

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Projet de fin d'études
En vue de l'obtention du Diplôme d'ingénieur
En sciences de la mer
Option : Biotechnologie Marine

Formulation d'un complément alimentaire à base d'algue marine

Réalisé par : DJAFAR Djouhaina

Soutenu le 3 juillet 2025, devant le jury

Mme AMAR I.	Présidente	MAA	ENSSMAL
Mme OUAFI L.	Examinatrice	MCA	ENSSMAL
Mme CHAOU N.	Promotrice	MAA	ENSSMAL

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Je remercie tout d'abord Mme CHAOU Nadia pour son encadrement bienveillant, sa disponibilité tout au long de ce projet. Son expertise et ses orientations ont grandement enrichi ce travail.

Je remercie également l'ingénieur du laboratoire LBCM2 pour son accueil, son aide technique et son soutien constant pendant la phase expérimentale.

Mes remerciements vont aussi à mes enseignants Mme Akrour Aissou Cherifa, Mme Ghazi Malika et Mme Kaidi Nawel pour leurs accompagnements.

Avant toute chose, je tiens à remercier du fond du cœur **ma mère Rachida**, pour son amour inconditionnel, ses prières silencieuses, son soutien constant et sa patience inépuisable tout au long de ma vie.

Ma plus profonde gratitude va également à **Brahim** mon père qui a su être à la fois un repère, un pilier et une figure paternelle bienveillante. Son appui moral et sa présence rassurante ont été essentiels à chaque étape de ce travail.

Je n'oublie pas **mes grands-parents, Mouhamed et Roguia**, qui ont toujours cru en moi et m'ont transmis les valeurs de persévérance, d'honnêteté et de respect.

Un merci très spécial à **Zako**, mon fiancé, pour son encouragement quotidien, sa compréhension et sa motivation indéfectible qui m'ont portée même dans les moments de doute.

Je souhaite également exprimer ma reconnaissance à **mes amies proches, Djihan et Djihan**, Bouchra, Mira, Raouf, ma belle-soeur Khadidja pour leur amitié sincère, leur écoute et leur énergie positive.

Mention particulière à **Djihan**, dont la vision philosophique m'a souvent permis de prendre du recul et de garder confiance en moi.

À tous, merci du fond du cœur.

Sommaire

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction.....	1
PREMIER CHAPITRE	3
Généralités	3
I. Généralités sur les algues.....	4
I.1. Définition des algues.....	4
I.2. Caractéristiques des algues.....	4
I.3. Classification des algues.....	4
I.4. Types des algues.....	5
I.4.1. Microalgue	6
I.4.2. Macro-algue	6
I.5. Composition chimique	6
I.5.1. Polysaccharides.....	6
I.5.2. Protéines et acides aminés	6
I.5.3. Lipides et acides gras	6
I.5.4. Vitamines et minéraux	6
I.5.5. Pigments et composés bioactifs	7
I.5.6. Les Polyphénols	7
II. Généralités sur la biotechnologie.....	10
II.1. Définition de la biotechnologie.....	10
II.1.1. Biotechnologie bleue	10
II.2. Stress oxydatif et activité antioxydante	11
II.2.1. Stress oxydatif	11
II.3. Antioxydant	12
II.3.1. Système antioxydant	13
III. Généralités sur les compléments alimentaires.....	14
III.1 Définition d'un complément alimentaire	14
III.2. Types de complément alimentaire	15
III.2.1. Macronutriments.....	15

III.3. Forme galénique d'un complément alimentaire.....	18
III.3.1 Forme solide.....	18
III.3.2 Forme poudre	18
III.3.3 Forme liquide.....	19
III.4. Législation d'un complément alimentaire.....	20
III.4.1. Recherche et développement	20
III.4.2. Commercialisation	21
DEUXIEME CHAPITRE :	1
Matériel et méthodes	1
I. Matériel végétal	23
I.1. La récolte de l'algue	23
I.2. Identification de l'espèce récoltée	23
I.3. Préparation de l'échantillon	24
II. Méthodes	26
II.1. Extraction des polyphénols	26
II.1.1. Extraction par décoction	26
II.1.2. Extraction par macération.....	27
III. Dosage des composés phénoliques totaux	29
III.1. Principe	29
III.2. Préparation de la courbe d'étalonnage	29
III.3. Méthode.....	31
III.3.1. Mode opératoire du dosage des CPT	31
IV. Test de l'activité antioxydante (DPPH)	32
IV.1. Principe.....	32
IV.2. Mode opératoire.....	32
Formulation du complément alimentaire	34
I. Processus de synergie	35
I.1. Etapes du processus.....	35
Étape 1 : Conception et Formulation	35
Étape 2 : Stabilisation de la matière première	36
Étape 3 : Mélange et homogénéisation.....	36
Étape 4 : Fabrication du produit fini	36

Étape 5 : Contrôle qualité	36
Étape 6 : Emballage et stockage	37
TROISIEME CHAPITRE :	1
Résultats et discussion	1
I. Identification de l'algue récoltée	39
I.1 Systématique	39
II. Détermination des taux des CPT	40
II.1. La courbe d'étalonnage d'AG	40
II.2. Rendement en composés phénolique totaux	41
II.2.1. Calcul	41
II.2.2. Interprétation	42
II.3. Teneur en composés phénolique totaux	43
II.3.1. Calcul	43
II.3.2. Interprétation	43
III. L'activité antioxydante	44
III.1. Calcul	44
III.2. Interprétation	45
IV. Formulation d'un complément alimentaire	45
IV.1. Synergie d'un antioxydant avec la vitamine E	45
IV.2. Résultat de la synergie polyphénols et vitamine E	46
CONCLUSION	1
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	1

Liste des tableaux :

- **Tableau 1** : Tableau récapitulatif des 4 phylums d'algues marines.
- **Tableau 2** : Principaux acides hydroxy-cinnamiques (**SARNI-MANCHADO et CHEYNIER, 2006**).
- **Tableau 3** : Principaux acides hydroxy-benzoïques (**SARNI-MANCHADO et CHEYNIER, 2006**).
- **Tableau 4** : Affections majeures associées au stress oxydatif (**FAVIER, 2003**).
- **Tableau 5** : Les apports journaliers recommandés pour les micronutriments (Vitamine) en Algérie (**FAO/OMS, 2004**).
- **Tableau 6** : Les apports journaliers recommandés pour les micronutriments (Minéraux) en Algérie (**FAO/OMS, 2004**).
- **Tableau 7** : Formulation indicative d'un complément alimentaire antioxydant à base d'extrait CPT (**BOUZENNA et al., 2021**).

Liste des figures :

- **Figure 1** : Classification simplifiés des composés phénoliques.
- **Figure 2** : Structure du phénol.
- **Figure 3** : Structure de la forme coumarines.
- **Figure 4** : Structure des flavonoïdes (**WANG et al, 2018**).
- **Figure 5** : Structure des tannins (**KRAUSE et al, 2005**).
- **Figure 6** : Forme galénique solide d'un CA.
- **Figure 7** : Forme de STICK en poudre d'un CA (PILEJE, 2025).
- **Figure 8** : Forme galénique liquide d'un CA.
- **Figure 9** : Localisation du site de récolte d'anse de kouali.
- **Figure 11**: Lavage de *Cystoseira compressa*.
- **Figure 12**: Séchage de *Cystoseira compressa*.
- **Figure 13**: Broyage de *Cystoseira compressa*.
- **Figure 14**: Tamisage de *Cystoseira compressa*.
- **Figure 15** : Poudre de l'algue *Cystoseira compressa*.
- **Figure 17** : Schéma récapitulatif de la méthode d'extraction par décoction.
- **Figure 18** : Schéma explicatif de la méthode d'extraction par macération.
- **Figure 19** : Préparation de la solution initiale d'AG.
- **Figure 20** : Préparation des dilutions d'AG.
- **Figure 21** : Préparation de la gamme standard.
- **Figure 22** : Colorimétrie du folin.
- **Figure 23** : Dosage des CPT.
- **Figure 24** : Préparation de la solution de DPPH.

- **Figure 25** : Préparation de l'échantillon.
- **Figure 26** : Schéma explicatif du mode opératoire du test DPPH.
- **Figure 27** : Aspect morphologique de *Cystoseira compressa*.
- **Figure 28** : La courbe d'étalonnage d'AG (dosage des CPT).
- **Figure 29** : Pourcentage du rendement d'extraction des CPT par méthode.

Liste des abréviations :

MO : matière organique

Autotrophe : des organismes qui se produisent de la MO lui-même.

Endophyte : des fungi ou des bactéries vivant entre les cellules des algues.

Chl : Chlorophylle.

Espèce benthique : se fixent en roches ou un substrat dur.

Espèce nectoniques : se déplacent à cause du courant d'eau.

AGPI : Acide gras polyinsaturé a plusieurs doubles liaisons dans leur chaîne carbonée.

Bio-assimilable : étape clé de la biodégradation par des micro-organismes à 100%.

Vitamine liposoluble : soluble dans les graisses, stockées dans le corps.

Vitamine hydrosoluble : soluble dans l'eau, éliminée avec l'urine.

ERO : espèce réactive de l'oxygène (radicaux libres).

Molécules pro-oxydantes : molécule produisant les radicaux libres.

Métalloenzymes : enzymes utilisant des métaux comme cofacteurs.

CA : complément alimentaire

Glycogène : forme de stockage du glucose chez l'être humaine.

µg : Microgramme.

Mg : milligramme.

AG : acide gallique.

CPT : composés phénoliques totaux.

AJR : Apport journalier recommandé.

MET : méthanol.

Éch : échantillon.

Photophile : une espèce qui requiert une forte intensité lumineuse pour se développer de manière optimale.

Pourcentage d'inhibition : un indicateur quantitatif qui permet d'évaluer la capacité d'un extrait ou d'un composé à neutraliser un radical libre dans un test antioxydant.

Résumé

Ce travail a pour but la valorisation des extraits phénoliques de l'algue brune *Cystoseira compressa*. Ces composés phénoliques totaux ainsi que les flavonoïdes extraits vont être utilisés pour la formulation d'un complément alimentaire multivitaminé. Le complément alimentaire ainsi formé pour assurer la protection des cellules contre le stress oxydatif et le vieillissement cutané. L'extraction de ces composés a été réalisée par deux techniques traditionnelles : la décoction et la macération, afin d'évaluer la technique donnant le meilleur rendement. L'incorporation par la suite doit être stable et fonctionnelle mettant en évidence l'apport significatif de ces polyphénols en tant qu'agent antioxydant renforçant la qualité nutritionnelle du produit final.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى تجميع المستخلصات الفينولية للطحلب البني إذ سيتم استخدام المركبات الفينولية الكلية وكذلك الفلافونويدات المستخلصة في صياغة مكمل غذائي متعدد الفيتامينات. يُوجّه هذا المكمل الغذائي إلى الأشخاص المسنين، من أجل حماية الخلايا من الإجهاد التأكسدي وتأخير شيخوخة الجلد. تم استخلاص هذه المركبات باستخدام تقنيتين تقليديتين: النقع والغليان، وذلك بهدف تقييم الطريقة التي توفر أفضل مردودية. كما يجب أن تكون عملية الإدماج مستقرة وفعالة، مبرزة الدور الفعال لهذه البوليفينولات كمضادات أكسدة تُعزّز القيمة الغذائية للمنتج النهائي.

Abstract

This work aims to valorize the phenolic extracts of the brown alga *Cystoseira compressa*. The total phenolic compounds, along with the extracted flavonoids, will be used in the formulation of a multivitamin dietary supplement. The resulting supplement is intended for elderly individuals to promote cellular protection against oxidative stress and skin aging.

The extraction of these compounds was carried out using two traditional techniques—decoction and maceration—in order to evaluate which method offers the highest extraction efficiency. The incorporation of these extracts must be both stable and functional, emphasizing the significant contribution of polyphenols as antioxidant agents that enhance the nutritional quality of the final product.

INTRODUCTION

Introduction

La biotechnologie marine est un vaste domaine et il est établi que les algues et les espèces marines constituent une importante bioressources du fait de l'existence des différents composés minéraux, acides aminés dérivés, polysaccharides, acides gras (**Kornprobst, 2005**), et aussi d'autres différents métabolites secondaires comme les polyphénols (**King & Young, 1999**), qui rendent leur utilisation importante dans plusieurs domaines : alimentaire, agricole, pharmaceutique et cosmétique.

Parmi ces derniers, les composés phénoliques, produits notamment par les algues brunes, suscitent un intérêt particulier pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et protectrices contre diverses pathologies. (**King & Young, 1999 ; Rice-Evans et al., 1996 ; Fujiki et al., 1998**) Les composés phénoliques sont considérés comme des molécules curatives contre de nombreuses maladies et sont aussi des molécules anti-radicalaires dont leur activité antioxydante justifie aujourd'hui l'essor de leur utilisation et la recherche de nouvelles sources d'antioxydants naturels et efficaces, moins coûteux et disponibles.

Dans ce contexte, le secteur algal continue de croître de manière soutenue. Selon le dernier rapport de la FAO, la production mondiale d'algues (incluant macro- et micro-algues) a atteint **37,8 millions de tonnes en 2022**, soit une progression, comparée aux 34,6 millions de tonnes enregistrées en 2020.

Cette production figure pour la première fois dans l'ensemble des systèmes aquatiques mondiaux, totalisant 223,2 millions de tonnes de toutes filières confondues en 2022.

Cystoseira compressa est une macro-algue brune abondante sur les côtes méditerranéennes (**Sales et al., 2012**). Elle est connue pour sa teneur en composés phénoliques et en flavonoïdes, en faisant une candidate prometteuse pour la formulation de compléments alimentaires naturels qui exercent une activité antioxydante synergique, renforçant ainsi la protection cellulaire contre le stress oxydatif, la protection des cellules et à l'amélioration de la santé oculaire.

Ce mémoire s'articule autour de trois chapitres principaux :

- **Chapitre I :** dresse une synthèse bibliographique sur les macro-algues, en mettant en avant leurs applications en biotechnologie et quelque définition sur les compléments alimentaires.
- **Chapitre II :** détaille les différentes techniques d'extraction et de caractérisation des composés phénoliques et flavonoïdes et les étapes essentielles de la réalisation d'un complément alimentaire.
- **Chapitre III :** présente les résultats expérimentaux des différentes méthodes, suivis de la formulation d'un complément alimentaire à base d'extrait algal, accompagnée de son évaluation.

PREMIER CHAPITRE :

Généralités

I. Généralités sur les algues

I.1. Définition des algues

Les algues furent les premiers êtres vivants sur terre via les cyanobactéries qui sont la base de la chaîne alimentaire aquatique.

Ce sont des organismes aquatiques chlorophylliens photosynthétiques autotrophes ayant la particularité de synthétiser leur propre matière organique dont l'appareil végétatif primitif possède que le thalle sans tige, sans racine et sans feuille contrairement à d'autres végétaux terrestres. **(BARSANTI et GUALTIERI, 2010).**

Elles se développent dans des conditions optimales de nutriments et de sels dissous, de la lumière, de l'air et de la température dans tout type d'eau soit salée, saumâtre ou d'eau douce comme les eaux de mer, les lacs, les rivières, les eaux courantes et les eaux thermales. Elles peuvent être endophytes de tissu animal ou végétal **(BECKER, 1984).**

I.2. Caractéristiques des algues

Dans la nature, on trouve quatre grands phylums ou d'embranchements d'algues, constituant en réalité un vaste ensemble hétérogène **(FELDMANN, 1963)**. D'après les caractères d'ordre cytologique et biochimique :

- Paroi cellulaire ;
- Type de structures péri-cellulaires ;
- L'appareil flagellaire ;
- Pigments ;
- Réserve carbonée ;
- Taille et structure ;
- Forme des crêtes mitochondriales ;
- Cycles et organes de reproduction.

