



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID --TLEMEN-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers  
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون

Département d'Ecologie Et Environnement  
Laboratoire : Valorisation des actions de l'homme pour la protection de  
l'environnement et application en santé publique

Mémoire présenté par

*Mme AMARA Lamia ep ABDI*

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER

Filière: Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Sciences de la Mer

Thème :

L'EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES  
A PARTIR D'UNE ALGUE MARINE

Soutenu le : Juillet 2024, devant le jury composé de :

Président : Mr MAHI Abdelhakim	MCA	Université de Tlemcen
Examineur : Mr BOUKLI HACENE Ahmed Sofiane	MAA	Université de Tlemcen
Encadreur : Mr BENDIMERAD Mohammed El Amine	MCA	Université de Tlemcen

Année universitaire : 2023-2024

## **Remerciements**

Avant tout, je remercie Allah le tout puissant de m'avoir donné le courage, La force, la volonté et la patience de réaliser ce travail.

Je remercie en premier lieu mon encadreur Mr BENDIMERAD Mohammed El Amine, Maitre de conférences à la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers – Université de Tlemcen qui a accepté de m'encadrer et de diriger ce travail. Je le remercie pour sa patience, son aide très précieuse et ses corrections sérieuses. Aussi Mr MAHI Abdelhakim Maitre de conférences à la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers – Université de Tlemcen pour avoir accepté de présider le Jury, sans oublier Mr BOUKLI HACENE Ahmed Sofiane Maitre-assistant à la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers – Université de Tlemcen d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je tiens également à remercier tous les étudiants de notre promotion et à tous nos enseignants de la Faculté des Sciences de la Nature et de la vie.

## **Dédicaces**

*À ma mère, pour son soutien constant,  
À mon père, mes frères et ma sœur,  
À toute ma famille,*

*À mes amies,  
Et tout particulièrement à mon mari Réda,  
Pour son soutien incommensurable,*

*À mes professeurs,  
Notamment Mme Borsali pour ses corrections,  
Et Mme Bekhchi, pour son aide précieuse et pour m'avoir offert  
l'accès à son laboratoire,*

*Merci à mon mentor Youcef Naimi,  
Pour son aide précieuse.*

## **Résumé**

Ce mémoire examine le processus d'extraction des huiles essentielles de l'algue verte *Ulva lactuca*, également connue sous le nom de laitue de mer, en utilisant la méthode traditionnelle d'hydrodistillation. Les huiles essentielles sont des composés volatils appréciés dans diverses industries pour leurs propriétés aromatiques, antimicrobiennes et antioxydantes. Néanmoins, l'extraction de ces composés à partir d'algues marines, notamment l'Ulve, est encore peu explorée. L'objectif est d'identifier les méthodes optimales pour extraire les huiles essentielles de l'*Ulva lactuca*, analyser la composition chimique des huiles essentielles extraites et évaluer les propriétés et applications potentielles des huiles essentielles. Cette algue a été récoltée, lavée et découpée avant d'être soumise au processus d'hydrodistillation. Les résultats ont démontré que seul un hydrolat a été obtenu, sans présence d'huiles essentielles, qui peut être dû à la faible teneur en huiles essentielles dans les algues ou à la nature hydrosoluble de leurs composés volatils.

**Mots clés** : Algues marines – *Ulva lactuca* – Hydrodistillation Honaine – Ghazaouet.

**Abstract:**

This dissertation examines the process of extracting essential oils from the green alga *Ulva lactuca*, also known as sea lettuce, using the traditional method of hydrodistillation. Essential oils are volatile compounds valued in various industries for their aromatic, antimicrobial and antioxidant properties. However, the extraction of these compounds from marine algae, particularly *Ulva*, is still little explored. The objective is to identify the optimal methods for extracting essential oils from *Ulva lactuca*, analyzing the chemical composition of the extracted essential oils and evaluating the properties and potential applications of the essential oils. This algae was harvested, washed and cut before being subjected to the hydrodistillation process. The results demonstrated that only a hydrosol was obtained, without the presence of essential oils, which may be due to the low content of essential oils in the algae or to the water-soluble nature of their volatile compounds.

**Keywords :** Marine algae – *Ulva lactuca* – Hydrodistillation – Honaine – Ghazaouet.

## ملخص

تتناول هذه الأطروحة عملية استخلاص الزيوت العطرية من الطحالب الخضراء أولفا لاكتوكا، والمعروفة أيضاً باسم الخس البحري، باستخدام الطريقة التقليدية للتقطير المائي. الزيوت الأساسية هي مركبات متطايرة يتم تقدير قيمتها في مختلف الصناعات لخصائصها العطرية والمضادة للميكروبات ومضادات الأكسدة. ومع ذلك، فإن استخلاص هذه المركبات من الطحالب البحرية، وخاصة أولفا، لم يتم استكشافه بعد. الهدف هو تحديد الطرق المثلى لاستخلاص الزيوت العطرية من أولفا لاكتوكا، وتحليل التركيب الكيميائي للزيوت العطرية المستخرجة وتقييم الخصائص والتطبيقات المحتملة للزيوت الأساسية. تم حصاد هذه الطحالب وغسلها وتقطيعها قبل إخضاعها لعملية التقطير المائي. وأظهرت النتائج أنه تم الحصول على هيدروسول فقط، دون وجود الزيوت الأساسية، والذي قد يكون بسبب انخفاض محتوى الزيوت الأساسية في الطحالب أو إلى طبيعة مركباتها المتطايرة القابلة للذوبان في الماء.

**الكلمات المفتاحية** الطحالب البحرية – *Ulva lactuca* – التقطير المائي هنين – الغزوات.

## Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des Figures	
Liste des tableaux	
Introduction .....	1
<b>Chapitre 1 : Définition et Origine des Algues</b> .....	<b>3</b>
I.1. Définition des algues .....	3
I.2. Les types des algues : .....	4
I.3. Reproduction .....	9
I.3.1. Composition chimique.....	11
I.3.2. Fraction minérale.....	11
I.3.3. Les polysaccharides.....	12
I.3.4. Les protéines.....	12
I.3.5. Les lipides.....	12
I.3.6. Les vitamines.....	12
I.3.7. Les caroténoïdes .....	13
I.3.8. Les polyphénols.....	13
I.4. Caractéristique de l'Ulva lactuca .....	13
I.4.1. Identification et caractéristiques.....	15
<b>Chapitre 2 : Matériels et méthode</b> .....	<b>19</b>
1.Histoire et Culture .....	20
2. Méthodologie et matériels .....	22
2.1 Collecte des Échantillons.....	22
2.2 Lavage et Séchage. ....	22
2.3 Extraction d'Huile .....	22
2.4 Analyse .....	23

2.5 Conclusion.....	23
3. Le hachis et le séchage.....	23
3.1 Extractions dans les solvants.....	23
3.2 Distillation sèche.....	23
4.Équipement et Matériel.....	25
5.Procédure détaillé.....	29
6.Collecte des Huiles Essentielles.....	30
6.1 Séparation et Collecte.....	30
6.2 Post-traitement et Stockage.....	30
6.3 Surveillance et Contrôle de Qualité.....	31
7.Méthode d'Extraction par la Vapeur (Hydrodistillation).....	31
7.1 Principe de l'Hydrodistillation.....	32
7.2 Équipement et Matériel Requis.....	32
7.3 Procédure Détaillée.....	32
7.4 Avantages de l'Hydrodistillation.....	36
<b>Chapitre 03 : Résultat et discussions.....</b>	<b>38</b>
1. ExplicationDétaillée.....	38
<b>Conclusion.....</b>	<b>40</b>
<b>References bibliographiques.....</b>	<b>41</b>

## Liste des Figures

<b>Figure 1:</b> Les algues brunes (phéophytes).....	7
<b>Figure 2:</b> Les algues brunes (phéophytes).....	7
<b>Figure 3:</b> Dulse ou goémon à vache ( <i>Palmaria palmata</i> ) .....	7
<b>Figure 4:</b> Grateloupe ( <i>Grateloupia turuturu</i> ) .....	8
<b>Figure 5:</b> Ulva du latin [ulva] = herbe. lactuca : du latin [lactuca] = laitue de mer. ....	8
<b>Figure 6:</b> Ulva lactuca .....	9
<b>Figure 7:</b> Cycle de reproduction d'Ulva lactuca .....	10
<b>Figure 8:</b> algue verte ( <i>Ulva lactuca</i> ).....	15
<b>Figure 9:</b> Images microscopiques d'Ulva lactuca C .Agardh. (Le goff T.).....	15
<b>Figure 10:</b> Carte représentative de la distribution mondiale de l'algue verte <i>Ulva lactuca</i> (Facility 2013) .....	16
<b>Figure 11:</b> point de collecte (ph.Google earth).....	20
<b>Figure 12:</b> Baie de Honaine (ph.orig.2024).....	21
<b>Figure 13:</b> Collecte de l'Ulve (ph.orig.2024) .....	21
<b>Figure 14:</b> Collecte d'algues (ph.orig.2024) .....	22
<b>Figure 15:</b> La valorisation des algues marines .....	24
<b>Figure 16:</b> Distillation sèche.....	24
<b>Figure 17:</b> Nettoyage d'algues. (ph.orig.2024) .....	25
<b>Figure 18:</b> Matière Broyée (ph.orig.2024) .....	26
<b>Figure 19:</b> préparation du ballon de distillation (ph.orig.2024) .....	27
<b>Figure 20:</b> ballon de distillation, matière végétale (ph.orig.2024) .....	27
<b>Figure 21:</b> Flacon (ph.orig.2024) .....	28
<b>Figure 22:</b> Alambic (ph.orig.2024).....	33
<b>Figure 23:</b> opération de distillation(ph.orig.2024).....	34
<b>Figure 24:</b> Résultat Hydrolat (ph.orig.2024).....	35

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Règles de nomenclature des algues.....	4
<b>Tableau 2:</b> Caractéristiques importantes des groupes d'algues .....	5
<b>Tableau 3:</b> Composition en acide amines totaux chez <i>Ulva lactuca</i> .....	14

# Introduction

---

## Introduction

Bien que souvent considérées comme de simples plantes marines, les algues jouent un rôle vital dans les écosystèmes aquatiques et ont de nombreuses applications, notamment dans l'alimentation et la pharmacologie. Ce mémoire se penche sur les algues et leurs huiles essentielles, en mettant en lumière leurs propriétés physico-chimiques et leurs utilisations potentielles.

