J. Phycol.* 6 : 93-98.

- **Ramade A., (2009).** *Eléments d'écologie appliquée.* Dunod, 4ème Edition Paris, France.689p.

- **Ribéreau-Gayon J., Peynaud E., (1968).** Les composés phénoliques des végétaux, *Traité d'oenologie.* Edition Dunod, Paris.

- **Roland J.C., Boureau F., (1999).** *Atlas biologie végétale : organisation des plantes sans fleurs, algues et champignons,* 7ème édition Dunod.Paris.139 p.

S

- **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

- **Shi Q., WANG A., LU Z., QIN C., HU J., YIN J., (2017).** Aperçu des activités et mécanismes antiviraux des polysaccharides marins issus des algues. *Recherche sur les glucides*, 453-454, 1-9.

Stegenga, H., BOLTON, J.J. & ANDERSON, R.J. (1997). Seaweeds of the South African West Coast. Contributions from the Bolus Herbarium, No. 18.

- **Szekalska M., Pucilowska A., Szymańska E., Ciosek P., Winnicka K. (2016).** Alginate: Current Use and Future Perspectives in Pharmaceutical and Biomedical Applications. Int. J. Polym. Sci. 2016, 1–17.

T

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

- **Thomas N.V., Kim S.K., (2011).** Potential pharmacological applications of polyphenolic derivative from marine brown algae. 32:325–335.

- **Trabelsi N, Megdiche W, Ksouri R, Falleh H, Oueslati S, Bourgou S, Hajlaoui H, Abdely C (2010)** Solvent effects on phenolic contents and biological activities of the halophyte *Limoniastrum monopetalum* leaves. Food Sci Tech 43: 632-639

V

- **Vairappan C.S., Daitoh M., Suzuki M., Abe T., Masuda M., (2001).** Antibacterial halogenated metabolites from the Malaysian *Laurencia* species. Phytochemistry, 58(2), 291-297.

- **Venkatesan R, Sah-Teli SK, Awoniyi LO, Jiang G, Prus P, Kastaniotis AJ, Hiltunen JK, Wierenga RK, Chen Z. (2014),** Journal Article | Research Support, Non-U.S.. Annotations de maladies 2 entrées pour 1 gène, Insights into mitochondrial fatty acid synthesis from the structure of heterotetrameric 3-ketoacyl-ACP reductase/3R-hydroxyacyl-CoA dehydrogenase. Nat Commun 5:4805

W

- **Wattiaux D.(1994),** prediction of the electronic equipment during a pyrotechnic shock. in first international symposium on environmental testing engineering, 23: 541-545.

- **Watanabe F., Takenaka S., Kastura H., (1999).** Dried green and purple lavers (*Nori*) contain substantial amounts of biologically active vitamin B12 but less of dietary iodine relative to other edible seaweeds. J Agric food chem 47: 2341-3.

Y

- **Yan X., Chuda Y., Suzuki M., (1999).** Fucoxanthin as the major antioxidant in *Hijikia fusiformis*, common edible seaweed. Biotechnol Biochem 63: 605-7.

- **Yao H.W., Li J., Chen J.Q., Xu S.Y., (2004).** Inhibitory effect of leflunomide on hepatic fibrosis induced by CC14 in rats. Acta Pharmacologica Sinica, 25(7), 915-920.

Z

- **Zellal A., (2012).** La croissance et le développement d'une Rhodophyte agarophyte *Geldium sesquipedale* de la côte rocheuse de Mostaganem : étude préliminaire. Mémoire de magistère en biotechnologie, Université d'Oran Algérie.

Sites Internet :

- Site de M.D. Guiry (michael.quiry@algaebase.org).
- Doris Fischer , (1987). MEDITERRANEE ET MER NOIRE FICHES FAO D'IDENTIFICATION DES ESPÈCES POUR LES BESOINS DE LA PÊCHE.
- **(Doris)** Doris ,Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques, <https://doris.ffesm.fr/>



Annexes

Annexe 1 : Matériel utilisé



Figure 1 : Le matériels

A : Balance (AXIS) .

B : Etuve

C : Centrifugeuses (K3Series).

D : Rotavap (Heidolph).

E : Lyophilisateur (CHAIST)

