



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Larbi Tébessi-Tébessa-

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Sciences de la matière

MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la matière

Filière : Chimie

Option : Chimie des produits naturels

THEME :

**Etude des activités antioxydantes par DPPH  
des extraits et des huiles essentielles de la plante  
*Apium graveolens L***

Présenté par :

Gattal Nadira

Maamar Mounia

Devant le jury :

Elhassasna Souhir	MAA	U. Larbi Tébessi	Présidente
Haouam Chahrazed	MAA	U. Larbi Tébessi	Encadreur
Benflis Hacene	MAA	U. Larbi Tébessi	Examineur

Date de soutenance : 24/09/2020

# *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail

A ma mère bien-aimée est la lumière de mon cœur et de ma vie.

A mon cher père qui ma toujours aidé et soutenue par sa prière et sa tendresse que dieu accord une place ou paradis (الله يرحمه)

A mon seul cher frère Salim, et a mes chères sœurs.

A mon cher mari et à sa généreuse famille.

A mes chers amis Laila, Bouthaina, Selma, Hassna

A mon binôme : Mounia.

**NADIRA**

A nom de dieu le tout puissant, je dédie ce modeste travail :

A mon père : Tahar, et ma mère : Naoua; pour leur bonté leur générosité et encouragement.

Aussi je dédie ce travail

A mes frères : Nour eddine, Aziz, Fayçel.

A mes tout familles sans exception.

A mon binôme : Nadira.

**MOUNIA**

# *Remerciements*

Avant tout nous remercions Dieu « الله » le tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminer ce travail.

Nous remercions chaleureusement notre encadreur Mme **HAOUAM Chahrazed** pour avoir dirigé ce travail. Son compétence scientifique a largement contribué à la réalisation de ce travail.

Nous remercions les membres de jury Madame **ELHASSASNA Souhir** et Monsieur **BENFLIS Hassen**, d'accepter de juger notre travail.

Nous voulons remercier tous les enseignants du département de chimie l'université de Tébessa pour l'aide pendant nos formation d'étude.

Ces remerciements vont inévitablement aussi à nos collègues, et à tous personnes qu'est aidé de proche ou loin.

# Résumé

---

## Résumé :

L'utilisation des plantes médicinales est en croissance dans la plupart des pays du monde.

Cette utilisation est principalement fondée sur l'idée que les plantes sont un moyen naturel de traitement pauvre de tout risque. A travers les siècles, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales. Si certaines pratiques médicales paraissent étranges et relèvent de la magie.

C'est pourquoi notre recherche s'est orientée vers l'étude des plantes et utiliser des méthodes chimiques pour extraire les principes actifs de cette plante

Et la plante que nous avons choisie est le céleri qui porte le célèbre nom scientifique *Apium graveolens L.*

Ainsi, l'objectif de nos recherches est divisé en trois parties, premièrement d'extraire les huiles essentielles de céleri (*Apium graveolens L* de famille Apiaceae) récoltée dans les régions de Sedrata, wilaya de Souk Ahras.

Deuxième volet : Une autre extraction a été accomplie au niveau des feuilles, pour extraire les polyphénols, on a utilisé des solvants de polarité différente pour extraire le maximum de ces composés, après la récolte et le séchage de différentes parties de la plante à l'abri de la lumière et à une température ambiante.

Et dans le troisième volet de nos recherches des indicateurs physiques ont été mesuré (pH, l'indice de réfraction) et aussi des 'indicateurs chimiques (indice d'acide, saponification, l'iode et de l'ester, et carbonyle). Finalement, nous avons testé l'efficacité biologique antioxydante par la méthode DPPH.

**Mots clés :** *Apium graveolens L*, Huiles essentielles, des indices physico-chimiques, activité antioxydant.

### ملخص

يتزايد استخدام النباتات الطبية في معظم دول العالم

يعتمد هذا الاستخدام بشكل أساسي على فكرة أن النباتات هي وسيلة طبيعية للعلاج دون أي مخاطر. على مر القرون، طورت التقاليد البشرية معرفة واستخدام النباتات الطبية. إذا بدت بعض الممارسات الطبية غريبة و سحرية. هذا هو السبب في أن بحثنا كان موجهاً نحو دراسة النباتات واستخدام الطرق الكيميائية لاستخراج المكونات النشطة

والنبات الذي اخترنا هو الكرفس الذي يحمل الاسم *Apium graveolens*. وهكذا ينقسم الهدف من بحثنا إلى ثلاثة أجزاء أولاً الاستخراج: زيوت عطرية من الكرفس *Apium Graveolens L* من عائلة *Apiaceae* يتم حصادها في مناطق سدراتة بولاية سوق أهراس.