Objectif du Mémoire, ce mémoire a pour objectif principal d'explorer et de documenter les méthodes d'extraction des huiles essentielles d'algues, d'analyser leurs propriétés physico-chimiques, et d'examiner leurs applications potentielles dans différents domaines. Une attention particulière sera accordée à l'algue *Ulva lactuca*, utilisée comme étude de cas pour illustrer ces aspects, et la Structure du Mémoire est organisé en trois chapitres principaux, chacun abordant des thèmes spécifiques :

Dans la première partie, le chapitre 01 : ce définit les algues, examine leur origine et leur classification taxonomique. Un tableau synthétique des règles de nomenclature des algues sera également présenté. Cette section a pour but de fournir une base théorique solide pour les chapitres suivants.

Dans la deuxième partie, le chapitre 02 : Extraction des Huiles Essentielles, ce chapitre détaille les méthodes d'échantillonnage et d'identification des algues, ainsi que les diverses techniques d'extraction des huiles essentielles. Les équipements et protocoles nécessaires pour une extraction efficace seront décrits, et les huiles extraites seront caractérisées en termes de leurs propriétés physico-chimiques.

Et la dernière partie c'est le chapitre 03 : Applications et Étude des résultats, explore les applications des huiles essentielles d'algues dans les secteurs des cosmétiques, de la pharmacie et de l'alimentation. Une étude de cas détaillée sur *Ulva lactuca* sera également présentée, incluant les analyses chromatographiques des huiles extraites, en clôturant par une discussions et une conclusion.

En conclusion, ce mémoire vise à mettre en évidence l'importance des algues dans divers domaines d'application et à offrir une compréhension approfondie des méthodes d'extraction et de caractérisation des huiles essentielles d'algues.

**Chapitre 01**  
**Définition et Origine des Algues**

## Chapitre 1 : Définition et Origine des Algues

### I.1. Définition des algues

Les algues, également appelées phycophytes (du grec 'phukos' signifiant algue et 'phuton' signifiant plante), sont des thallophytes chlorophylliens, c'est-à-dire des organismes photosynthétiques (**Roland *et al*, 2008**). Leur structure végétative, le thalle, se distingue des plantes supérieures qui possèdent des tiges, des feuilles et des racines (**Payri, 2021**). Ce sont des eucaryotes autotrophes, pouvant être unicellulaires ou multicellulaires, avec un thalle très diversifié, parfaitement adaptées aux environnements aquatiques (**Reynaud, 2011**). Écologiquement, elles représentent le premier maillon des chaînes alimentaires, étant les principaux producteurs dans les océans et les mers (**Roland *et al*, 2008**). Les algues constituent un groupe taxonomique diversifié, englobant des organismes aquatiques simples ainsi que ceux vivant dans des environnements humides comme les surfaces rocheuses mouillées, les troncs d'arbres, les monticules de mousse ou les sols humides. Elles possèdent des structures reproductrices non protégées (**Michael, 2006**).

### Origine des algues :

Selon **Amandine (2017)**, les premières algues sont apparues dans des atmosphères pauvres en oxygène. Leur photosynthèse a augmenté les niveaux d'O<sub>2</sub> dans l'air et diminué le CO<sub>2</sub>. Ce processus a précédé l'apparition des cellules eucaryotes. Les conditions favorables à la vie végétale et animale, notamment une atmosphère où le CO<sub>2</sub> est fixé et l'O<sub>2</sub> rejeté, sont en grande partie attribuées à l'action des microalgues.

### Taxonomie :

Les algues sont classées selon leurs pigments en embranchements ou phylums (terminaison : Phytes en français ou Phyta en latin), tels que les chlorophyta ou les charophyta. Selon les données systématiques et le code international de nomenclature botanique (**Tableau 1**), ces embranchements sont ensuite subdivisés en classes (terminaison : Phycée ou Phyceae), comme les Rhodophyceae, qui se décomposent en

ordres (terminaison : Ales) basés sur des critères structuraux, par exemple les Charales. Ensuite viennent les familles (terminaison : Acées ou Aceae), regroupant des genres qui se divisent en espèces, comme les Cladophoraceae.

**Tableau 1:** Règles de nomenclature des algues (Darribère et al, 2002).

Rang du taxon	Algues	Champignons	Embryophytes
Division (embranchement ou phylum)	-phyta	-mycota	-phyta
Classe	-phyceae	-mycetes	-opsida
Sous-classe	-phycidae	-mycetidae	-idae
Famille	-aceae	-aceae	Aceae
Sous-famille	-oideae	-oideae	-oideae
Tribu	-eae	-eae	-eae
Sous-tribu	-inae	-inae	-inae

**I.2. Les types des algues :**

**Introduction :**

Les algues sont des organismes vivants capables de photosynthèse produisant de l'oxygène et leur cycle de vie se déroule généralement dans les environnements aquatiques. Basés sur les pigments et les réserves nutritionnelles, ils se répartissent en plusieurs groupes principaux :

**1. Chlorophytes :**

- o Pigments : chlorophylle a et c
- o Réserves nutritionnelles : diverses

o Écologie : milieu aquatique riche, y compris les zones côtières et les eaux douces

**2. Algues brunes (Phaeophyceae) :**

o Pigments : chlorophylle a et c, fucoxanthine

o Réserve nutritionnelle : laminarine

o Écologie : Peu abondant sur les plaines et les pentes, mais forme des communautés spécifiques sur les pentes extérieures à une profondeur de 60 à 70 m

**3. Algues rouges (Rhodophycées) :**

o Pigments : chlorophylle a et d, phycoérythrine, phycocyanine

o Réserve nutritionnelle : amidon rouge ou amidon florideen

o Ecologie : Ils vivent partout dans tous les types d’habitat même dans les zones les plus profondes et les moins éclairées.

Ces populations se caractérisent par des différences dans leur composition chimique, leur structure cellulaire et l'organisation de leurs frondes. Les algues sont présentes dans tous les océans, à toutes les latitudes et à toutes les profondeurs enregistrées, et constituent une ressource importante pour les industries alimentaire, pharmaceutique et cosmétique, ainsi qu'une valeur culturelle pour certaines espèces.

On a résumé ces différentes caractéristiques les plus importantes des grands groupes au niveau du tableau .2.

**Tableau 2:**Caractéristiques importantes des groupes d’algues (**Géraldine et Céline, 2009**)

<b>Embranchement (Règne)</b>	<b>Nom commun</b>	<b>Nombre d’espèces</b>	<b>Pigments</b>
<b>Chlorophytes (Protistes)</b>	Algues vertes	7500	Chlorophylle (a,b) Xanthophylles Carotene
<b>Phéophytes (plantes)</b>	Algues brunes	1500 d’espèces	Chlorophyllr (a,c) Carotene

<p><b>Phéophytes (plantes)</b></p>	<p>Algues rouges</p>	<p>3900 d'espèces</p>	<p>Chlorophylle (a,b) Xanthophylles Carotene Zéaxanthine Phycocyanine C Phycoérythrine</p>
<p><b>Phéophytes (plantes)</b></p>	<p>Algues bleues</p>	<p>15000 d'espèces</p>	<p>Chlorophyllr (a) Allophycocyan ines Phycocyanine Phycoérythrine Phycoérythrocy anine</p>

**1-Les algues brunes (phéophytes) :**

Sont presque exclusivement marines car elles ne sont connues que quelques espèces d'eau douce. Elles sont très abondantes sur les côtes rocheuses où ils poussent dans la zone littorale (la zone allant du point de pleamar au point de bajamar) et sous-littoral, en particulier dans des eaux froides agitées et bien aérées

Les algues brunes sont d'importants producteurs primaires dans ces zones côtières, où ils se forment de véritables « forêts » sous-marines qui constituent un environnement très favorable pour de nombreux animaux marins (vertébrés et invertébrés) .



**Figure 1:** Les algues brunes (phéophytes)



**Figure 2:** Les algues brunes (phéophytes)

## 2- LES ALGUES ROUGES :

Les algues rouges (division Rhodophyta), une espèce parmi quelque 6 000 espèces d'algues principalement marines, souvent présente sur d'autres plantes du rivage. Leur aire morphologique comprend des thalles filamenteux, ramifiés, à plumes et en forme de feuilles. La taxonomie du groupe est controversée, et l'organisation de la division Rhodophyta peut ne pas refléter avec précision la phylogénie (relations évolutives) de ses membres.

### Le cycle de vie de l'algue rouge *Polysiphonia*

Chez la plupart des espèces, les connexions protoplasmiques minces assurent la continuité entre les cellules. Leur couleur habituelle rouge ou bleue résulte d'un masquage de la chlorophylle par les pigments de phycobiline (phycoérythrine et phycocyanine).