I.3. Classification des algues

Chez les algues, on distingue des espèces eucaryotes unicellulaires et pluricellulaires comme les algues rouges, brunes ou vertes, et des espèces procaryotes ou des bactéries qui sont les algues bleues ou les cyanobactéries. Ces dernières sont la première forme d'apparition des végétaux sur terre. Avec le temps, ces organismes pour résister au changement des conditions de leur environnement, leur appareil végétatif s'est développé pour s'adapter et donner des milliers d'espèces marine et terrestre connu actuellement.

Les algues sont subdivisées en quatre grands phylums et chaque phylum contient des classes et chaque classe contient différentes espèces (**GARON-LARDIERE, 2004**).

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des 4 phylums d'algues marines.

Embranchement	Nom Commun	Pigment	Habitat
Chlorophycées	Algues vertes	Chl a Chl b Xanthophylle Caroténoïde	Eau douce Eau saumâtre Eau salée Eau terrestre
Rhodophycées	Algues rouges	Chl a Xanthophylle Caroténoïde Phycocyanine	Eau douce Eau saumâtre Eau salée
Phéophycées	Algues brunes	Chl a Chl b Xanthophylle Caroténoïde	Eau saumâtre Eau salée
Cyanophycées	Algues bleues	Chl a Allo phycocyanine	Eau douce Eau Saumâtre Eau salée

La classification des algues se repose sur plusieurs critères, mais la coloration est le plus important et le plus facile à déterminer :

- Chlorophylles a et b chez les chlorophycées.
- Caroténoïde chez les rhodophycées.
- Xanthophylle chez les phéophycées.
- Phycocyanine chez les cyanobactéries ou cyanophycées.

I.4. Types des algues

Certaines algues sont microscopiques et d'autres mesurent plusieurs mètres de longueur mais elles ont toutes quelques caractères communs (RAMADE, 2009). De ce fait, on peut les diviser en 2 types selon leur taille :

I.4.1. Microalgue : ou phytoplancton, leur taille est de l'ordre des microns invisible à l'œil nu (DIADIE, 2009) unicellulaire de forme ellipsoïde ou ronde (BEN et al., 2015). Ils sont subdivisés en zooplanctons (espèces animales) et phytoplanctons (espèces végétales), ils peuvent être benthiques ou nectoniques.

I.4.2. Macro-algue : sont des espèces de grande taille, dont on peut voir clairement l'appareil végétatif à l'œil nu et la partie foliacée appelée fronde. Elles peuvent être sous forme de filament, cordons ou lanières (ZEHLILA, 2017).

I.5. Composition chimique

La composition biochimique des algues marines varie en fonction des espèces et diffère selon les saisons pour une espèce donnée (MORGAN et al., 1980 ; DENIS et al., 2010).

I.5.1. Polysaccharides

Ayant un comportement de fibres alimentaires (LAHAYE, 1991). Constituent une source importante en taux variant avec les facteurs environnementaux (salinité, lumière) et l'étape de croissance de 10% à 60% représentée généralement sous forme d'alginate, fucanes et laminarines chez les algues brunes, carraghénanes, floridoside chez les algues rouges et d'amidon chez les algues vertes (ZITOUNI, 2015).

I.5.2. Protéines et acides aminés

La plus riche en protéine est la spiruline qui contient jusqu'à 60% de son poids sec. La teneur est variable comme la phycocyanine chez les algues bleues et la phycoérythrine chez les algues rouges et la présence des acides aminés essentiels comme la lysine et la phénylalanine.

Elle possède des propriétés antioxydantes utilisées dans le traitement des maladies liées au stress oxydatif (GONZALEZ et al., 1999).

I.5.3. Lipides et acides gras

La teneur en lipides chez tout type d'algue est très faible, en revanche elles sont riches en AGPI essentiels pour le corps humain qui sont la base des lipides regroupés en deux familles les oméga-3 et les oméga-6 (GUILLAUME, 2010).

I.5.4. Vitamines et minéraux

La composition en vitamines est très intéressante chez toutes les algues :

- La vitamine E : liposoluble.
- Vitamine B12 et C : Hydrosoluble.

Les algues captent des minéraux rares de l'eau de mer, et les rendent bio-assimilables tels que Ca, S, Mg, Cl, Ph (macro-éléments) et I, Fe, Cu, Se (oligo-éléments).

I.5.5. Pigments et composés bioactifs

Les pigments sont les molécules essentielles de la photosynthèse pour les algues, on trouve :

- Chlorophylles (algues vertes) : Contribuent à la photosynthèse.
- Caroténoïdes (algues rouges et brunes) : Contribuent à l'activité antioxydante.
- Phlorotannins (algues brunes) : Polyphénols antioxydants et antimicrobiens.

I.5.6. Les Polyphénols

Les polyphénols chez les algues brunes sont principalement des phlorotannins, Des composés phytochimiques possédant au minimum un groupe carboxyle et un groupe hydroxyle (CHANFORAN, 2010). Des composés uniques aux Phaeophycées (algues brunes) et ils montrent une activité antioxydante, anti-inflammatoire et antimicrobienne dans les tests in vitro et in vivo (SHIBATA et al., 2008).

Ils interviennent dans les interactions des algues avec leur environnement par l'adaptation au stress abiotique, entre eux et avec les organismes pathogènes et au cas de symbiose à d'autre parasite. Plusieurs études expérimentales ont confirmé le rôle de ces particules dans la prévention des maladies cardiovasculaires, cancers, diabète (KEERTHI et al., 2014).

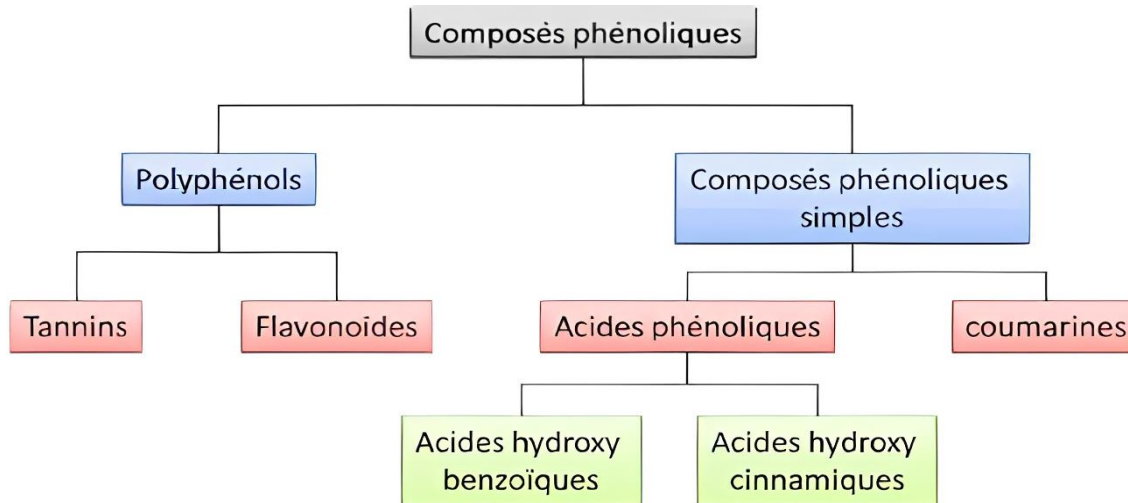


Figure 1 : Classification simplifiés des composés phénoliques.

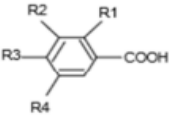
➤ **Les composées phénoliques simple**

On les trouve principalement sous la forme d'acides hydroxybenzoïques et d'acides hydroxycinnamiques, qui peuvent être présents soit en tant que formes libres, soit conjuguées. (MARTINS et al., 2011 ; GARRIDO, 2013).

Tableau 2 : Principaux acides hydroxycinnamiques (SARNI-MANCHADO et CHEYNIER, 2006).

Structure	R1	R2	R3	Acides phénoliques
	H	H	H	Acide cinnamique
	H	OH	H	Acide p coumarique
	OH	OH	H	Acide caféique
	OCH3	OH	H	Acide férulique
	OCH3	OH	OCH3	Acide sinapique

Tableau 3 : Principaux acides hydroxybenzoïques (SARNI-MANCHADO et CHEYNIER, 2006).

Structure	R1	R2	R3	R4	Acides phénoliques
	H	H	H	H	Acide benzoïque
	H	H	OH	H	Acide p hydroxy benzoïque
	H	OH	OH	H	Acide protocatechique
	H	OCH3	OH	H	Acide vanillique
	H	OH	OH	OH	Acide gallique
	H	OCH3	OH	OCH3	Acide syringique
	OH	H	H	H	Acide salicylique
	OH	H	H	OH	Acide gentisique

Ou bien de **coumarines** sous forme de cristaux blancs ou jaunâtre caractérisées par une saveur amère (BRUNETON, 2009). Lorsque les tissus sont endommagés par la coupe, les glycosidases libèrent la coumarine synthétisée en réponse à des attaques pathogènes.

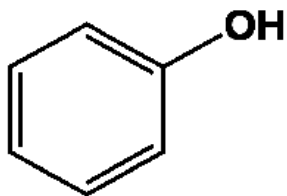


Figure 2 : Structure du phénol.

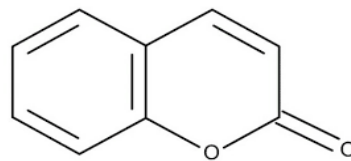


Figure 3 : Structure de la forme coumarine.

Il existe plusieurs groupes hétérogènes **des polyphénols** dans le règne végétal (NKHILI, 2009), ils sont classés par rapport aux molécules selon le nombre et le placement des atomes de carbones :

- **Non-Flavonoïdes** : structure variée comme les iso flavonoïdes, acides phénoliques, stilbènes, lignanes, Tanins hydrolysables, Lignines.
- **Flavonoïdes** : structure de Squelette C6-C3-C6 classé en fonction du niveau d'oxydation et du type de substituants présents sur le cycle C (PIETTA, 2000).

(Flavanols, Flavones, Isoflavones, Flavan-3-ols, Anthocyanidins, Proanthocyanidins).
(MANACH et al., 2004).

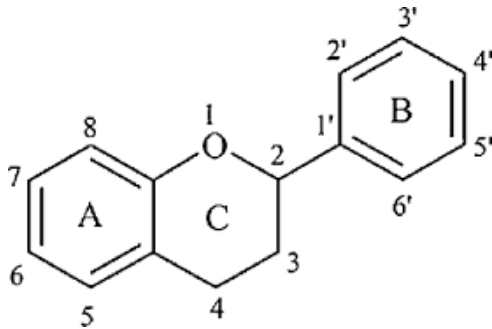


Figure 4 : Structure des flavonoïdes
(WANG et al, 2018).

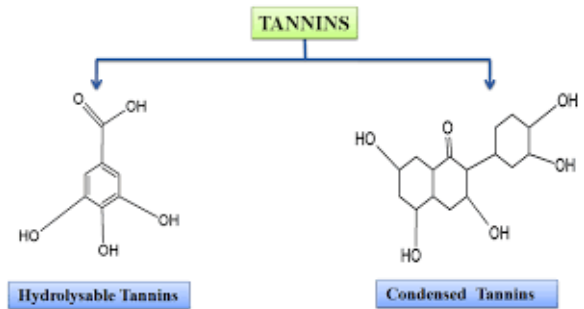


Figure 5 : Structure des tannins
(KRAUSE et al, 2005).

Les Tannins : Il s'agit d'un ensemble de polyphénols de poids moléculaire élevé. Fortement hydroxylées, trouvés dans toutes les parties de la plante : l'écorce, le bois, les feuilles, les fruits et les racines (SCALBERT, 1991).

On distingue deux groupes différents par leur structure :

- **Tannins hydrolysables** : acide gallique ou des dimères de cet acide condensés sur un glycosylé dérivé. Ils s'hydrolysent également sous l'effet de l'eau chaude et de l'action enzymatique. (CONARD et al., 1998).
- **Tannins condensés** : sont des polyphénols de masse molaire élevée. Ils résultent de la polymérisation auto-oxydative ou enzymatique des unités de flavan-3,4-diol.

Les extraits riches en polyphénols sont utilisés dans les produits cosmétiques et pharmaceutiques à cause de leurs propriétés biologiques contre le stress oxydatif et le perfectionnement de la santé oculaire.

II. Généralités sur la biotechnologie

II.1. Définition de la biotechnologie

La biotechnologie est une science qui étudie et applique des techniques, méthodes et technologies innovantes utilisant des éléments issus d'organismes vivants (tels que les cellules, organes ou

l'ADN), dans le but de modifier, d'améliorer ou de créer des produits, des services ou des connaissances. Elle vise à répondre à des enjeux scientifiques, médicaux, agricoles ou industriels, contribuant ainsi au progrès et au bien-être humain.

Il existe plusieurs types de la biotechnologie :

- **La biotechnologie rouge** : domaine médicale et pharmaceutique ;
- **La biotechnologie verte** : domaine alimentaire et agro-alimentaire ;
- **La biotechnologie blanche** : application industrielle ;
- **La biotechnologie jaune** : englobe la protection l'environnement ;
- **La biotechnologie bleue (marine)** : exploitation des bioressources marines.

II.1.1. Biotechnologie bleue

C'est l'exploitation et la valorisation des bioressources marines par des procédés biotechnologiques à des fins industrielles. Les ressources marines représentent une matière première essentielle dans de nombreux secteurs. (CATHERINE et al., 2015) :

- **Santé et pharmacologie** : fabrication de **médicaments** à partir de biomolécules marines tels que certains anticancéreux.
- **Alimentation et nutrition** : fabrication de **compléments alimentaires** et l'incorporation des algues dans certaines préparations culinaires telles que les pâtes.
- **Cométique** : fabrication de **crèmes anti-âge** à base d'algues ou de collagène marin.
- **Bioénergie** : production de **biocarburant** à partir de microalgues.

II.2. Stress oxydatif et activité antioxydante

II.2.1. Stress oxydatif

Est un processus qui suit le vieillissement, avec l'âge, le corps humain va diminuer automatiquement les défenses antioxydantes et augmenter la production mitochondriale du ERO (FAVIER, 2003). Ce stress est provoqué quand les molécules pro-oxydantes produisent un excès de radicaux libres par rapport aux défenses antioxydantes et puis l'apparition d'un déséquilibre ERO/Antioxydant dans l'organisme (MEDA et al., 2013). Ceci engendre différents effets :

maladies cardiovasculaires) stimulent également la production de radicaux libres. Les origines exogènes comme le tabagisme, la pollution, et les rayonnements UV, la diminution des enzymes antioxydantes et aussi l'alimentation moins variée ou la malabsorption ainsi que la diminution de l'activité physique réduit la capacité de régulation du stress oxydatif.

II.3. Effet antioxydant

L'activité antioxydante joue un rôle essentiel dans la protection des cellules contre le stress oxydatif. Elle permet d'inhiber, de neutraliser et de réguler l'excès de radicaux libres et d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) dans l'organisme (LAMINA et al., 2013). Bien que les antioxydants soient naturellement produits par le corps, leur concentration tend à diminuer avec l'âge.

Les systèmes antioxydants varient en fonction des tissus et des types de cellules, ainsi que de leur position dans l'environnement intracellulaire ou extracellulaire. (GOUDABL et al., 1997).

II.3.1. Système antioxydant

II.3.1.1. Système antioxydant endogène

Caractérisé par deux systèmes différents :

➤ **Le système enzymatique**

La superoxyde dismutase



L'activité antioxydante des SOD métalloenzymes n'est pas totale, car bien qu'elles éliminent l'anion superoxyde, elles génèrent du peroxyde d'hydrogène. (BAUDIN, 2006).