الجزء الثاني: تم إجراء عملية استخلاص أخرى على مستوى الأوراق, لاستخراج البوليفينول, استخدمنا مذيبات ذات قطبية مختلفة لاستخراج الحد الأقصى من هذه المركبات, بعد حصاد وتجفيف أجزاء مختلفة من النبات في معزل عن الضوء وفي درجة حرارة الغرفة

وفي الجزء الثالث من بحثنا تم قياس المؤشرات الفيزيائية (الرقم الهيدروجيني, معامل الانكسار) وكذلك المؤشرات الكيميائية (رقم الحمض, التصين, اليود والإستر, والكربونيل). أخيراً, اختبرنا فعالية مضادات الأكسدة البيولوجية بواسطة DPPH. الكلمات المفتاحية *Apium graveolens l*، الزيوت الأساسية، المؤشرات الفيزيائية والكيميائية، نشاط مضادات الأكسدة

# Abstract

---

## Abstract

The use of medicinal plants is growing in most countries of the world.

This use is mainly based on the idea that plants are a natural means of treatment without any risk. Over the centuries, human traditions have developed the knowledge and use of medicinal plants. If some medical practices seem strange and are magic.

This is why our research was oriented towards the study of plants and to use chemical methods to extract the active principles of this plant.

And the plant we have chosen is celery which has the famous scientific name *Apium graveolens L.*

Thus, the objective of our research is divided into three parts, firstly to extract essential oils of celery (*Apium graveolens L* of the Apiaceae family) harvested in the regions of Sedrata, wilaya of Souk Ahras.

Second part: Another extraction was carried out at the level of the leaves, to extract the polyphenols, we used solvents of different polarity to extract the maximum of these compounds, after the harvest and the drying of different parts of the plant. Protected from light and at room temperature.

And in the third part of our research physical indicators were measured (pH, refractive index) and also 'chemical indicators (acid number, saponification, iodine and ester, and carbonyl). Finally, we tested the biological antioxidant efficacy by the DPPH method.

**Key words:** *Apium graveolens L*, Essential oils, physicochemical indices, antioxidant activity.

## Liste des figures

---

### Liste des figures

N°	Figure	Page
1	La plante de céleri ( <i>Apium graveolens</i> )	6
2	la morphologie de <i>Citrus</i>	12
3	La morphologie de <i>Lavandula</i>	13
4	La morphologie de <i>Syzygium</i>	14
5	Système de distillation à l'entraînement de la vapeur d'eau	20
6	Système descriptif de la distillation par hydrodiffusion	21
7	Système d'extraction par expression à froid	22
8	Montage de distillation par solvants volatils	22
9	Illustration d'une distillation assistée par Micro-ondes	23
10	illustres montages de l'hydrodistillation	24
11	Céleri feuille	42
12	Céleri-rave	43
13	Céleri branche ou Pascal	44
14	les tiges, les feuilles, les graines et les fruits d' <i>Apium graveolens l</i>	46
15	Répartition géographique de la plante <i>Apium Graveolens L</i>	46
16	Les compositions chimiques d'huile essentielle d' <i>Apium graveolens L</i>	48
17	Sadrata Wilaya de Souk-Ahras (lieu de la récolte)	49
18	Montage de l'extraction par <b>Clevenger</b>	49
19	Extraction liquide-liquide	50
20	Technique de macération (feuilles de céleri) avec éthanol	50
21	Refractomètre d'Abbe avec contrôleur de température	53
22	papier Ph	53
23	pH mètre	53
24	Montage de titrage de l'indice d'acide	58
25	Montage à reflux de l'indice d'ester	60
26	Solution obtenue après reflux	60

