

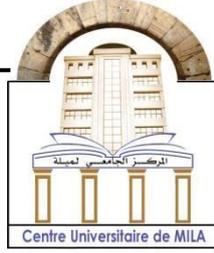
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

N°Ref : .....



**Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila**

**Institut des Sciences et de la Technologie**

**Département des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de**

**Master**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Biotechnologies**

**Spécialité : Biotechnologie végétale**

**Thème :**

**Fabrication d'un produit cosmétique à base de  
persil (*Petroselinum crispum* Fuss.)**

**Présenté par :**

- REDJIMI Aya
- BOUZENOURA Karima

**Devant le jury :**

<b>Président</b>	<b>LEMZAOUA Riad</b>	<b>MCA</b>	Centre.Univ.A.Boussouf – Mila.
<b>Examinatrice</b>	<b>BENMAKHLOUF Zoubida</b>	<b>MCA</b>	Centre.Univ.A.Boussouf – Mila.
<b>Promoteur</b>	<b>TORCHE Yacine</b>	<b>MCB</b>	Centre.Univ.A.Boussouf – Mila.

**Année Universitaire : 2022/2023**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**Au Nom d'Allah, Le Tout Clément, Le Très Miséricordieux.**

## **Remerciements**

*Nos remerciements les plus sincères et les plus chaleureux s'adressent :*

*À ALLAH le tout puissant qui nous permis d'être ce que nous somme  
aujourd'hui. Car l'homme propose mais ALLAH dispose. Seigneur, veuillez  
toujours diriger mes pas.*

*Nous tenons à adresser nos très sincères remerciements à Notre promoteur  
de mémoire monsieur TORCHE Yacine qui nous a guidées dans notre travail,  
Merci pour nous avoir accordé votre temps, Merci d'avoir été très patient avec  
nous,*

*Merci pour avoir mis votre expérience à notre profit.*

*Nous tenons à présenter nos sincères et vifs remerciement aux membres du  
jury Dr Lemzaouda Riad et Dr Benmakhlouf Zoubida, qui ont accepté  
de juger Notre travail.*

*Sans oublier de remercier vivement les techniciens du laboratoire Mirouh et  
les employés de l'administration de la faculté*

*Nos remerciements vont également à tous nos enseignants, pour les  
informations et les aides au cours des années de nos études, surtout les  
enseignants du département de biologie.*

*À tous les étudiants de master de la promotion 2023.*

*À toute personne qui a participé de près ou de loin, directement ou  
indirectement, à la réalisation de ce travail.*

## ***Dedicate***

*I have been blessed in many ways, but one of the blessings that I make sure to count twice is my family.*

*This thesis is dedicated to my mother, father and sisters. You have been my constant support since before I can even remember.*

*I owe you the world for that.*

*Baba, I just want you to be proud and happy...*

*To my dear friends: Melissa, Siham, Darine, Wiam, and Amir.*

*All my friends without exception.*

*To my partner: Karima.*

*Thanks!*

*I hope this work reflects my gratitude and affection.*

***Aya.***

## **Dédicace**

*Avec l'aide d'Allah tout puissant, Nous avons pu réaliser ce travail que je dédie :*

*À Mon cher Papa : **Ammar***

*A l'homme de ma vie, tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, tu as sacrifié ton temps et ton travail pour m'aider à réaliser mon but, ce travail traduit ma gratitude et mon affection, j'espère qu'il te rendra fier, sans toi je ne serais jamais là où je suis aujourd'hui*

*À ma très chère maman : **Hassina***

*À la prunelle de mes yeux, mon idole, qui n'a jamais cessé de m'épauler pour que je puisse réaliser mes rêves, toutes les lettres du monde ne sauraient te remercier pour l'éducation que tu m'as prodiguée, les valeurs que tu m'appris les sacrifices que tu as consentis à mon égard.*

*À ma seule sœur **Chaima**, mes chers frères **Takiedin ,Ali,Ishak** , qui m'ont toujours aidée et soutenue.*

*À toute ma famille sans exception,et en particulier à ma chère cousine **Sabah**.*

*À mon binôme **Aya** je te remercie sincèrement d'avoir été la meilleure.*

*À tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.*

*À mes copines : **Soumia,Iness,Salwa** .*

*À mes amies : **Imen, Oumaima, Wiam, Khadidja, Assma, Takwa***

*À tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin.*

**'La réussite c'est la fierté dans les yeux des gens que l'on aime'**

**KARIMA**

## Listes des figures

<b>Figure 1</b> : Répartition géographique mondiale des Apiacées (HEYWOOD, 1996) .....	4
<b>Figure 2</b> : Appareil végétatif des Apiacées .....	5
<b>Figure 3</b> : Inflorescence des Apiacées.....	6
<b>Figure 4</b> : Appareil reproducteur des Apiacées .....	6
<b>Figure 5</b> : Structure générale d'un diakène d'Apiacées .....	7
<b>Figure 6</b> : Structure de la plante de persil (GOUST, 2006).....	9
<b>Figure 7</b> : Structure chimique de base des flavonoïdes.....	12
<b>Figure 8</b> : Structure de base de coumarine .....	13
<b>Figure 9</b> : Structure de base de quinones.....	13
<b>Figure 10</b> : Structures chimiques de quelques alcaloïdes.....	14
<b>Figure 11</b> : Structure de base la molécule isoprène.....	15
<b>Figure 12</b> : Le montage de l'hydrodistillation. ....	17
<b>Figure 13</b> : Séchage de persil (feuilles+tiges et racines).....	23
<b>Figure 14</b> : Broyage de persil (feuilles, tiges, racines et graines). ....	24
<b>Figure 15</b> : Préparation de l'extrait aqueux.....	25
<b>Figure 16</b> : Préparation de l'extrait éthanolique.....	27
<b>Figure 17</b> : Papier pH .....	28
<b>Figure 18</b> : Rendement des huiles essentielles de <i>P. crispum</i> .....	34
<b>Figure 19</b> :L'activité antioxydante de différentes parties de la plante de l'extrait éthanolique. ...	38
<b>Figure 20</b> :L'activité antioxydante de différentes parties de la plante de l'extrait aqueux. ....	39
<b>Figure 21</b> :L'activité antioxydante de différentes parties de la plante de l'hydrolat.....	39
<b>Figure 22</b> : L'activité antioxydante d'huile essentielle des graines. ....	40

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Principales espèces riches en huiles essentiels d'Aipacées.....	16
<b>Tableau 2 :</b> Caractéristiques des souches bactériennes testées. ....	29
<b>Tableau 3 :</b> Norme utilisée pour la lecture des résultats des tests de l'antibiogramme sur desextraits de plantes.....	31
<b>Tableau 4 :</b> Le rendement de nos H.E de différentes parties de persil.....	34
<b>Tableau 5 :</b> La détermination des pH.....	35
<b>Tableau 6 :</b> Les résultats de l'activité antibactérienne .....	36
<b>Tableau 7 :</b> Le calcul de la valeur CE <sub>50</sub> .....	40

## Liste des abréviations

**%** : Pourcentage

**°** : Degré

**°C** : Degré Celsius

**µl** : Microlitre

**1/8** : Dilution de 12.5%

**1/4** : Dilution de 25%

**1/2** : Dilution de 50%

**µg** : Microgramme

**ORAC** : Oxygen Radical Absorbance Capacity

**TRAP•** : Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter

**ABTS** : sel d'ammonium de l'acide 2, 2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique

**pH** : Potentiel hydrique.

**DMSO** : Diméthyle sulfoxyde

**DPPH•** : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

## Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Dédicace	
Listes des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Sommaire	
Résumé	
Abstract	
الملخص	
Introduction	

### Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1. La famille des Apiacées .....	4
Répartition géographique des Apiacées .....	4
Botanique et propriétés des Apiacées .....	5
Appareil végétatif.....	5
Tige.....	5
Feuilles .....	5
Appareil reproducteur .....	5
L'inflorescence en ombelle .....	5
La fleur des Apiacées .....	6
Fruit .....	7
2. Le persil ( <i>Petroselinum crispum</i> ) .....	7
La Classification phylogénétiques.....	8
Description de <i>Petroselinum crispum</i> .....	8
Constituants chimiques .....	9
Usages et propriétés thérapeutiques .....	10
3. Métabolismes secondaires .....	11
Généralités.....	11

Définition.....	11
Classification des métabolites secondaires.....	11
Composés phénoliques.....	11
Composés azotés.....	14
Terpènes.....	14
L'intérêt des métabolites secondaires.....	15
4. Les huiles essentielles.....	15
Généralité.....	15
Localisation et répartition des huiles essentielles dans la plante.....	16
Rôle des huiles essentielles chez les plantes.....	16
Composition chimique.....	17
Méthodes d'extractions des huiles essentielles.....	17
5. L'hydrolat.....	18
6. Activités biologiques.....	18
Activité antibactérienne.....	18
Généralités.....	18
L'action des extraits végétaux sur les bactéries.....	19
Mode d'action des huiles essentielles.....	19
Les activités antioxydantes.....	20
Mécanisme d'action des antioxydants.....	20

## **Chapitre 2 : Matériel et Méthodes**

Matériel et méthodes.....	22
1. Matériel végétale.....	22
Présentation des régions d'étude.....	22
Préparation du matériel végétal.....	22
2. Extraction.....	24
Principe.....	24
Préparation de l'extrait aqueux.....	25
Préparation des extraits éthanolique.....	25
3. Extraction d'huiles essentielles.....	27
Principe.....	27

Détermination du pH .....	27
4. Activités biologiques .....	28
Activité antibactérienne .....	28
Souches bactériennes testées.....	28
Évaluation de l'activité antibactérienne .....	29
Activités antioxydantes.....	31
Evaluation de l'activité antioxydante par DPPH .....	31

### **Chapitre 3 : Résultats et discussion**

Résultats et discussion .....	
1. Rendement des huiles essentielles par technique d'hydrodistillation .....	34
2. Détermination de pH .....	35
3. Activités antibactériennes.....	36
Méthode de diffusion des disques sur milieu gélosé .....	36
CONCLUSION .....	43
Références bibliographiques .....	45
Annexes	

## Résumé

Le persil est considéré comme l'une des plantes aromatiques les plus anciennes et les plus utilisées, en particulier dans la région de la Méditerranée. Il a été transporté et cultivé dans différentes parties du monde avec ses différentes variétés. Dans cette étude, nous avons utilisé plusieurs extraits de différentes parties de la plante, y compris les racines, les feuilles, les tiges et les graines, dans le but de préparer un produit cosmétique hydratant pour la peau et riche en bienfaits.

Après avoir sélectionné et séché soigneusement des échantillons de persil, nous avons préparé différents extraits, notamment un extrait éthanolique, aqueux, une huile essentielle et un hydrolat de la plante. Ainsi, nous avons obtenu neuf extraits, en plus de l'huile de graines de base.

Le processus d'extraction de l'huile de base de cette plante a montré sa présence en quantité appréciable dans les graines, tandis que les feuilles et les tiges en contenaient beaucoup moins. Quant aux racines, elles étaient complètement dépourvues d'huile de base.

Nous avons basé cette étude sur deux types d'activités, à savoir l'activité antioxydante et l'activité antibactérienne, dans le but d'évaluer les extraits et leur efficacité, et de choisir les extraits les plus appropriés et sûrs pour la préparation du produit cosmétique. Les résultats ont montré l'efficacité de l'huile de graines de base contre les bactéries et en tant qu'antioxydant, ainsi que l'efficacité de l'extrait éthanolique des graines dans les deux activités. Quant à la distillation de la plante, elle a démontré son efficacité contre les bactéries.

**Mots clés:** Persil, extrait, produit cosmétique, huile essentielle, activités biologiques.

## **Abstract**

Parsley is considered one of the oldest and most widely used aromatic plants, especially in the Mediterranean region. It has been transported and cultivated in various parts of the world in its different varieties. In this study, we relied on the examination of multiple extracts from various parts of the plant, including the roots, leaves, stems, and seeds, with the aim of preparing a moisturizing cosmetic product enriched with benefits.

After carefully selecting and drying parsley samples, different extracts were prepared, including ethanol extract, aqueous extract, essential oil, hydrosol of the plant, Consequently, we obtained nine extracts, in addition to the essential seed oil.

The process of extracting the essential oil from this plant revealed its presence in good quantities in the seeds, while the leaves and stems contained significantly lower amounts. As for the roots, they were completely free of essential oil.

In this study, we relied on two types of activities, namely antioxidant activity and antibacterial activity, in order to evaluate the extracts and their effectiveness, and select the most suitable and safe extracts for preparing the cosmetic product. The results showed the effectiveness of the essential seed oil against bacteria and as an antioxidant, in addition to the effectiveness of the ethanol seed extract in both activities. As for the plant distillate, it demonstrated effectiveness against bacteria.

**Key words:** Parsley, extract, cosmetic product, essential oil, biological activities.

## الملخص

يعتبر نبات البقدونس أحد أقدم النباتات العطرية وأكثرها استخدامًا، خاصة في منطقة البحر الأبيض المتوسط. تم نقله ونشره في جميع أنحاء العالم بأنواعه المختلفة. في هذا العمل، اعتمدنا على دراسة مستخلصات متعددة من مختلف أجزاء النبات، بما في ذلك الجذور والأوراق والساق والبذور، بهدف تحضير منتج تجميلي مرطب للبشرة وغني بالفوائد

بعد اختيار عينات البقدونس وتجفيفها بعناية، تم تحضير مستخلصات مختلفة، بما في ذلك المستخلص الإيثانولي، المائي، الزيت الأساسي، ومقطر النبات، بالتالي حصلنا على تسعة مستخلصات، بالإضافة إلى زيت البذور الأساسي وقد أظهرت عملية استخلاص الزيت الأساسي لهذا النبات وجوده بكمية جيدة في البذور، بينما كانت الأوراق والساق تحتوي على كميات أقل بكثير منه. أما الجذور، فكانت خالية تمامًا من الزيت الأساس.

اعتمدنا في هذه الدراسة على نوعين من الأنشطة، وهما النشاط المضاد للأكسدة والنشاط المضاد للبكتيريا، بهدف تقييم المستخلصات وفعاليتها، واختيار المستخلصات الأكثر ملائمة وأمانًا لتحضير المنتج التجميلي. أظهرت النتائج فعالية زيت البذور الأساسي ضد البكتيريا وكمضاد للأكسدة، بالإضافة إلى فعالية المستخلص الإيثانولي للبذور في كلا النشاطين أما مقطر النبات، فقد أثبتت فعاليته ضد البكتيريا.

**الكلمات المفتاحية :** البقدونس، المستخلص، مستحضرات التجميل، الزيت الأساسي، الأنشطة بيولوجية.

# *Introduction*

### Introduction

Les molécules bioactives sont des composés naturels ou d'origine naturelle qui ont des effets bénéfiques sur la peau et sont utilisés dans l'industrie cosmétique pour leurs propriétés bioactives. Ces molécules souvent extraites de plantes, d'algues ou d'autres sources végétales, offrent une large gamme d'avantages pour la santé et la beauté de la peau. Les bioactifs sont connus pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, hydratantes, apaisantes et régénérantes. Ils peuvent aider à améliorer l'apparence de la peau en réduisant les signes du vieillissement, en favorisant la cicatrisation, en éclaircissant le teint, en réduisant les imperfections et en fournissant une protection contre les agressions environnementales. L'utilisation de bioactifs dans les produits cosmétiques permet d'exploiter les bienfaits de la nature pour soutenir une peau saine et éclatante, tout en offrant une alternative plus naturelle aux ingrédients synthétiques.