Deux autres enzymes, la catalase et la glutathion peroxydase, peuvent à leur tour détruire le peroxyde d'hydrogène qui a été produit. (ZERARGHI, 2015).

• **La catalase**



Produite en abondance dans le corps, accélère la réaction de détoxification du H_2O_2 généralement généré par la SOD. (RATNAM et al., 2006).

• **La glutathion peroxydase**



Le glutathion est utilisé comme un fournisseur de proton (H⁺) et le GSH sera transformé en glutathion oxydé (GSSG). La glutathion réductase (GR) catalyse la régénération du GSH (**SERDAR et al., 2006**). La GPX facilite la réduction de différents types de ROOH ou d'H₂O₂ grâce à l'utilisation du glutathion. (**MATES, 2000**).

➤ Le système non enzymatique

Le glutathion (GSH) combat directement les espèces réactives de l'oxygène ou joue un rôle de cofacteur dans les réactions catalytiques de la glutathion peroxydase. (**BAUDIN, 2006**) De plus, il régénère les antioxydants majeurs comme la vitamine C et la vitamine E. (**HOUEE-LEVIN et al., 2005**).

L'acide urique représente 35 à 60% de la capacité totale antioxydante. (**JOHNSON et al., 2009**). L'interaction de l'acide urique avec ces EOR produit des radicaux moins réactifs comme OH⁻ (**BELKHIRI, 2010**).

La ferritine, qui est une protéine de stockage des métaux de transition, est employée dans le mécanisme de défense antioxydante comme chélateur des métaux de transition libres, les rendant inactifs dans la production des ERO. (**CURTAY et ROBIN, 2000 ; PINCEMAIL et al., 2002**).

II.3.1.2. Système antioxydant exogène :

Ce sont des vitamines C et E, des caroténoïdes et des polyphénols, son rôle majeur est de protéger l'organisme contre le vieillissement, le cancer et les maladies cardiovasculaires.

- **Vitamine E** : Se trouve en abondance dans la nature, entre les acides gras des phospholipides qui composent les membranes et les lipoprotéines. (**BERSET, 2006**)
- **Vitamine C** : régénère la vitamine E et protège les phospholipides de la membrane qui sont endommagés par les peroxydes. (**PISOSCHI et POP, 2015**).
- **Caroténoïde** : de bons capteurs de radicaux hydroxyles OH⁻ et peroxydes RO⁻.
- **Polyphénols** : Peuvent produire un effet antioxydant indirect en défendant les enzymes antioxydantes internes dans l'organisme humain. (**PRADEEP et SREERAMA 2015**).
- **Oligo-éléments** : des cofacteurs enzymatiques Se, Zn, Cu.

III. Généralités sur les compléments alimentaires

III.1 Définition d'un complément alimentaire

Un complément alimentaire, tel que défini par les articles 1 et 2 du premier chapitre du décret n°2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires, est un produit destiné à compléter l'alimentation courante. Il s'agit d'une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique, seuls ou en combinaison, présenté sous forme de doses telles que des gélules, comprimés, pastilles, pilules, sachets de poudre, ampoules, flacons compte-gouttes ou autres formes similaires. Conçu pour être consommé en petites quantités mesurées. (**Décret n° 2006- 352 du 20 mars 2006 modifié relatif aux compléments alimentaires - article 2, directive 2002/46/CE modifiée**) et le **Centre National de Pharmacovigilance et de Matériovigilance (CNPM)**) en Algérie (**l'article 2 du décret n°2006352 du 20 mars 2006**).

Depuis des siècles, l'humain découvre que la mer est une source de traitement des différentes maladies par l'application direct de ses plantes. La mer méditerranéenne est riche en plantes médicinales autorisées contenant des composés bioactifs comme les polyphénols, offrant divers bienfaits thérapeutiques. C'est pourquoi, on peut avec les nouvelles découvertes technologiques les retrouvées utilisées comme un ingrédient actif dans les compléments alimentaires de plusieurs forme galénique liquide, solide ou en poudre.

Ces compléments alimentaires sont utilisés pour compléter la nutrition chez les femmes enceintes et les personnes âgées, le cardiovasculaire pour les sportives, la digestion, la ménopause...etc.

III.2. Types de complément alimentaire

III.2.1. Macronutriments

Ce sont les nutriments de grande taille, formés par la liaison des petites particules dont le corps humain a besoin en grandes quantité par jour (grammes/jours) et par la suite, le métabolisme va réagir avec eux via des réactions chimiques pour assurer le dynamisme et l'activité normal du corps, les structures vitales et fournir de l'énergie.

Les sources d'où le corps puise son énergie :

- **Glucide** : un macronutriment très hétérogène son rôle essentiel est d'apporter l'énergie. Il existe en deux formes dans la nature : les glucides simples sont composés de petites

particules le glucose, fructose ; et les glucides complexes composés de chaînes de sucres (amidon) qui n'ont pas de goût sucré (THEO, 2017 ; CASTELLI, 2020).

- **Lipides** : un macronutriment son rôle majeur est de stocker l'énergie « des substances biologiques, composées de chaînes hydrocarbonées, généralement hydrophobes et dans la plupart des cas solubles dans des solvants organiques » (LERAY, 2008).
- **Protéines** : un macronutriment indispensable au bon fonctionnement de notre corps qui doit accompagner chaque repas et participe aussi dans le renouvellement des tissus vivants de tout le corps. Ils peuvent être soit d'une source animale ou végétale (ANSES, 2013).

III.2.1. Micronutriments

Ce sont des nutriments de petite taille dont le corps a besoin en petite quantité (μg ou mg/jour). Ils jouent le rôle de cofacteur ou de coenzyme et le corps ne peut pas les produire c'est pourquoi pour assurer les bonnes fonctions corporelles, ils sont apportés par l'alimentation en quantité précise.

Ils ont aussi une implication dans la chaîne de transport des électrons, des récepteurs des hormones stéroïdes (BIRD, 2003), ils se subdivisent en :

- **Minéraux et oligo-éléments** : les plus connus pour assurer les fonctions biologiques et la régulation du métabolisme (surtout la croissance des enfants), tels que le calcium, le cuivre, le zinc, le sélénium, le chlore, le potassium, le fer, le magnésium et le sodium (ANSES, 2012).
- **Vitamines** : il y'a celles produites par le corps et d'autre apportées par les aliments ou par les CA. Elles ont des rôles essentiels pour toutes fonctions corporelles quel qu'elle soit et aussi pour la santé oculaire, lutter contre la fatigue des personnes âgées ou les femmes enceintes, la santé des os et apporter de l'énergie. Le manque de vitamine peut provoquer le développement de maladies très sévères. (VALETTE, 2015)

Il y a deux types de vitamines :

Liposolubles : soluble dans les graisses et stockées en suite dans plusieurs organes comme le foie. Elles ont un risque de surdosage et de toxicité (A, D, E, K).

Hydrosoluble : soluble dans l'eau sans aucun risque à cause de leur élimination urinaire (C et le B de tous ses types).

Tableau 5 : les apports journaliers recommandés pour micronutriments (Vitamine) en Algérie (FAO/OMS, 2004).

Micronutriment	Unité	Homme adulte	Femme adulte
Vitamine A	µg ER	750	750
Vitamine D	µg	5 - 10	5 - 10
Vitamine E	mg α-TE	10	8
Vitamine K	µg	70	60
Vitamine C	mg	90	75
Vitamine B1 (Thiamine)	mg	1.2	1.1
Vitamine B2 (Riboflavine)	mg	1.3	1.1
Vitamine B3 (Niacine)	mg NE	16	14
Vitamine B5 (Acide pantothénique)	mg	5	5
Vitamine B6	mg	1.3 - 1.7	1.3 - 1.5
Vitamine B8 (Biotine)	µg	30	30
Vitamine B9 (Folate)	µg	400	400
Vitamine B12	µg	2.4	2.4

Tableau 6 : Les apports journaliers recommandés pour les micronutriments (minéraux) en Algérie (FAO/OMS, 2004).

Micronutriment	Unité	Homme adulte	Femme adulte
Calcium	mg	1000	1000
Magnésium	mg	400	310
Fer	mg	8	18
Zinc	mg	11	8
Iode	µg	150	150
Sélénium	µg	55	55
Cuivre	mg	0.9	0.9
Manganèse	mg	2.3	1.8
Potassium	mg	3500	3500
Chlorure	mg	2300	2300
Phosphore	mg	700	700

III.3. Forme galénique d'un complément alimentaire

La forme galénique est la structure physique d'un CA dont le principe actif (vitamines, minéraux) va se libérer et diffuser dans le corps.

Il existe plusieurs formes, dont le choix dépend de la nature des ingrédients, de la cible thérapeutique et du public visé, des facteurs qui peuvent influencer leur efficacité et leur biodisponibilité ; on trouve :

III.3.1 Forme solide

- **Comprimé** : est une forme économique difficile à avaler parfois mais généralement très utilisée. Elle se délit directement dans l'estomac par la voie orale ou dans la bouche en cas des comprimés à croquer (dragée).
- **Gélule** : est une forme qui contient peu d'excipients, un liquide ou une poudre qu'on peut verser dans l'eau (préparation hydrosolubles), enveloppée pour masquer le goût désagréable et destinée à libérer les ingrédients à la sortie de l'estomac.
- **Capsule molle** : est une forme souvent aromatisée et grâce à l'enveloppe gélatineuse, elle est facile à avaler pour le consommateur par rapport à d'autre forme solide et le principe actif se dégrade rapidement.



Figure 6 : Forme galénique solide d'un CA.

III.3.2 Forme poudre

- **Sachet (STICK)** : utilisé avec les principes actifs stables qui résistent au changement des conditions du milieu sans aucune modification ou réaction chimique et elle peut contenir différents excipients au même temps, facile à consommer.



Figure 7 : Forme de STICK en poudre d'un CA (PILEJE, 2025).

III.3.3 Forme liquide

- **Sirop :** une forme visqueuse aromatisée et la dose est ajustable, à base des polysaccharides pour éviter la cristallisation et la contamination, facile à avaler.
- **Goutte :** l'un de ses avantages est que le consommateur peut ajuster la dose administrée selon l'âge et le poids.



Figure 8 : Forme galénique liquide d'un CA.

- **Ampoule :** un contenant en verre remplie par un liquide où le principe actif est plus concentrée soit buvable soit injectable mais il y'a le risque de contamination.
- **Boissons :** cette forme est en tendance pour les jeunes, aromatisée et il faut la prendre en quantité considérable.
- **Spray :** par la voir nasale, évite la digestion gastrique.

III.4. Législation d'un complément alimentaire

III.4.1. Recherche et développement

Avant il n'y avait aucune contrainte juridique sur les CA, mais pour protéger la santé publique après la crise de la vache folle, il faut désormais respecter la liste d'interdiction marquée dans (l'article 2 du décret n°2006-352 du 20 mars 2006) par le CNPM (Centre National de Pharmacovigilance et de Matéiovigilance) en Algérie.

Donc la protection du consommateur doit être assurée avant la mise des produits sur le marché et le producteur doit connaître et contrôler correctement son produit par un cahier des charges avant de le commercialiser :

- Données administratives et synthèse du dossier.
- Documentation technique et scientifique.
- Définition des matières premières végétales.
- Supervision des autres composants.
- Définition et supervision du produit final.
- Analyse de stabilité du produit final. Il faut respecter les deux points suivants :
 - Loyauté envers le consommateur.
 - Information du consommateur.

L'étiquetage d'après l'article 2 du décret n°2006-352 du 20 mars 2006 par le CNPM en Algérie, doit contenir :

- L'appellation des catégories de nutriments définissant le produit (indication en rapport avec sa nature).
- La quantité recommandée à consommer quotidiennement.
- Un avis précisant qu'il est recommandé de ne pas dépasser la dose indiquée.
- Un autre avertissement indiquant que les produits doivent être conservés hors de la portée des enfants.
- Une affirmation pour empêcher que les suppléments alimentaires soient employés comme remplacement d'une alimentation diversifiée.

L'emballage n'a pas des conditions mais il doit porter un bouchon de sécurité inviolable par les enfants (« Child proof »).

III.4.2. Commercialisation

Il faut transmettre un modèle à la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes d'après le décret cité précédemment, afin qu'il soit commercialisé, puis une procédure d'autorité, d'identification de l'importateur, les informations attestant que les substances sont légales (halals).

Depuis l'arrêté interministériel du 14 février 2002 en Algérie, les pharmacies ont le droit de vendre ce genre de produit sans restrictions spécifiques dans leurs locaux, ainsi que dans les parapharmacies, grandes et moyennes surfaces, boutiques de sport, magasins diététiques, salles de sport, par correspondance, démarches à domicile et sur Internet.

DEUXIEME CHAPITRE :

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

Ce travail a pour but la valorisation des extraits phénoliques de l'algue brune *Cystoseira compressa*. Ces composés phénoliques vont être utilisés par la suite pour la formulation d'un complément alimentaire. Le complément alimentaire ainsi formulé pour assurer la protection des cellules contre le stress oxydatif et le vieillissement cutané.

I. Matériel végétal

I.1. La récolte de l'algue

L'algue brune provient de la plage ANSE DE KOUALI à Tipaza, une plage ouverte situé à environ 70 Km à l'ouest d'Alger au niveau de la baie de Bou-Ismaïl au pied d'un complexe désigné sous l'appellation de bourrelet sahélien (SAOUDI, 1989 ; NACEUR, 1996).

Les coordonnées géographiques sont :

A l'altitude $36^{\circ}35'26''N$ et à longitude $2^{\circ}29'34''E$

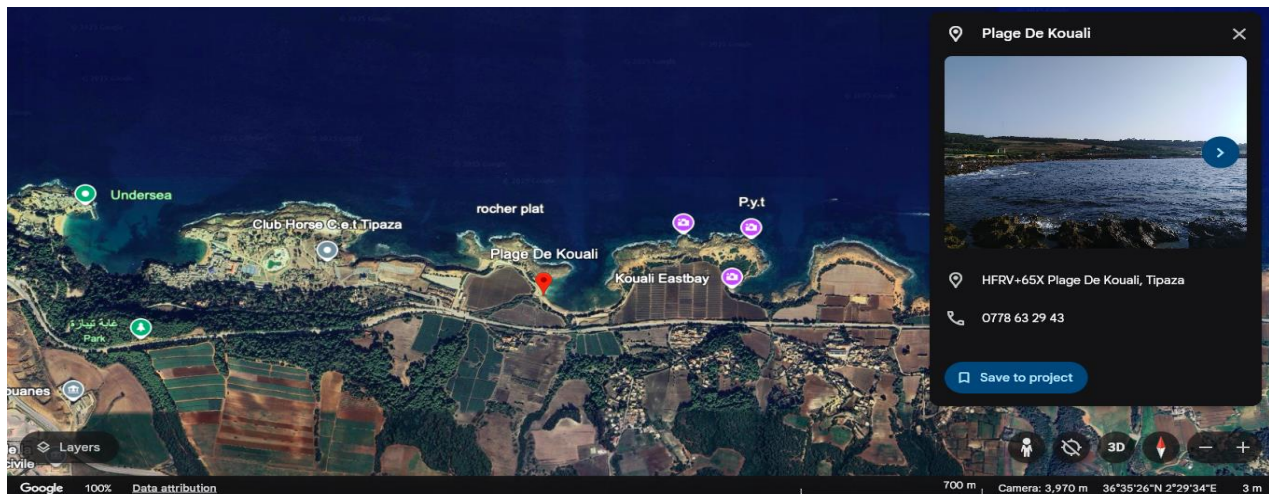


Figure 9 : Localisation du site de récolte Anse de kouali (Google earth 2025)

La récolte s'est faite sur des rochers submergés entre 0 et 40 cm de profondeur le mois de mars 2025.