## Liste des figures

---

<b>27</b>	Montage de titrage de l'indice d'ester	<b>60</b>
<b>28</b>	Montage à reflux de l'indice de saponification	<b>60</b>
<b>29</b>	Montage de titrage de l'indice de saponification	<b>62</b>
<b>30</b>	Montage de titrage l'indice de carbonyle	<b>63</b>
<b>31</b>	Montage d'agitation solution d'empois d'amidon	<b>65</b>
<b>32</b>	La solution après 2 heures dans l'obscurité	<b>65</b>
<b>33</b>	Montage de titrage l'indice d'iode	<b>65</b>
<b>34</b>	Montage de titrage l'indice de peroxyde	<b>67</b>
<b>35</b>	Révélation des activités antioxydantes des extraits et des huiles essentielles par CCM	<b>79</b>
<b>36</b>	Variation du pourcentage d'inhibition de DPPH de l'huile graines agricoles	<b>82</b>
<b>37</b>	Variation du pourcentage d'inhibition de DPPH de l'huile graines médicinales	<b>83</b>
<b>38</b>	Variation du pourcentage d'inhibition de DPPH de l'extrait chloroforme	<b>82</b>
<b>39</b>	Variation du pourcentage d'inhibition de DPPH de l'extrait n-butanol	<b>83</b>
<b>40</b>	Variation du pourcentage d'inhibition de DPPH de l'extrait acétate d'éthyle	<b>84</b>
<b>41</b>	Variation du pourcentage d'inhibition de DPPH de quatre extraits	<b>85</b>

### La List des schémas

<b>1</b>	Principe de piégeage des radicaux libres de DPPH	<b>32</b>
<b>2</b>	Les étapes de fractionnement des polyphénols	<b>51</b>

## Liste des tableaux

---

### Liste des tableaux

<b>N°</b>	<b>Tableau</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Quelques classes des composés phénoliques	<b>27</b>
<b>2</b>	Quelques structures des alcaloïdes	<b>28</b>
<b>3</b>	Classification botanique d' <i>Apium graveolens L</i>	<b>44</b>
<b>4</b>	Rendement des HEs extraits	<b>71</b>
<b>5</b>	Rendement de l'extrait éthanolique	<b>72</b>
<b>6</b>	Rendement des phases après l'extraction liquide- liquide	<b>72</b>
<b>7</b>	Résultats des tests phytochimique effectués sur les extraits des feuilles	<b>73</b>
<b>8</b>	Résultats des tests phytochimique effectués sur les extraits des graines	<b>75</b>
<b>9</b>	Caractéristique organoleptiques des huiles essentielles extraites	<b>77</b>
<b>10</b>	Caractéristiques physiques	<b>77</b>
<b>11</b>	Valeur de l'indice d'acide obtenue pour l'huile testée	<b>77</b>
<b>12</b>	Valeur de l'indice d'ester obtenue pour l'huile testée	<b>78</b>
<b>13</b>	Valeur de l'indice de saponification obtenue pour l'huile testée	<b>78</b>
<b>14</b>	Valeur de l'indice d'acide carbonyle obtenue pour l'huile testée	<b>78</b>
<b>15</b>	Valeur de l'indice d'iode obtenue pour l'huile testée	<b>79</b>
<b>16</b>	Résultat de l'activité antioxydant de l'huile de graines agricoles	<b>80</b>
<b>17</b>	Résultat de l'activité antioxydant de l'huile de graines médicinale	<b>81</b>
<b>18</b>	Résultat de l'activité antioxydant de l'extrait chloroforme	<b>82</b>
<b>19</b>	Résultat de l'activité antioxydant l'extrait n- butanol	<b>83</b>
<b>20</b>	Résultat de l'activité antioxydant de l'extrait acétate d'éthyle	<b>84</b>
<b>21</b>	Résultats du capacité et pouvoir antiradicalaire	<b>85</b>