La cosmétique bénéficie des avancées des biotechnologies pour proposer des produits respectueux de l'environnement et de la santé des consommateurs. Ces avancées permettent d'innover en utilisant des ressources naturelles renouvelables et en évitant l'utilisation de conservateurs, de solvants nocifs et d'autres substances, les produits cosmétiques naturels sont similaires aux produits utilisés en phytothérapie traditionnelle, avec des matières premières peu transformées. Ils sont principalement composés d'ingrédients d'origine végétale (plantes, fruits, fleurs...) sous différentes formes (huiles essentielles, huiles végétales, poudres...), ainsi que de substances d'origine animale obtenues de manière naturelle et sans cruauté envers les animaux (miel, cire d'abeille, lait, œufs) et quelques ressources minérales (argiles, silices...). Ces produits offrent une alternative plus naturelle et respectueuse de l'environnement par rapport aux cosmétiques conventionnels.

Le *Petroselinum crispum* est une plante aromatique et médicinale couramment utilisée en cuisine pour sa saveur délicate, il possède également des propriétés bénéfiques pour la santé, il est riche en vitamines et minéraux essentiels tels que la vitamine C, le fer et le calcium. Le persil est également utilisé depuis longtemps en médecine traditionnelle pour favoriser la digestion, soulager les ballonnements et prévenir les infections urinaires, le persil est non seulement un ingrédient culinaire, mais aussi un précieux allié pour la santé et le bien-être, il contient également des composés phytochimiques puissants comme les flavonoïdes et les polyphénols. Ces composés lui confèrent des propriétés antioxydant et antibactériennes, pour ces raisons il est utilisé dans les produits de soin de la peau [1].

L'activité antibactérienne est testée lors de la formulation et de la production des produits cosmétiques. Des tests de stabilité et d'efficacité sont réalisés pour s'assurer que les ingrédients antibactériens restent actifs tout au long de la durée de vie du produit. Les concentrations appropriées d'ingrédients antibactériens sont déterminées pour garantir leur efficacité sans causer d'irritation ou d'autres effets indésirables sur la peau.

L'activité antioxydante joue un rôle crucial dans la préparation de produits cosmétiques en raison de ses nombreux avantages pour la peau. Les antioxydants sont des composés qui aident à protéger les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres, des molécules instables produites par des facteurs tels que les rayons ultraviolets, la pollution et le stress.

L'objectif de ce travail est donc de réaliser une étude sur les activités biologiques (antioxydantes et antibactériennes) des différents extraits du persil dans le but de la fabrication d'un produit cosmétique. Pour diverses utilisations sur la peau, notre recherche s'applique pour l'obtention de diplôme de Startup initié par le ministère de tutelle.

Ainsi, ce manuscrit est divisé en trois chapitres :

Dans le premier chapitre nous avons commencé par une étude bibliographique. La première partie sur la famille des Apiacées (Répartition géographique, botanique et propriétés de cette famille), le genre *petroselinumcrispum* (classification et description de la plante), alors que le deuxième parle des métabolites secondaires qui y trouvent, les huiles essentielles et l'hydrolat

Dans la troisième partie une revue bibliographique sur les activités biologiques (à savoir les activités antioxydantes et activités antibactérienne).

Le deuxième chapitre comprend la partie expérimentale de notre travail : l'extraction de trois parties de la plante, à savoir les racines, les tiges, les feuilles et les graines, en utilisant deux types de solutions : l'eau et l'éthanol, ce qui donne l'extrait aqueux et l'extrait éthanolique pour chaque partie. De plus, l'extraction de l'huile essentielle de ces parties est réalisée par hydrodistillation tout en conservant l'hydrolat comme extrait. Ensuite, l'activité antibactérienne de ces extraits est étudiée sur deux types de bactéries, suivie de l'étude de l'activité antioxydante en utilisant le DPPH.

Dans le troisième chapitre, nous exposons nos résultats ainsi que leur discussion et on finit par une conclusion générale sur l'essentiel de nos résultats.

*Chapitre I : Synthèse*  
*Bibliographique*

### 1. La famille des Apiacées

Le persil (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss 1886.) appartient à la famille des Apiacées, c'est l'une des herbes culinaires couramment utilisées pour aromatiser les cuisines chinoise, mexicaine, sud-américaine, indienne et d'Asie du Sud-Est. Ses applications culinaires et épicées détaillées sont souvent rapportées, accompagnées de recettes [2, 3, 4].

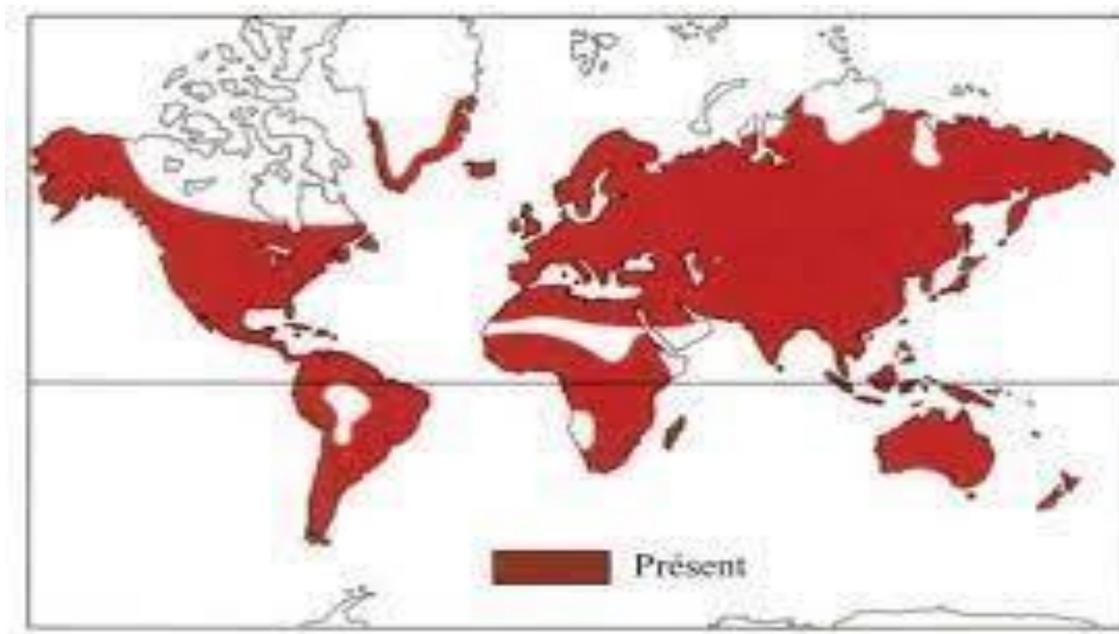
La famille des Apiacées, anciennement connue sous le nom d'Ombellifères, comprend des plantes aromatiques et comestibles comme la carotte, le céleri, le fenouil et le persil, le carvi, la coriandre et le cumin. Cette famille est connue pour son abondance d'huiles essentielles [5].

La famille des Apiacées est généralement divisée en deux catégories, celle des plantes cultivées pour leurs racines et celle cultivées pour leur feuillages [6].

#### Répartition géographique des Apiacées

La famille des Apiacées comprend 446 genres d'environ 3500 espèces cosmopolites, se répartissant dans toutes les régions tempérées du monde (Fig. 1). Le genre est réparti sur tous les continents, le continent asiatique prédominant [7].

La famille des Apiacées occupe une place importante dans la flore algérienne et est représentée par 56 genres, 130 espèces (dont 24 espèces endémiques) et 26 sous-espèces [8].



**Figure 1** : Répartition géographique mondiale des Apiacées (HEYWOOD, 1996) [9].

### Botanique et propriétés des Apiacées

#### Appareil végétatif

La famille des Apiacées est relativement homogène et se caractérise notamment par son inflorescence typique, l'ombelle. Ce sont généralement des herbacées, des annuelles, des bisannuelles ou des vivaces, parfois des arbustes [10].

#### Tige

Les tiges sont souvent cannelées et creuses par résorption de la moelle, certaines ont des bulbes (carottes) ou de vrais tubercules, d'autres ont des rhizomes (angélique) [11].

#### Feuilles

Les feuilles basilaires sont moins épineuses, à limbes plats et à contour général elliptique, à bractées externes à trois pointes et à bractées internes simples, vertes à trois nervures fortement saillantes, jaunes, terminées par de longues pointes luisantes, de très petites fleurs, fruits portant sur les côtes des écailles blanches [12].

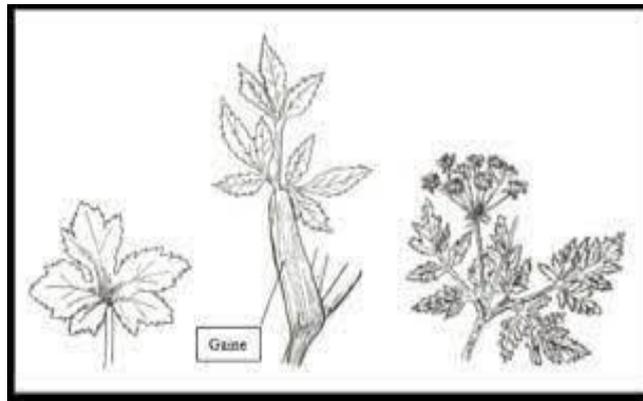


Figure 2 : Appareil végétatif des Apiacées [13]

#### Appareil reproducteur

##### L'inflorescence en ombelle

L'inflorescence est la partie la plus importante de la plante. Grâce à cela, la famille des Apiacées est facilement reconnaissable. Avant la classification APG, la famille était nommée Ombellifères d'après ses inflorescences très caractéristiques [13].

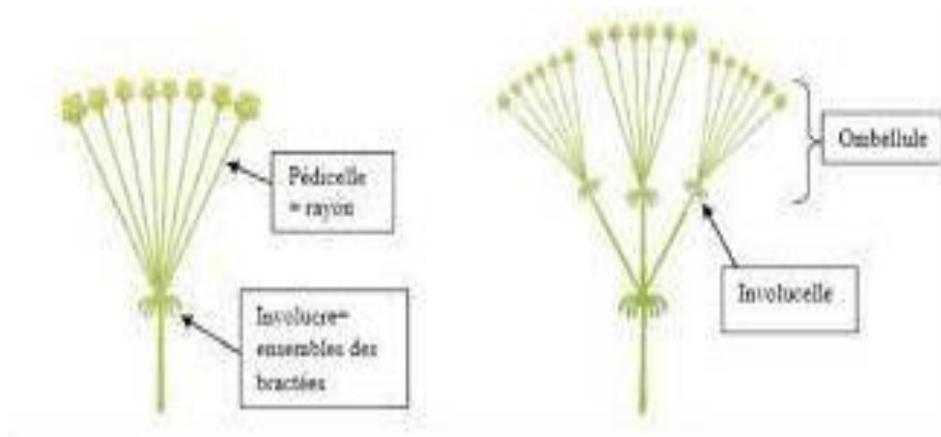
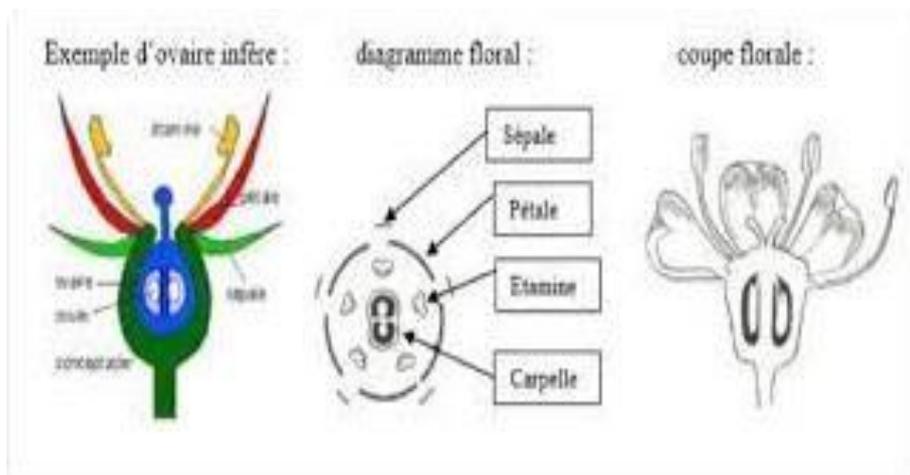


Figure 3 : Inflorescence des Apiacées [13]

### La fleur des Apiacées

Les fleurs sont blanches ou, plus rarement, jaunâtres, verdâtres ou rosées [14],

Elles sont morphologiquement hermaphrodites peuvent être physiologiquement unisexuées, car les organes reproducteurs ne mûrissent pas nécessairement en même temps. Le plus souvent, la fleur est d'abord mâle ; elle est dite protandre [15], ont toujours la même formule florale:  $5S + 5P + 5E + 2C$ , cyclique, hétérochlamyde, dialipète, pentamère, actinomorphe, isostémonique, épigineuse, bisexuée. Sépales fortement réduits ou absents, lâches ou soudés. Anthères fendues verticalement. L'ovaire est infère et bilobé. Deux styles libres sont portés par

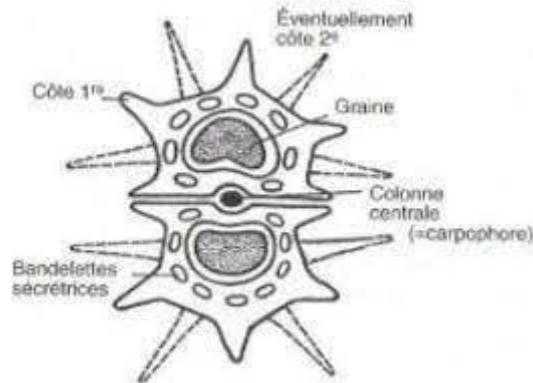


des stigmates en forme de fouet. Placenta axillaire (apical), un ovule par cellule en développement, anatrophe, tombant, simplement caoutchouteux [16].

Figure 4 : Appareil reproducteur des Apiacées [13]

### Fruit

Après la fécondation, l'ovaire inférieur devient un septum et les deux compartiments restent longtemps connectés, puis soit directement de haut en bas, soit via une colonne centrale qui prolonge le receveur mais émane du tissu carpien, il se sépare en deux boutons en étapes. Cette colonne ou carpophore peut être non divisée ou ramifiée au sommet. Les boutons se séparent alors les uns des autres à la base et restent attachés au corps fructifère pendant un certain temps avant de tomber au sol [15].



**Figure 5 :** Structure générale d'un diakène d'Apiacées [15].

Parmi les espèces d'Apiacées les plus communément cultivées dans les jardins et les fermes maraîchères, le persil *Petroselinum crispum*.

### 2. Le persil (*petroselinum crispum*)

Lepersil, *p.crispum* (Mill.) Fuss (Apiaceae), est une herbe qui est largement cultivée et aussi largement utilisée.

La plante est originaire de la région méditerranéenne (Espagne, Italie, Grèce, Malte, Algérie, Tunisie et Maroc), mais elle a été introduite en culture dans le monde entier. Il existe trois variétés (ou cultivars) courantes du persil, la variété à feuilles frisées (*P. crispum* var. *crispum*) qui est souvent utilisée comme garniture, la variété à feuilles plates ou italienne (*P. crispum* var. *neapolitanum*) utilisée dans le taboulé et d'autres plats méditerranéens et le persil racine (*P. crispum* var. *tuberosum*), qui est cultivé comme légume-racine [17].