I.2. Identification de l'espèce récoltée

Des observations morphologiques pour l'identification de l'espèce récoltée ont été réalisées avec l'aide de l'ingénieur du laboratoire et de madame Ould Ahmed, enseignante d'algologie et de botanique à l'école (ENSSMAL 2025).

I.3. Préparation de l'échantillon

Le prélèvement de l'algue a été effectué manuellement puis les échantillons par la suite sont conservés dans une glacière remplie d'eau de mer puis transportée vers le laboratoire.

D'abord, il faut faire un tri pour séparer les spécimens puis on effectue les étapes suivantes :

- **Lavage** : les échantillons sont lavés plusieurs fois à l'eau du robinet pour éliminer l'excès de sel et les autres particules ;
- **Séchage** : sécher les échantillons à l'abri de la lumière dans une étuve pendant une semaine ;
- **Broyage** : broyer les échantillons dans un hachoir pour avoir une poudre fine ;
- **Tamisage** : tamiser la poudre par un tamis de 200 μ m.



Figure 11: Lavage des algues.



Figure 12: Séchage des algues.



Figure 13: Broyage des algues séchées.



Figure 14: Tamisage de la poudre d'algue



Figure 15 : Poudre d'algue.

II. Méthodes

II.1. Extraction des polyphénols

Nous avons utilisé comme produit chimique :

- L'étalon polyphénolique l'Acide gallique.
- Le réactif de Folin-Ciocalteu.
- Le solvant organique le méthanol.
- La solution de DPPH.

II.1.1. Extraction par décoction

II.1.1.1. Principe

Cette méthode repose sur le principe de faire bouillir le matériel végétal dans un liquide (solvant organique) a une durée déterminer qui ne dépasse pas une trentaine de minutes adapté à la matrice végétale rigide imposant la désintégration des structures cellulaires sous l'effet de la chaleur (**KRAFT et HOBBS, 2004**). Cette méthode permet d'extraire les molécules thermorésistantes et hydrosolubles (**BOUBAKEUR et al, 2017**).

II.1.1.1. Méthode

Le protocole d'extraction choisit pour la méthode de décoction est rapporté dans la littérature scientifique par **CHAVANE et al, 2001**.

- ❖ Préparation de méthanol 70% à base d'un méthanol 100%.

Nous avons mis 10g de poudre tamisée dans 400ml de méthanol 70% dans un erlenmeyer puis le mélange est soumis à une élévation de température contrôlée à 35°C pendant 30 min ; L'étape suivante consiste à filtrer l'extrait par un papier filtre WHATMAN, le filtrat ensuite est conservé à une température de 4°C jusqu'à utilisation. Les étapes d'extraction sont résumées dans le schéma suivant :

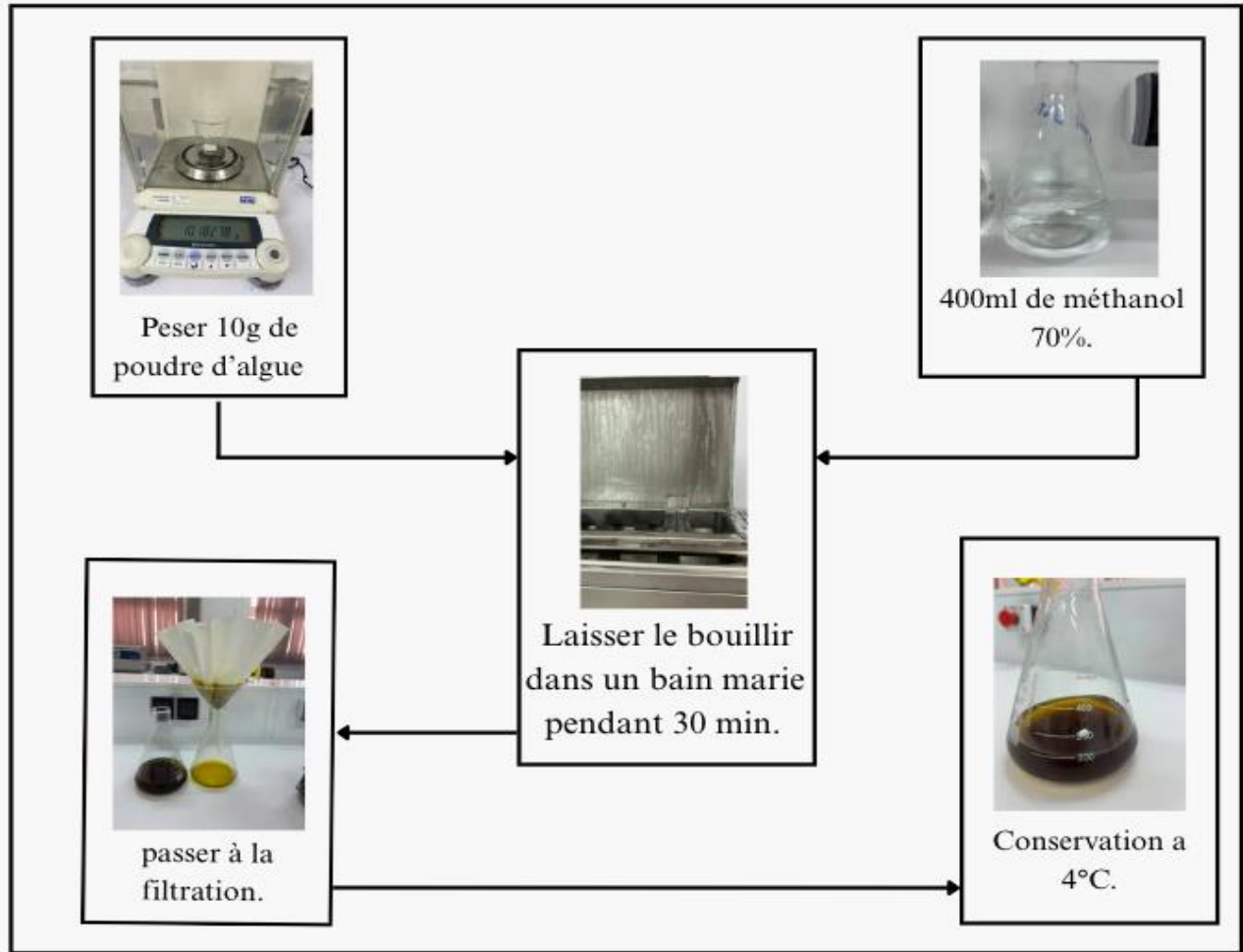


Figure 17 : Schéma récapitulatif de la méthode d'extraction par décoction.

II.1.2. Extraction par macération

II.1.2.1. Principe

Cette méthode solide/liquide repose sur l'immersion d'un composé solide la poudre du matériel végétale dans le liquide le solvant (méthanol 70%). Elle est basée sur le phénomène de diffusion passive et l'immigration spontanée des composés phénoliques vers le solvant en l'absence d'apport énergétique (ATP) d'un milieu plus concentré vers le moins concentré, optimisée par une élévation de température à 50°C sous agitation durant une période définie afin d'extraire les composés bioactives.

II.1.2.1. Méthode

Le protocole d'extraction choisit pour la méthode de macération est rapporté dans la littérature scientifique par **CHBANI, 2011**.

Nous avons dissous 50g de poudre tamisée dans 500ml de méthanol 70% puis le mélange est mis sous agitation contrôlée à 50°C pendant 2h. Mettre l'extrait à l'obscurité pendant une durée de 48h, puis filtrer l'extrait sur un papier filtre WHATMAN. La dernière étape consiste à faire évaporer l'extrait à l'aide d'un Rota-vapeur, l'extrait brut obtenu est ensuite conservé à une température de 4°C jusqu'à utilisation.

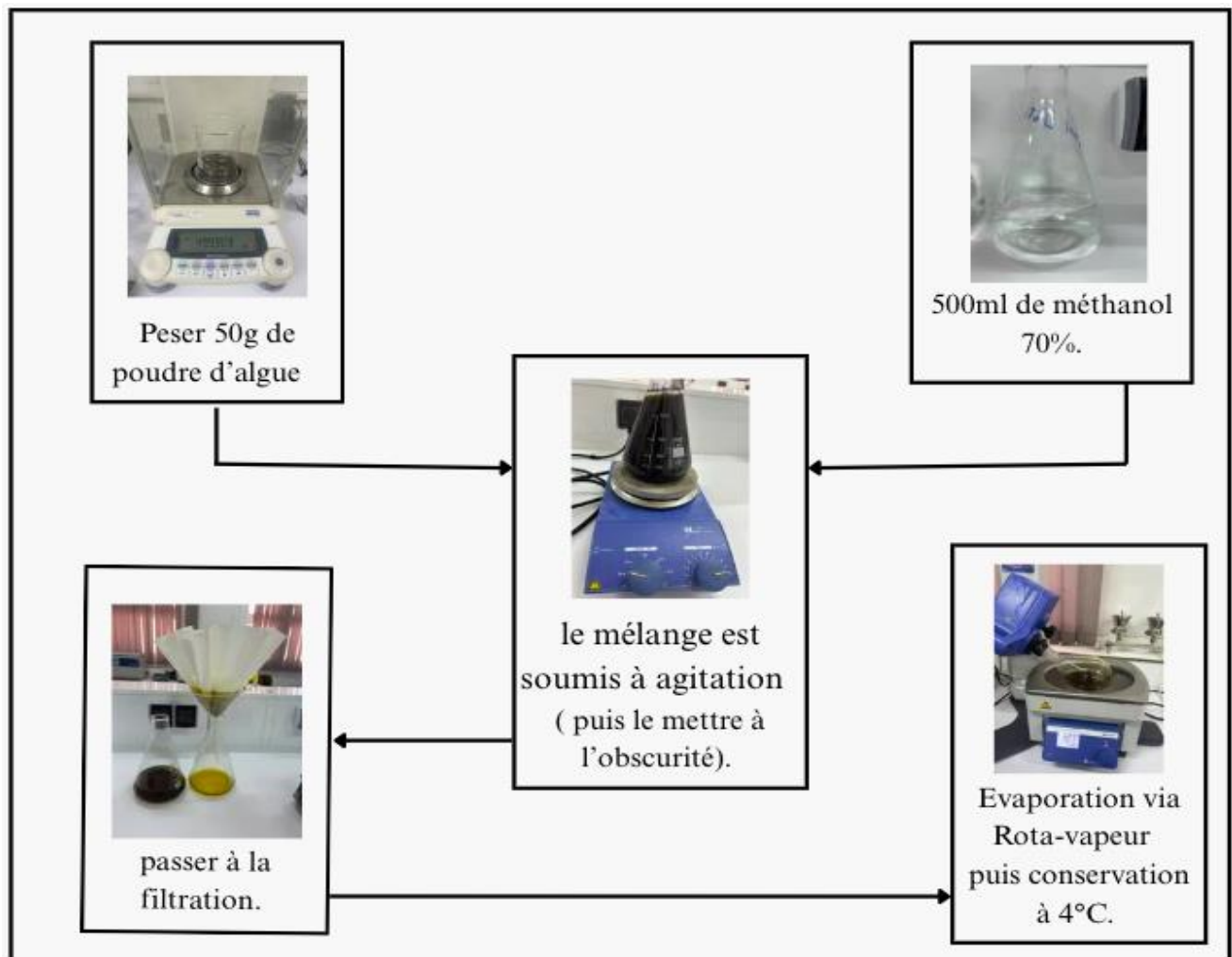


Figure 18 : Schéma récapitulatif de la méthode d'extraction par macération

III. Dosage des composés phénoliques totaux

III.1. Principe

Cette méthode est basée sur la réaction colorimétrique entre les groupes hydroxyles phénoliques et le réactif de Folin-Ciocalteu (CICCO et al., 2009) dilué 10 fois ce qui conduit à la formation de la couleur bleue, la réaction chimique est comme suit :

Phénols + Folin-Ciocalteu + $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$ Complexe bleu (réduction des ions $\text{Mo}^{6+}/\text{W}^{6+}$).

La mesure (à une longueur d'onde de **760 nm**) a été comparée à une courbe standard d'acide gallique et les résultats sont exprimés en équivalents d'acide gallique (**mg EAG/g d'extrait**).

III.2. Préparation de la courbe d'étalonnage

La détermination des teneurs en polyphénols totaux repose sur l'établissement de courbes d'étalonnage spécifiques, élaborées à partir de standards d'acide gallique. À cette fin, une gamme de concentrations (comprises entre 2 et 45 mg/l) a été obtenue par dilution d'une solution mère initiale à 0,2 mg/ml.

III.2.1. La gamme d'AG

❖ Préparation de la solution mère

Ajouter 100ml d'éthanol à 20mg d'AG ensuite des dilutions ont été effectuées afin d'obtenir les concentrations suivantes (solutions filles) :

0mg/l - 2mg/l - 6mg/l - 12mg/l - 16mg/l - 20mg/l - 28mg/l - 32mg/l - 36mg/l - 40mg/l.

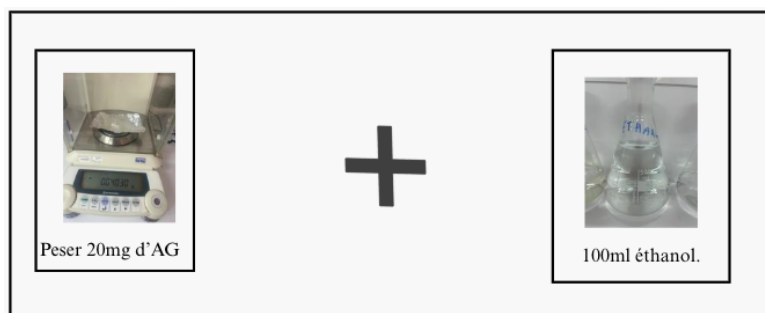


Figure 19 : Préparation de la solution initiale d'AG.

❖ Préparer le réactif de folin dilué 10 fois

Ajouter 9ml d'eau distillée à 1ml de réactif de folin.

❖ Préparer la solution saturée de Na_2CO_3 à 7.5%

Ajouter 100ml d'eau distillée à 7.5g de Na_2CO_3 .

❖ La procédure expérimentale adoptée est la suivante :

- Prendre 0.5ml de chaque dilution et complété avec 5ml d'eau distillée.
- Ajouter 1ml de réactif de folin dilué.
- Laisser reposer une minute.
- Ajouter 0.8ml de Na_2CO_3 saturée.
- Incuber pendant 30min.
- Mesurer la DO à 765nm avec un spectrophotomètre UV.

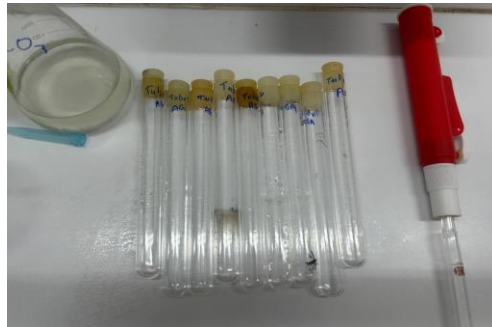


Figure 20 : Préparation des dilutions d'AG.

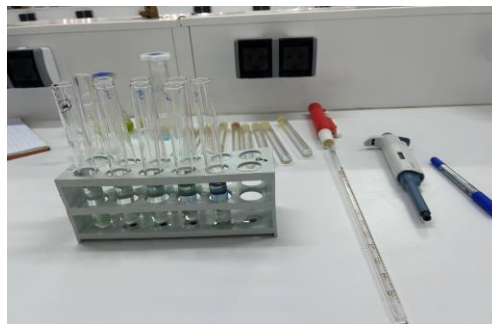


Figure 21 : Préparation de la gamme standard.

III.3. Méthode

Cette méthode repose sur la capacité des composés phénoliques à réduire le réactif de Folin-Ciocalteu, en présence d'un agent alcalin, entraînant la formation d'un complexe coloré bleue mesurable par spectrophotométrie.