**Figure 3:** Dulse ou goémon à vache (*Palmaria palmata*)

Algue formant des touffes denses d'une cinquantaine de centimètres. Elle se récolte toute l'année avec une préférence au printemps et à l'automne.

Photo : Les jardins de la mer, Le Croisic



**Figure 4:** Grateloupe (*Grateloupia turuturu*)

Algue pouvant mesurer plus d'1 m. Espèce japonaise introduite en France accidentellement. Sa commercialisation n'est pas autorisée en France mais elle est consommée en Asie.



**Figure 5:** Ulva du latin [ulva] = herbe. lactuca : du latin [lactuca] = laitue de mer.

### 3-Les algues vertes :

Les « algues vertes » constituent le groupe d'algues le plus diversifié, avec plus de 7000 espèces qui poussent dans une variété d'habitats. Les « algues vertes » sont un groupe paraphylétique car elles excluent les Plantes. Comme les plantes, les algues vertes contiennent deux formes de chlorophylle, qu'elles utilisent pour capter l'énergie lumineuse afin d'alimenter la fabrication de sucres, mais contrairement aux plantes, elles sont principalement aquatiques. Parce qu'ils sont aquatiques et qu'ils fabriquent

leur propre nourriture, ces organismes sont appelés « algues », avec certains membres des Chromista, des Rhodophyta et des bactéries photosynthétiques, même s'ils ne partagent pas de relation étroite avec aucun de ces groupes. Elles sont de formes très variées, uni-ou pluricellulaires. Leurs plastes sont colorés en vert par les chlorophylles a et b, auxquelles sont associés des carotènes et des xanthophylles.

La photosynthèse permet la formation d'amidon, comme pour les plantes supérieures, la plupart des algues vertes vivent en eau douce ou en milieux marins, mais certaines espèces peuvent également se développer sur terre. Elles jouent un rôle important dans l'oxygénation des eaux, favorisant ainsi la vie animale (**Garon-Lardiere, 2004**).



**Figure 6:**Ulva lactuca

### **I.3. Reproduction**

Les algues, en général, se multiplient par voie végétative. Cependant, durant leur cycle de vie, qui culmine au printemps et en été, l'ulve alterne entre deux générations ayant une morphologie similaire mais un nombre de chromosomes différent (**Faller H. 2011**).

La reproduction asexuée commence par la division du thalle, produisant des organismes identiques appelés sporophytes, qui sont diploïdes. Après la méiose, des zoospores à quatre flagelles sont formées, donnant naissance à des gamétophytes mâles et femelles haploïdes, qui produisent à leur tour des gamètes biflagellés (Faller H. 2011; Garon-Lardiere S. 2004; Pettett P. 2009).

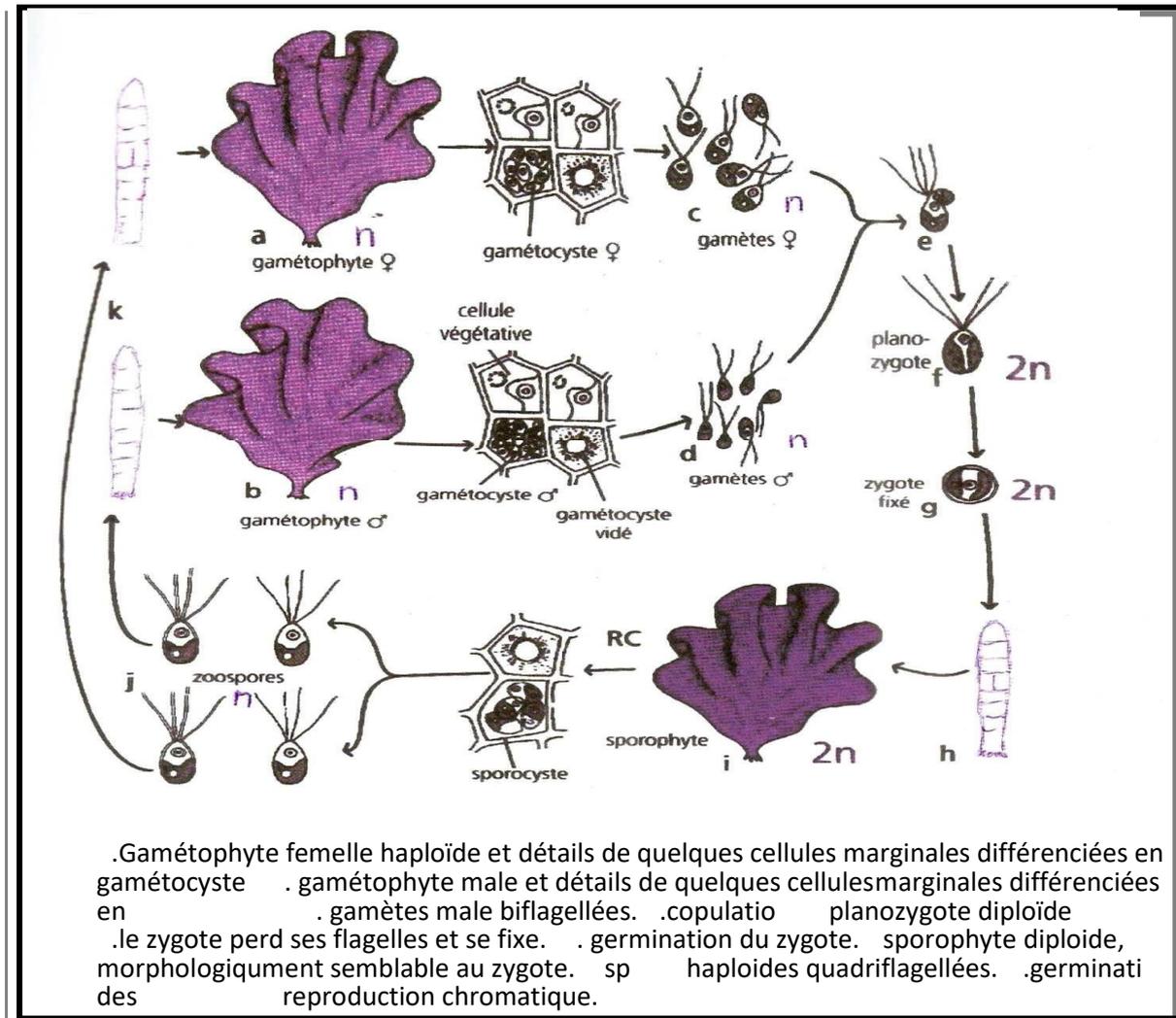


Figure 7: Cycle de reproduction d'*Ulva lactuca* (De Riviers, 2002)

La reproduction sexuée se réalise par l'union de deux gamètes, créant un zygote diploïde ( $2N$ ) (Garon-Lardiere S. 2004). Chez les espèces du genre *Ulva*, jusqu'à 60 % de leur biomasse est dédiée à la reproduction grâce à la grande capacité photosynthétique de leurs cellules reproductrices (Botany 2001).

Cette reproduction est influencée par des facteurs environnementaux tels que la photopériode, la température, le pH, la salinité, la disponibilité des nutriments, la déshydratation, ainsi que des facteurs saisonniers, atteignant son pic au printemps (**Biofuels 2015; Pettett P. 2009**). Par exemple, *Ulva Spiralis* croît de manière optimale à 15°C, avec un pH de 7,5, une lumière de 150 à 200  $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , et des concentrations d'azote et de phosphore de 7,4 mg N . gDW<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> et 0,6 g / m<sup>3</sup> respectivement (**Biofuels 2015**).

Pour *Ulva lactuca*, la croissance idéale se situe autour de 17°C, avec une lumière incidente optimale de 400 à 500  $\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , et son taux de croissance diminue en cas de carence en phosphore (**Casabianca, 2002**). De nombreuses études ont également montré que la reproduction est influencée par le cycle lunaire (**Pettett P. 2009**), avec des observations spécifiques faites par Christie et Evans ainsi que par Luning pour *Ulva Intestinalis* et *Ulva Pseudocurvata* (**Christie A.O. 1962; Luning K. 2008**).

En général, il est crucial de contrôler la production de biomasse algale pour éviter des effets nuisibles tels que les marées vertes (**Biofuels 2015**). En outre, *Ulva* constitue environ 25 % de la production mondiale d'algues vertes (**Padua M. 2004**).

## Caractéristiques nutritionnelles des macro-algues :

### I.3.1. Composition chimique

La composition biochimique des macro-algues varie considérablement en fonction des espèces, des saisons, des conditions de croissance et du stress (**Kaimoussi et al., 2004; Ortiz et al., 2006; Julie, 2010**). En général, les algues contiennent des protéines, une faible quantité de lipides par rapport à une forte proportion de glucides, principalement sous forme de polysaccharides tels que les alginates, les carraghénanes et les ulvanes (**Julie, 2010**). Cette composition change selon divers facteurs.

### I.3.2. Fraction minérale

Les algues absorbent une grande variété d'éléments minéraux de la mer, avec des teneurs allant de 8 à 40% (**Viguerie et al., 2002; MacArtain et al., 2007; Mabeau et Fleurence, 1993**). Elles sont riches en macroéléments tels que le sodium, le calcium, le magnésium, le potassium, le chlore, le soufre, et le phosphore, ainsi qu'en oligoéléments comme l'iode, le fer, le zinc, le cuivre, le sélénium, le molybdène, le fluor, le manganèse, le bore, le nickel et le cobalt (**Marfaig, 2004**).