Aussi, le persil est l'une des plantes médicinales les plus utilisées pour traiter l'hypertension artérielle, le diabète, les maladies cardiaques et rénales. De plus, dans des études expérimentales, il a été rapporté que cette herbe a de fortes activités diurétiques, anti-hyperglycémiques, anti-hyperlipidémiques, anticoagulantes, anti-oxydantes, anti-microbiennes et laxatives. Il a été rapporté que l'extrait alcoolique de persil a un effet protecteur contre la toxicité induite par le valproate de sodium. Les feuilles de persil étaient utilisées pour traiter la

constipation, la jaunisse, les coliques, l'œdème des flatulences et les rhumatismes. Il a été utilisé pour traiter l'eczéma, les douleurs au genou, l'impuissance et les saignements [18].

Son nom scientifique est *Petroselinumcrispum*.

Noms communs : persil, persil cultivé, persil odorant, persin (Français).

Les trois variétés largement cultivées sont:

*Petroselinumcrispum* var. *crispum*, le persil frisé ;

*Petroselinumcrispum* var. *neapolitanum*, le persil plat ou persil de Naples μ

*Petroselinumcrispum* var. *tuberosum*, le persil tubéreux.

### **La Classification phylogénétiques**

Selon (Crété, P 1968) [19], la classification qu'occupe *P. crispum* dans la systématique est la suivante :

**Règne :** Plantae

**Sous-Règne :**Tracheobionta

**Division :**Magnoliophyta

**Classe :**Magnoliopsida

**Sous-classe :**Rosidae

**Ordre :**Apiales

**Famille :**Apiaceae

**Genre :**Petroselinum

**Espèce :**Petroselinumcrispum

### **Description de *Petroselinum crispum***

Le persil est une plante bisannuelle de 25 à 80 cm de haut, à l'odeur caractéristique très parfumée lorsqu'on l'écrase. Ses tiges sont striées et ses feuilles sont glabres. Les feuilles vertes brillantes sont généralement bipartites, en particulier les feuilles basales, qui n'ont souvent que trois lobes étroits et allongés sur la feuille supérieure. Les fleurs d'une couleur jaune verdâtre attenantes au blanc épanoui sont regroupées en ombelles composées de 8 à 20 rangs. Les ombellules sont munies d'un involucre à nombreuses bractées [20]. Le type de racine pivotante allongée est assez développé. Il est de couleur jaunâtre et dégage une forte odeur aromatique.



**A:** feuilles

**B:** Fleurs



**C:** Graines

**D:** Racines

**Figure 6 :** Structure de la plante de persil (GOUST, 2006) [21].

### Constituants chimiques

Il apparait de l'ensemble des travaux phytochimiques antérieurs que le persil est une source intéressante de molécules bioactives dont les plus fréquentes, vitamines A, C et B9 car 100g de persil apportent respectivement l'équivalentes de 893,34  $\mu\text{g}$  de vitamine A, 190mg de la vitamine C et 197 $\mu\text{g}$  de la vitamine B9, le persil est également une source des autres vitamines comme B1, B2, B5, E [22]. Il contient pour 100g :

- 3g de protéines.
- 0,843g de lipides.
- 4,54g de glucides.
- 4,30g de fibres

Le persil riche en fer, en manganèse, et en potassium car 100g apportent respectivement l'équivalent de :

- 4,32g en fer.
- 0,948g en manganèse.

- 795mg en potassium.

### **Usages et propriétés thérapeutiques :**

Depuis l'antiquité le persil est considéré comme une plante aromatique et médicinale. Il est utilisé comme assaisonnement en cuisine, il est principalement servi en tant que correcteur de goût dans l'industrie agroalimentaire :

L'huile végétale contenue dans les graines de persil est utilisée comme matière première pour les parfums et les fragrances savons et crèmes parfumées.

Le persil sert à aromatiser les viandes, les sauces, les salades, les poissons et les fromages [23].

Utilisé pour une action diurétique, antispasmodique, anoxique, apéritive. C'est un Remède général pour le système digestif et les problèmes menstruels. Il est également utilisé pour des usages externes pour les poux et les taches de rousseur [24,25].

Le persil et le basilic font partie des sept plantes aromatiques utilisées comme engrais vert pour lutter contre la mouche domestique (plantes aquatiques) certaines mauvaises herbes à feuilles larges dans le maïs et elles-mêmes aident à cela minimiser l'utilisation d'herbicides [26].

L'extrait de persil a des effets protecteurs comparables au glibornuride (anti-diabète) pour l'hépatotoxicité due au diabète [27].

De nombreuses maladies cardio-vasculaires tels que l'hypertension artérielle sont associées a une augmentation de l'activité des plaquettes sanguines.

L'extrait de persil inhibe l'agrégation plaquettaire in vitro et ex vivo et prolonge le temps de saignement chez le rat in vivo après administration orale ce qui représente une approche prometteuse pour la prévention nutritionnelle des complications cardiovasculaires [28].

Les graines de persil peuvent être l'un des nombreux ingrédients de la pharmacopée maritime occidentale du XVIIIe siècle [29].

Le persil possédait aussi une action anticellulite, en favorisant la diminution des réserves de graisse accumulées dans l'organisme.

Le persil peut réduire le risque du cancer en éliminant quotidiennement les toxines du corps [30].

### **3. Métabolismes secondaires**

#### **Généralités**

L'une des grandes caractéristiques des plantes est leur capacité à produire des substances naturelles très différentes. En effet, à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protides, lipides, acides nucléiques), ils s'accumulent fréquemment des métabolites dits secondaires dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représentent une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire [31].

Les métabolites secondaires ne sont pas strictement nécessaires à la croissance et au développement des plantes, mais peuvent jouer divers rôles dans la survie de la plante elle-même [32].

#### **Définition**

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées en petites quantités et s'accumulent par les plantes autotrophes. Ils sont divisés en trois grandes familles : Les polyphénols, les terpènes, les alcaloïdes [33].

Ces composés phytochimiques ont un impact significatif sur la façon dont les plantes s'adaptent à leur environnement. Ils participent ainsi, de manière très efficace, à la tolérance des végétaux à des stress variés (attaques de pathogènes, prédateurs d'insectes, sécheresse, lumière UV ....) [34]. Et présentent une grande variété structurale (plus de 200 000 structures définies) [35].

#### **Classification des métabolites secondaires**

Chez les plantes il y a trois classes principales de métabolites secondaires: les composés phénoliques, les alcaloïdes et les terpènes [33]. Chacune de ces classes contiennent une très grande variété de composés ayant une très large gamme d'activités en biologie humaine. Ils ont une valeur économique énorme [36].

#### **Composés phénoliques**

Les composés phénoliques sont des composés phytochimiques majeur simplifiés dans une variété de processus tels que la croissance, la lignification, la pigmentation, la pollinisation, la résistance aux agents pathogènes, aux prédateurs et aux stress environnementaux [37]. On les retrouve dans toutes les parties des plantes supérieures (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollen, fruits, graines et bois), selon le type de plante et le groupe de polyphénols considérés [38] [39] [40].

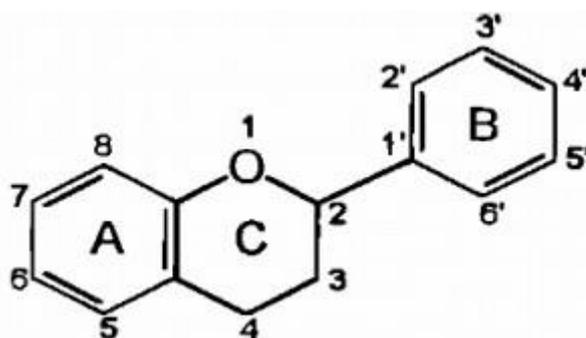
Les composés phénoliques regroupent un vaste ensemble de plus de 8 000 molécules, divisées en une dizaine de classes chimiques, qui présentent tous un point en commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles OH [41].

### > Flavonoïdes :

Le terme flavonoïdes décrit un très large éventail de substances naturelles appartenant à la famille des polyphénols [42], ce sont des métabolites secondaires ubiquitaires des plantes [43, 44], Ils sont classés en flavones, isoflavones, flavonols, flavanes, flavanols, flavanones, chalcones, et anthocyanes [45].

Les flavonoïdes sont considérés comme des pigments végétaux universels et colorent souvent les fleurs, les fruits et parfois les feuilles. À l'état naturel, les flavonoïdes se trouvent le plus souvent sous forme d'hétérosides [46,47].

Les flavonoïdes possèdent un squelette de base à 15 atomes de carbone constitués de deux cycles benzéniques en C6 (A et B) reliés par un hétérocycle de 3 atomes de carbone (C) [48].



**Figure 7 :** Structure chimique de base des flavonoïdes [48]

> **Coumarines :** Sont des composés aromatiques naturels, largement distribués dans le règne végétal, ils inhibent la croissance et la sporulation des champignons et autres microorganismes qui sont pathogènes pour les plantes [49].

Il s'agit de composés à neuf atomes de carbone possédant le noyau benzo pyranone-2 (**Figure8**) [50] Ils ont des activités anti-thrombotiques, anti-inflammatoires et vasodilatatrices [51], Ils ont la capacité de capter les radicaux hydroxyles, superoxydes, et peroxydes. Ils préviennent également la peroxydation des lipides membranaires [52].

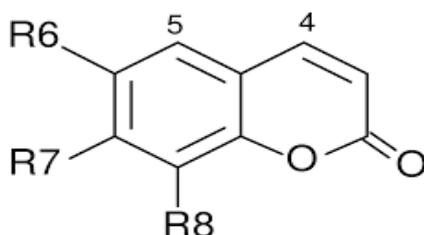


Figure 8 : Structure de base de coumarine [52]

➤ **Tanins :**

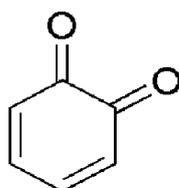
Sont des composés phénoliques hydrosolubles ayant une masse moléculaire comprise entre 500 et 3000, en plus de la réaction classique du phénol, il a la propriété de précipiter d'autres protéines telles que les alcaloïdes, la gélatine et l'albumine [53], [48], son rôle biologique chez les plantes est lié à sa propre protection contre les maladies infectieuses, les insectes et les herbivores, en plus de la protection contre les attaques fongiques et bactériennes [54], ils sont particulièrement abondants dans certaines familles comme les conifères, les fagacées, les rosacées [46]. Ils sont largement utilisés dans l'industrie du cuir, notamment dans les vernis et les peintures [55].

➤ **Quinones :**

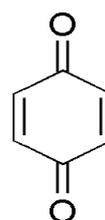
Les quinones sont des pigments naturels, principalement des jaunes, des rouges et des bruns vifs qui sont masqués par d'autres pigments. Ils sont omniprésents dans la nature, principalement présent dans le règne végétal et très réactifs [51]. Elles sont caractérisées par un motif 1,4-dicéto cyclohexa-2,5-diénique (para-quinones) ou, éventuellement, par un motif 1,2-dicéto cyclohexa-3,5-diénique (ortho-quinones) [53].

On distingue 4 groupes :

Benz quinones (arthropodes), Naphtoquinones (angiospermes), Quinones isopréniques (photosynthèse et respiration) et Anthraquinones [56].



1,2-Benzoquinone



1,4-Benzoquinone

Figure 9 : Structure de base de quinones [57].

### Composés azotés

#### ➤ Alcaloïdes :

Le terme alcaloïdes ou « alkaly-like » (al kaly = la soude ; like = qui a l'apparence) a été proposé pour la première fois par le pharmacien Meissner en 1818, sont une des classes des métabolites secondaires les plus importants des plantes [58].

Ils sont des substances organiques azotées hétérocycliques, généralement leurs précurseurs sont des acides aminés, présentant du point de vue chimique un caractère basique plus ou moins exprimé même à faible dose [59].

Dans leur majorité, les alcaloïdes soient, hétérocycliques, bien que quelques composés azotés aliphatiques, comme la colchicine soit parfois classée dans les alcaloïdes.

Leurs caractéristiques communes sont :

-la solubilité dans l'eau.

-la présence d'au moins un atome d'azote qui accepte souvent un proton, ce qui leur confère un caractère légèrement basique en solution [60].

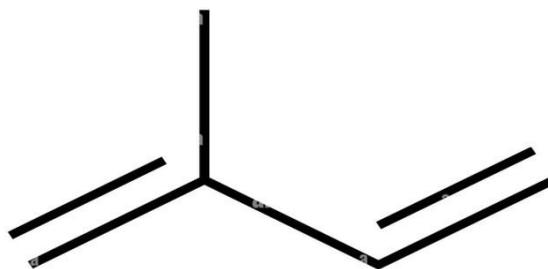


**Figure 10 :** Structures chimiques de quelques alcaloïdes [61].

### Terpènes

Les terpénoïdes sont peut-être le plus grand groupe métabolites secondaires des végétaux constituent le principe odoriférant des végétaux. Cette odeur est due à la libération des molécules très volatiles [61].

L'unité monoterpène correspondant à des molécules à 10 carbones formées à partir de deux unités isoprènes (Figure 5) [61] ; [62].



**Figure 11** : Structure de base la molécule isoprène [63]

### L'intérêt des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires des plantes présentent un certain intérêt pour une utilisation dans l'industrie, dans l'alimentation, les cosmétiques et les pharmacies. Ces connexions sont étendues mesures dans le traitement proposé [64]. Ces composés phytochimique s'agissent comme des signaux chimiques et ont donc des fonctions très importantes pour la survie et la reproduction des plantes qui les produisent comme signaux chimique, pour défendre leur producteur contre les herbivores et les pathogènes [65].

Ils sont également fortement exploités par les humains dans certaines régions. Comme colorant et agent aromatisant dans le domaine culinaire, comme herbicide dans l'agriculture, et comme antibiotique et antioxydant dans le domaine médical,...etc [53] [66].

## 4. Les huiles essentielles

### Généralité

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels complexes de métabolites secondaires volatils isolés par hydrodistillation ou pression mécanique. Ils sont obtenus à partir de feuilles, de graines, de bourgeons, de fleurs, de brindilles, d'écorces, de bois, de racines, de tiges ou de fruits, mais aussi à partir de gommés qui coulent des troncs d'arbres. Comme les agrumes, les huiles essentielles sont obtenues par hydrodistillation et pression à froid. De nouvelles techniques ont été développées pour augmenter la production, notamment : Extraction avec du dioxyde de carbone liquide à basse température et haute pression, ou extraction avec des ultrasons ou des micro-ondes [67].

Les huiles essentielles se définissent également comme des substances sécrétées par des cellules spécialisées de certains organes végétaux sous l'action de l'énergie solaire (substances dites aromatiques). Selon les plantes, ces cellules se retrouvent dans les feuilles, les fleurs, les fruits, l'écorce, les racines, etc [68].

### Localisation et répartition des huiles essentielles dans la plante :

Les huiles essentielles se trouvent dans différents organes de la plante selon l'endroit où la plante est cultivée, épis de fleurs, feuilles, racines ou rhizomes, écorce, bois, fruits et graines [69].

Les huiles essentielles sont abondantes dans environ 2000 espèces végétales réparties en 60 familles. Les Rutacées, les Lauracées, les Myrtacées, les Apiacées, les Lamiacées, les Astéracées et les Pinacées sont particulièrement riches en huiles essentielles [70].

La formation des huiles essentielles dans les plantes est le résultat de diverses réactions biochimiques, dont certaines ne sont pas encore comprises. Elles prennent naissance dans des appareils sécréteurs qui ont une forme variée. Il s'agit par exemple:

- Trichomes Glandulaires (Lamiaceae)
- Cavités sécrétrices (Myrtaceae et Rutaceae)
- Canaux sécréteurs (Apiaceae et Asteraceae) [71].