## Liste des abréviations

---

### Liste des abréviations

<b>%</b>	Pourcentage
<b>(v/v)</b>	Volume / volume
<b>°C</b>	Degré Celsius
<b>µl</b>	Micro litre
<b>µm</b>	Micromètre
<b>Abs</b>	Absorbance
<b>DPPH</b>	2,2- Diphenyl-1-picrylhydrazine
<b>ERO</b>	Espèces Réactives de l'Oxygène
<b>H •</b>	Radical d'hydrogène
<b>L</b>	Litre
<b>ml</b>	Milli litre
<b>Ph</b>	Potentiel d'hydrogène
<b>UV</b>	Ultraviolet
<b>IC<sub>50</sub></b>	Concentration inhibitrice
<b>H</b>	Heures
<b>G</b>	Gramme
<b>ARP</b>	pouvoir antiradicalaire
<b>NO</b>	Mono oxyde d'azote
<b>Cm</b>	Centimètre
<b>n- Bu OH</b>	n-Butanol
<b>AcEt</b>	Acétate d'éthyle
<b>Mg</b>	Milligramme
<b>Mol</b>	Moule
<b>M</b>	Molaire
<b>CCM</b>	Chromatographie sur couche mince
<b>Aqu</b>	Aqueuse

# Table des matières

---

Introduction générale	1
Référence	3
<b>Chapitre I : Partie bibliographique</b>	
<b>I. Les plantes médicinales et phytothérapie</b>	<b>5</b>
<b>I.1. Les plantes médicinales</b>	<b>5</b>
<b>I.1.1. Définition</b>	<b>5</b>
<b>I.1.2. Historique</b>	<b>5</b>
<b>I.1.3. Le céleri (<i>Apium graveolens L</i>)</b>	<b>6</b>
<b>1.1.4. Les huiles essentielles de céleri</b>	<b>8</b>
<b>1.1.5. Les plantes médicinales en Algérie</b>	<b>9</b>
<b>1.1.6. Autres formes de préparations des plantes médicinales</b>	<b>9</b>
<b>1.1.7. Plante source de danger</b>	<b>11</b>
<b>1.1.8. Exemples de quelque plantes médicinales</b>	<b>12</b>
<b>1.1.8.1. <i>Citrus</i></b>	<b>12</b>
<b>1.1.8.2. <i>Lavandula</i></b>	<b>13</b>
<b>1.1.8.3. <i>Syzygium</i></b>	<b>14</b>
<b>I.2.2.1. Stockage et conservation des plantes médicinales</b>	<b>15</b>
<b>I.2. Phytothérapie</b>	<b>15</b>
<b>I.2.1. Définition</b>	<b>15</b>
<b>I.2.2. Différents types de la phytothérapie</b>	<b>16</b>
<b>I.2.2.1. Aromathérapie</b>	<b>16</b>
<b>I.2.2.2. Gemmothérapie</b>	<b>16</b>
<b>I.2.2.3. Herboristerie</b>	<b>16</b>
<b>I.2.2.4. Homéopathie</b>	<b>16</b>
<b>I.2.5. Phytothérapie pharmaceutique</b>	<b>17</b>
<b>I.2.3. Les avantages de la Phytothérapie</b>	<b>17</b>
<b>I.2.4. Les inconvénients de la Phytothérapie</b>	<b>17</b>
<b>II. Les huiles essentielles et hydrolat</b>	<b>18</b>
<b>II.1. Les huiles essentielles</b>	<b>18</b>
<b>II.1.1. Répartition et botanique</b>	<b>18</b>
<b>II.1.2. Rôle des huiles essentielles chez les plantes</b>	<b>18</b>
<b>II.1.3. Composition chimique des huiles essentielles</b>	<b>18</b>
<b>II.1.3.1. Les terpénoïdes</b>	<b>19</b>