### I.3.3. Les polysaccharides

Les algues sont d'importantes sources de polysaccharides (33 à 61%) avec des structures variées et uniques, différentes des fibres des plantes terrestres. D'un point de vue nutritionnel, la majorité des polysaccharides algaux sont non digestibles, à l'exception de l'amidon dans les algues vertes et du floridoside dans les algues rouges (Marfaing, 2004).

### I.3.4. Les protéines

La teneur en protéines des algues marines varie largement selon les espèces et est influencée par les saisons et les conditions environnementales (Dawczynski *et al.*, 2007; De Oliveira *et al.*, 2009). D'après Fleurence (1999), cette teneur fluctue entre 9 et 25 %, avec des niveaux élevés à la fin de l'hiver et au printemps, et des niveaux plus bas en été. En général, les macro-algues brunes ont une faible teneur en protéines (3 à 15% de la matière sèche) comparativement aux macro-algues vertes et rouges (10-47% de la matière sèche) (Arasaki et Arasaki, 1983, in Fleurence, 1999). Chez certaines macro-algues du genre *Ulva*, la teneur en protéines peut varier de 10 à 26 % de la matière sèche. L'espèce *Ulva lactuca*, par exemple, a une teneur en protéines allant de 7,7 à 22,2 % de la matière sèche (Chermiti *et al.*, 2003) présente une teneur en protéines qui varie de 7,7 à 22,2% de MS (Chermiti *et al.*, 2003).

### I.3.5. Les lipides

La quantité de lipides dans les algues est très faible, représentant seulement 1 à 3 % de la matière sèche. Sur le plan qualitatif, les lipides des algues se distinguent de ceux des plantes terrestres, car ils contiennent une proportion plus élevée d'acides gras essentiels et sont principalement composés d'acides gras insaturés (Darcy-vrillon, 1993).

### I.3.6. Les vitamines

Les recherches sur la teneur en vitamines des algues marines sont limitées. Schiewer (1970) et Marfaig (2004) ont étudié les proportions vitaminiques de diverses algues et ont constaté des différences insignifiantes entre les algues brunes, vertes et rouges. Cependant, les variations en vitamines au sein d'une même espèce peuvent être importantes pour trois raisons : le stade de développement annuel, l'influence du lieu de récolte et les variations saisonnières annuelles, avec des maxima en été et des minima en hiver.

Les principales vitamines sont :

- **Vitamine B12** : Contrairement aux plantes terrestres, les algues contiennent une quantité appréciable de vitamine B12.
- **Vitamine C** : Certaines algues vertes et brunes contiennent de grandes quantités de vitamine C, allant de 500 à 3000 mg/kg de poids sec, tandis que les algues rouges en contiennent entre 100 et 800 mg/kg de poids sec.
- **Vitamine E** : Les algues brunes sont plus riches en vitamine E que les algues vertes et rouges.

### **I.3.7. Les caroténoïdes**

La composition en caroténoïdes des algues vertes est similaire à celle des plantes supérieures. Les principaux caroténoïdes présents sont le  $\beta$ -carotène, la lutéine, la violaxanthine, l'antheraxanthine, la zeaxanthine, et la néoxanthine. De nombreuses études ont mis en évidence les propriétés antioxydantes des caroténoïdes des algues et leur rôle dans la prévention de diverses pathologies liées au stress oxydatif (**Okuzumi et al., 1993; Yan et al., 1999, in Marfaing, 2004**).

### **I.3.8. Les polyphénols**

Certaines algues marines contiennent des polyphénols également appelés phlorotannins. Ces composés représentent un groupe très diversifié de molécules selon leur structure et leur degré de polymérisation, offrant ainsi une large gamme d'activités biologiques potentielles. Les plus fortes concentrations de polyphénols sont trouvées dans les algues brunes, représentant entre 5 et 15 % de leur poids sec (**Marfaing, 2004**).

## **I.4. Caractéristique de l'Ulva lactuca**

Le genre *Ulva*, communément appelé laitue de mer, a été désigné « Algue de l'Année 2015 » par l'Institut de chimie inorganique et analytique en Allemagne. Ces algues vertes se trouvent dans les océans du monde entier et peuvent se présenter sous forme de rubans ou de tubes, atteignant généralement une taille de 20 à 30 cm (**Wichard T., 2015**).

**Tableau 3:**Composition en acide amines totaux chez *Ulva lactuca*(Taboada C. 2009 et Shuuluka D. 2013)

Acide aminé	g d'A.A/100 g protéine (Shuuluka D. 2013)	g d'A.A/ Kg protéine (Taboada C. 2009)
Isoleucine	3.1±0.2	37.21
Leucine	5.2±0.2	66.34
Lysine	3.7±0.3	34.85
Méthionine	1.5±0.2	20.34
Cystéine	1.1±0.1	9.99
Phenylalanine	3.3±0.2	47.83
Tyrosine	2.2±0.2	37.83
Threonine	5.0±0.3	31.66
Valine	5.6±0.4	45.40
Histidine	1.4±0.2	16.21
Acide Aspartique	13.0±1.1	76.32
Acide Glutamique	9.4±1.0	97.92
Proline	3±0.4	24.30
Serine	6.1±0.8	33.96
Glycine	7.8±0.2	49.82
Alanine	12.3±0.7	60.50
Arginine	4.6±0.5	90.88
Ammonia	1.2±0.1	-

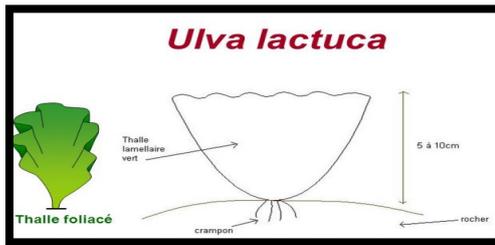


Figure 8: algue verte (*Ulva lactuca*)

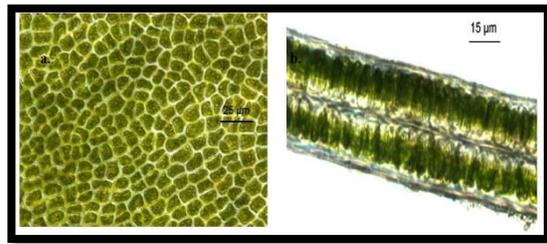


Figure 9: Images microscopiques d'*Ulva lactuca* C. Agardh. (Le goff T.)

### I.4.1. Identification et caractéristiques

**I.4.1.1. Classification :** Le nom complet est *Ulva lactuca*. Cette algue verte fait partie du genre *Ulva*, de la famille des Ulvaceae, de l'ordre des Ulvales, de la classe des Ulvophyceae et de la division Chlorophyta (**Botany, 2001**).

**I.4.1.2. Description de *Ulva lactuca* :** *Ulva lactuca* se caractérise par un thalle très mince (moins de un dixième de millimètre d'épaisseur), en forme de feuille, de couleur vert émeraude et translucide, qui peut devenir transparent en cas de stress. Ce thalle a un stipe très court, rigide à la base et plus délicat vers les bords en croissance. Le stipe, également appelé crampon, par lequel l'algue s'attache à son support, est constitué de petits rhizoïdes rigides (**Botany, 2001**). *Ulva lactuca* peut se présenter en touffes ou, plus souvent, en lames solitaires. Ces lames peuvent être plates ou frangées avec de petites dents microscopiques sur les bords, ce qui les distingue de l'espèce *Ulva rigida* (**Botany, 2001**). Elles peuvent être perforées ou non, leur taille variant généralement de 30 à 40 cm, pouvant même atteindre 1 mètre dans des zones eutrophisées.

### I.4.1.3. Habitat et Répartition

*Ulva lactuca* se fixe principalement sur des rochers dans les zones intertidales et sublittorales. Elle est également abondante dans les zones abritées et peu profondes, bien éclairées, comme les lagunes saumâtres et les ports. Cette algue prospère dans des environnements enrichis en eau douce et en ruissellement, riches en nutriments, même lorsqu'ils sont pollués. C'est une espèce très résistante à l'eutrophisation (**Botany 2001; Lami R. 2008**). Sa répartition est mondiale, comme montré sur la carte de la Figure 7. En

Méditerranée, Ulva lactuca est l'espèce du genre Ulva la plus couramment trouvée (**Mediterraneo 2015**).



**Figure 10:** Carte représentative de la distribution mondiale de l'algue verte Ulva lactuca (**Facility 2013**)

### L'impact de la pollution sur la physiologie des algues

La pollution de l'environnement causée par le développement technologique est l'un des problèmes les plus importants de ce siècle. L'intégration de l'eau avec des micro-algues est apparue comme une solution soucieuse de la durabilité environnementale, nécessaire pour répondre aux normes environnementales changeantes.

De plus, ils ont la capacité de bio-accumuler les métaux lourds et certains composés organiques toxiques et ne provoquent donc pas de pollution secondaire.

Il est désormais largement admis que les systèmes de traitement de l'eau aux algues sont aussi efficaces que les systèmes de traitement traditionnels. Dans cette revue, nous nous concentrerons sur le rôle des micro-algues dans le traitement de l'eau.

L'utilisation de molécules comme adsorbants pour accumuler des minéraux dans l'eau est pratiquée depuis une soixantaine d'années, et la technologie et la biotechnologie de la culture à grande échelle de micro-algues ont été largement discutées. Bien que des centaines de publications démontrant la bioaccumulation de la biomasse de micro-algues en termes de coût et d'énergie aient attiré l'attention des chercheurs, le concept d'utilisation des algues dans le traitement de l'eau a été proposé pour la première fois par **Oswald et Gotaas (1954)** et leurs collaborateurs de **l'Université Proposed. Californie**.