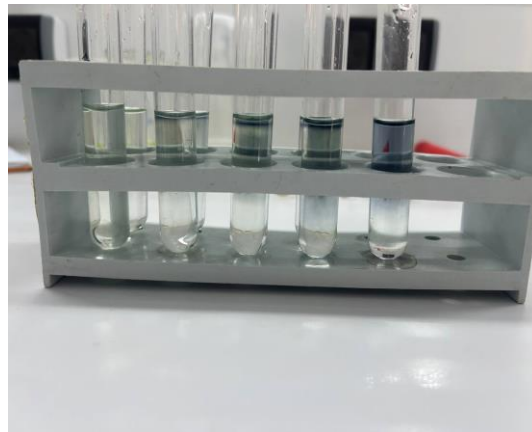


Figure 22 : Colorimétrie du réactif de folin.

III.3.1. Mode opératoire du dosage des CPT

L'essai est réalisé dans un tube :

- Prendre 0.2ml d'extrait et complété avec 5ml d'eau distillée.
- Ajouter 1ml de réactif de folin dilué.
- Laisser reposer une minute.
- Ajouter 0.8ml de Na_2CO_3 saturée.
- Incuber pendant 30min.
- Mesurer la DO à 765nm avec un spectrophotomètre UV.



Figure 23 : Dosage des CPT.

IV. Test de l'activité antioxydante (DPPH)

IV.1. Principe

Selon **PEIROT et al., 1999**, le protocole repose sur la capacité des composés antioxydants à neutraliser le radical libre stable DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle). Ce dernier est un radical de couleur violette, caractérisé par une absorption maximale à 517 nm. En présence d'un antioxydant, une réaction de transfert d'électron ou d'atome d'hydrogène a lieu, conduisant à la réduction du DPPH en une forme non radicalaire, incolore ou jaune pâle. Cette transformation se traduit par une diminution de l'absorbance à 517 nm, proportionnelle à l'activité antioxydante de l'échantillon analysé. La mesure de cette baisse permet ainsi d'évaluer quantitativement le pouvoir antioxydant de la substance testée.

IV.2. Mode opératoire

❖ Préparation de la solution mère de DPPH

Dissoudre 60 mg de DPPH dans 60 ml de méthanol fraîchement préparée et conservée à l'abri de la lumière.



Figure 24 : Préparation de la solution de DPPH.

❖ Préparation de la solution mère de l'échantillon

Dissoudre 30 mg de l'échantillon dans 30 ml de méthanol 100% puis homogénéiser et filtrer (si nécessaire).

❖ Préparation des dilutions de l'échantillon

Préparer une série de 5 dilutions :

1000 ppm - 500 ppm - 250 ppm - 125 ppm - 62.5 ppm.



Figure 25 : Préparation de l'échantillon.

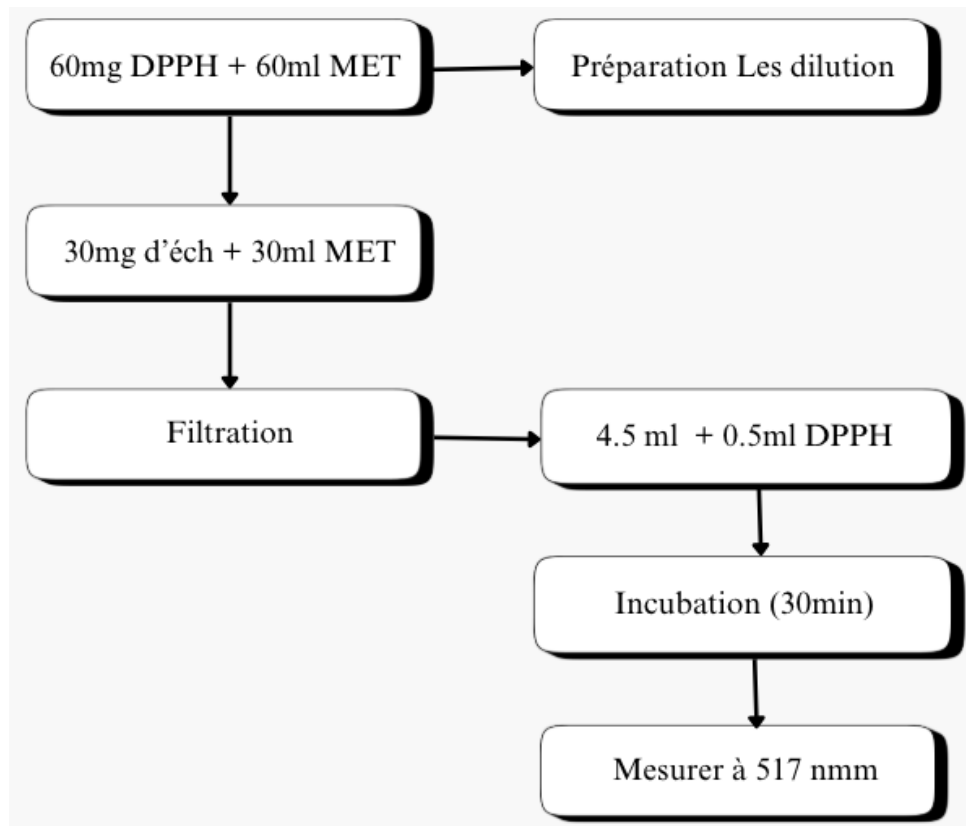


Figure 26 : Schéma explicatif du mode opératoire du test DPPH.

❖ **Pour chaque dilution**

- Prendre 4.5 ml de la solution d'échantillon.
- Ajouter 0.5 ml de la solution de DPPH.
- Mélanger soigneusement.
- Laisser incuber les mélanges pendant 30 minutes à l'obscurité, à température ambiante.
- Mesurer l'absorbance de chaque mélange à 517 nm contre un blanc (méthanol ou solvant seul).

Formulation du complément alimentaire

L'association des composés phénoliques à la vitamine E dans la formulation des compléments alimentaires constitue une approche innovante visant à renforcer l'efficacité antioxydante globale. Cette combinaison repose sur une interaction synergique, dans laquelle chaque molécule

potentialise l'effet de l'autre, conduisant à une amélioration significative de la protection cellulaire contre les dommages induits par le stress oxydatif. La mise en œuvre de cette stratégie nécessite une formulation rigoureuse accompagnée d'un contrôle de qualité strict afin d'assurer la stabilité, l'efficacité et la sécurité du produit final destiné au consommateur.

I. Processus de synergie

L'étude exige une caractérisation approfondie des propriétés visées du complément alimentaire, ainsi qu'un examen minutieux de sa conformité aux normes légales applicables en Algérie.

(Décret exécutif n°2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires).

I.1. Etapes du processus

Étape 1 : Conception et Formulation

❖ Sélection des actifs

Elle repose sur l'efficacité antioxydante des CPT. Les extraits de la vitamine E sous forme de tocophérols naturels ou d'acétate de tocophéryle sont fréquemment utilisés pour leur stabilité et leur possibilité d'action synergique (**HALLIWELL, 2011**).

❖ La forme galénique

Repose sur des critères technologiques et marketing. Les capsules molles sont recommandées pour protéger les actifs sensibles de l'oxydation (**AUGUSTIN et SANGUANSRI, 2008**).

❖ Formulation

Les proportions exactes de la formulation d'un complément alimentaire à base de composés phénoliques et de vitamine E dépendent de plusieurs facteurs comme :

- Les doses journalières recommandées (AJR).
- La biodisponibilité des actifs.

Dosage courant de vitamine E et dose fonctionnelle typique des CPT dans un complément :

- **10 à 20 mg par dose unitaire** (gélule ou comprimé), soit **100 à 200 % des AJR**, en fonction de l'objectif.
- **100 à 300 mg par jour d'extraits standardisés** à 40–80 % de polyphénols.

Tableau 7 : Formulation indicative d'un complément alimentaire antioxydant à base d'extrait CPT (BOUZENNA et al., 2021).

Ingrédient	Quantité par gélule (mg)	Rôle
Extrait de <i>Cystoseira compressa</i> (standardisé en CPT)	200	Antioxydant marin (hydrosoluble)
Vitamine E (acétate de DL-alpha-tocophérol)	15	Antioxydant liposoluble (protection cellulaire)
Maltodextrine / Cellulose microcristalline	150	Excipient – agent de charge
Stéarate de magnésium / Silice colloïdale	5 - 10	Lubrifiant / Anti-agglomérant

Étape 2 : Stabilisation de la matière première

- ❖ La vitamine E est souvent présentée sous forme d'acétate pour réduire sa sensibilité à l'oxydation. Les extraits phénoliques peuvent être protégés par des agents stabilisants ou encapsulés (FANG et BHANDARI, 2010).

Étape 3 : Mélange et homogénéisation

- ❖ Les formulations solides réalisées dans des conditions strictes pour assurer une homogénéité optimale, une granulation (sèche ou humide) est souvent nécessaire pour améliorer la stabilité des comprimés (PATEL et al., 2006).

Étape 4 : Fabrication du produit fini

❖ Encapsulation

La forme finale est obtenue par compression directe ou encapsulation puis les paramètres physiques (poids, dureté, friabilité) sont contrôlés à chaque lot.

- ❖ Un enrobage peut être appliqué pour protéger les actifs de l'humidité et de la lumière. (BORELLI et al., 2022).

Étape 5 : Contrôle Qualité

- ❖ Des contrôles rigoureux sont menés tout au long du processus, notamment :
 - Dosage des actifs (HPLC, spectrophotométrie).
 - Tests d'homogénéité et de stabilité.
 - Contrôle microbiologique.
 - Dissolution et biodisponibilité (in vitro/in vivo).

Pour assurer la conformité aux spécifications techniques et réglementaires.

Étape 6 : Emballage et Stockage

- ❖ Le stockage doit être assuré à température stable, à l'abri de la lumière et de l'oxygène, pour garantir la stabilité des antioxydants jusqu'à la fin de la durée de vie du produit.

TROISIEME
CHAPITRE :
Résultats et discussion

I. Identification de l'algue récoltée

I.1 Systématique

L'algue a été identifiée selon WoRms et aussi selon les observations de madame Ould Ahmed comme étant une *Cystoseira compressa*.

Kingdom : [Chromista](#).

Embranchement : [Ochrophyta](#).

Classe : [Phaeophyceae](#).

Sous classe : [Fucophycidae](#).

Ordre : [Fucales](#).

Famille : [Sargassaceae](#).

Genre : [Cystoseira](#).

Espèce : [Cystoseira compressa](#).

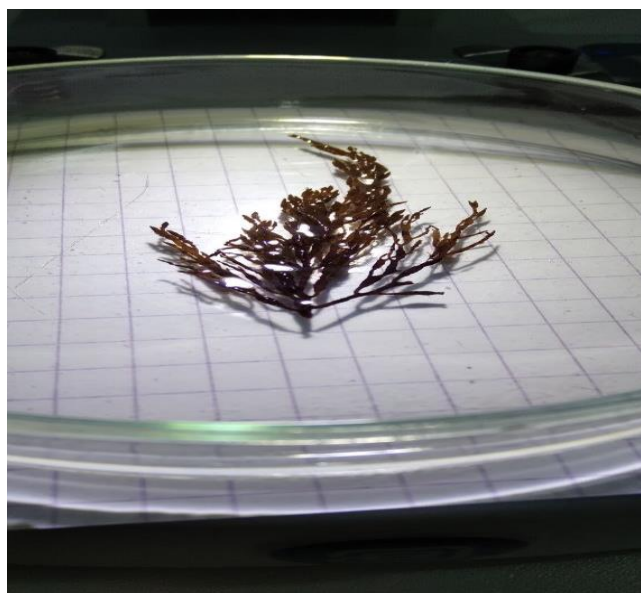


Figure 27 : Aspect morphologique de *Cystoseira compressa*.

Cystoseira compressa est une espèce largement répartie dans le nord-est de l'Atlantique, depuis le sud de l'Espagne jusqu'aux îles Canaries, ainsi qu'en mer Méditerranée et en mer Noire (Boudouresque et al., 1992 ; Gury & Gury, 2014).

En Algérie, sa présence a été signalée tout au long du littoral rocheux :

- L'ouest en Oran et Mostaganem, quoique plus rare dans les zones portuaires ou polluées (Kawas et al., 2010 ; Belmokhtar, 2012)
- La région centre et La côte centre-nord comme Tipaza, Alger et Boumerdès (Chalabi et al., 2002 ; Seridi et al., 2007)
- L'est algérien Skikda, Annaba et El Kala (Chalabi et al., 2002 ; Seridi et al., 2007)
- À l'extrême est au niveau de la région d'El Kala (Grimes, 2005).

Cette algue autotrophe (**FISCHIER et al., 2001**) sexuée (cycle monogénétique diploïde **GOMEZ et al., 2001**) est une source importante de composés bioactifs, notamment :

- Composés phénoliques totaux (polyphénols, principalement des phlorotannins).
- Polysaccharides Sulfaté.
- Pigments (fucoxanthine).
- Minéraux (iode, calcium, magnésium).

II. Détermination des taux des CPT

II.1. La courbe d'étalonnage d'AG

Les résultats expérimentaux ont été représentés sous forme de nuage de points à l'aide d'Excel, exprimés en mg équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS).

La courbe est obtenue en mesurant l'**absorbance** de différentes concentrations connues d'**acide gallique** (standards).

L'axe des abscisses (x) = concentration (mg EAG/ml).

L'axe des ordonnées (y) = absorbance mesurée à 760 nm.

Équation de droite d'étalonnage : $y = ax + b$.

- y : absorbance mesurée.
- x : concentration en mg/l.
- a : pente.
- b : ordonnée à l'origine.

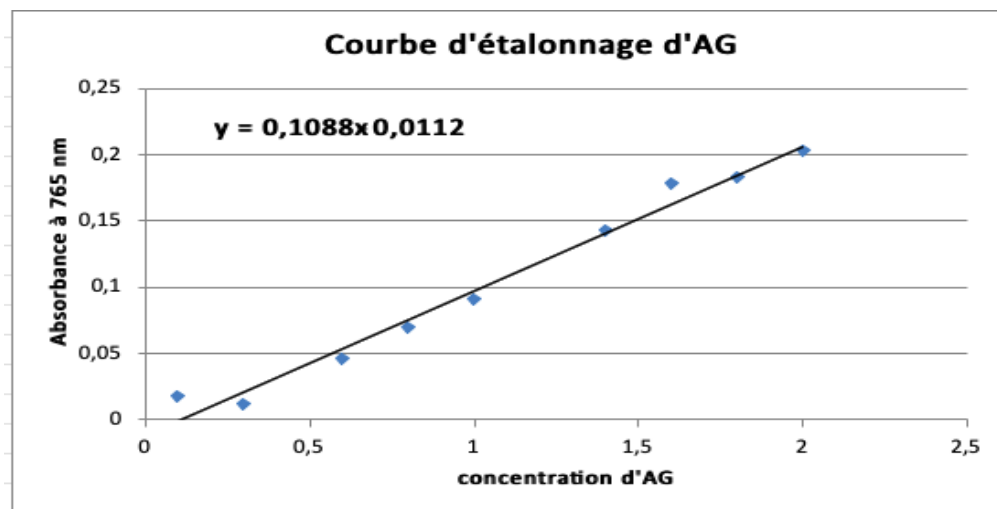


Figure 28 : La courbe d'étalonnage d'AG (dosage des CPT).

La courbe est caractérisée par l'équation de la droite suivante : $y = 0,1088x + 0,0112$.

Le coefficient de détermination R^2 : **0.981**

Pour calculer la concentration équivalente en acide gallique on fait :

$$x = (y - b) / a$$

Si l'extrait a été dilué, il faut multiplier par le facteur de dilution.