**Tableau 1** : Principales espèces riches en huiles essentiels des Aipacées [72].

Famille	Principales espèces	Organe
Apiacées	<i>Cuminum cyminum</i> <i>Carum carvi</i> <i>Pimpinelle anisum</i> <i>Foeniculum spp.</i> <i>Anethum graveolens</i> <i>Coriandrum sativum</i> <i>Petroselinum sativum</i>	Graine

### Rôle des huiles essentielles chez les plantes

Le rôle biologique des huiles essentielles dans l'environnement a été longuement étudié. Par leur parfum, ils participent à la pollinisation. Ils ont donc un rôle attractif ou répulsif vis-à-vis des prédateurs (herbivores, insectes, etc.). Leurs propriétés toxiques peuvent paralyser les muscles masticateurs d'un agresseur. Ils protègent en inhibant la croissance des bactéries et des

champignons. Ils protègent les plantes de la lumière en réduisant ou en concentrant et préviennent la déshydratation des plantes (perte d'eau) par évaporation excessive [73].

### Composition chimique

Les huiles essentielles sont des substances complexes qui contiennent plusieurs centaines de composants, cependant on peut les regrouper en familles de substances chimiques [74]. Les HEs sont soluble dans les solvants organiques courants tels que les alcools, le chloroforme, le benzène et l'éther, est peu ou presque insoluble dans l'eau et est un liquide à température ambiante[76]. Les substances actives peuvent être divisées en quatre groupes selon leur structure chimique: terpènes, terpénoïdes, phénylpropènes et "autres" [75].

### Méthodes d'extractions des HE's

Les huiles essentielles sont extraites principalement par des méthodes parmi lesquelles:

- L'hydrodistillation.
- L'entraînement à la vapeur de l'eau.
- Micro-onde.
- Par des solvants organiques (soxhlet).
- Au CO<sub>2</sub> supercritique.

### Par hydrodistillation :

L'hydrodistillation elle-même est un processus standardisé d'obtention d'huiles essentielles et de contrôle de la qualité [76].

Le principe de l'hydrodistillation correspond à une distillation hétérogène. Ce procédé consiste à tremper la matière première végétale dans un bain-marie. L'ensemble est ensuite porté à ébullition, généralement à pression atmosphérique [77].

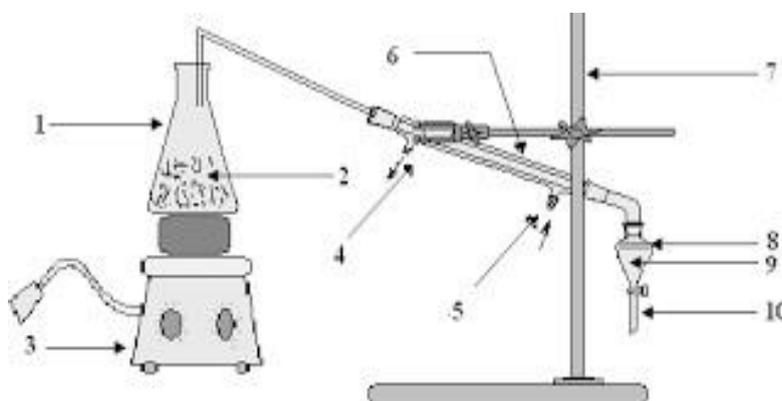


Figure 12 : Le montage de l'hydrodistillation. [78].

- |                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| 1- Le Flacon Erlenmeyer      | 2- l'eau + la plante      |
| 3- chauffe-ballon            | 4- la sortie de l'eau     |
| 5- l'entrée de l'eau         | 6- réfrigérant            |
| 7- le support de réfrigérant | 8- l'huile essentielle    |
| 9- l'eau aromatique          | 10- l'ampoule à décompter |

La température d'ébullition d'un mélange est atteinte lorsque la somme des pressions de vapeur de tous les composants est égale à la pression d'évaporation. Par conséquent, il est inférieur au point d'ébullition de toute substance pure. Ainsi, le mélange « eau + huile essentielle » va distiller à pression atmosphérique et à des températures inférieures à 100°C [79]. Par contre, les températures d'ébullition des composés aromatiques sont la plupart très sèches [80;81].

### 5. L'hydrolat

L'hydrolat est un produit de la distillation à la vapeur ou de l'hydrodistillation des plantes aromatiques utilisées pour produire des huiles essentielles [82]. Lors de la distillation, la vapeur d'eau traverse la matière végétale et entraîne la libération de molécules volatiles (HE) qui s'évaporent puis se condensent à travers un refroidisseur. Les huiles essentielles sont ensuite séparées de l'eau en raison de la différence de densité qui forme deux phases, la phase supérieure est l'huile essentielle et la phase inférieure est l'eau, caractérisée par une odeur spécifique caractéristique du matériel végétal utilisé. La phase HEs contenant la majeure partie des composés volatils, et la phase hydrosol composée d'eau condensée et d'une faible quantité d'HEs dissoute (généralement moins de 1 g/L) qui confère les propriétés organoleptiques. Les hydrolats sont faciles et peu coûteux à produire et semblent moins toxiques pour la santé humaine que les huiles essentielles [83].

Malgré sa faible concentration en principes actifs (PA), l'hydrolat présente certaines activités pharmacologiques intéressantes. Certains sont utilisés depuis des siècles dans des préparations cosmétiques, thérapeutiques et culinaires mais leur intérêt principal, c'est qu'ils sont toujours beaucoup mieux tolérés que les HEs [84].

### 6. Activités biologiques

#### Activité antibactérienne

##### Généralités

Les antibiotiques sont des substances qui ont la capacité d'inhiber la multiplication des bactéries, qu'ils soient d'origine biologique ou synthétique. Ces médicaments sont couramment

utilisés et constituent un arsenal thérapeutique important pour traiter les infections bactériennes. Leur évaluation repose sur trois méthodes d'étude: in vitro, in vivo et clinique [85].

La thérapie des infections bactériennes repose principalement sur l'utilisation d'antibiotiques. Cependant, une prescription à grande échelle et parfois inappropriée de ces agents peut conduire à la sélection de souches bactériennes multi-résistantes, c'est pourquoi il est crucial d'orienter la recherche vers la découverte de nouvelles voies, notamment en explorant les possibilités offertes par les plantes en tant que l'évolution des nouveaux médicaments. Les métabolites secondaires des plantes, tels que les composés phénoliques, sont largement utilisés dans l'industrie alimentaire et cosmétique, ainsi que dans la médecine populaire en tant qu'agents antimicrobiens [86].

### **L'action des extraits végétaux sur les bactéries**

Les plantes ont développé diverses méthodes pour produire des substances antimicrobiennes qui les aident à se défendre contre les agents pathogènes [87].

Les surfaces végétales extérieures sont fréquemment préservées grâce à l'utilisation de biopolymères tels que les cires, les esters d'acides gras tels que la subérine et la cutine. De plus, ces tissus externes peuvent contenir une variété de composés tels que des phénols, des alcaloïdes, des terpénoïdes et d'autres substances qui empêchent la croissance de champignons et de bactéries [88].

Certaines monocotylédones possèdent des thionines, qui sont des protéines antimicrobiennes présentes dans leurs parois cellulaires [89] [90].

### **Mode d'action des huiles essentielles**

L'activité antimicrobienne des huiles essentielles est due aux composés phénoliques, terpéniques et aliphatiques qui les caractérisent [91].

Cette dernière est généralement décrite comme une fragilisation de la membrane cytoplasmique des microorganismes [92] [93].

Cette augmentation de la perméabilité causée par les huiles essentielles perturbe les activités cellulaires telles que la production d'énergie, le transport membranaire et les fonctions métaboliques, ce qui peut conduire à la libération du contenu cellulaire et éventuellement à la mort des microorganismes. En raison de la grande variabilité des structures des différentes huiles essentielles, il existe de nombreux mécanismes d'action possibles, ce qui explique pourquoi peu d'études se sont penchées sur des modes d'action spécifiques [94].

### Les activités antioxydantes

Le stress oxydative a été relié à plusieurs problèmes de santé comme l'artériosclérose, le cancer, la maladie d'Alzheimer, maladie de Parkinson, le diabète et l'asthme [95]. La balance cellulaire des radicaux libres est maintenue par différents antioxydants [96].

### Mécanisme d'action des antioxydants

Pour évaluer l'activité antioxydante, *in vitro*, des aliments, extraits naturels et antioxydants commerciaux, et des produits cosmétiques, différentes méthodes ont été développées [97].

Ces méthodes impliquent le mélange des radicaux libres ou des complexes métalliques oxydés, avec un échantillon qui contient des antioxydants capables d'inhiber la génération formation de radicaux libres, comme les peroxydes R-O-O-R' par les méthodes ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) et TRAP (TotalRadical-TrappingAntioxidantParameter), les ions ferriques par la méthode FRAP (Ferric ion ReducingAntioxidantParameter), ou les radicaux ABTS• (sel d'ammonium de l'acide 2, 2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique), ainsi que la méthode utilisant le radical libre DPPH• (diphényl-picrylhydrazyle) [98].

Plusieurs substances végétale pouvant agir en tant que antioxydants *in vivo* ont été proposés. Elles incluent : la vitamine E, l'acide ascorbique, le  $\beta$  - carotène, les flavonoïdes, les composés phénoliques,...etc. [99;100].

# *Chapitre II : Matériel & Méthodes*

### Matériel et méthodes

Le travail expérimental a été effectué au laboratoire d'Université Abdelhafid Boussouf – Mila.

#### 1. Matériel végétale

Des échantillons de la plante *P. crispum* (feuilles+tiges, racines et graines) ont été collectés en Février et Mars 2023 de deux régions différentes de Mila.

##### Présentation des régions d'étude

La wilaya de Mila se situe au Nord-Est de l'Algérie, elle occupe une superficie totale de 3.480,54 Km<sup>2</sup> soit 0,14% de la superficie du pays. Elle est limitée, au Nord par la wilaya de Jijel, Au Nord-est par la wilaya de Skikda, à l'Est par la wilaya de Constantine, à l'Ouest par la wilaya de Sétif, et au Sud par la wilaya d'Oum el Bouaghi [101].

##### Préparation du matériel végétal

Pour faciliter l'extraction à partir des (feuilles+tiges, racines et graines) de persil trois opérations de prétraitement de ces matériels ont été effectuées : lavage, séchage et broyage.

- **Séchage** : les feuilles, tiges et les racines ont été séchées à l'abri du soleil pendant 15 jours, puis dans une étuve dont la température ne dépasse pas **37° C** jusqu'à stabilisation du poids.



Racine et feuilles+tiges



Étuve

**Figure 13** : Séchage de persil (feuilles+tiges et racines)

- **Broyage** : Les échantillons séchés et aussi les graines sont ensuite broyées A l'aide d'un moulin à café jusqu'à devenir une poudre. Cette dernière a été conservée dans des bouteilles en verre scellées et à l'abri de la lumière et de la chaleur jusqu'à son utilisation.



**Figure 14 :** Broyage de persil (feuilles+tiges, racines et graines).

## **2. Extraction**

Cette étape consiste à avoir les extraits bruts contenus dans les organes des feuilles, tiges, racines et graines de persil.

### **Principe**

La macération est une opération qui consiste à laisser le matériel végétal en contact prolongé avec un solvant pour en extraire les principes actifs [48;102].

C'est une extraction qui se fait à température ambiante, selon la méthode décrite par [103], Les extraits bruts sont obtenus par la méthode de macération prolongée à une température ambiante par l'Ethanol et l'eau.

Dans notre étude, nous avons utilisé deux solvants qui sont :

- ✓ L'eau distillé c'est : L'extrait aqueux.
- ✓ L'éthanol c'est : L'extrait brut (éthanolique).

### Préparation de l'extrait aqueux

Une quantité de 10 g de poudre est macérée dans 100 ml d'eau distillé sous agitation mécanique pendant 24 h à une température ambiante, La solution obtenue est filtrée à l'aide d'un papier filtre, puis conservée dans des flacons en verre recouverts d'aluminium, placés au réfrigérateur à 4 °C.

Le même protocole a été utilisé pour les extraits des racines, des graines, des feuilles et des tiges.



**Figure 15 :** Préparation de l'extrait aqueux.

### Préparation des extraits éthanolique

Nous préparons 5g de poudre de notre plante et 100 ml d'éthanol. Nous plaçons cette quantité de poudre dans un récipient et la mélangeons avec 20 ml d'éthanol sous agitation mécanique à température ambiante pendant 24 heures. Après ce processus de macération, nous filtrons le mélange et récupérons le liquide filtré dans un flacon approprié. Ensuite, nous répétons la même étape en prenant la poudre résiduelle du premier filtrat et la mélangeons avec 20 ml d'éthanol sous agitation pendant 6 heures. Une fois de plus, nous filtrons le mélange et

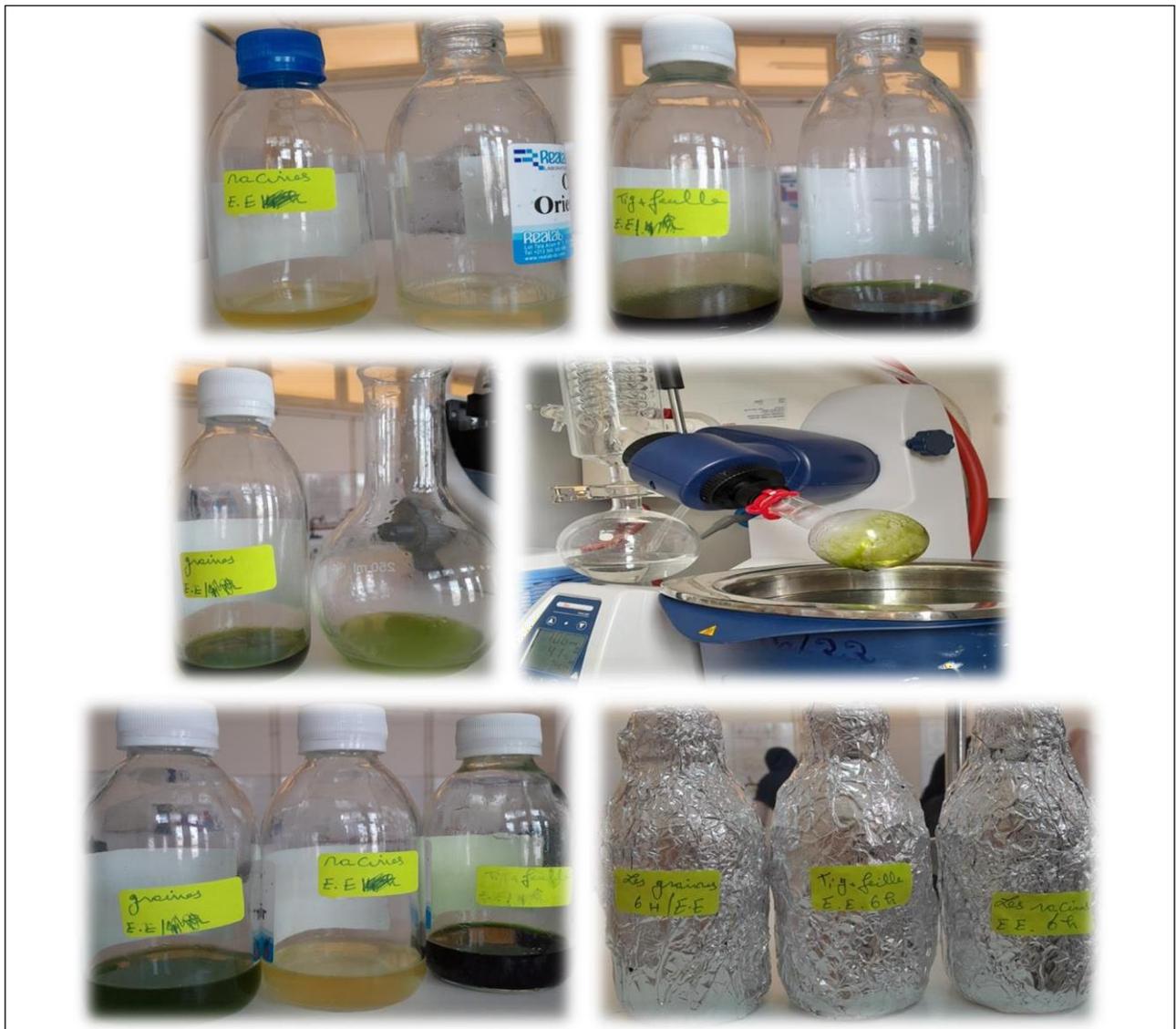
## Chapitre II Matériel et méthodes

récupérons le filtrat dans un autre flacon. Au fur et à mesure de l'évolution du processus, la couleur du filtrat devient transparente.