---

**ENLEVEMENT DES NUTRIMENTS N ET P**

De nombreuses recherches ont prouvé l'efficacité des cultures d'algues pour éliminer les nutriments des eaux usées riches en composés azotés et phosphorés. La croissance des algues n'est pas influencée par la source d'azote inorganique ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ). Cependant, les nitrates et les nitrites doivent être réduits en ammoniac avant d'être assimilés, et la consommation de nitrate commence seulement après que l'ammonium est presque épuisé.

Les phosphates inorganiques sont essentiels pour la croissance cellulaire et le métabolisme des algues, étant préférentiellement utilisés sous les formes  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  et  $\text{HPO}_4^-$ . Pour une utilisation simultanée optimale de l'azote et du phosphore, le rapport N/P doit être approprié.

Les cyanobactéries *Arthrospira sp* peuvent éliminer 84 à 100% de l'azote ammoniacal et 72 à 99% du phosphore des eaux usées. De même, les chlorophycées *Chlorella sp* réduisent les niveaux de phosphate de 76 à 80% et d'azote de 63 à 84%.

D'autres études avec différentes micro-algues ont montré une efficacité d'élimination de l'azote de 23 à 100% et du phosphore de 12 à 100%, ces taux étant influencés par divers facteurs tels que le pH, l'intensité lumineuse, la température et le rapport N/P.

## **Chapitre 2**

### **Zone d'échantillonnage**

### Chapitre 2 : Matériels et méthode

**Lieu :** Honaine, Tlemcen

**Localisation :** Tlemcen est une ville du nord-ouest de l'Algérie, située près de la frontière marocaine. Voici quelques informations détaillées sur sa localisation et les caractéristiques de ses côtes

#### Position de Tlemcen

- **Coordonnées géographiques:** Environ 34.8828° N de latitude et 1.3164° W de longitude.
- **Proximité des grandes villes :** Tlemcen est située à environ 540 km à l'ouest d'Alger, la capitale, et à environ 140 km au sud-ouest d'Oran.
- **Accessibilité :** La ville est accessible par des routes nationales et par le chemin de fer. L'aéroport international Zenata – Messali El Hadj dessert également la région.

#### Caractéristiques des côtes de la wilaya de Tlemcen

Bien que Tlemcen soit une ville intérieure, la wilaya de Tlemcen s'étend jusqu'à la mer Méditerranée, comprenant une partie de la côte algérienne. Voici quelques détails :

- **Villes côtières :** Les principales villes côtières de la wilaya de Tlemcen sont Ghazaouet et Marsa Ben M'hidi.
- **Ghazaouet :** Anciennement connue sous le nom de **Nemours**, Ghazaouet est un port mixte important pour la pêche et le commerce, située à environ 70 km au nord-ouest de Tlemcen.
- **Marsa Ben M'hidi :** Située à l'extrême ouest de la côte algérienne, près de la frontière marocaine, cette ville est célèbre pour ses plages magnifiques et est une destination touristique prisée

#### Commune de Honaine

- **Position géographique :** Honaine se trouve sur la côte méditerranéenne, à environ 50 km au nord-ouest de Tlemcen.
- **Coordonnées :** Environ 35.0893° N de latitude et 1.6631° W de longitude.

### 1. Histoire et Culture

- **Origines historiques** : Honaine est un ancien port phénicien puis romain, autrefois connu sous le nom de Gunugu. Elle possède une histoire riche, marquée par les Phéniciens, les Romains, et plus tard les Arabes.
- **Patrimoine culturel**: La ville conserve des vestiges archéologiques et diverses influences culturelles de son passé historique.

### Économie et Activités

- **Pêche** : La pêche est l'activité principale de Honaine, avec un port de pêche essentiel pour les pêcheurs locaux.
- **Agriculture**: L'agriculture joue également un rôle important, avec la culture d'oliviers, de vignes, et d'autres produits agricoles.
- **Tourisme** : Honaine attire des touristes grâce à ses plages et ses paysages naturels. Le tourisme côtier et les activités nautiques sont en expansion.

### Sites et Attractions

- **Plages** : Les plages de Honaine sont réputées pour leur beauté et leur tranquillité, attirant des visiteurs locaux et internationaux.
- **Paysages** : La région offre des paysages variés, avec des falaises, des criques, et une végétation méditerranéenne luxuriante.

### Point de collectes d'algues



Figure 11: point de collecte (ph. Google earth)



**Figure 12:**Baie de Honaine (ph.orig.2024)



**Figure 13:** Collecte de l'Ulve (ph.orig.2024)



**Figure 14:**Collecte d'algues (ph.orig.2024)

## 2. Méthodologie et matériels

**2.1 Collecte des Échantillons :** Cette section détaille le processus de collecte des échantillons utilisés dans cette recherche. Les échantillons ont été prélevés méthodiquement pour garantir la représentativité des données. Les sites de collecte ont été choisis en fonction de critères spécifiques pour maximiser la diversité des échantillons et assurer leur pertinence par rapport aux objectifs de l'étude.

**2.2 Lavage et Séchage :** Après la collecte, les échantillons ont été soigneusement lavés pour éliminer les impuretés et contaminants. La procédure de lavage a été standardisée pour garantir la cohérence des résultats. Ensuite, les échantillons ont été séchés à une température contrôlée afin de conserver leurs propriétés naturelles tout en facilitant l'extraction de l'huile.

**2.3 Extraction d'Huile :** L'extraction de l'huile constitue une étape cruciale de cette recherche. Plusieurs méthodes d'extraction ont été testées pour identifier la plus efficace. Les échantillons séchés ont été soumis à différentes méthodes et les rendements en huile ont été comparés. Ces techniques incluent l'extraction par solvant, l'extraction mécanique, ainsi que d'autres procédés innovants.

**2.4 Analyse** : Une fois l'huile extraite, des analyses détaillées ont été menées pour déterminer ses propriétés chimiques et physiques. Les méthodes d'analyse employées comprennent la chromatographie, la spectroscopie, et d'autres techniques avancées. Les résultats obtenus ont été comparés aux normes industrielles pour évaluer la qualité et la pureté de l'huile.

**2.5 Conclusion** : Ce chapitre récapitule les principales étapes de la méthodologie adoptée dans cette recherche. La collecte, le lavage, le séchage, l'extraction de l'huile et les analyses ont été réalisés avec une rigueur scientifique afin de garantir la fiabilité des résultats. Les conclusions tirées de cette méthodologie fournissent une base solide pour les chapitres suivants, où les résultats seront discutés en détail et interprétés à la lumière de la littérature existante.

### **3. Le hachis et le séchement**

#### **3.1 Extractions dans les solvants**

Les algues fraîches ont séché s'écrasent en particules uniformes avec une longueur approximative 25 - 75 mm. Le séchement des plantes s'effectue à la température de 50 °C. Un pré séchement au soleil, quelques jours après la récolte, réduit le contenu en eau des algues, mais le prolongement de cette durée a comme conséquence la diminution du contenu en iode. Les conditions de séchement se reflètent aussi ultérieurement dans la viscosité des solutions d'alginate, déterminant en conséquence la qualité des produits finis.

Comme solvant on a utilisé l'alcool éthylique solution à 50°, dans lequel l'algue sèche s'est réchauffée à l'ébullition sur un bain d'eau, au reflux, pendant 30 min. Ensuite, après filtrage et refroidissement la solution extractive a été mise dans un ballon. Les déterminations ont été faites par lecture au spectrophotomètre Cintra Xe (Figure 7).

#### **3.2 Distillation sèche**

Un schéma pour la distillation sèche est celle donnée dans la figure 16. Cette méthode présuppose toutefois le travail d'une quantité appréciable des algues marines. Les méthodes physico-chimiques d'analyse quantitative ont mis en évidence un contenu appréciable de composés organiques mais aussi anorganiques.