II.2. Rendement en composés phénolique totaux

Ce dosage a été réalisé pour quantifier la quantité des composés phénolique totaux reconnus par leur efficacité contre le stress oxydatif par la neutralisation des radicaux libres (Prior et al., 2005) conformément à la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu (Singleton et Rossi, 1965) afin de permettre d'évaluer l'activité antioxydante de ces extraits.

Cette méthode est basée sur la capacité des CTP de réduire le réactif en milieu alcalin (formation d'un complexe coloré en bleu et mesurer par la suite par le spectrophotomètre), au sein de la valorisation de ces composés bioactifs dans la formulation d'un complément alimentaire en synergie avec la vitamine E.

Les extraits méthanoïques sont généralement associés à des rendements d'extraction plus élevés en composés phénoliques, en raison de la polarité du méthanol qui facilite la solubilisation de nombreux métabolites secondaires, notamment les flavonoïdes et les acides phénoliques (Do et al., 2014).

La courbe d'étalonnage a été établie à partir de solutions standards d'acide gallique avec :

- Des concentrations mesurées environ 0 à 2,2 à l'axe des abscisses.
- Des mesures d'absorbance ont été réalisées à 765 nm de 0 à 0,25 à l'axe des ordonnées.

Nous avons effectué le travail avec une dilution 1/10 pour pouvoir extrapoler les résultats du dosage des deux extraits des deux méthodes par décoction et par macération sur la courbe (**Figure 27**).

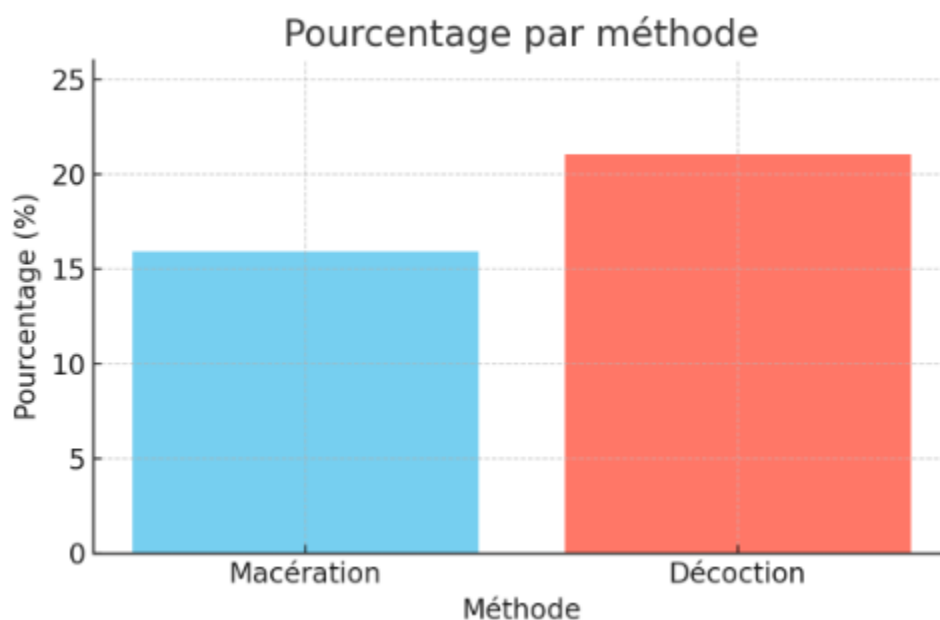


Figure 29 : Pourcentage du rendement d'extraction des CPT par méthode.

➤ **Pour la méthode d'extraction par décoction :**

L'absorbance mesurer est à 0.2171, donc d'après les calculs :

$x = 2,104 \text{ EAG/g MS}$ fois le facteur inverse de dilution ($\times 10$) donne un pourcentage de **21.04%**.

➤ **Pour la méthode d'extraction par macération :**

L'absorbance mesurer est à 0.1622, donc d'après les calculs :

$x = 1.593 \text{ EAG/g MS}$ fois le facteur inverse de dilution ($\times 10$) donne un pourcentage de **15.93%**.

II.2.2. Interprétation

L'analyse des résultats révèle que la décoction permet d'obtenir le rendement en CPT le plus élevé (21,04 %) par rapport au rendement de l'autre méthode.

Ce rendement est nettement supérieur à celui obtenu par macération (15,93 %), confirmant que la chaleur favorise l'extraction CPT, en facilitant la rupture des parois cellulaires des matrices algales (Zhou et al., 2004 ; Dahmoune et al., 2013).

Les rendements d'extractions de chaque espèce d'algue diffèrent selon le type du solvant utilisé. Dans le même contexte, Michel et al. (2012) ont montré que le rendement des extractions dépend de la nature du solvant utilisé et des propriétés chimiques des molécules à extraire.

II.3. Teneur en composés phénolique totaux

La variation des teneurs en composés phénoliques totaux (CPT) observée entre les deux méthodes d'extraction dépend à la fois de la composition biochimique de la biomasse algale et de la polarité du solvant utilisé (MET).

II.3.1. Calcul

Pour déterminer la teneur en CPT, on a calculé selon la formule suivante :

$$\text{CPT (mg EAG/g MS)} = (\text{C} \times \text{V}) / \text{m}$$

- **C** = concentration (en mg EAG/ml).
- **V** = volume total de l'extrait (en ml).
- **m** = masse de MS utilisée (en g).

Donc selon la base des résultats obtenus :

➤ **Pour la méthode d'extraction par décoction :**

Avec $C = 2.104$, $V = 400\text{ml}$ et $m = 10\text{ g}$, alors :

$$\text{CPT} = \mathbf{84.16\text{ mg EAG/ g MS.}}$$

➤ **Pour la méthode d'extraction par macération :**

Avec $C = 1.593$, $V = 500\text{ml}$ et $m = 50\text{ g}$, alors :

CPT = **15.93 mg EAG/ g MS.**

II.3.2. Interprétation

On peut remarquer une différence significative entre les deux méthodes d'extraction.

La méthode d'extraction par décoction qui repose sur l'ébullition, a permis d'obtenir la teneur en composés phénoliques totaux la plus élevée, atteignant 84,16 mg EAG/g MS.

Cette technique s'avère donc particulièrement efficace pour l'extraction des composés hydrophiles et thermostables.

En revanche, la macération à température ambiante est une méthode plus douce généralement utilisée pour préserver les composés sensibles à la chaleur et la teneur dans ce cas atteint 15.93 mg EAG/g MS.

Ces résultats confirment la supériorité des techniques thermique pour l'obtention d'extraits riches en polyphénols à partir les algues marines (Stévigny et al., 2007).

III. L'activité antioxydante

Le test repose sur la capacité de l'extrait à neutraliser le DPPH en lui cédant un électron ou un atome d'hydrogène, ce qui provoque une diminution mesurable de l'absorbance à 517 nm.

III.1. Calcul

Toute évaluation de l'activité antioxydante des composés phénoliques totaux issus de l'algue *Cystoseira compressa* repose sur le calcul du pourcentage d'inhibition du radical libre par la formule suivante :

$$\% \text{Inhibition} = ((A_{\text{blanc}} - A_{\text{Ech}}) / A_{\text{blanc}}) \times 100$$

- A_{blanc} : Absorbance du contrôle (sans antioxydant).
- A_{ech} : Absorbance du mélange avec l'échantillon testé.

Donc selon la base des résultats obtenus :

- Pour la méthode d'extraction par décoction $A_{\text{blanc}} = 0.151$:

La dilution 125 ppm :

Avec $A_{Ech} = 0,103$, alors : % d'inhibition = 31,79 %

La dilution 500 ppm :

Avec $A_{Ech} = 0,063$, alors : % d'inhibition = 58,28 %

La dilution 1000 ppm :

Avec $A_{Ech} = 0,107$, alors : % d'inhibition = 29,14 %

III.2. Interprétation

À l'issue de l'étude expérimentale, l'extrait obtenu par décoction a été sélectionné, car cette méthode a présenté le rendement le plus élevé, indiquant une efficacité d'extraction optimale des composés d'intérêt.

Ces données expérimentales sont cohérentes avec les travaux de **Peirot et al. (1999)**, selon lesquels les extraits naturels riches en antioxydants présentent des profils d'inhibition dose-dépendants, mais parfois non linéaires entre 50 et 70 %.

L'extrait de *Cystoseira compressa*, testé à une concentration de 500 ppm, a présenté une activité antioxydante notable, avec un taux d'inhibition du radical DPPH atteignant 58,28 %. Ce résultat traduit une capacité marquée des composés phénoliques présents à neutraliser les radicaux libres. Cette efficacité peut être attribuée à leur aptitude à agir en tant que donneurs d'atomes d'hydrogène ou piègeurs d'électrons, contribuant ainsi à la réduction du stress oxydatif.

Dans la mesure où une inhibition supérieure à 50 % est généralement considérée comme biologiquement pertinente pour des extraits naturels (**Stévigny et al., 2007**). Ces résultats démontrent le potentiel antioxydant fonctionnel de l'extrait de *Cystoseira compressa*, surtout à dose intermédiaire, et valident son usage dans un complément alimentaire destiné à lutter contre le stress oxydatif.

IV. Formulation d'un complément alimentaire

Le choix de formuler un complément alimentaire associant les composés phénoliques totaux extraits de l'algue brune *Cystoseira compressa* à la vitamine E repose sur une stratégie d'optimisation de la défense antioxydante visant à renforcer la protection contre le stress oxydatif (**Polidori et al., 2014**).

IV.1. Synergie d'un antioxydant avec la vitamine E

L'incorporation des composés phénoliques dans une formulation multivitaminée, incluant la vitamine E sous sa forme liposoluble d'acétate de D- α -tocophéryle, permet une action ciblée au niveau des membranes cellulaires, en interrompant la chaîne de peroxydation lipidique (**Traber & Atkinson, 2007**).

Les polyphénols marins, de nature hydrosoluble, exercent leur activité antioxydante principalement dans les milieux extracellulaires et cytoplasmiques, en neutralisant divers radicaux libres.

La combinaison de ces deux types engendre un effet synergique, renforçant ainsi la protection contre le stress oxydatif par rapport à leur utilisation individuelle (**Valko et al., 2007**).

Le choix d'une forme galénique adaptée, en l'occurrence les gélules molles, contribue à la stabilité des principes actifs tout en permettant une libération maîtrisée.

Notre complément alimentaire contient : 200 mg de composés phénoliques totaux extraits de notre algue + 15 mg de vitamines E (du commerce) + des excipients (Formule secrète).

Afin de valoriser au mieux notre algue, le travail de départ consistait également à extraire également la vitamine E de *Cystoseira compressa* mais malheureusement cette partie du travail n'a pas pu être réalisé.

IV.2. Résultat de la synergie polyphénols et vitamine E

Les résultats obtenus confirment l'efficacité renforcée du mélange synergique.

La vitamine E en tant qu'antioxydant liposoluble, agit principalement au niveau des membranes cellulaires et l'incorporation des composés phénoliques totaux extraits de l'algue *Cystoseira compressa*, permet d'étendre l'activité antioxydante aux radicaux libres hydrophiles.

Le pourcentage d'Inhibition DPPH à (500 ppm) est uniquement entre 20% et 30% dans la vitamine E basique liposoluble seule.

La vitamine E peut présenter une efficacité limitée dans certains contextes cliniques, notamment en raison de :

- Sa spécificité d'action dans les milieux lipophiles.

- Sa vulnérabilité à l'oxydation.
- La diminution d'effet à long terme ou à fortes doses, voire un potentiel pro-oxydant en cas de déséquilibre redox (Miller et al., 2005).

Le pourcentage d'Inhibition DPPH à (500 ppm) est normalement supérieur à 60%, selon la littérature dans la vitamine E en synergie avec les CPT comme un antioxydant hydrosoluble et liposoluble.

Le mélange permet de couvrir deux compartiments cellulaires essentiels :

- La phase hydrosoluble intracellulaire, grâce aux polyphénols marins.
- La phase lipidique membranaire, grâce à la vitamine E.

Cette complémentarité favorise une meilleure couverture antioxydante qui présentent un déséquilibre oxydatif chronique.

La formule combinée offre plusieurs atouts :

- Une protection cellulaire renforcée.
- Une meilleure stabilité dans l'organisme.
- Un effet antioxydant élargi à différents types de radicaux libres.
- Une biodisponibilité améliorée grâce à la complémentarité galénique.

CONCLUSION

Conclusion

L'étude a d'abord porté sur l'extraction et la caractérisation de biomolécules marines à potentiel bioactif, notamment les composés phénoliques, puis sur leur incorporation dans une formulation stable et fonctionnelle destinée à un complément alimentaire.

Les résultats ont montré que la teneur en ces composés varie en fonction des propriétés physico-chimique de la méthode d'extraction appliquée.

La méthode de décoction s'est révélée nettement plus performante pour extraire les composés phénoliques totaux des algues brunes avec un pourcentage de 21.04%.

Les résultats expérimentaux confirment une nette amélioration de l'activité antioxydante lorsque les deux composés sont associés. À titre illustratif, une inhibition supérieur à 60 % du radical DPPH a été décrite à 500 ppm pour la formule combinée, contre seulement ~25 % pour la vitamine E seule, démontrant un effet synergique significatif. Par ailleurs, les CPT permettent également de stabiliser la vitamine E en régénérant sa forme oxydée, prolongeant ainsi son efficacité dans l'organisme.

Ce partenariat antioxydant naturel, à la fois hydrosoluble et liposoluble, offre un spectre d'action élargi, une meilleure stabilité, et une adaptabilité accrue aux besoins physiologiques liés au vieillissement.

En conclusion, *Cystoseira compressa* apparaît comme une source prometteuse de substances bioactives naturelles, pouvant être valorisées dans le domaine des compléments alimentaires à visée antioxydante. Ce travail ouvre ainsi la voie à de futures recherches en formulation galénique, en vue de proposer un produit efficace, stable, et adapté aux besoins nutritionnels, notamment des populations vulnérables au stress oxydatif.

En perspective et en continuité à ce travail, il serait intéressant d'approfondir l'étude de la **biodisponibilité in vivo** des composés phénoliques extraits de *Cystoseira compressa* lorsqu'ils sont associés à la vitamine E, afin de mieux évaluer leur efficacité réelle après ingestion.

Pour assurer une ressource durable, il est recommandé d'augmenter et d'une manière significative la culture et la production des macro-algues à l'échelle mondiale.

L'exploration d'autres formes galéniques innovantes (microencapsulation, nanoparticules, émulsions lipidiques) pourrait améliorer la stabilité et la libération ciblée des actifs antioxydants. Il serait également pertinent d'étudier l'effet d'autres composés marins bioactifs.

Enfin, l'intégration de cette approche dans une stratégie nutritionnelle globale adaptée aux besoins spécifiques des personnes vulnérables aux stress oxydatif pourrait contribuer à la prévention des maladies dégénératives liées au stress oxydatif.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Référence bibliographique

- ❖ **Augustin, M. A., & Sanguansri, L. (2008).** Encapsulation of bioactives. In **Food materials science** Springer, p.p. 577-601.
- ❖ **Becker, E. W. (1984).** Biotechnology and exploitation of the green alga *Scenedesmus obliquus* in India. *Biomass*, 4, P.P.1–19.
- ❖ **Berginc, K. (2015).** *Dietary Supplements: Safety, Efficacy and Quality.* Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.
- ❖ **Borelli, G., Miccadei, S., & Vitale, M. (2022).** Antioxidants and delivery systems in food and nutraceuticals. *Antioxidants*, 11(3), p.p.436.
- ❖ **Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), p.p. 25–30.
- ❖ **Boukhris, I., Masmoudi, M., Feki, I., Krichen, F., & Abdelly, C. (2020).** Phytochemical composition and biological activities of extracts from brown algae *Cystoseira compressa*. *Journal of Applied Phycology*, 32, p.p.1423–1433.
- ❖ **Bouzenna, H., & Krichen, F. (2021).** Marine phenolic compounds: Potential uses and formulations in nutraceuticals. *Journal of Applied Phycology*, 33(2), p.p.1021–1034.
- ❖ **Boudouresque, C. F., & Verlaque, M. (2002).** *Biologie des espèces marines à affinité méditerranéenne.* In **C. F. Boudouresque, G. Pergent, & A. Pergent-Martini (Eds.),** *Vie et Milieu Marin*, GIS Posidonie Publications, pp. 155–175.
- ❖ **Benslama, M., et al. (2021).** Antioxidant and phenolic contents of brown algae from the Algerian coast. *Journal of Applied Phycology*, 33(1), p.p.149–158.