Pour obtenir un extrait plus concentré, nous soumettons les solutions obtenus à une évaporation par rota évaporation, utilisant un équipement spécialisé (Figure17).

Ce processus permet de retenir une grande partie du solvant (éthanol) et de concentrer les composés extraits, donnant ainsi un extrait brut caractérisé par une couleur foncée. Nous récupérons cet extrait brut en le mélangeant avec 10 ml d'eau distillée pour chaque 5 g de poudre initiale utilisée. Enfin, nous conservons cet extrait brut dans des flacons en verre recouverts d'aluminium, que nous stockons au réfrigérateur à une température constante de 4°C.

Il convient de noter que ce processus est appliqué à toutes les parties de la plante, y compris les racines, les graines, les feuilles et les tiges, afin d'obtenir un extrait complet et représentatif de la plante entière.



**Figure 16** : Préparation de l'extrait éthanolique.

### 3. Extraction d'huiles essentielles

Le HE a été extraite par la méthode d'hydrodistillation, en utilisant un appareil de type Clevenger [104].

#### Principe

On trempe la plante directement dans un ballon rempli d'eau, qu'on place sur une source de chaleur. La chaleur peut rompre les cellules végétales et libérer les molécules odorantes qu'elles contiennent. La vapeur est condensée dans un condenseur [105]. Cependant, l'hydrodistillation possède des limites. En effet, un chauffage prolongé et trop puissant engendre la dégradation de certaines molécules aromatiques.

Le distillat récupéré contient deux phases non miscibles :

L'huile essentielle et l'hydrolat.

#### ➤ La conservation :

L'huile essentielle et l'hydrolat récupérées ont été conservées à 4°C jusqu'au moment de leur utilisation dans des flacons sombres en verre pour éviter leur dégradation et pour les protéger de l'air, de la lumière et des variations de température.

#### ➤ Calcul du rendement :

Le rendement en huile essentielle (RHE), est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle (MHE) obtenue après extraction et la masse de la matière végétale sèche utilisée (MS) [106]. Il est exprimé en pourcentage (%) est calculé par la formule suivante :

$$R(\%) = (MHE / MS) \times 100$$

**R%**: Rendement en %.

**MHE** : Masse d'huile essentielle extraite exprimée en gramme (g).

**MS** : Masse de la matière végétale sèche utilisée pour l'extraction exprimée en gramme (g).

#### Détermination du pH

**HE** :

Le potentiel d'hydrogène (pH) mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H<sup>+</sup>) (Appelés aussi couramment protons) en solution. Pour notre expérience, cette mesure a été

effectuée à l'aide d'un papier pH (Figure 18) au lieu d'un pH-mètre en raison de l'insuffisance d'huile essentielle.

Les huiles essentielles de qualité présentent un pH voisin de 5 (maximum : 6), elles constituent donc des solutions à caractère acide [107].



Figure 17 : Papier pH

#### 4. Activités biologiques

##### Activité antibactérienne

Des tests évaluant l'activité antibactérienne sont effectués dans le laboratoire Mirouh à Ferdjioua Mila. Ce test nécessite un travail dans des conditions d'asepsie strictes pour éviter les problèmes de contamination. De plus, l'équipement, les solutions et les milieux de culture doivent être stérilisés par autoclave.

##### Souches bactériennes testées

Deux souches bactériennes de référence ont été testées:

- ✓ *Escherichia coli*
- ✓ *Staphylococcus aureus*

Les caractéristiques des souches sont citées dans le tableau 2 :

**Tableau 2 :** Caractéristiques des souches bactériennes testées.

Genre/Espèce	Famille	Gram	Référence
<i>Escherichia coli</i>	Enterobacteriaceae	Négatif	ATCC 25922
<i>Staphylococcus aureus</i>	Micrococcaceae	Positif	ATCC 0827

### Évaluation de l'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne des différents extraits de plante étudiés a été évaluée selon la méthode de diffusion en milieu gélosé [108]. Cette technique repose sur l'apparition d'une zone d'inhibition dans le milieu de culture. Le test a porté sur tous les extraits des différentes parties de la plante (persil) préalablement préparés et réalisés selon les deux méthodes suivantes :

#### Aromatogramme :

- Le but : Découvrir quels extraits ont un effet sur les bactéries
- a. Culture des souches bactériennes utilisées sur un milieu adapté à leur croissance (GN).
- b. Incuber 24 heures à 37°C.
- c. Prélever, à l'aide d'une pipette Pasteur stérile, quelques colonies bien isolées parmi les colonies bactériennes nouvellement formées.
- d. Déverser ces colonies à l'aide d'une pipette Pasteur dans un tube contenant 5 ml d'eau physiologique stérile à 0,9% et homogénéiser la suspension bactérienne jusqu'à obtenir visuellement une opacité de 0,5 Mc Farland.
- e. L'inoculum doit être Ensemencé dans les 15 minutes suivant sa préparation.
- f. Couler la gélose Mueller Hinton (MH) dans des boîtes de pétri et laisser solidifier.
- g. Ensemencer sur cette gélose, à partir du différent inoculum préparé et par la méthode d'écouvillonnage, les différentes souches à tester.

- h. Des disques de papier Wattman de 6 mm de diamètre ont été préparés, placés dans un bocal en verre hermétique, stérilisés à l'autoclave puis placés à équidistance de manière à éviter le chevauchement des zones d'inhibition à la surface des boîtes ensemencées.
- i. Un disque pour DMSO (Il a été utilisé comme témoin négatif et parce qu'il a une solubilité), un pour HE de persil dans la même boîte pour chaque souche, Ensuite, trois disques dans la même boîte, un pour l'extrait éthanolique, un pour l'extrait aqueux et l'autre pour l'hydrolat pour chaque partie de la plante (Les Racines, Les tiges+Les feuilles et Les graines) aussi pour chaque souche.
- j. Les disques ont été par la suite chargés avec 5µl de chaque extrait pur, Les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 18 – 24 h.

Tous les extraits on fait l'objet de trois répétitions.

➤ **La concentration minimale inhibitrice (CMI) :**

Les extraits ont été repris avec le diméthyle sulfoxyde (DMSO), les dilutions des extraits sont réalisées à analyses selon les méthodes suivantes :

➤ **Pour l'huile essentielle :**

1/2: Solution (C1) : 100 µl d'huile essentielle avec 100 µl de DMSO.

1/4 : 100 µl de C1 avec 100 µl de DMSO (C2)

1/8 : 100 µl de C2 avec 100 µl de DMSO (C 3)

1/16 : 100 µl de C3 avec 100 µl de DMSO (C 4)

➤ **Pour les extraits :**

1/2: Solution(C1) :1ml de l'extrait avec 1ml DMSO.

1/4 : 1ml de C1 avec 1ml DMSO(C2)

1/8 : 1ml de C2 avec 1ml de DMSO(C 3)

1/16 : 1ml de C3 avec 1ml de DMSO(C 4)

Après la dilution nous suivons la même démarche mentionnée dans la première étape (l'aromatogramme).

L'activité antibactérienne a été déterminée en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque puits. Les diamètres ont été mesurés en même et le résultat étant la moyenne des trois essais.

**Tableau 3 :** Norme utilisée pour la lecture des résultats des tests de l'antibiogramme sur des extraits de plantes.

Sensibilité	zone d'inhibition
Non sensible ou résistante (-)	diamètre < 8mm
Sensible (+)	diamètre compris entre 9 à 14mm
Très sensible (++)	diamètre compris entre 15 à 19mm
Extrêmement sensible (+++)	diamètre $\geq$ 20mm

**Source :** Ponce A.G., et al. 2003 [109].

### Activités antioxydantes

#### 4.2.1. Evaluation de l'activité antioxydante par DPPH

##### Mode opératoire :

L'activité antioxydante a été utilisée selon la méthode décrite par **Choe and Min 2009** [110]

##### Solution DPPH :

**Solution mère :** 0,0118g de DPPH dans une fiole jaugée (compléter avec de l'éthanol) agitateur pendant 1/2 heures.

**Solution fille :** 0,5/50 dans l'éthanol 96° vérifié que l'absorbance à 515nm est entre 0,6 et 0,7.

1. étalonner le spectrophotomètre avec ETOH 96°

2. 3ml de solution DPPH fille + 77ul ETOH 96°

Chronomètre : mesurer l'absorbance à 515nm chaque minute pendant 15 min, toutes 15 min :  
Cuve témoin.

3. 3 ml des solutions DPPH fille + 77ul de l'extrait, et de la même manière jusqu'à ce que vous obteniez une valeur constante : Cuve échantillons.

La mesure de la valeur exacte de cette activité était calculée selon l'équation suivante:

**% de l'activité antioxydant =**

$$\frac{[(\text{Abs contrôle négatif}) / (\text{Abs contrôle négatif})] * 100}{}$$

# *Chapitre III : Résultats & Discussion*

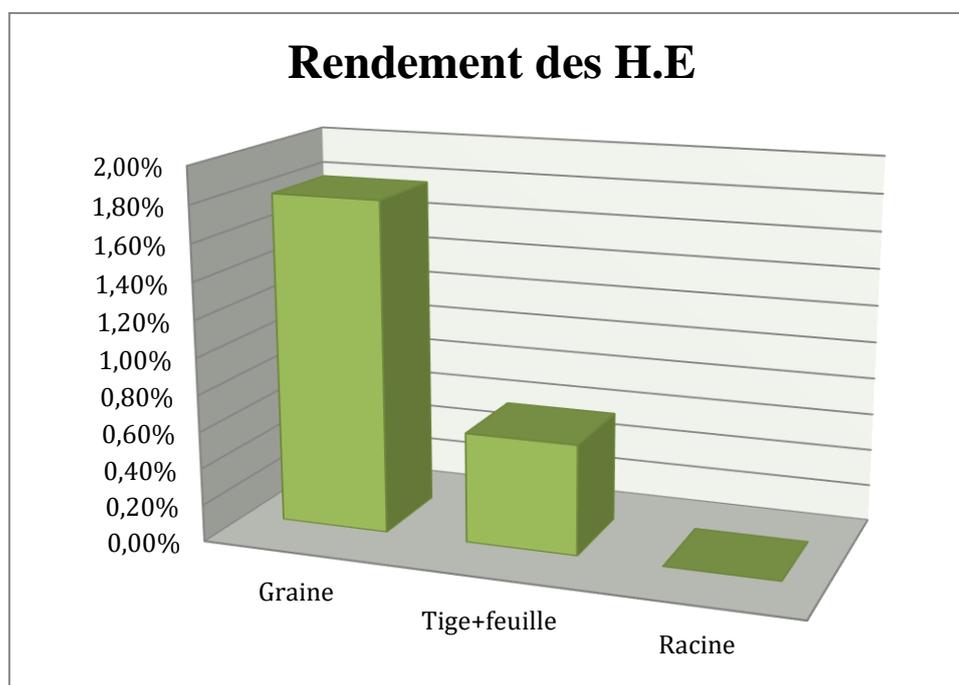
## 1. Rendement des huiles essentielles par technique d'hydrodistillation

L'huile essentielle de *P. crispum* obtenue par hydrodistillateur de type Clevenger, la première quantification à faire est celle du rendement d'extraction, exprimée en pourcentage est calculée par rapport de la quantité d'huile essentielle extraite sur la quantité de la plante.

Nous avons regroupé dans le tableau les rendements des HE's de nos parties utilisées (Tige+ Feuille, Racine, Graine) du persil.

**Tableau 4 :** Le rendement de nos HE de différentes parties de persil

Partie de la plante	Me	Mv	R%
Graine	0,9g	50g	1,8%
Tige+Feuille	0.3g	50g	0,6%
Racine	0g	50g	0%



**Figure 18 :** Rendement des huiles essentielles de *P. crispum*.

L'hydrodistillation des différentes parties (Tige+Feuille, Racine, Graine) a révélé des rendements en huiles essentielles égales à 0,6% ; 0% et 1,8%.

Ce rendement montre que les graines de *P. crispum* exhibent le rendement le plus élevé (1,8%), Tandis que celui de la partie aérienne est le plus bas (0,6%). D'autre part les racines n'ont pas de rendement (0%).

Nos résultats montrent que le rendement des graines de *P. crispum* et de 1,8%, ces résultats démontrent que les graines utilisées renferme plus d'essence que certaines plantes, il est plus élevé que celui de *Artemisia absinthium* (0.5%), *archangelica* (0.84 à 0.85%), *Pimpinella anisum* (0.97 à 0.99%), *Anethumgraveolens* (0.90 à 0.91%), *Cuminum cyminum* (0.89 à 0.91%) résultats reportés par **Akrout., (2004) [111]**. D'autres études montrent un rendement similaire de 1 à 0,5% chez le romarin, Mais aussi, il est moins élevé que celui de *Thymus capitatus* (2.75%), de 1 a 3% chez l'anis [112].

La différence de rendement en HE est due à plusieurs facteurs: origine géographique, facteurs écologiques, notamment climatiques (température et humidité), espèces végétales elles-mêmes (variabilité intraspécifique), stade de croissance, la période de la récolte, la conservation du matériel végétal et partie de la plante utilisé ; Selon **Haddouchi, et al (2009) [113]**, une étude de **Diaz-Maroto et al. , (2002) [114]** a montré que la méthode de séchage utilisée affecte le rendement en huile essentielle du persil. Dans notre étude le rendement a été élevé dans les graines, cela est dû à cause du souci de la plante à préserver ces embryons dans les graines en augmentant le taux de métabolites secondaire dans les graines [115].

## 2. Détermination de pH :

Les huiles essentielles sont caractérisées par leurs propriétés physiques (densité, indice de réfraction, pH) ainsi que par leurs propriétés chimiques (indice d'acidité, ...) permettant d'évaluer la nature des composés organiques (acide, ester...) présents dans l'essence.

Les résultats de la détermination des pH sont consignés dans le tableau 5 :

**Tableau 5** : La détermination des pH

	Graine	Tige+Feuille
pH	5	5

Les HEs ont un caractère acide (pH<7). Il convient de souligner que le pH joue un rôle déterminant au cours des réactions chimiques et biochimiques et peut influencer les propriétés

stabilisatrices d'une HE (effets antioxydant et antimicrobien). Par conséquent, ce résultat peut amener à un bon caractère stabilisateur contre les microorganismes [116].