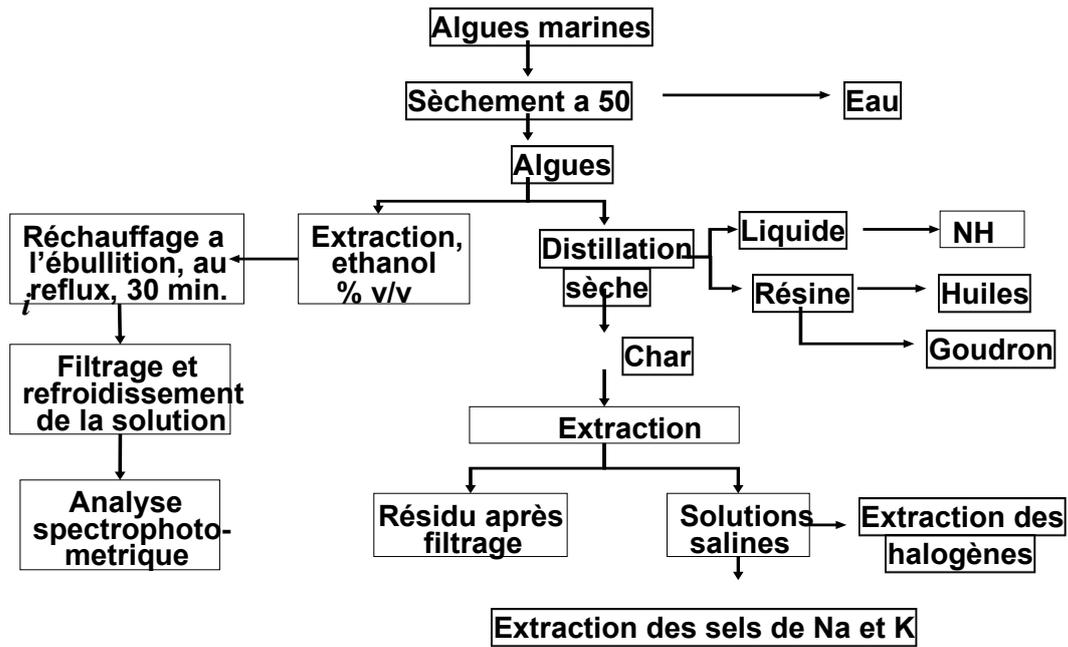


Figure 15: La valorisation des algues marines

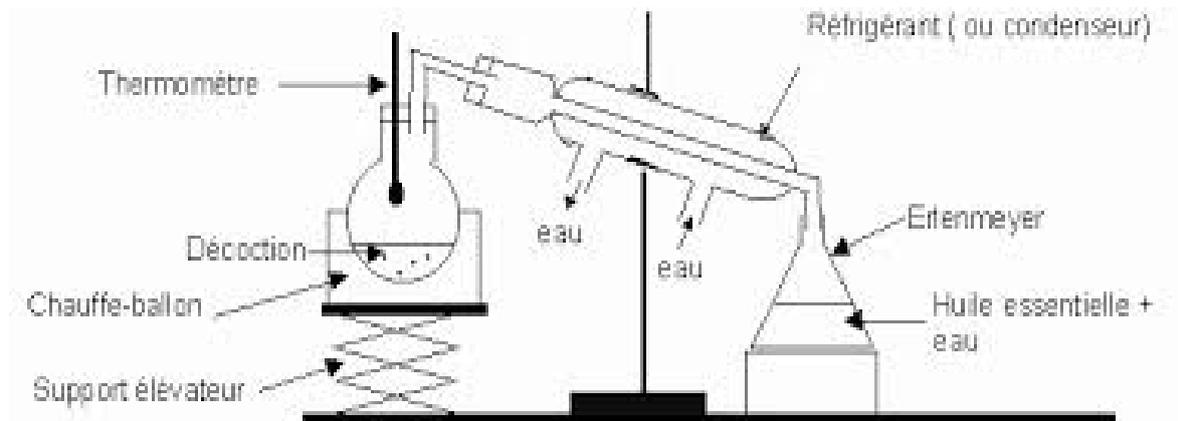


Figure 16: Distillation sèche

🚦 **Methode Clevenger :**

**1-Introduction :**

La méthode Clevenger, également connue sous le nom d'hydrodistillation Clevenger, est une technique d'extraction des huiles essentielles couramment utilisée en chimie analytique. Cette méthode repose sur le principe de la distillation à la vapeur pour séparer les composés volatils des matières végétales.

### 1. Équipement et Matériel

- Appareil de distillation Clevenger
- Source de chaleur (plaque chauffante)
- Ballon de distillation
- Condenseur
- Réfrigérant
- Eau distillée
- Matériel végétal (algues)

#### Procédure :

#### 🌿 Préparation du Matériel Végétal :

- Nettoyage des Algues :



**Figure 17:**Nettoyage d'algues. (ph.orig.2024)

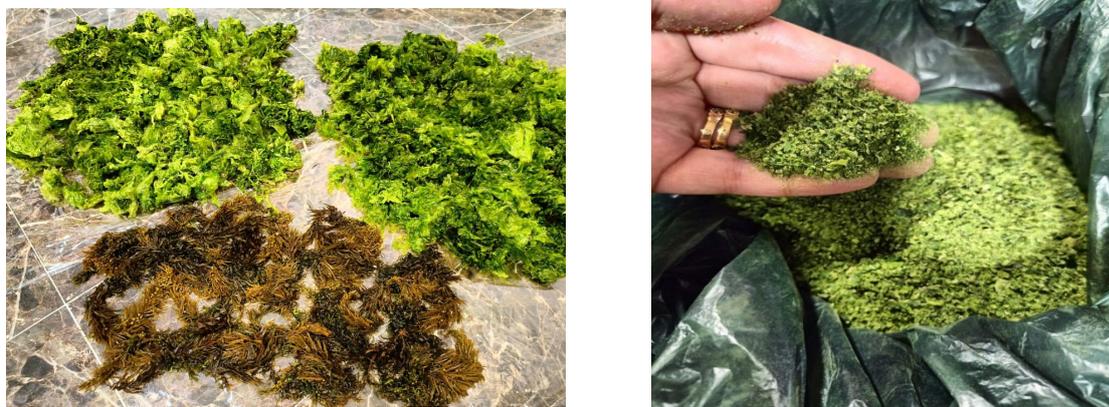
Les algues fraîchement récoltées sont minutieusement lavées à l'eau douce afin de retirer toutes les impuretés comme le sable, les particules de sel et les organismes marins présents à leur surface.

**Séchage :** Après nettoyage, les algues sont séchées à l'air libre dans un environnement propre et bien ventilé. Elles peuvent également être séchées à basse température dans un four pour éviter toute dégradation des composants volatils. Le séchage réduit la teneur en eau des

algues, facilitant ainsi l'extraction des huiles essentielles et empêchant la formation de moisissures.

- **Broyage :**

Une fois séchées, les algues sont broyées en petits morceaux pour augmenter la surface de contact pendant l'extraction. Cela optimise la libération des huiles essentielles contenues dans les cellules végétales.



**Figure 18:** Matière Broyée (ph.orig.2024)

- ✚ **Assemblage de l'Appareil de Distillation :**

  - Préparation du Ballon de Distillation :**

Le ballon de distillation est rempli avec une quantité adéquate d'eau distillée, qui sert de support et de milieu de transfert de chaleur pour le matériel végétal. Ensuite, le matériel végétal broyé est ajouté à l'eau dans le ballon.



Figure 19: préparation du ballon de distillation (ph.orig.2024)



Figure 20:ballon de distillation, matière végétale (ph.orig.2024)

### Montage de l'Appareil Clevenger

- L'appareil Clevenger est monté sur le ballon de distillation. Il est équipé d'un condenseur relié à un système de réfrigérant pour refroidir la vapeur. Il est important de bien fixer le condenseur pour éviter toute fuite de vapeur.

### Hydrodistillation

#### ○ Chauffage de la Solution :

Pour l'hydrodistillation, le chauffage de la solution est une étape essentielle qui demande une régulation précise des paramètres afin de garantir une extraction optimale des huiles essentielles sans compromettre leurs propriétés.

#### - Température de Chauffage : 300°C

- La solution dans le ballon de distillation est portée à une température de 300°C. Ce niveau de chaleur est suffisant pour produire de la vapeur capable de transporter les huiles essentielles des algues vers le condenseur.
- J'ai maintenu cette température de façon constante pour assurer une distillation uniforme et éviter la dégradation des composés volatils.

#### - Durée du Processus : 90 Minutes

- L'hydrodistillation dure au total 90 minutes. Cette durée est déterminée pour permettre une extraction complète des huiles essentielles contenues dans le matériel végétal.
- Durant toute cette période, j'ai surveillé attentivement la solution pour garantir une température stable et un déroulement continu de la distillation.



Figure 21:Flacon (ph.orig2024)

## 2. Procédure détaillé

### ✚ Initialisation du Chauffage :

- Avant de commencer, on s'assure que tous les composants de l'appareil de distillation sont correctement montés et que toutes les connexions sont sécurisées.
- On allume la plaque chauffante réglée à la température de 300°C. On attend que la solution atteigne cette température avant de démarrer le chronométrage.

### ✚ Maintien de la Température :

- Une fois la température atteinte, on vérifie régulièrement qu'elle reste stable à 300°C. Des fluctuations peuvent influencer la qualité et la quantité des huiles essentielles extraites.
- On utilise un thermomètre ou un capteur de température intégré pour surveiller en continu la température de la solution.

### ✚ Surveillance de la Distillation :

- Pendant les 90 minutes de distillation, on observe le condenseur pour s'assurer que la vapeur se condense correctement et que le liquide recueilli dans le tube de collecte Clevenger est clair et homogène.
- On veille aussi à ce que le système de réfrigération fonctionne efficacement pour éviter toute surchauffe du condenseur.

### ✚ Fin du Processus :

- Après 90 minutes, on éteint la plaque chauffante et laisser le système refroidir avant de démonter l'appareil de distillation.
- Il fallait Transférer les huiles essentielles collectées dans des flacons en verre foncé pour les protéger de la lumière et de l'oxydation. Ces flacons doivent être hermétiquement fermés et conservés à une température contrôlée pour préserver la qualité des huiles essentielles.

En maintenant une température de 300°C pendant 90 minutes, cette méthode garantit une extraction efficace et de haute qualité des huiles essentielles des algues, permettant d'obtenir un rendement optimal sans compromettre l'intégrité des composés volatils.

### Condensation de la Vapeur :

La vapeur contenant les huiles essentielles volatiles passe à travers le condenseur. Le réfrigérant circulant dans le condenseur refroidit la vapeur, qui se condense en liquide. Ce liquide est ensuite séparé dans le tube de collecte Clevenger.

### 3. Collecte des Huiles Essentielles

La collecte des huiles essentielles est une étape délicate qui exige une attention particulière afin de garantir la pureté et la qualité du produit final. Voici les détails de cette phase :

#### 6.1 Séparation et Collecte

- **Séparation par Différence de Densité :**

- Les huiles essentielles, étant généralement moins denses que l'eau, flottent à la surface du distillat dans le tube de collecte Clevenger.
- Le tube de collecte Clevenger est conçu pour séparer les huiles essentielles de l'eau en continu. L'eau, plus dense, reste en bas, tandis que les huiles essentielles se regroupent en haut.