Annexe 2 : Les alginate

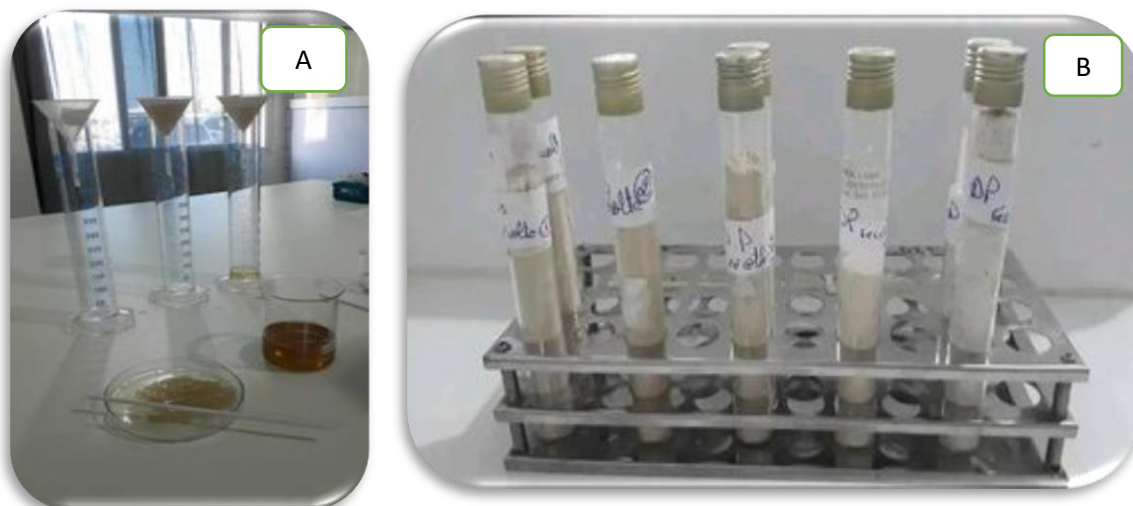


Figure 2 : Les alginates

A : Récupération les alginates par l'éthanol

B : Poudre d'alginate

Annex 4 : Activité antiradicalaire

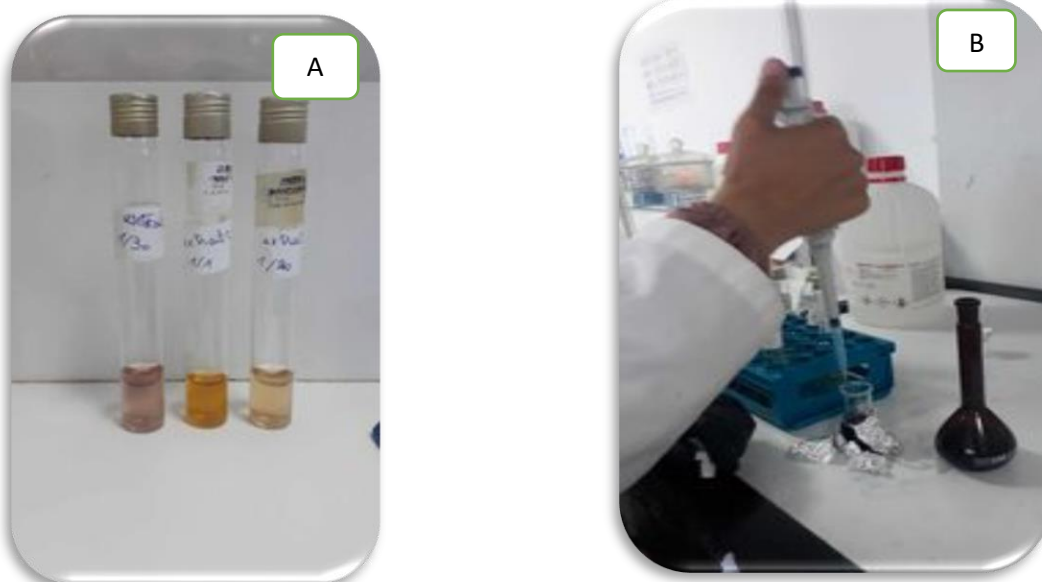


Figure 3 : Activité antioxydant (A : Activité antiradicalaire de DP , B : teste DPPH)

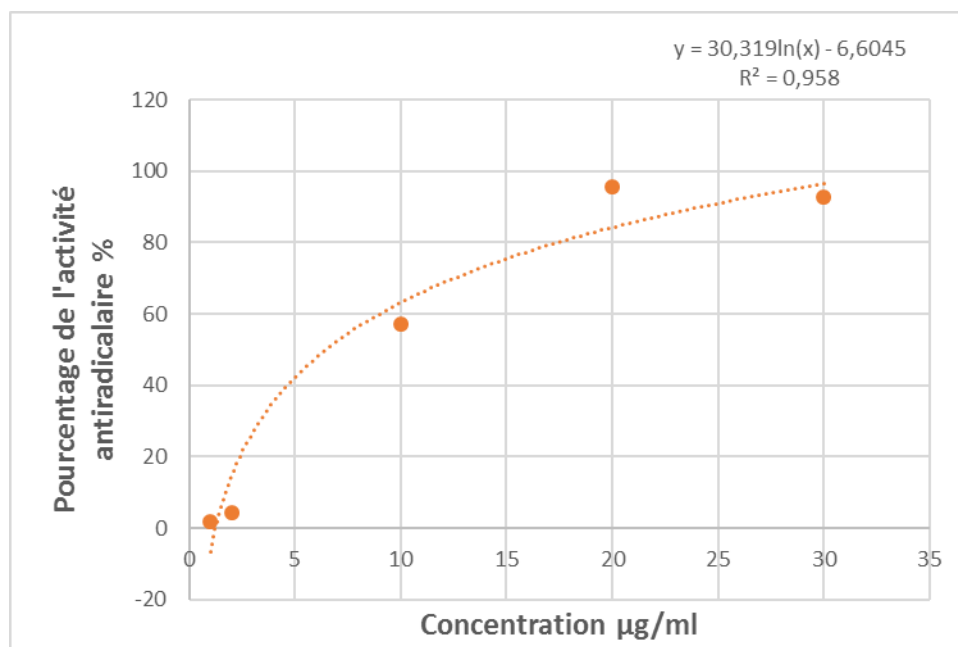


Figure 4 : Représenté le pourcentage de l'activité antiradicalaire de l'acide ascorbique