### 3. Activités antibactériennes

#### Méthode de diffusion des disques sur milieu gélosé

Les résultats de l'activité antibactérienne représentée dans le tableau 6 :

**Tableau 6 :** Les résultats de l'activité antibactérienne.

	DMSO	HE graine	Racine			Tige+Feuille			Graine		
			EA	EE	Hy	EA	EE	Hy	EA	EE	Hy
<i>E. coli</i>	6 (-)	6 (-)	10 (+)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	20 (+++)	10 (+)
<i>S. aureus</i>	6 (-)	13 (+)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)

**Note :** HE : Huile essentielle, EA : extrait aqueux, EE : extrait éthanolique, HY : hydrolat.

La méthode de diffusion des disques nous a permis de mettre en évidence le pouvoir antibactérien de l'huile essentielle des graines et de différents extraits (éthanolique et aqueux) de persil vis-à-vis des bactéries testées :

Nous avons remarqué l'absence d'effet du DMSO sur les deux Souches bactériennes testées.

Nous avons observé l'effet de l'extrait aqueux des racines sur une seule espèce bactérienne (*Escherichia coli*), avec une zone d'inhibition de 10 mm, ce qui signifie que la bactérie est affectée par cet extrait (Sensible). De même, l'hydrolat des graines a également affecté cette bactérie avec une zone d'inhibition de 10 mm, ce qui signifie qu'elle est également affectée (Sensible).

Ensuite, l'effet le plus important a été observé avec l'extrait éthanolique des graines aussi sur *Escherichia coli*, avec une zone d'inhibition de 20 mm, ce qui signifie qu'elle est fortement affectée par cet extrait (Extrêmement sensible).

### **Chapitre III Résultats et discussion**

Tous les extraits sous études n'ont pas eu d'effet sur la souche bactérienne (*S. aureus*). Et les autres extraits n'ont pas eu d'effet sur les deux bactéries (résistante).

En ce qui concerne l'huile essentielle, elle a eu un effet sur *Staphylococcus aureus* avec une zone d'inhibition de 13 mm, ce qui signifie qu'elle est affectée par celle-ci (Sensible), tandis qu'elle n'a pas eu d'effet sur *Escherichia coli* (Non sensible).

Le but de cette étape est de distinguer quels extraits affectent les bactéries parmi dix extraits de persil, puis passer à la détermination de la concentration minimale inhibitrice.

**CMI :**

**Pour les extraits :**

<b>E.coli</b>	<b>E.E.g</b>				<b>E.A.R</b>				<b>HY.G</b>			
	<b>1/2</b>	<b>1/4</b>	<b>1/8</b>	<b>1/16</b>	<b>1/2</b>	<b>1/4</b>	<b>1/8</b>	<b>1/16</b>	<b>1/2</b>	<b>1/4</b>	<b>1/8</b>	<b>1/16</b>
	9 (+)	7 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)

L'extrait éthanolique : *Escherichia coli* est affectée lors de la première dilution, avec une zone d'inhibition de 9 mm (+) à (100 µl) tandis qu'aucun effet n'a été observé lors des autres dilutions (-).

L'extrait aqueux des racines et l'hydrolat des graines : Aucun effet n'a été observé pour toutes les dilutions (-)

**Pour l'huile essentielle :**

<b>S. aureus</b>	<b>Différentes dilutions</b>			
	<b>1/2</b>	<b>1/4</b>	<b>1/8</b>	<b>1/16</b>
	11 (+)	10 (+)	8 (-)	6 (-)

En ce qui concerne l'huile essentielle :

Huile essentielle : Nous avons remarqué un effet presque équivalent sur (*S.aureus*) lors des deux dilutions 1/2 et 1/4, avec une zone d'inhibition de 11 et 10 mm (+) c'est-à-dire (100 µl) et (50 µl) Cependant, aucun effet n'a été observé lors des dilutions de 1/8 et 1/16 (-).

L'effet différent de tous les extraits de persil sur les bactéries s'explique par le type d'extrait lui-même : aqueux, éthanolique, hydrolat, huile essentielle de graines. Toute différence dans les substances actives contenues dans chaque extrait, s'explique également par les différentes parties dont il a été extrait (racines, feuilles+tige, graines), la composition de chacune de ces parties est différente les unes des autres, ainsi que le degré du pH, cela est également dû au type de bactéries et à leur sensibilité différente aux substances actives et aux composants de chaque extrait.

### ***Chapitre III Résultats et discussion***

---

L'effet de l'huile essentielle sur la bactérie *S. aureus* est également un résultat intéressant, et les raisons mentionnées précédemment s'appliquent également à elle.

Malgré le manque d'études dans la littérature sur le persil, les rares études qui existent ont indiqué et confirmé que le persil est une plante antibactérienne.

Les extraits aqueux et éthanoliques des constituants aériens de *P. crispum* ont présenté une activité antibactérienne évidente sur les bactéries dosées. Des études ont mentionné les mêmes résultats en prouvant les effets de diverses parties du persil en utilisant divers extraits sur différentes bactéries; **Al Kareem., (2012)** a précisé que l'extrait de persil a un effet puissant contre les bactéries gram positif et gram négatif causant des infections des voies urinaires in vitro. La plupart des isolats bactériens ont montré une zone inhibitrice à l'extrait de persil avec des diamètres différents [117].

Une autre étude prouve que les furo-coumarines isolées à partir d'extraits aqueux de feuilles de *P. crispum* ont présenté une activité inhibitrice contre *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* (g<sup>+</sup>), *Erwinia carotovora* et *Listeria innocua* [118].

D'après **Ouis, N. (2015)** l'HE de grains de Persil a un effet antibactérien non-négligeable contre trois souches à savoir *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* [74].

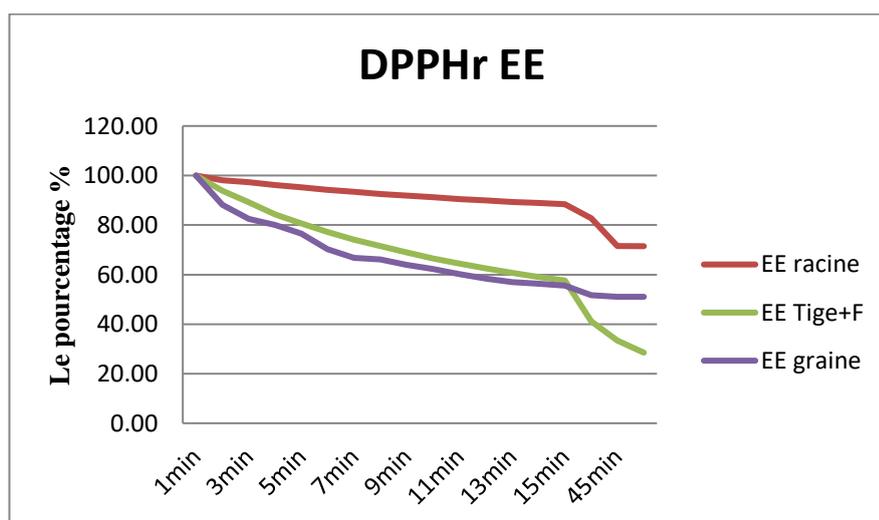
L'effet de l'huile essentielle de persil sur *Escherichia coli* est remarquablement précis. Son absence d'effet dans l'expérience que nous avons menée peut être attribuée à l'évolution de la

bactérie, rendant celle-ci plus résistante, ou aux conditions aux quelles les graines de persil ont été soumises, de la culture à la récolte, en passant par la méthode de séchage. Même le climat de la région dans laquelle il a été cultivé peut jouer un rôle, car toutes ces raisons peuvent entraîner des variations dans la valeur des composants actifs de la plante, et par conséquent, dans l'huile essentielle et ses effets biologiques. De plus, la méthode d'extraction et de conservation de l'huile essentielle peut varier en termes de température et autres facteurs.

En ce qui concerne la partie racinaire, aucune étude n'a été trouvée dans la littérature à ce sujet. De même, il n'y a pas d'études disponibles sur l'hydrolat de la plante pour ses trois parties (racines, tiges+feuilles et grains).

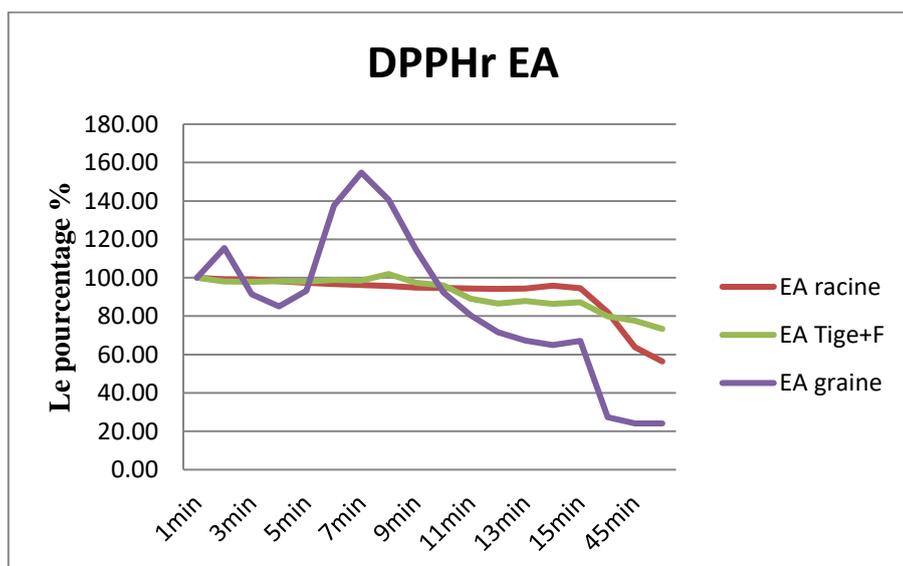
#### Activités antioxydantes :

La courbe graphique suivante (**Figures 20**) représente le pourcentage du DPPH résiduel (DPPHr) en fonction du temps de l'extrait éthanolique (EE) pour trois parties différentes de persil (racines, tiges et feuilles, ainsi que les graines).



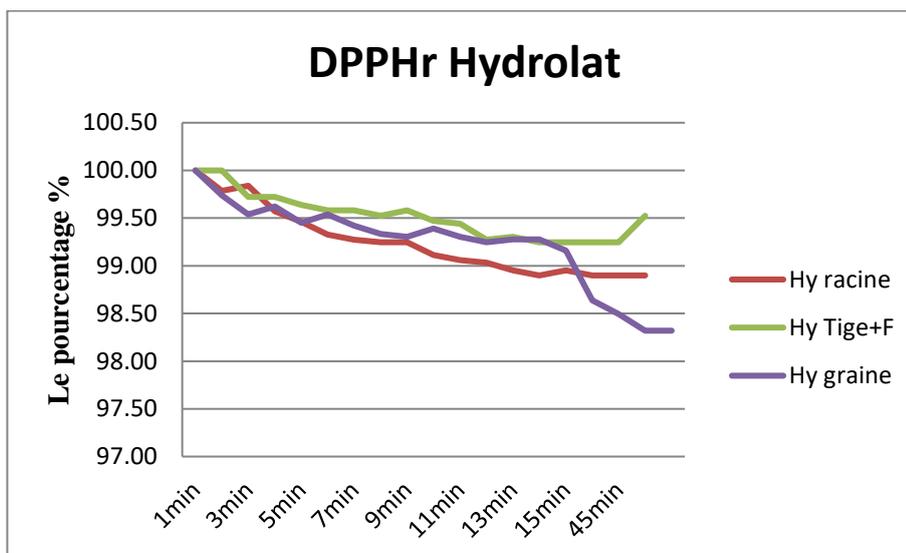
**Figure 19** :L'activité antioxydante de différentes parties de la plante de l'extrait éthanolique.

La courbe graphique suivante (**Figures 21**) représente le pourcentage du DPPH résiduel (DPPHr) en fonction du temps de l'extrait aqueux (EA) pour trois parties différentes de persil (racines, tiges et feuilles, ainsi que les graines).



**Figure 20** :L'activité antioxydante de différentes parties de la plante de l'extrait aqueux.

La courbe graphique suivante (**Figures 22**) représente le pourcentage du DPPH résiduel (DPPHr) en fonction du temps de l'hydrolat pour trois parties différentes de persil (racines, tiges et feuilles, ainsi que les graines).



**Figure 21** :L'activité antioxydante de différentes parties de la plante de l'hydrolat.

La courbe graphique suivante (**Figures 23**) représente le pourcentage du DPPH résiduel (DPPHr) en fonction du temps de l'huile essentielle des graines.

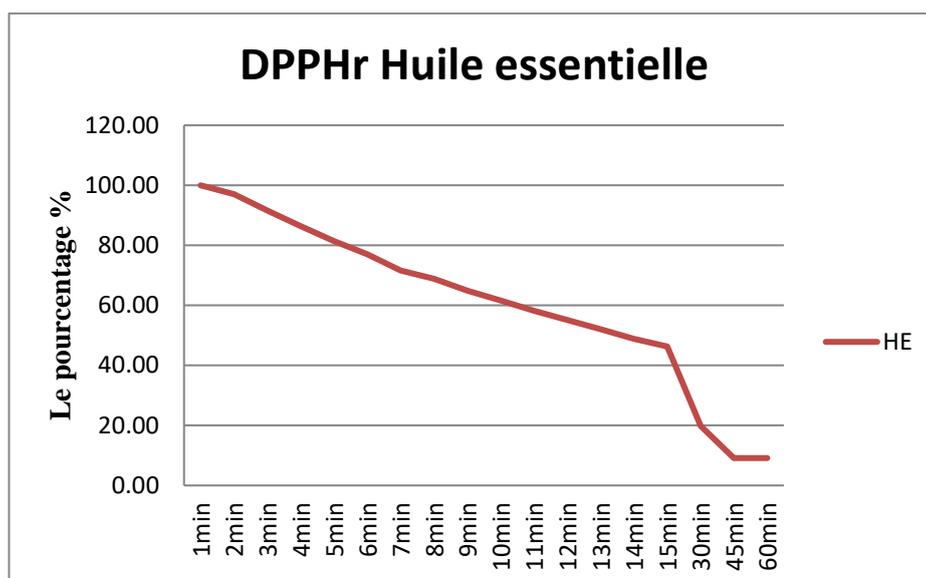


Figure 22 :L'activité antioxydante d'huile essentielle des graines.

Les courbes graphiques montrent une différence claire dans le pourcentage du DPPH résiduel pour chaque extrait, ce qui est évident à travers le calcul de la valeur (Concentration en Antioxydants)  $CE_{50}$  exprimée en (mg/ml), les résultats sont présentés dans le tableau 7 :

Tableau 7 : Le calcul de la valeur  $CE_{50}$ .

Type d'extrait	L'extrait éthanolique			L'extrait aqueux			L'hydrolat			HE des graines
	R	T+F	G	R	T+F	G	R	T+F	G	
$CE_{50}$ (mg /ml)	95	62	52	78	83	70	99,49	99.54	98,48	56

Note :R : racines,T+F : tiges et feuilles,G :graines

La  $CE_{50}$  est inversement proportionnel à la capacité antioxydante d'un composé, parce qu'elle exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50%. Les valeurs  $CE_{50}$  déterminées en mg/ml. Plus la valeur de la  $CE_{50}$  est petite, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande [119].

➤ **Extrait éthanolique :**

Il y avait une variation des proportions entre les différentes parties de la plante (racines, tiges et feuilles, graines), avec la plus petite proportion pour l'extrait de graines à 52 mg/ml, suivi

### *Chapitre III Résultats et discussion*

---

des tiges et feuilles à 62 mg/ml, et la proportion la plus élevée étant de 95 mg/ml pour les racines.