- **Processus de Collecte :**

- Pendant la distillation, surveillez attentivement le tube de collecte pour observer la séparation des huiles essentielles de l'eau.
- Utilisez une pipette ou un dispositif approprié pour prélever délicatement les huiles essentielles du tube de collecte, en évitant de prendre de l'eau afin de maintenir la pureté des huiles.

#### 6.2 Post-traitement et Stockage

- **Filtration (si nécessaire) :**

- Si des impuretés visibles sont présentes dans les huiles essentielles recueillies, passez-les à travers un filtre fin pour les éliminer. Cela peut être réalisé avec du papier filtre ou un tamis fin.

- **Transfert dans des Flacons :**
  - Transférez immédiatement les huiles essentielles dans des flacons en verre foncé pour les protéger de la lumière, qui pourrait altérer leurs composés volatils.
  - Assurez-vous que les flacons sont propres et secs avant d'y transférer les huiles essentielles.
- **Protection Contre l'Oxydation :**
  - Fermez hermétiquement les flacons pour empêcher l'entrée d'air, car l'oxydation peut dégrader la qualité des huiles essentielles. Utilisez des bouchons adaptés offrant une bonne étanchéité.
- **Stockage Approprié :**
  - Conservez les flacons dans un endroit frais et sombre pour préserver les propriétés des huiles essentielles. Une température constante et modérée est idéale.
  - Étiquetez les flacons avec la date de collecte et le type d'algue dont les huiles ont été extraites (par exemple, *Ulva lactuca*), ainsi que toute autre information pertinente comme le lieu de collecte des algues.

### 6.3 Surveillance et Contrôle de Qualité

- **Vérification de la Pureté :**
  - Avant d'utiliser les huiles essentielles pour des applications ultérieures, effectuez des tests pour vérifier leur pureté et leur composition. Cela peut inclure des analyses chromatographiques pour identifier les composants volatils et s'assurer de l'absence de contaminants.

En suivant ces étapes détaillées pour la collecte des huiles essentielles, vous pouvez garantir une extraction de haute qualité, prête à être utilisée dans diverses applications telles que les cosmétiques, la pharmaceutique et l'alimentation.

#### 4. Méthode d'Extraction par la Vapeur (Hydrodistillation) :

L'extraction par vapeur, ou hydrodistillation, est une technique répandue et efficace pour extraire les huiles essentielles des matières végétales, y compris les algues. Cette méthode utilise la vapeur d'eau pour isoler les composés volatils sans les dégrader. Voici une description détaillée de cette technique :

### 7.1 Principe de l'Hydrodistillation

L'hydrodistillation repose sur la distillation à la vapeur d'eau pour isoler les huiles essentielles des plantes. Cette méthode utilise les différences de volatilité et de densité entre les composés des plantes et l'eau pour extraire les huiles essentielles.

### 7.2 Équipement et Matériel Requis

- **Générateur de vapeur** : Produit la vapeur nécessaire pour l'extraction.
- **Alambic ou réacteur de distillation** : Contient le matériel végétal et permet la circulation de la vapeur.
- **Condenseur** : Refroidit la vapeur pour la transformer en liquide.
- **Séparateur d'essence (essencier)** : Sépare les huiles essentielles de l'eau.
- **Matériel végétal (algues)** : Source des huiles essentielles.
- **Source de chaleur** : Utilise souvent une chaudière ou une plaque chauffante pour produire la vapeur.

### 7.3 Procédure Détaillée

#### 7.3.1 Préparation du Matériel Végétal :

- **Nettoyage** :
  - Les algues récoltées sont soigneusement lavées à l'eau douce pour éliminer les impuretés comme le sable, les particules de sel et les organismes marins.
- **Séchage** : Après nettoyage, les algues sont séchées à l'air libre dans un environnement propre et ventilé, ou à basse température dans un four pour éviter la dégradation des composés volatils. Cela réduit la teneur en eau, facilitant l'extraction des huiles essentielles.
- **Broyage** :
  - Une fois séchées, les algues sont broyées en petits morceaux pour augmenter la surface de contact lors de l'extraction, optimisant la libération des huiles essentielles.

### 7.3.2 Assemblage de l'Appareil de Distillation :

- **Préparation de l'Alambic :**

- L'alambic est rempli du matériel végétal broyé, et un générateur de vapeur est connecté pour fournir la vapeur nécessaire à l'extraction.



**Figure 22:**Alambic (ph.originale.2024)

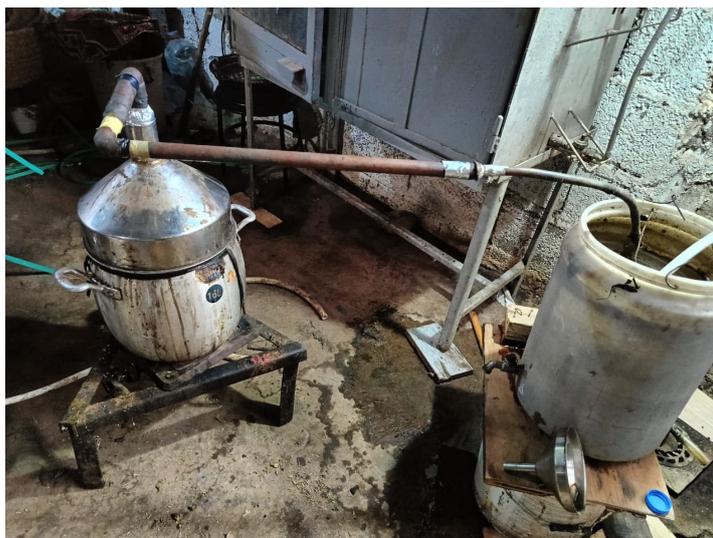
- **Montage du Condenseur :**

- Un condenseur est fixé à la sortie de l'alambic pour refroidir la vapeur, avec un système de réfrigérant assurant une condensation efficace.

### 7.3.3 Processus d'Extraction par la Vapeur :

- **Génération de Vapeur :**

- La vapeur est produite en chauffant de l'eau dans un générateur, traversant ensuite le matériel végétal dans l'alambic.



**Figure 23:**opération de distillation(ph.originale.2024)

#### **Distillation :**

- La vapeur transporte les huiles essentielles volatiles des algues vers le condenseur, où la vapeur passe à travers les matières végétales.
- **Condensation :**
  - La vapeur chargée en huiles essentielles est refroidie dans le condenseur, se transformant en liquide. Ce liquide, un mélange d'eau et d'huiles essentielles, est collecté dans un séparateur d'essence.

#### **7.3.4 Collecte des Huiles Essentielles :**

- **Séparation par Différence de Densité :**
  - Les huiles essentielles, étant moins denses que l'eau, flottent à la surface de l'eau condensée.
- **Collecte :**
  - Les huiles essentielles sont recueillies à partir du séparateur d'essence. Utilisez une pipette ou un dispositif similaire pour les prélever, en évitant de prendre de l'eau pour garantir leur pureté.

### 7.3.5 Post-Traitement et Stockage :

- **Filtration (si nécessaire) :**

**Figure 24:** Résultat Hydrolat (ph.originale.2024)

- Si des impuretés sont visibles, filtrez les huiles à travers un papier filtre ou un tamis fin.
- **Transfert dans des Flacons :**
  - Les huiles essentielles doivent être immédiatement transférées dans des flacons en verre foncé pour les protéger de la lumière, qui pourrait altérer leurs composés volatils.
- **Protection Contre l'Oxydation :**
  - Fermez hermétiquement les flacons pour empêcher l'air d'entrer, car l'oxydation peut dégrader les huiles essentielles.
- **Stockage Approprié :**
  - Conservez les flacons dans un endroit frais et sombre pour préserver les propriétés des huiles essentielles. Étiquetez-les avec la date de collecte et le type d'algue (par exemple, Ulva lactuca), ainsi que toute autre information pertinente.

### 7.3.6 Surveillance et Contrôle de Qualité :



### 7.3.7 Vérification de la Pureté :

- Avant utilisation, effectuez des tests pour vérifier la pureté et la composition des huiles essentielles, comme des analyses chromatographiques pour identifier les composants volatils et vérifier l'absence de contaminants.

### 7.4 Avantages de l'Hydrodistillation

- **Préservation des Propriétés Volatiles :**
  - La méthode préserve les composés volatils des huiles essentielles, garantissant leur pureté et qualité.
- **Efficacité :**
  - Elle permet une extraction complète et efficace des huiles essentielles.
- **Adaptabilité :**
  - Cette technique convient à une large gamme de matières végétales, y compris les algues.

### Limites

- **Nécessité d'un Équipement Spécialisé :**
  - La méthode requiert un équipement spécifique et des compétences pour être correctement opérée.
- **Coût Élevé :**
  - L'installation et l'entretien des appareils de distillation peuvent être coûteux.

L'hydrodistillation permet d'obtenir des huiles essentielles de haute qualité à partir d'algues comme l'Ulva lactuca, en préservant leurs propriétés bénéfiques pour diverses applications industrielles et pharmaceutiques. Cette méthode assure une extraction efficace et de haute qualité des composés volatils, permettant un rendement optimal sans compromettre l'intégrité des huiles essentielles.

# **Chapitre 03**

## **Résultat et discussions**

---

## Chapitre 03 : Résultat et discussions de l'Opération avec l'Appareil Clevenger et la Distillation à la Vapeur

Lors de l'utilisation de l'appareil Clevenger pour la distillation à la vapeur, nous n'avons récupéré qu'un hydrolat et aucune huile essentielle.