# Table des matières

---

<b>II.1.3.2. Les composés aromatiques</b>	<b>19</b>
<b>II.1.4. Procède d'obtention des huiles essentielles</b>	<b>19</b>
<b>II.1.4.1. Extraction par ultrasons</b>	<b>19</b>
<b>II.1.4.2. Extraction par entraînement à la vapeur</b>	<b>20</b>
<b>II.1.4.3. Extraction par hydrodiffusion</b>	<b>21</b>
<b>II.1.4.4. Extraction par expression à froid</b>	<b>21</b>
<b>II.1.4.5. Extraction par solvants volatils</b>	<b>22</b>
<b>II.1.4.6. Extraction assistée par micro-ondes</b>	<b>23</b>
<b>II.1.4.7. Extraction par hydrodistillation</b>	<b>23</b>
<b>II.1.5. Domaines d'utilisation des huiles essentielles</b>	<b>24</b>
<b>II.1.5.1. Domaine de parfumerie</b>	<b>24</b>
<b>II.1.5.2. Domaine alimentaire</b>	<b>24</b>
<b>II.1.5.3. Domaine médicale</b>	<b>25</b>
<b>II.2. Hydrolat</b>	<b>25</b>
<b>II.2.1. Définition</b>	<b>25</b>
<b>III. Les principes actifs végétaux</b>	<b>26</b>
<b>III.1. Définition</b>	<b>26</b>
<b>III.2. Diversité des principes actifs d'origine végétale</b>	<b>26</b>
<b>III.2.1. Les composés phénoliques</b>	<b>26</b>
<b>III.2.2 Les alcaloïdes</b>	<b>27</b>
<b>III.2.3. Les hétérosides ou glycosides</b>	<b>29</b>
<b>III.2.4. Les vitamines</b>	<b>29</b>
<b>IV. Étude de l'activité antioxydant</b>	<b>29</b>
<b>IV.1. Introduction</b>	<b>29</b>
<b>IV.1.1. Les radicaux libres</b>	<b>29</b>
<b>IV.1.2. Nature des radicaux libres</b>	<b>29</b>
<b>IV.1.2.1. Espèces réactives dérivées de l'oxygène (ERO)</b>	<b>29</b>
<b>IV.1.2.1.a. Ion superoxyde</b>	<b>30</b>
<b>IV.1.2.1.b. Radical libre hydroxyle</b>	<b>30</b>
<b>IV.1.2.1.c. Oxygène singulet</b>	<b>30</b>
<b>IV.1.2.2. Espèces libres non oxygénées</b>	<b>31</b>
<b>IV.1.3. Antioxydants</b>	<b>31</b>
<b>IV.1.3.1. Définition</b>	<b>31</b>
<b>IV.1.3.2. Utilisation des antioxydants</b>	<b>31</b>

## Table des matières

---

IV.1.3.3. Mécanismes d'action des antioxydants	31
IV.1.4. Le piégeage du radical libre DPPH <sup>•</sup>	32
IV.1.5. Pouvoir antiradicalaire	33
Référence	34

### Chapitre II : Partie pratique

I. Présentation de la plante	42
I.1. Introduction	42
I.2. Différents types de plantes de céleri	42
I.2.a. Céleri feuille	42
I.2.b. Céleri-rave	43
I.2.c. Céleri branche ou Pascal	44
I.3. Taxonomie	44
I.4. Utilisation	45
I.3. Description botanique	45
I.4. Description biologique	45
I.5. Répartition géographique	46
I.6. Pays d'origine	47
I.7. Climat et sol	47
I.8. Composition chimique	47
I.9. Parties utilisées	48
I.10. Préparations (formes galéniques)	48
II. Matériels et Méthodes	48
II.1. Matériels	48
II.1.1. Matériel végétal	48
II.1.2. Extraction des huiles essentielles de « <i>Apium Graveolens L</i> »	49
II.1.3. Extraction hydrolat	49
II.1.4. Extraction de l'extrait éthanolique	50
II.1.5. Extraction des polyphénols	50
II.1.6. Calcul du rendement	52
III. Révélation (screening) phytochimique	52
III.1. Macération à l'eau distillée	52
III.1.1. Recherche d'amidons	52
III.1.2. Recherche des saponosides	52