- ❖ **Chemat, F., Zill-e-Huma, & Khan, M. K. (2011).** Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), p.p. 813–835.
- ❖ **Chelly, S., Mzoughi, Z., Hammami, S., et al. (2021).** Phlorotannins from *Cystoseira* species: Potential antioxidant and antidiabetic agents. *Marine Drugs*, 19(4), p.p.190.
- ❖ Décret n°2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires. *Journal officiel de la République française*, n° 72, 25 mars 2006, p. 4543.
- ❖ **Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., & Ju, Y.-H. (2014).** Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22(3), p.p.296–302.
- ❖ **Dai, J., & Mumper, R. J. (2010).** Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), p.p.7313–7352.
- ❖ **EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. (2010).** Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin E. *EFSA Journal*, 8(3), p.1462.
- ❖ **EFSA. (2010).** Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin E. *EFSA Journal*, 8(3), P.1462.
- ❖ **Fang, Z., & Bhandari, B. (2010).** Encapsulation of polyphenols – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 21(10), p.p.510–523.
- ❖ **Gheda, S. F., et al. (2020).** Cytotoxic and antimicrobial activities of marine brown algae. *Egyptian Journal of Botany*, 60(1), p.p.151–164.

- ❖ **Halliwell, B. (2011).** Free radicals and antioxidants - quo vadis?. Trends in Pharmacological Sciences, 32(3), p.p.125–130.
- ❖ Journal officiel de l'Union européenne, L 304, 22.11.2011, p. 18–63.
- ❖ **MC (2021).** Antioxidants: Classification, Natural Sources, Activity/Capacity.... **PMC**
- ❖ **Macromolecules (2025).** A Review of Marine Algae as a Sustainable Source of Antiviral and Anticancer Compounds.
- ❖ **PMC (2021).** Marine Algae-Derived Bioactive Compounds: A New Wave of.... **PMC**.
- ❖ **Patel, V. F., Liu, F., & Brown, M. B. (2006).** Advances in oral transmucosal drug delivery. Journal of Controlled Release, 114(2), p.p.147–163.
- ❖ **Pisoschi, A. M., & Pop, A. (2015).** The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. European Journal of Medicinal Chemistry, 97, p.p.55–74.
- ❖ **Pisoschi, A. M., & Pop, A. (2015).** The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. European Journal of Medicinal Chemistry, **97**, p.p.55–74.
- ❖ **Pérez-Jiménez, J., et al. (2010).** Phenolic antioxidant composition of food supplements. Food Chemistry, 121(3), p.p.843–850.
- ❖ **Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005).** Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(10), p.p.4290–4302.
- ❖ **Rahaman, M., et al. (2023).** Oxidative stress, free radicals and antioxidants: potential crosstalk in.... Frontiers in Chemistry.

- ❖ **Sales, M., Ballesteros, E., Anderson, M. J., Ivesa, L., & Fernández, C. (2012).** Biogeographical patterns of algal communities in the Mediterranean Sea: Cystoseira forests as a case study. *Journal of Biogeography*, 39(1), p.p140–152.
- ❖ **Shahidi, F. (1997).** Natural Antioxidants: Chemistry, Health Effects, and Applications. American Oil Chemists Society.
- ❖ **Scalbert, A., Johnson, I. T., & Saltmarsh, M. (2005).** Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), p.p.215S-217S.
- ❖ **Sánchez-Machado, D. I., López-Cervantes, J., & Sendón, R. (2004).** Nutritional and chemical properties of edible seaweeds. *Food Chemistry*, 85(3), p.p.439–444.
- ❖ **Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), p.p.144–158.
- ❖ **Tsuda, R. T. (2004).** Checklist and Bibliography of the Marine Benthic Algae from the Mariana Islands. University of Guam Marine Laboratory.
- ❖ **World Register of Marine Species. (2025, 9 juin).** *Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin, 1975. Dans WoRMS – World Register of Marine Species. Consulté le 18 juin 2025.

ANNEXE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme startup

Dans le cadre de l'Arrêté Ministériel 1275

Business Model Canvas (BMC)

Réalisé par :

- DALI Raouf
- DJAFAR Djouhaina
- LAMARI Nour-Djihane

Année universitaire : 2024/2025

I. Introduction

➤ Présentation de l'idée :

Le produit formulé est un additif alimentaire noir biologique, issu de la valorisation de l'encre de seiche appartenant au genre *Sepia*, principalement *Sepia officinalis* et *Sepia orbignyana*. Ce colorant se distingue par sa richesse en composés bioactifs, notamment en acides gras polyinsaturés oméga-3 et oméga-6, reconnus pour leurs effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire. Par ailleurs, sa teneur élevée en mélanine lui confère une activité antioxydante naturelle, contribuant à la stabilité et à la prolongation de la durée de conservation des produits alimentaires auxquels il est incorporé.

Premier axe

1. Idée de projet

L'utilisation de l'encre de seiche en tant que colorant alimentaire s'inspire d'une spécialité culinaire italienne emblématique : la *pasta al nero di seppia*, ou pâtes à l'encre de seiche. Ce plat traditionnel originaire de Sicile, à la fois raffiné et authentique, est reconnu pour sa saveur iodée caractéristique et sa coloration noire intense, particulièrement prisée des amateurs de gastronomie méditerranéenne.

2. Valeur suggérée

Animés par la même volonté que les créateurs de ce plat emblématique, qui consiste à valoriser chaque partie du mollusque sans aucun gaspillage, nous nous sommes intéressés à l'encre de seiche, une ressource marine précieuse souvent négligée. En effet, bien que ses propriétés nutritionnelles et cliniques soient reconnues par de nombreux chercheurs, restaurateurs et pêcheurs, l'encre de seiche continue d'être rejetée dans les eaux usées dans la majorité des cas. Ce rejet représente une perte significative d'un ingrédient naturel à fort potentiel, tant sur le plan fonctionnel qu'économique.

3. L'équipe :

- DALI Raouf : Ingénieur d'état, option biotechnologie marine ; le rang au sein de l'entreprise est chef de production, sont consistant à superviser le bon fonctionnement des plannings de production.
- LAMARI Nour Djihene : Ingénieur d'état, option biotechnologie marine ; cheffe de projet

- DJAFAR Djouhaina : Ingénieur d'état, option biotechnologie marine ; directrice marketing piloter la stratégie marketing de l'entreprise pour atteindre les objectifs de croissance, de parts de marché et de fidélisation client.

4. Objectifs du projet

- Il s'agit d'une démarche de valorisation d'un coproduit marin considéré comme un déchet, en vue de son exploitation écologique et durable.
- Lancer une marque de colorant alimentaire bio 100% algérien.
- S'imposer comme référence de l'innovation marine en agroalimentaire.

5. Le planning de réalisation du projet

La réalisation de notre projet se déroulera selon une planification progressive répartie sur six mois. La première étape consiste en l'étude de faisabilité technique et économique, ainsi que la validation du protocole d'extraction et de déshydratation de l'encre de seiche, afin d'obtenir une poudre colorante stable et conforme aux normes. Ensuite, nous procéderons à l'identification et à la sélection des fournisseurs de matières premières (pêcheurs et ports locaux), ainsi qu'à l'acquisition des équipements de transformation à petite échelle. La troisième phase sera consacrée à la production des premiers prototypes, suivie d'une série de tests de qualité (stabilité, pouvoir colorant, innocuité). Par la suite, un travail sera engagé sur la conception du packaging, la création de la marque et l'élaboration des documents réglementaires. Enfin, une phase pilote de commercialisation sera mise en œuvre pour tester l'accueil du produit sur le marché cible, notamment auprès de restaurateurs, traiteurs et épiceries fines. Chaque étape sera suivie d'un bilan d'évaluation afin d'assurer le respect des délais, des objectifs et de la cohérence globale du projet.

Deuxième Axe

1. La nature des innovations :

- L'utilisation de l'encre de seiche, un coproduit marin souvent méconnu et sous-exploité, représente une alternative innovante et écologique aux colorants chimiques controversés. Proposent un produit original au marché culinaire de haute gamme.
- L'encre de seiche est riche en nutriments essentiels, notamment en antioxydants, peptides bioactifs et minéraux, ce qui permet d'intégrer des vertus nutritionnelles à un produit initialement destiné à la coloration.
- Intégration des procédés scientifiques comme la lyophilisation dans le processus de fabrication des colorants.

Troisième axe

1. Le segment du marché

- Le segment ciblé pour l'introduction de ce colorant alimentaire naturel inclut principalement les ménages urbains éduqués ainsi que les restaurants de haute gamme. Ces consommateurs se distinguent par une sensibilité accrue aux produits sains, durables et innovants.
- Les foyers urbains à niveau d'éducation élevé manifestent un intérêt croissant pour les ingrédients naturels, biologiques et respectueux de l'environnement, en cohérence avec des choix alimentaires plus responsables.
- Les établissements gastronomiques recherchent des colorants naturels originaux leur permettant d'apporter une valeur ajoutée esthétique et gustative à leurs créations culinaires. L'encre de seiche, par sa couleur intense, son origine marine et ses propriétés nutritionnelles, répond parfaitement à ces attentes.

•

L'enquête menée auprès de 300 participants montre un **fort potentiel de marché** pour un colorant alimentaire à base d'encre de seiche, principalement en **forme poudre**. Les consommateurs sont attirés par ses **bénéfices santé** et son **caractère naturel**, avec une préférence d'usage dans des plats comme les **pâtes** et les **saucés**. Une **large majorité (69,6 %)** est prête à payer un **prix premium**, notamment autour de **3 500 DZD**. Le produit s'intègre bien dans les **préférences culinaires italiennes et algériennes**, ce qui renforce sa pertinence locale. Ces résultats confirment la **faisabilité commerciale** du projet, à condition d'un bon **positionnement santé, naturel et gastronomique**.

➤ La taille du marché

Population de base

- Total population à Alger Centre : **75 541 habitants**

Taux d'acceptation du produit premium

- % des personnes prêtes à acheter un colorant naturel premium : 69,6 %
- $75\,541 \times 0.696 = \approx 52\,577$ clients potentiels

Focus sur le segment des produits colorés (biscuits, pâtisseries, etc.)

- Hypothèse réaliste : 30 % des clients potentiels consomment ou utilisent régulièrement des produits nécessitant des colorants.
- $52\,577 \times 0.30 = \approx 15\,773$ consommateurs intéressés par ce type de produit.
- **Part de marché ciblée**

En fonction de vos avantages différenciateurs (naturel, santé, local, durable), vous pouvez raisonnablement viser :

Part de marché visée (%)	Nombre estimé de clients
15	$\approx 2\,366$ clients
20	$\approx 3\,155$ clients

Avantages différenciateurs du colorant à base d'encre de seiche

- **Demande ciblée** : 52 577 personnes prêtes à payer un prix premium, avec une préférence pour la forme poudre (52,2 %).
- **Positionnement santé** : bénéfices nutritionnels cliniquement prouvés, un argument clé pour séduire les consommateurs premium.

2. La mesure de l'intensité de la concurrence

Le marché mondial des colorants naturels est actuellement dominé par des entreprises de grande envergure telles que :

- **Chr. Hansen** et **GNT**, qui bénéficient d'infrastructures développées et d'un portefeuille de produits particulièrement diversifié, comprenant plus de 400 références. À l'échelle locale.
- Les acteurs comme **Arômes d'Algérie** et **Aromatech Algérie** se distinguent par une connaissance fine des préférences gustatives et des habitudes alimentaires propres au marché algérien, notamment en ce qui concerne les spécialités italiennes et algériennes, fortement prisées par les consommateurs (52,2 %).
- **Nortindal**, entreprise spécialisée dans l'exploitation de l'encre de seiche, pourrait constituer un concurrent régional émergent. Toutefois, les informations disponibles à son sujet demeurent à ce jour limitées, ce qui restreint l'évaluation précise de son positionnement concurrentiel.

Présentation de la concurrence (Benchmark)

Nos principaux concurrents sont :

- **Arômes d'Algérie** est une entreprise algérienne, spécialisée depuis 1970 dans le développement, la production et la commercialisation d'arômes alimentaires de haute qualité, destinés principalement aux industries agroalimentaire et pharmaceutique. Forte de plus de 50 ans d'expérience, elle s'est imposée comme un acteur majeur du marché national, offrant une large gamme de produits parfaitement adaptés aux besoins évolutifs de ses clients.
- **Aromatech Algérie**, filiale du groupe international Aromatech implantée à Alger depuis 2002, dispose d'un laboratoire Recherche & Innovation (R&I) expérimenté, capable d'adapter et de créer des arômes sur mesure pour répondre rapidement et efficacement aux demandes spécifiques de ses clients. L'entreprise bénéficie également d'une usine de production moderne, qui assure la fabrication d'arômes liquides et en poudre, disponibles sous les statuts « naturel » ou « arôme ». Cette organisation lui permet de proposer des

solutions aromatiques innovantes et adaptées aux goûts locaux, tout en garantissant des délais de production optimisés.

- **Chr. Hansen** est un leader mondial reconnu pour ses solutions naturelles destinées à l'industrie agroalimentaire, notamment dans la production de colorants alimentaires d'origine naturelle. L'entreprise propose une vaste gamme de colorants issus de concentrés naturels de fruits et légumes, offrant une large palette de teintes vives et stables. Ces colorants se distinguent par leur excellente performance en termes de stabilité face à la lumière, à la chaleur et au pH, garantissant ainsi une qualité constante dans diverses applications alimentaires.
- **GNT** est une entreprise familiale indépendante, reconnue comme un leader mondial dans le secteur des colorants alimentaires naturels. Fondée en 1978 à Aix-la-Chapelle, en Allemagne, GNT s'est donné pour mission de créer des couleurs véritablement naturelles à partir de fruits, de légumes et de plantes, répondant ainsi à la demande croissante de solutions de coloration plus saines et durables pour l'industrie agroalimentaire.
- **Nortindal** est une entreprise spécialisée dans la production et la commercialisation d'encre de seiche naturelle, un ingrédient très apprécié en gastronomie pour sa couleur noire intense, sa texture et sa saveur marine délicate. Cette encre est utilisée pour assaisonner et cuisiner une grande variété de plats à base de poissons, riz, pâtes, pains, croquettes, et autres préparations culinaires.