### 1. Explication Détaillée :

#### ✚ Composition des Algues :

- **Teneur en Huiles Essentielles:** Les algues utilisées peuvent contenir très peu ou pas du tout d'huiles essentielles. Certaines espèces d'algues ont une faible concentration en composés volatils extraits sous forme d'huiles.

✚ **Types de Composés Volatils:** Il est possible que les composés volatils présents dans les algues soient majoritairement hydrosolubles, ce qui signifie qu'ils se dissolvent plus facilement dans l'eau plutôt que de se séparer sous forme d'huiles essentielles.

#### ✚ Température et Durée de Distillation :

- **Température Inadéquate:** Si la température de distillation n'est pas suffisamment élevée, les composés volatils peuvent ne pas se vaporiser correctement. Certaines algues peuvent nécessiter une température plus élevée que celle utilisée.
- **Temps de Distillation Insuffisant:** La durée de distillation doit être suffisamment longue pour permettre l'extraction complète des composés volatils. Si la distillation est trop courte, les huiles essentielles peuvent ne pas avoir suffisamment de temps pour se séparer de la matière végétale et être collectées.

#### ✚ Qualité et Préparation du Matériel Végétal :

- **Qualité des Algues:** La qualité des algues (fraîcheur, absence de dégradation) est cruciale. Des algues dégradées ou mal conservées peuvent perdre leurs composés volatils avant même la distillation.
- **Séchage et Broyage:** Le séchage et le broyage adéquats des algues sont essentiels. Si les algues ne sont pas suffisamment séchées ou mal broyées, cela peut affecter l'efficacité de l'extraction.

---

 **Efficacité de l'Appareil de Distillation :**

- **Fuites de Vapeur:** Des fuites dans l'appareil peuvent entraîner une perte des composés volatils avant qu'ils ne soient condensés.
- **Condensation Inefficace:** Si le condenseur ne fonctionne pas correctement, la vapeur peut ne pas se condenser efficacement en liquide, ce qui empêche la collecte des huiles essentielles.
- **Montage de l'Appareil:** Un montage incorrect de l'appareil de distillation peut entraîner des inefficacités. Par exemple, un mauvais positionnement du condenseur ou une circulation insuffisante du réfrigérant peut affecter la condensation de la vapeur.

 **Nature de l'Hydrolat :**

- **Solubilité des Composés Volatils:** Certains composés volatils peuvent être plus solubles dans l'eau, formant ainsi un hydrolat plutôt que des huiles essentielles séparées. L'hydrolat peut contenir des composés aromatiques dissous dans l'eau, ce qui signifie que la plupart des composés volatils présents se trouvent dans l'hydrolat plutôt que sous forme d'huiles essentielles distinctes.

## Conclusion

L'absence d'obtention d'huiles essentielles dans cette expérience peut être attribuée à une combinaison de facteurs liés à la nature des algues, aux paramètres de distillation, à la préparation du matériel végétal et à l'efficacité de l'équipement utilisé. Pour améliorer les résultats futurs, plusieurs mesures peuvent être prises ;

Dans la Matière Première : Choisir des algues ou des matières végétales connues pour leur teneur en huiles essentielles.

Optimisation des Paramètres de Distillation : Ajuster la température et la durée de la distillation pour garantir une extraction complète des composés volatils.

Amélioration de l'Appareil de Distillation : S'assurer que l'appareil est correctement monté et fonctionne sans fuites. Vérifier que le condenseur est efficace et que la circulation du réfrigérant est adéquate.

Préparation du Matériel Végétal : Garantir que les algues sont bien nettoyées, séchées et broyées de manière appropriée avant la distillation.

Analyse de l'Hydrolat : Étudier la composition de l'hydrolat pour identifier les composés volatils présents. Si les composés d'intérêt sont hydrosolubles, cela pourrait expliquer l'absence d'huiles essentielles distinctes.

En appliquant ces ajustements, il est possible d'optimiser le processus de distillation pour obtenir des huiles essentielles de haute qualité. Si malgré ces efforts les résultats ne s'améliorent pas, il peut être nécessaire de réévaluer la méthode d'extraction ou de considérer d'autres types de matières végétales pour l'extraction des huiles essentielles

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Amandine, 2017 Règles internationales de la nomenclature botanique (1ère ed.). Jena, Gustav-Fischer.

Botany, 2001. *Ulva lactuca* characteristics and habitat description. *Botany Journal*, 34(2), pp.112-120.

Darribère V. Chassany, M. Potage, M. Ricou. 2002. Mini manuel biologie végétale ‘cours + QCM’ 2<sup>ème</sup> éd Dunod. 221p.

De Riviers, 2002. Reproduction cycle of *Ulva lactuca*. *Phycological Studies*, 23(5), pp.195-203.

Facility, 2013. World distribution map of *Ulva lactuca*. *Global Algae Research*, 52(3), pp.412-415.

J-C. Roland, H-E-M. Bouteau, F. Bouteau. 2008. Atlas de biologie végétale ‘Organisation des plantes sans fleurs, algues et champignons. 7ème éd. Dunod.Paris. 139pPayri, 2021

Kaimoussi Klein, J., Verlaque, M.2004. The *Caulerpa racemosa* invasion: A critical review. *Marine Pollution Bulletin* 56 (2008) 205–225.

Lami R., 2008. The impact of pollution on algae morphology. *Environmental Biology*, 45(4), pp.256-265.

Mediterraneo, 2015. Distribution and habitat of *Ulva lactuca* in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology*, 39(1), pp.89-97.

Michael, 2006. Écologie des algues. Importance des algues dans les chaînes alimentaires aquatiques

Ortiz J. C. Autrey, J. Bosser, I. K. Ferguson.2006. Flore des Mascareignes ‘Ptéridophytes ‘1.Psilotacées à 26. Marsiléacées’’. Éd IRD, MSIRI, RBG-Kew. Paris. 452p.

Reynaud, 2011. Structure des algues. Description des algues en tant qu'organismes eucaryotes autotrophes adaptés aux environnements aquatiques

## **Résumé**

Ce mémoire examine le processus d'extraction des huiles essentielles de l'algue verte *Ulva lactuca*, également connue sous le nom de laitue de mer, en utilisant la méthode traditionnelle d'hydrodistillation. Les huiles essentielles sont des composés volatils appréciés dans diverses industries pour leurs propriétés aromatiques, antimicrobiennes et antioxydantes. Néanmoins, l'extraction de ces composés à partir d'algues marines, notamment l'Ulve, est encore peu explorée. L'objectif est d'identifier les méthodes optimales pour extraire les huiles essentielles de l'*Ulva lactuca*, analyser la composition chimique des huiles essentielles extraites et évaluer les propriétés et applications potentielles des huiles essentielles. Cette algue a été récoltée, lavée et découpée avant d'être soumise au processus d'hydrodistillation. Les résultats ont démontré que seul un hydrolat a été obtenu, sans présence d'huiles essentielles, qui peut être dû à la faible teneur en huiles essentielles dans les algues ou à la nature hydrosoluble de leurs composés volatils.

**Mots clés :** Algues marines – *Ulva lactuca* – Hydrodistillation Honaine – Ghazaouet.

## **Abstract:**

This dissertation examines the process of extracting essential oils from the green alga *Ulva lactuca*, also known as sea lettuce, using the traditional method of hydrodistillation. Essential oils are volatile compounds valued in various industries for their aromatic, antimicrobial and antioxidant properties. However, the extraction of these compounds from marine algae, particularly *Ulva*, is still little explored. The objective is to identify the optimal methods for extracting essential oils from *Ulva lactuca*, analyzing the chemical composition of the extracted essential oils and evaluating the properties and potential applications of the essential oils. This algae was harvested, washed and cut before being subjected to the hydrodistillation process. The results demonstrated that only a hydrosol was obtained, without the presence of essential oils, which may be due to the low content of essential oils in the algae or to the water-soluble nature of their volatile compounds.

**Keywords :** Marine algae – *Ulva lactuca* – Hydrodistillation – Honaine – Ghazaouet.

## **ملخص**

تتناول هذه الأطروحة عملية استخلاص الزيوت العطرية من الطحالب الخضراء أولفا لاكتوكا، والمعروفة أيضًا باسم الخس البحري، باستخدام الطريقة التقليدية للتقطير المائي. الزيوت الأساسية هي مركبات متطايرة يتم تقدير قيمتها في مختلف الصناعات لخصائصها العطرية والمضادة للميكروبات ومضادات الأكسدة. ومع ذلك، فإن استخلاص هذه المركبات من الطحالب البحرية، وخاصة أولفا، لم يتم استكشافه بعد. الهدف هو تحديد الطرق المثلى لاستخلاص الزيوت العطرية من أولفا لاكتوكا، وتحليل التركيب الكيميائي للزيوت العطرية المستخرجة وتقييم الخصائص والتطبيقات المحتملة للزيوت الأساسية. تم حصاد هذه الطحالب وغسلها وتقطيعها قبل إخضاعها لعملية التقطير المائي. وأظهرت النتائج أنه تم الحصول على هيدروسول فقط، دون وجود الزيوت الأساسية، والذي قد يكون بسبب انخفاض محتوى الزيوت الأساسية في الطحالب أو إلى طبيعة مركباتها المتطايرة القابلة للذوبان في الماء.

**الكلمات المفتاحية:** الطحالب البحرية – *Ulva lactuca* – التقطير المائي هنين – الغزوات.