➤ **Extrait aqueux :**

Il y a une légère similitude dans les proportions entre les différentes parties de la plante, avec un  $CE_{50}$  de 70 mg/ml pour les graines, suivi des racines à 78 mg/ml, puis des tiges et des feuilles à 83 mg/ml.

➤ **Hydrolat :**

Les proportions étaient très similaires pour les différentes parties, estimées à environ 99 mg/ml.

➤ **Huile essentielle :**

Le pourcentage d' $CE_{50}$  était estimé à 56 mg/ml.

Parmi tous les extraits, l'extrait éthanolique des graines est l'extrait le plus antioxydant parmi les extraits éthanoliques et en général pour tous les extraits. Cela est démontré par sa plus petite valeur de  $CE_{50}$ , qui est de 52mg /ml. Ensuite, vient l'huile essentielle des graines avec 56 mg/ml, suivi par l'extrait éthanolique des tiges et des feuilles avec 62 mg/ml, puis l'extrait aqueux des graines avec 70 mg /ml. Les autres extraits ont montré une valeur de  $CE_{50}$  très élevée, ce qui signifie-t-il ont un faible pouvoir antioxydant.

Cela peut être dû aux différentes composantes présentes dans chaque partie de la plante et, par conséquent, aux différentes composantes de chaque extrait. De plus, cela peut également être dû aux différentes méthodes et solutions utilisées pour l'extraction des extraits et des substances actives qu'ils contiennent. Par exemple, l'extrait aqueux ne peut avoir les mêmes propriétés que l'extrait éthanolique car l'eau est un solvant polaire tandis que l'éthanol est un solvant non polaire.

**Kang et al., (2003) [120]** ont suggéré que les extraits des végétaux qui contiennent des molécules polaires montrent une activité antiradicalaire élevée.

**Cretu et al., (2013) [121]** prouve que les molécules les plus polaires ayant des formes glucosides et peut être du aussi au type des flavonoïdes et particulièrement la présence de l'Apigénine dans leurs structures, piègent le radical DPPH plus rapidement que les autre forme moins polaires.

Le virage vers la coloration obtenue et l'intensité de cette coloration dépend de la concentration et de la nature de la molécule de partie étudié **Rolland., (2004) [122]**.

De même, l'huile essentielle a ses propres caractéristiques, étant plus concentrée en substances actives et étant extraite de manière différente. En ce qui concerne l'hydrolat qui n'a

montré aucune activité antioxydante, cela peut être dû à sa plus grande dilution et à une moindre concentration de substances actives par rapport à tous les autres extraits.

L'étude menée par **Viuda-Martos et al. (2011)** montre que les huiles essentielles de *Petroselinum crispum* ont exercées une faible activité inhibitrice du radical DPPH en enregistrant une  $CE_{50}$  de l'ordre de 132.49 mg/ml. Les résultats de piégeage du radical DPPH des huiles essentielles de *P. crispum* obtenus dans cette étude sont largement faibles par rapport aux huiles essentielles dans notre cas. Cela peut être dû à plusieurs raisons, notamment la différence de temps et de lieu de collecte des échantillons végétaux, ce qui entraîne une variation des composés actifs dans chaque plante. De plus, la méthode de séchage, d'extraction et de conservation joue un rôle important dans ces variations [123].

# ***CONCLUSION***

## **CONCLUSION**

Ce travail, basé sur l'étude des différents extraits de persil (extrait éthanolique, aqueux, Hydrolat, huile essentielle) de ses différentes parties (racines, tiges + feuilles, graines).

L'étude a montré que le rendement de l'huile essentielle des graines est plus élevé que celui des autres parties.

L'étude a également démontré l'efficacité des extraits de cette plante dans l'activité antibactérienne et l'activité antioxydante, visant à sélectionner les meilleurs extraits pouvant être utilisés pour la fabrication d'un produit cosmétique, en considérant que les substances antioxydantes et antibactériennes sont sûres pour la peau et ses cellules.

L'huile essentielle a prouvé son effet actif sur un type de bactérie, tout comme l'extrait éthanolique et L'hydrolat des grains, tandis que dans l'activité antioxydante, l'extrait éthanolique et l'huile essentielle des graines ont également montré un effet clair.

Par la suite, l'huile essentielle, l'extrait éthanolique et l'hydrolat des graines ont été sélectionnés pour la fabrication d'un produit cosmétique riche en substances actives et non dangereux et efficace pour la peau.

*Références  
bibliographiques*

## Références bibliographiques

- [1] **Jouad, H., Haloui, M., Rhiauani, H., El Hilalyb, J., Eddouk, M., 2001.** Ethnobotanical survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes, cardiac and renal diseases in the North centre region of Morocco (Fez-Boulemane). *J. Ethnopharmacol.* 77 (2–3), 175–182
- [2] **Cooper AR, Kurkinen M, Taylor A, Hogan BLM.** Studies on the Biosynthesis of Laminin by Murine Parietal Endoderm Cells. *Eur J Biochem.* Sept;119(1):189 97. 1981.
- [3] **Vidal M.** Les fenouils : un légume aromatique de choix pour ceux qui aiment le goût d’anis. *Jard. Fr.*, 3, 116-118. 1982.
- [4] **Arvy M-P, Gallouin F.** Epices, aromates et condiments. Paris: Belin; 2003.
- [5] **Kambouche N, Merah B, Derdour A, Bellahouel S, Bouayed J, Dicko A, et al.** Hypoglycemic and antihyperglycemic effects of *Anabasis articulata* (Forssk ) Moq ( Chenopodiaceae), an Algerian medicinal plant. 2009.
- [6] **DEYSSON G., 1979.** Organisation et classification des plantes vasculaires, cours de botanique générale quatrième série, tome II, Ed. SEDES, Paris, 529p.
- [7] **DELMOND F., 2011.** La production de semences des Apiacées. *Revue de la Bio d’Aquitainre.* Ed octobre 2011. 6 p.
- [8] **QUEZEL P. et SANTA S., 1963.** Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques méridionales, Edition du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- [9] **HEYWOOD V. H., 1996.** Les plantes à fleurs, 306 familles de la flore mondiale, Nathan, Paris.
- [10] **Bouderdara, N. (2013).** Séparation et détermination de structures des métabolites secondaires de *Cachryslibanotis L.* These de doctorat. Université Mentouri de Constantine.p8-9.
- [11] **lamamra, M. (2007).** Contribution à l’étude de la composition chimique et de l’activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Tinguarrasicula (L.) Parl.* et de *Filipendulahexapetala Gibb.* Mémoire de magister . Université Ferhat Abbas Setif. p3,4.
- [12] **Ozenda, p. (1991).** Flore et végétation du sahara. 3e édition, p359.
- [13] **Paloma, F. (2012).** Les plantes de la famille Apiacées dans les troubles digestifs. These de doctorat .Université Joseph Fourier. p14, 15, 21.
- [14] **Dupont, F., & Guignard, J.-L. (2015).** Botanique Les familles de plantes. Abrégé de pharmacie, 16e édition. Elsevier Masson.p343-344.

- [15] **Ronald, J.-C., Ronald, F., Bouteau, H. E., Bouteau, F. (2008).** Atlas Biologie végétale. Organisation des plantes à fleur, 9e édition.p 80.
- [16] **Spichiger, R.-E., Savolainen, V. v., Figeat, M., Jeanmonod, D. (2004).** Botanique systématique des plantes à fleurs. 3ème édition revue et corrigée. Presses polytechniques et universitaires romandes. p342.
- [17] **Craft, J. D., &Setzer, W. N. (2017).**The volatile components of parsley, *Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss. *Am. J. Essent. Oils Nat. Prod*, 5, 27-32.
- [18] **Maodaa, S. N., Allam, A. A., Ajarem, J., Abdel-Maksoud, M. A., Al-Basher, G. I., & Wang, Z. Y. (2016).** Effect of parsley (*Petroselinum crispum*, Apiaceae) juice against cadmium neurotoxicity in albino mice (*Mus musculus*). *Behavioral and Brain Functions*, 12(1), 1-16.
- [19]**Crété P, Guignard JL.** «Précis de botanique, Morphologie des plantes vasculaires reproduction et systématique des bryophytes, des ptéridophytes et des gymnospermes ». Tome I, 2. Paris: Masson & Cie; 1968.
- [20] **Wicht M et Auton R.** «Plantes thérapeutiques ». Ed. Tec. &Doc.[cité 3 août 2021]. 405409; 35-37; 187-190. 1999.
- [21].**GOUST J., 2006.** Comment produire et conserver ses propres semences de légumes, AVRDC, pp 8-9.
- [22]. **Farzaei MH, Abbasabadi Z, Ardekani MR, Rahimi R, Farzaei F.** Parsley: a review of ethnopharmacology, phytochemistry and biological activities. *J Tradit Chin Med.* Dec 2013;33(6):815-26.
- [23] :**Wichtel, M.; Auton,R.**plantesthérapeutiques ,Ed. Tec. & Doc. 405, 1999, 187-190.
- [24] **Sipa'05,** timisoara-Opportunities of Integrated Systems for Agrofood production, Ed. orienturiuniversitaire, Timisoara. 2005.
- [25] **Baba Aïssa, F.** Encyclopédie des plantes utiles, Flore d'Algérie et du Maghreb.1999,17.
- [26] **Ziyyat,A.; Legssyer, A.; Mekhfi, H.; Serhrouchni, M. ; Benjelloun, W.** Journal of Ethnopharmacology. 58, 1997, 45-54. b) **Kreydiyyeh, S.I.;Usta, J.** Journal of Ethnopharmacology 2002,79, 353-357.
- [27] **Ozsoy-Sacan,O.; Yanardag, R.; Ozgey,Y. ; Yarat,A ; Tunali,T.** Journal of Ethnopharmacology. 104, 2006,175-181.
- [28] **Gad, D. ; Bnouham, M. ; Aziz, M ; Ziyyat,A. ; Legssyer,A. ; Legrand,C. ; Lafève, F.F. ; Mekhfi,H.** Journal of Ethnopharmacology ,25,170-174.

- [29] **D'après Mastral**, in Yannick Romieux, De la hune au mortier, Éditions ACL, Nantes, 1986.
- [30] Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) listes a des plantes médicinales utilisées traditionnellement .pharmacopie. 2012.
- [31] **Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005)**. Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaire d'importance économique. Edition Presses Polytechniques & Universitaires Romandes, p Vii, 2, 3.
- [32] **Merghem, R (2009)**. Eléments de biochimie végétale. Edition Bahaeddine.
- [33] **Lutge U., Kluge M., Bauer G. (2002)**. Botanique 3ème Ed : Technique et documentation. Lavoisier .Paris. p 211
- [34] **COLMAR N., 2007**. Etude de la voie de biosynthèse des fucoumarine. Qualité des fruits et métabolisme secondaire, technologie plante a traire. UMR.INPL (ENSAIA)-INRA agronomie et environnement.
- [35] **Hartmann T., 2007**. From waste products to ecochemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism.
- [36] **Hopkins, W. G. (2003)**. Physiologie végétale. 2 ème édition. Edition de Boeck. Université, p 268, 280.
- [37] **Behih Y. B. & Ben Amrouche S., (2017)**. Screening phytochimique et analyse pédologique de la plante « *Pinus halpensis* mill. » récolté de trois régions (Ghilassa, Ksour, Ouacif). Mémoire de Master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A. p.12.
- [38] **Duthie G G, Gardner P T et Kyle J A M., 2003**. Plant polyphenols: are they the new magic bullet?. Proceedings of the Nutrition Society 62: 599–603
- [39] **Dangles O., Stoeckel C., Wigand MC., Brouillard R., (1992 )**. Two very distinct types of anthocyanin complexation: Copigmentation and inclusion. Tetrahedron Lett., 33: 5227-30.
- [40] **Hagerman AE., Riedl KM., Jones GA., Sovik KN., Ritchard NT., Hartzfeld PW., et Richel TL. (1998)** High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. J. Agric. Food Chem., 46: 1887-92.
- [41] **Boizot N., et Charpentier J. P., (2006)**. Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le Cahier des Techniques de l'INRA, In: Numéro spécial*, 79-82.

- [42] **Hennebelle T, Sahpaz S, Bailleul F., 2004.** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothér*, 1, 2004; 3-6.
- [43] **Seyoum A., Asres K., and El-Fiky F.K. (2006).** Structure– radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Phytochemistry*. **67**:2058–2070
- [44] **Milane , H. (2004).** La quercétine et ses dérivés : molécules à caractère prooxydant ou Capteurs de radicaux libres ; études et applications thérapeutiques. L'Université Louis Pasteur: p 268.
- [45] **Lhuillier, Amélie, 2007.** Contribution à l'étude phytochimique de quatre plantes malgaches: *Agauriasalicifolia* Hook.f ex Oliver, *Agauriapolyphylla* Baker (Ericaceae), *Tambourissatrichophylla* Baker (Monimiaceae) et *Embeliaconcinna* Baker (Myrsinaceae). Thèse de doctorat: Sciences des Agroressources. Institut National Polytechnique de Toulouse, 200p
- [46] **Derbel S, Ghedira k., 2005.** Les phytonutriments et leur impact sur la santé. *Phytothérapie et Nutrition* numéro 1, 2005; 28-34.
- [47] **Ghestem A, Seguin E, Paris M, Orecchioni A.M., (2001).** Le préparateur en pharmacie. Dossier 2. Editions TEC & DOC Paris. P275
- [48] **Bruneton .J., 1993. ;** « Pharmacognosie: phytochimie, plantes médicinales »; 2eme Eddition. Tec; Doc ; Lavoisier ; Paris ; France ; 1993.
- [49] **NUTR. J., 1996.** Flavonoïde, chemistry cardioprotectrice, effet antidirectery, source, *biochem* vol7.p.165.
- [50] **Edardes, J. P. (2008).** Coumarin Anticoagulant Research Progress. Edition Nova Biomedical Books, p 100.
- [51] **Igor Passi L.B. (2002).** Etude des activités biologique de *Fagarazanthoxyloïdes*, lam (Rutaceae). Thèse de pharmacie. Bamako : p 133
- [52] **Cowan MM., 1999.** Plant products as antimicrobial agents. *Clin. Micobial. Rev* 12 (4), 1999; 564-582.
- [53] **Anderson C.M., Hallberg A., Hogberg T., 1996.** Advances in development of pharmaceutical antioxidants. *Adv. Drug. Res.* 28, 1996; 65-180.
- [54] **GUIGNARD J.L., COSSON L., HENRY M., 1985.** Alirégé de phytochimie .Masson p:138 -154.
- [55] **Khanbaba K ET Ree T.R., (2001).** Tannins: Classification and Definition. *Journal of Royal Society of Chemistry*, 18:641-649.