Gamme des produits offerts par les concurrents

Fournisseur	Exemple de produit	Quantité proposée	Conservation	Emballage	Prix estimé*	Composition / Type
Arômes d'Algérie	Colorants naturels (ex : encre de seiche)	Variable (ex : 100 g - 1 kg)	À l'abri de la chaleur et humidité, réfrigération possible	Flacons ou sachets hermétiques	Moyen (dépend du type naturel)	Colorant naturel, extrait d'encre de seiche
Aromatech Algérie (LABOREF, LAPRODA)	Colorants alimentaires industriels	Souvent en poudre ou liquide, 100 g à plusieurs kg	Stockage au sec, température ambiante	Flacons, sachets ou bidons	Moyen à élevé selon formulation	Colorants naturels et synthétiques, adaptés industrie alimentaire
Chr. Hansen (gamme FruitMax)	FruitMax colorants naturels	1 kg à 25 kg (usage industriel)	Conservation à température ambiante, longue durée	Sacs ou seaux industriels	Élevé (produit premium naturel)	Colorants naturels à base de fruits et légumes
GNT (EXBERRY)	EXBERRY Natural Color	1 kg à 20 kg (usage industriel)	Conservation à température ambiante, à l'abri de l'humidité	Sacs ou seaux hermétiques	Élevé (colorant naturel concentré)	Colorants naturels extraits de fruits et légumes
Nortindal	Encre de seiche naturelle	100 g à 1 kg	Réfrigération recommandée	Flacon ou sachet scellé	Moyen	Colorant naturel à base d'encre de seiche

3. La stratégie de marketing

Présentation de la charte de notre entreprise

- **Mission** : "Transformer un déchet marin en or nutritionnel".
- **Valeurs** : Innovation, durabilité, santé.

Le produit et ses caractéristiques

- Poudre déshydratée d'un noir intense, proposée en formule 100 % naturelle ou bien associée dans sa composition avec de l'alginate de sodium (à des proportions de 20 % et 80 %). Conditionnée dans un sachet blanc élégant distingué par une petite fenêtre transparente, qui laisse entrevoir la fine poudre noire à l'intérieur, symbole de son origine marine et de sa pureté. Ce packaging allie esthétique et fonctionnalité, assurant une protection contre l'humidité, la lumière et l'air, tout en permettant de visualiser facilement le produit. Il est proposé en différentes quantités allant de 20 g à 1 kg.
- **Atouts** : Couleur noire intense, oméga 3/6, longue conservation

Formules et prix

- Prix de **20 g** d'encre importée : **20 €**

- Taux de change approximatif actuel (juillet 2025) :
1 € ≈ 145 DA (le taux peut varier légèrement selon le marché, mais nous utiliserons cette valeur courante)

- **Conversion en Dinar Algérien (DA) :**

[Équation]

$$20€ \times 145 \text{ DA}/€ = 2900 \text{ DA}$$

- **2. Calcul du prix par gramme :**

[Équation]

$$2900 \text{ DA} \div 20 \text{ g} = 145 \text{ DA/g}$$

- Plusieurs facteurs renforcent cette position :

Réduction des coûts logistiques et douaniers : Grâce à un approvisionnement local en matière première (partenariats avec des pêcheries de Jijel, Mostaganem), les frais d'importation sont évités.

Maîtrise de la transformation : Le procédé de séchage, d'extraction et de formulation est optimisé en interne, ce qui permet de proposer une offre compétitive.

Segmentation stratégique : Deux formules sont proposées :

- 🕒 **Formule 100 % encre de seiche** (premium)
- 🕒 **Formule mixte (encre + alginate de sodium)**, à des proportions de 20/80 %, plus économique.

Stratégie de communication (Promotion)

- Voie Indirecte : publicité sur la télévision, Recettes vidéo (pâtes noires, sauces), Panneaux publicitaire,
- Voie Directe : participer à des Événements culinaire ou gourmet, Organiser des animations, dégustations et ateliers pour faire découvrir le produit

Stratégie de placement

On va se reposer sur les marchés locaux :

Alger, Oran (supermarchés Carrefour, épiceries bio).

Stratégie de distribution

- Cibler les magasins spécialisés bio.
- Collaborer avec des grossistes et distributeurs spécialisés.
- Établir un circuit court Partenariats avec pêcheries (Jijel, Mostaganem).
- Plateforme e-commerce dédiée.

Quatrième axe

1. Le processus de fabrication

Notre unité de fabrication produit un colorant alimentaire sous forme de poudre déshydratée, extrait et traité à partir des poches d'encre prélevées sur des individus du genre *Sepia*, commercialisé au niveau des pêcheries locales. Ce colorant alimentaire naturel, très puissant, confère une couleur noir charbon caractéristique ainsi qu'une légère saveur iodée discrète. Selon la réglementation européenne, il est considéré comme un ingrédient naturel, et non comme un additif colorant de synthèse, ce qui explique l'absence de numéro E attribué.

Récolte :

Prélever la poche d'encre des seiches fraîchement pêché, ensuite les stocker dans un endroit frais comme la salle froide, puis déplacer la cargaison dans un camion réfrigérer jusqu'au laboratoire de travail.

Préparation :

Ouvrir la membrane des poches récupérer l'encre qui se trouve sous forme d'une pâte mole noir dans des flacon de petite taille avec grande ouverture, les positionner dans le lyophilisateur pendant une durée de 48h pour éliminer l'eau présente afin d'obtenir une poudre l'lyophiliser.

Formes finales proposées :

- **Formule 100 % naturelle** : poudre pure d'encre de seiche.
- **Formule technique** : poudre enrichie en **alginate de sodium**, à hauteur de **20 %**, afin d'optimiser certaines propriétés technologiques (gélification, stabilisation, solubilité).

Conditionnement :

Le produit est emballé dans un papier Craft, **opaques et blancs**, conçus pour protéger contre la lumière, l'humidité et l'air. Ces emballages sont proposés en **différents formats** : de **20 g à 1 kg**,

selon le profil du client (particulier ou professionnel).

La matière première :

- Poches d'encre prélever de Seiche fraîchement pêcher contenant environ de 20ml a 40ml d'encre
- Encre de *Sepia officinalis* (pêchée à Jijel), riche en Mélanine possédant aussi dans sa composition des Oméga 3 et 6

2. L'approvisionnement

Nous collaborerons directement avec des pêcheries artisanales situées dans les ports de Jijel et Mostaganem, spécialisées dans la capture d'espèces du genre *Sepia*.

Des accords seront établis avec les pêcheurs pour la récupération des poches d'encre fraîches, qui constituent habituellement un sous-produit non valorisé.

L'approvisionnement sera planifié en fonction des périodes de pêche, en tenant compte de la saisonnalité et des volumes capturés, la matière première sera rapidement acheminée vers notre unité de traitement, où elle sera réfrigérée, analysée puis transformée dans des délais courts pour préserver sa qualité.

Cette stratégie d'approvisionnement local et direct présente l'avantage de réduire les coûts logistiques, de soutenir les filières halieutiques régionales et d'assurer la traçabilité du produit final.

3. La main d'œuvre

- Le projet prévoit la création d'une équipe opérationnelle adaptée aux exigences techniques, sanitaires et commerciales liées à la production et à la distribution du colorant alimentaire naturel. En phase initiale, **trois techniciens de production** seront recrutés pour assurer les étapes clés du processus : extraction, déshydratation et conditionnement de l'encre de seiche. Ces profils auront une formation en transformation agroalimentaire ou en biotechnologie marine.
- Un **agent en assurance qualité et sécurité** sera chargé du contrôle permanent des conditions d'hygiène, de la traçabilité, de la conformité réglementaire et de la gestion documentaire liée à la sécurité sanitaire des aliments. Sur le plan commercial.
- **Deux agents** seront affectés à la prospection, à la relation client et à la gestion des commandes, en particulier auprès des restaurateurs et distributeurs spécialisés.
- **Un agent de sécurités** affecté à la surveillance du site et un **agent d'entretien** assurera l'hygiène des locaux pour garantir un environnement de travail sain et sécurisé.

À moyen terme, l'équipe pourra être renforcée selon la montée en charge de la production.

4. Les principaux partenaires :

- Le ministère de la Pêche et des Productions halieutiques.
- Pêcheries locales (Port de pêche de Jijel, Wilaya de Mostaganem...).
- Le Ministère du Commerce.
- École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.
- Banque Algérienne de Développement (BADR).
- Fonds National d'Investissement (FNI).
- LABOMASTER Algérie.

Cinquième axe

Dans tous les tableaux ci-dessous, les montants sont exprimés en **milliers de dinars (kDA)**. Cette conversion (suppression de trois zéros) permet une lecture plus fluide et une comparaison simplifiée entre les différentes lignes de coût.

1. Les couts et les charges

Le modèle économique de notre unité de production repose sur une évaluation rigoureuse des charges fixes et variables. Ces coûts sont classés comme suit :

Investissements et financements	
Projet :	<i>Nero touch</i>
Porteur de projet :	<i>LAMARI Nour Djihene</i>
INVESTISSEMENTS	Montant € hors taxes
Immobilisations incorporelles	250,00
<i>Frais d'établissement</i>	250,00
<i>Frais de notaire ou d'avocat</i>	
Immobilisations corporelles	22 900,00
<i>Enseigne et éléments de communication</i>	
<i>Achat immobilier</i>	3 000,00
<i>Travaux et aménagements</i>	3 500,00
<i>Matériel</i>	16 000,00
<i>Matériel de bureau</i>	400,00
Stock de matières et produits	1 000,00
Trésorerie de départ	7 000,00
TOTAL BESOINS	31 150,00

2. Le chiffre d'affaires

Le **chiffre d'affaires (CA)** représente le **montant total des ventes de biens ou de services** réalisées par une entreprise sur une période donnée (généralement une année), **hors taxes**. Il constitue un indicateur clé de la performance commerciale de l'entreprise.

Projet : <i>Nero touch</i>				
Porteur de projet : <i>LAMARI Nour Djihene</i>				
	Année 1	Année 2	Année 3	
Produits d'exploitation	36 480,00	41 222,40	47 405,76	
<i>Chiffre d'affaires HT</i>	<i>36 480,00</i>	<i>41 222,40</i>	<i>47 405,76</i>	
<i>Chiffre d'affaires HT autres</i>	-	-	-	
Charges d'exploitation	21 888,00	24 733,44	28 443,46	
<i>Achats consommés</i>	<i>21 888,00</i>	<i>24 733,44</i>	<i>28 443,46</i>	
Marge brute	14 592,00	16 488,96	18 962,30	
Charges externes	4 930,00	5 455,00	5 990,00	
<i>Assurances</i>	<i>300,00</i>	<i>350,00</i>	<i>400,00</i>	
<i>Téléphone, internet</i>	<i>30,00</i>	<i>35,00</i>	<i>40,00</i>	
<i>Autres abonnements</i>	-	-	-	
<i>Carburant, transports</i>	<i>800,00</i>	<i>850,00</i>	<i>900,00</i>	
<i>Frais de déplacement et hé</i>	-	-	-	
<i>Eau, électricité, gaz</i>	<i>500,00</i>	<i>600,00</i>	<i>700,00</i>	
<i>Mutuelle</i>	-	-	-	
<i>Fournitures diverses</i>	<i>100,00</i>	<i>120,00</i>	<i>150,00</i>	
<i>Entretien matériel et vête</i>	<i>200,00</i>	<i>300,00</i>	<i>400,00</i>	
<i>Nettoyage des locaux</i>	-	-	-	
<i>Budget publicité et commu</i>	-	-	-	
<i>Loyer et charges locatives</i>	<i>3 000,00</i>	<i>3 200,00</i>	<i>3 400,00</i>	
<i>Expert comptable, avocats</i>	-	-	-	
	-	-	-	
	-	-	-	
Valeur ajoutée	9 662,00	11 033,96	12 972,30	
Impôts et taxes	-	-	-	
Salaires employés	1 500,00	1 500,00	1 500,00	
<i>Charges sociales employés</i>	<i>1 080,00</i>	<i>1 080,00</i>	<i>1 080,00</i>	
Prélèvement dirigeant(s)	1 000,00	1 000,00	1 000,00	
<i>Charges sociales dirigeant(s)</i>	<i>1 103,00</i>	<i>1 103,00</i>	<i>1 103,00</i>	
Excédent brut d'exploitati	4 979,00	6 350,96	8 289,30	
<i>Frais bancaires, charges fin</i>	-	-	-	
<i>Dotations aux amortissem</i>	<i>2 315,00</i>	<i>2 315,00</i>	<i>2 315,00</i>	
Résultat avant impôts	2 664,00	4 035,96	5 974,30	
<i>Impôt sur les sociétés</i>	<i>399,60</i>	<i>605,39</i>	<i>896,15</i>	
Résultat net comptable (ri	2 264,40	3 430,57	5 078,16	

3. Le plan de trésorerie

Le compte de résultat prévisionnel (ou escompté) est un document comptable qui permet d'estimer, sur une période donnée (généralement une année), le résultat net prévisionnel de l'entreprise.

Il permet de prévoir la trésorerie disponible, d'anticiper les besoins de financement, et de piloter la gestion financière.

Budget prévisionnel de trésorerie

Projet : Néro touch
 Porteur de projet : LAMAROU Nour D'Yves

Première année

	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5
Apport personnel	12 400,00				
Emprunts	-				
Subventions	18 750,00				
Autres financements					
Ventes	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00
Ventes autres services					
Chiffre d'affaires (total)	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00
Immobilisations incorporelles	250,00				
Immobilisations corporelles	23 900,00				
Immobilisations (total)	24 150,00				
Acquisition stocks	1 000,00				
Échéances emprunt					
Achats de marchandises	1 824,00	1 824,00	1 824,00	1 824,00	1 824,00
Charges externes	410,83	410,83	410,83	410,83	410,83
Impôts et taxes					
Salaires employés	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00
Charges sociales employés	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Prélèvement dirigeant(s)	83,33	83,33	83,33	83,33	83,33
Charges sociales dirigeant(s)	91,92	91,92	91,92	91,92	91,92
Total charges de personnel	390,25	390,25	390,25	390,25	390,25
Frais bancaires, charges financières					
Total des décaissements	26 775,08	2 625,08	2 625,08	2 625,08	2 625,08
Total des encaissements	34 150,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00
Solde précédent	-	7 414,92	7 829,83	8 244,75	8 659,67
Solde du mois	7 414,92	414,92	414,92	414,92	414,92
Solde de trésorerie (cumul)	7 414,92	7 829,83	8 244,75	8 659,67	9 074,58

Budget prévisionnel de trésorerie (suite)

Projet : Néro touch
 Porteur de projet : LAMAROU Nour D'Yves

	Mois 6	Mois 7	Mois 8	Mois 9	Mois 10	Mois 11	Mois 12	TOTAL
Apport personnel								12 400,00
Emprunts								-
Subventions								18 750,00
Autres financements								-
Ventes	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	36 480,00
Ventes autres services								-
Chiffre d'affaires (total)	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	36 480,00
Immobilisations incorporelles								250,00
Immobilisations corporelles								23 900,00
Immobilisations (total)								24 150,00
Acquisition stocks								1 000,00
Échéances emprunt								-
Achats de marchandises	1 824,00	1 824,00	1 824,00	1 824,00	1 824,00	1 824,00	1 824,00	21 888,00
Charges externes	410,83	410,83	410,83	410,83	410,83	410,83	410,83	4 930,00
Impôts et taxes								-
Salaires employés	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	1 500,00
Charges sociales employés	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	1 080,00
Prélèvement dirigeant(s)	83,33	83,33	83,33	83,33	83,33	83,33	83,33	1 000,00
Charges sociales dirigeant(s)	91,92	91,92	91,92	91,92	91,92	91,92	91,92	1 103,00
Total charges de personnel	390,25	390,25	390,25	390,25	390,25	390,25	390,25	4 683,00
Frais bancaires, charges financières								-
Total des décaissements	2 625,08	2 625,08	2 625,08	2 625,08	2 625,08	2 625,08	2 625,08	55 651,00
Total des encaissements	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	3 040,00	37 430,00
Solde précédent	9 074,58	9 489,50	9 904,42	10 319,33	10 734,25	11 149,17	11 564,08	87 430,00
Solde du mois	414,92	414,92	414,92	414,92	414,92	414,92	414,92	4 930,00
Solde de trésorerie (cumul)	9 489,50	9 904,42	10 319,33	10 734,25	11 149,17	11 564,08	11 979,00	-

Sixième axe

Le prototype



Poudre d'encre de seiche.



Pasta à la base d'encre de seiche.