- [56] **Keil Claudia, Petermann Eva, Shiao Li Oei., 2004.** Tannins elevate the level of poly (ADP-ribose) in HeLa cell extracts, Archives of Biochemistry and Biophysics Volume 425, Issue 1, 2004; 115–121.
- [57] **Chaouch N. (2001).** Etude des Alcaloïdes dans la coloquinte *colocynthis vulgaris* LSchrad (cucurbitacées) Région de Oued N'sa (wilaya d'Ouargla). Mémoire de magister. Université d'Ouargla, p 44.
- [58] **Peter, H., Raven R., Franklin, E., Susan, E.E. (2003).** Biologie végétale, De Boeck Université : p 968. plantsecondarymetabolism. Phytochemistry Volume 68, Issues 22–24, 2007;2831–2846
- [59] **Hesse M., (2002)** .Alkaloids, nature's cruse or blessing? *Verlag Helvetica Chimica Acta and Wiley p: 239.*
- [60] **Zenk M H et Juenger M. (2007).** Evolution and current status of the phytochemistry of nitrogenous compounds. *Phytochemistry.* 68. 2757–2772.
- [61] **Hopkins, W. G. (2003).** Physiologie végétale. 2 ème édition. Edition de Boeck. Université, p 268, 280.
- [62] **Bruneton J., (2009).** Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales. 4e éd., revue et augmentée, Paris, France : Tec & Doc - Éditions médicales internationales,p 1288.
- [63] **Harborne, J.B., Swain, T. (1969).** Perspectives in Phytochemistry. Academic Press-London,
- [64] **priya Alphonso and aparna Saraf,2012.** Chimical profile studies on the secondary metabolites of medicinally important plant zanthoxylumrhesta (Roxb) DC using HPTLC, 2012 ; 1293.
- [65] **:Bahorun T., (1997).** Substances Naturelles actives. La flore Mauricienne .une source d'approvisionnement potentielle. *Food and Agricultural Research council Mauritiias.* p83-94.
- [66] **Jeun J. M., Annie. F., Chrystian. J. L. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux, p203- 204.
- [67] **Krief, S., Bories, C., &Hladik, C. M. (2003).**Résultats des examens parasitologiques de selles pratiqués sur une population de chimpanzés sauvages (*Pan troglodytes schweinfurthii*) d'Ouganda. *Bulletin de la Société de pathologie exotique,* 96(2), 80-82.
- [68] **Fekih, N. (2014).** Propriétés chimique et biologique des huiles essentielles de trois espèce du genre pinus poussant en Algérie. Thèse de doctorat. Universite Abou BekrBelkaid-Tlemcen. p7.

- [69] **Bechaalany, A. G. (2014).** Les huiles essentielles. Editions Dangles.p6.
- [70] **Echchaoui, M. (2018).** Le pouvoir antibacteriendes huiles essentiels. These de doctorat .Universite Mohammed v-Rabat. p42.
- [71] **Marouf, A., & Reynaud, J. (2007).** La botanique de A a Z. Paris: Dunod. p151,177.
- [72] **Djarri, L. (2011).** Contribution à l'étude des huiles essentielles et des métabolites secondaires de trois plantes algériennes des familles des Apiaceae *Daucus reboudii*Coss. ex Batt. &Trab., *Kundmanniasicula* (L.) DC., et *Elaeoselinumthapsioides* Maire. Thèse de doctorat. Université mentouri de Constantine. p6,16, 31, 63, 65.
- [73] **Marouf, A., & Tremblin, G. (2015).** Abrégé de biochimie appliquée, Nouvelle édition. EDP Sciences. p142, 143, 144, 149.
- [74] **Ouis,N. (2015).** Etude chimique et biologique des huiles essentielles de Coriandre, de Fenouil et de Persil. Thèse doctorat, Faculté des sciences exactes et appliquées de chimie.5-19p.
- [75] **Guerrouf, A. (2017).** Application des huiles essentielles dans la lutte microbiologique cas d'un cabinet dentaire. Master Academique. UniversitekasdiMerbah – Ouargla.p6.
- [76] **Sayed Ahamad, B. (2018).**Etude de l'agroraffinage de graines d'Apiaceae, Lamiaceae et Chenopodiaceae pour la production de molécules biosourcées en vue d'application en industrie cosmétique.These de doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse. p18,19.
- [77] : **Marie Elisabeth LUCCHESI. 2005,** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Université de La Réunion, thèse.
- [78] **luicita. lagunez rivera. 2006.** Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffe par induction thermomagnétique directe. Thèse de l'institut national polytechnique de Toulouse, France.
- [79] **L.Raul. H. OCHOA. 2005.** Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combine « solvant/actif » D'origine végétale. Thèse De L'institut National Polytechnique De Toulouse.
- [80] :**Ribéreau-Garyon. P. (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Edition Dunod, Paris, 254p.
- [81] **Abaza L, Talorete TP, Yamada P, Kurita Y, Zarrouk M., (2007).** Induction of Growth Inhibition and Differentiation of Human Leukemia HL-60 Cells by Tunisian Gerboui Olive Leaf Extract. *BiosciBiotechnolBiochem* 71. P 1306-1312.

- [82] Meyer-Warnod, B. (1984). Natural essential oils: extraction processes and applications to some major oils, *Perfumer & Flavorist* 9, 93-103.
- [83] De Cliff, S., & Harerimana, P. C. (2013). Extraction de l'Huile Essentielle Complète des Fleurs de *Cananga Odorata* de la Plaine de l'Imbo: Vers la Vulgarisation d'une Nouvelle Filière de Plante Industrielle au Burundi. *Revue de l'Université du Burundi-Série Sciences Exactes* N° 28, S. De Cliff et PC Harerimana (Extraction de l'huile essentielle...).
- [84] Kapadiya, S., & Desai, M. A. (2017). Isolation of essential oil from buds of *Syzygium aromaticum* using hydrodistillation: multi-response optimization and predictive modelling. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 6(1), 405-418.
- [85] Labadie, C., Ginies, C., Guinebretiere, M. H., Renard, C. M. G. C., Cerutti, C., & Carlin, F. (2015). Hydrosols of orange blossom (*Citrus aurantium*), and rose flower (*Rosa damascena* and *Rosa centifolia*) support the growth of a heterogeneous spoilage microbiota. *Food Research International*, 76, 576–586. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.014>
- [86] D'Amato, S., Serio, A., López, C. C., & Paparella, A. (2018). Hydrosols: Biological activity and potential as antimicrobials for food applications. *Food Control*, 86, 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.10.030>
- [87] L. Bosson, et G. Dietz. (2005). p. 3-20. L'hydrolathérapie : Thérapie des eaux florales. Coll.
- [88] Benabdallah, A. (2012). Rôle de l'ubiquitine ligase MARCH I dans l'induction de la tolérance des cellules dendritiques dans le diabète de type 1 (DT1) chez la souris NOD (Doctoral dissertation, Université de Sherbrooke).
- [89] Billing, J., & Sherman, P. W. (1998). Antimicrobial functions of spices: why some like it hot. *The Quarterly review of biology*, 73(1), 3-49.
- [90] Kuc J. 1990. Compounds from plants that regulate or participate in disease resistance, bioactive compounds from plants, Wiley, Chichester (Ciba Foundation Symposium 154): 213-228.
- [91] Kuc J. 1985. Increasing crop productivity and value by increasing disease resistance through non-genetic techniques, In: Forest potentials: productivity and value, Ballard R (ed), Weyerhaeuser Company Press, Centralia: 147-190.
- [92] Carr JD, Klessig DF. 1989. The pathogenesis-related proteins of plants, In: Genetic engineering principles and methods, Setlow JK (ed), Plenum Press, New York and London: 65-109.

- [93] Grayer RJ, Harbone JB, Kimmins FM, Stevenson PC, Wijayagunasekera HNP. 1994. Phenolics in rice phloem sap as sucking deterrents to the brown plant hopper, *Nilaparvatalugens*, *Acta Horticulture* 381: 691-694.
- [94] ERDOGAN C, C. FDY. ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF SPICES 1. *Journal of Rapid Methods & Automation in Microbiology*. 2004;12(1):1-55.
- [95] Chouhan S, Sharma K, Guleria S. Antimicrobial Activity of Some Essential Oils—Present Status and Future Perspectives. *Medicines*. 2017;4(3):58.
- [96] Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*. 2008;46(2):446-75.
- [97] Tajkarimi MM, Ibrahim SA, Cliver DO. Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*. 2010;21(9):1199-218.
- [98] Edris A. E. (2007). Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual activities of *Pericarpium Citri Reticulatae* of a new Citrus Cultivar and its main antioxidant capacity measured by four methods. *Food Chemistry*, 112(3): 721- 726 en Méditerranée méridionale et orientale, VICN, Planta life, Gland, Suisse et Malaga, Espagne, 2011. Eyrolles, p19-36.
- [99] Raut J. S. & Karuppayil S. M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops and Products*, 62: 250–264.
- [100] Alam Md. N., Bristi N. J. & Rafiquzzaman Md. (2013). Review on in vivo and in vitro method evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 21: 143–152 Association Française de Normalisation, 1986, “Huiles essentielles”, AFNOR, Paris. NF T 75-006.
- [101] : ZOUAIDA H, 2006, bilan des incendies de forêts dans l’Est algérien ca de Mila, Constantine, Guelma et Souk Ahras, Thèse de Magistère, option Ecologie Végétale, université Constantine, 126p.
- [102] Bensouici, F. Z. (2014). *Application de la CFD à la simulation d’un réacteur biologique* (Doctoral dissertation, Faculté de génie des procédés pharmaceutiques).
- [103] Ribéreau-Garyon. P. (1968). Les composés phénoliques des végétaux. Edition Dunod, Paris, 254p.

- [104] **Abaza L, Talorete TP, Yamada P, Kurita Y, Zarrouk M., (2007).** Induction of Growth Inhibition and Differentiation of Human Leukemia HL-60 Cells by Tunisian Gerboui Olive Leaf Extract. *BiosciBiotechnolBiochem* 71. P 1306-1312.
- [105] **Meyer-Warnod, B. (1984).** Natural essential oils: extraction processes and applications to some major oils, *Perfumer & Flavorist* 9, 93-103.
- [106] **Lucchesi, M.-E. (2005).** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Université de la Réunion.
- [107] **Kapadiya, S., & Desai, M. A. (2017).** Isolation of essential oil from buds of *Syzygium aromaticum* using hydrodistillation: multi-response optimization and predictive modelling. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 6(1), 405-418.
- [108] **Treki A S., Merghem R et Dehimat L. (2009).** Etude phytochimique et évaluation de l'activité antibactérienne d'une Labiée: *Thymus hirtus*. *Sciences et Technologie*. 29.p: 25-29.
- [109] **Ponce A.G., Fritz R., Delvalle C. et Roura S.I. (2003).** Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LebensmittelWissenschaft and Technologie* 36: 679-684
- [110] **Choe, E., & Min, D. B. (2009).** Mechanisms of antioxidants in the oxidation of foods. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 8(4), 345-358.
- [111] **Akrout, A. (2004).** Etude des huiles essentielles de quelques plantes pastorales de la région de Matmata (Tunisie). *Cahiers Options Méditerranéennes*, 62, 289-292.
- [112] **Edwards, C. A., & Fisher, S. W. (1991).** The use of cholinesterase measurements in assessing the impacts of pesticides on terrestrial and aquatic invertebrates. *Cholinesterase Inhibiting Insecticides: Their Impact on Wildlife and the Environment*, 2, 255-275.
- [113] **F. Haddouchi, H.A. Lazouni, A. Meziane, A. Benmansour (2009) :** Etude physicochimique et microbiologique de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* Boiss & Reut. *Afrique science*, 05(2), 246-259p.
- [114] **Díaz-Maroto, M., Pérez-Coello, M., & Cabezudo, M. (2002).** Effect of different drying methods on the volatile components of parsley (*Petroselinum crispum* L.). *European Food Research and Technology*, 215, 227-230.
- [115] **Fang J, Reichelt M, Hidalgo W, Agnolet S, Schneider B (2012).** *Tissue-Specific Distribution of Secondary Metabolites in Rapeseed (Brassica napus L.)*. *PLoS ONE* 7(10): e48006. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048006>

- [116] **Jordán M.J., Martínez R.M., Goodner K.L., Baldwin E.A., Sotomayor J.A, 2006,** Seasonal variation of *Thymus hyemalis* Lange and Spanish *Thymus vulgaris* L. essential oils composition. *Industrial Crops and Products*, 24(3), 253-263p.
- [117] **Al-Kareemi KK.** Inhibitory Effect of Parsley (*Petroselinum Crispum*) Juice Against Some Urinary Pathogens in Vitro. *The Iraqi Postgraduate Medical Journal*. 2012; 11 (3): 336-342.
- [118] **Manderfield, M.M., Schafer, H.W., Davidson, P.M., Zottola, E.A., 1997.** Isolation and identification of antimicrobial furocoumarins from parsley. *J.Food Prot.* 60, 72–77.
- [119] **Bougandoura N, Bendimred N. 2013.** évaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *saturejacalaminthassp* .*Nepeta*(L.) Briq .Revue « *Nature & Technologie* » B- *Sciences Agronomiques et Biologiques*, 9 : 14-19.
- [120] **Kang D.G., Yun C.K., and Lee H.S. (2003).** Screening and comparison of antioxidant activity of extracts of herbal medicines used in Korea. *Journal of Ethnopharmacol.* 87:231- 236.
- [121] **Cretu, E., Karonen, M., Salminen, J. P., Mircea, C., Trifan, A., Charalambous, C., ... & Miron, A. (2013).** In vitro study on the antioxidant activity of a polyphenol-rich extract from *Pinus brutia* bark and its fractions. *Journal of Medicinal Food*, 16(11), 984-991.
- [122] **Rolland, Y. (2004).** Antioxydants naturels végétaux. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 11(6), 419-424.
- [123] **Viuda-Martos, M., Mohamady, M. A., Fernández-López, J., Abd ElRazik, K. A., Omer, E. A., Pérez-Alvarez, J. A., & Sendra, E. (2011).** In vitro antioxidant and antibacterial activities of essential oils obtained from Egyptian aromatic plants. *Food control*, 22(11), 1715-1722.

# *Annexes*

## Annexes

## Annexe I : Matériel de laboratoire

Tableau I : le matériel de laboratoire

Verreries et matériel en plastique	Solvants
<ul style="list-style-type: none"><li>-Pipettes</li><li>-Micro pipette (1000 µl, 200 µl)</li><li>- Tubes à essai</li><li>- Flacons (250 ml)</li><li>- Erlenmeyer</li><li>- Béchers</li><li>- Spatule</li><li>- Para film</li><li>- Tube en plastiques citratés</li><li>- Eprouvette graduées</li><li>-Papier filtre (0.45µm).</li><li>- Burette graduée</li><li>- Cuve en verre</li><li>-Tubes à essais</li><li>- Fioles</li><li>- Tubes secs à bouchons</li><li>- Flacons en verre ambré</li><li>- Papier film</li><li>- Porte tube à essai</li><li>- Papier d'aluminium</li><li>- Entonnoir en verre</li><li>- écoviont</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- L'eau distillée</li><li>-l'éthanol</li></ul>

## **Annexe II : Préparation des solutions et des milieux de culture**

- **Eau physiologie 0.9%**

Chlorure de Sodium.....9g

Eau distillée ..... 1000ml

Stérilisation par autoclavage à 120°C pendant 20 min

- **Gélose Muller-Hinton**

Mueller Hinton .....38g

Eau distillée ..... 1000ml

Stérilisation par autoclavage à 120°C pendant 20 min

## **Annexe III : Appareillages de laboratoire**

**Appareils :**

<b>Nom de l'appareil</b>	<b>Photo (originale)</b>	<b>Nom de l'appareil</b>	<b>Photo (originale)</b>
<b>pH mètre</b>		<b>Spectrophotomètre</b>	
<b>Etuve</b>		<b>Micro_ondes</b>	

<p><b>Balance</b></p>		<p><b>Plaque chauffante</b></p>	
<p><b>Pied alcolouiss</b></p>		<p><b>Agitateur</b></p>	
<p><b>Mic pipette</b></p>		<p><b>Retavapeur</b></p>	
<p><b>Balance de précision</b></p>		<p><b>Autoclave</b></p>	