## Table des matières

---

III.1.3. Recherche des tanins galliques	53
III.1.4. Recherche des anthocyanes	53
III.2. Macération a l'éthanol	53
III.2.1. Recherche des flavonoïdes	53
III.2.2. Recherche des tanins catéchiques	53
III.2.3. Recherche des composés réducteurs	53
III.3. Recherche des coumarines	54
III.4. Macération a l'acide sulfurique (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	54
III.4.1. Recherche des alcaloïdes	54
III.5. Recherche d'hétérosides	54
IV. Détermination des indices physico-chimiques	54
IV.1.1. Caractéristiques organoleptique	55
IV.1.2. Indice de réfraction	55
IV.1.3. Détermination de pH	56
IV.1.4. Miscibilité à l'éthanol	57
IV.2. Détermination des indices chimique	57
IV.2.1. Indice d'acide	57
IV.2.2. Indice d'ester	59
IV.2.3. Indice de saponification	61
IV.2.4. Indice de carbonyle	63
IV.2.5. Indice d'iode	64
IV.2.6. Indice de peroxyde	66
V. Détermination de l'activité antioxydant	68
V.1. Piégeage du radical libre DPPH <sup>•</sup> (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyle)	68
V.1.1. Révélation par CCM	68
V.1.3. Préparation des solutions (extraits)	68
V.1.4. Préparation de la solution (DPPH)	68
V.1.1.5. La concentration inhibitrice (IC <sub>50</sub> )	69
V.1.1.6. Le pouvoir antiradicalaire	69
Références	70

# Table des matières

---

## Chapitre III : Résultat et discussion

<b>I. RESULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>71</b>
<b>I.1. Rendement des extractions</b>	<b>71</b>
<b>I.1.1 Rendement de l'huile essentielle de Céleri</b>	<b>71</b>
<b>I.1.2 Rendement d'extrait éthanolique</b>	<b>72</b>
<b>I.1.2 Rendement de l'extraction liquide- liquide</b>	<b>72</b>
<b>I.2. Révélation phytochimique (Screening)</b>	<b>72</b>
<b>I.3. Caractéristique physicochimique de l'HEs</b>	<b>77</b>
<b>I.3.1. Caractérisations physiques</b>	<b>77</b>
<b>I.3.1.1. Propriétés organoleptiques des huiles essentielles</b>	<b>77</b>
<b>I.3.1.2. Propriétés physiques</b>	<b>77</b>
<b>I.3.2. Caractérisations chimiques</b>	<b>77</b>
<b>I.3.2.1. Indice d'acide</b>	<b>77</b>
<b>I.3.2.2. Indice d'ester</b>	<b>77</b>
<b>I.3.2.3. Indice de saponification</b>	<b>78</b>
<b>I.3.2.4. Indice de L'acide carbonyle</b>	<b>78</b>
<b>I.3.2.5. Indice d'iode</b>	<b>79</b>
<b>I.3.2.6 Indice de peroxyde</b>	<b>79</b>
<b>I.4. Evaluation de l'activité antioxydante</b>	<b>79</b>
<b>I.4.1. Piégeage du radical libre DPPH<sup>•</sup></b>	<b>79</b>
<b>I.4.1.1. Révélation par CCM</b>	<b>79</b>
<b>I.4.1.2. Détermination d'IC 50% et ARP</b>	<b>85</b>
<b>Conclusion générale</b>	<b>87</b>

# Introduction générale

---

## Introduction générale :

Dans le monde, les plantes ont toujours été utilisées comme médicaments. Ces derniers à base de plantes sont considérés comme peu toxiques et doux par rapport aux médicaments pharmaceutiques. Les industries pharmaceutiques sont de plus en plus intéressées par l'étude ethnobotanique des plantes [1]. Les plantes médicinales demeurent encore une source de soins médicaux dans les pays en voie de développement, en absence d'un système médical moderne [2]. Le recours à la médecine à base de plantes est profondément ancré dans notre culture, car l'Algérie est réputée par la richesse de sa flore médicinale qui comprend des centaines d'espèces végétales. Ainsi qu'elle a un savoir-faire testé de longue date par nos ancêtres. Parallèlement, toutes les cultures et les civilisations de l'Antiquité à nos jours dépendent entièrement ou partiellement de la phytothérapie en raison de leur efficacité, l'accessibilité, la disponibilité, faible toxicité et d'acceptabilité [3]. Selon l'Organisation mondiale de la Santé (O.M.S.) en 2008, plus de 80% de la population mondiale repose sur la médecine traditionnelle pour leurs besoins de soins de santé primaires [4]. Plusieurs plantes peuvent être une guérison de nombreux maux quotidiens qui vont des simples troubles digestifs jusqu'à le traitement des maladies chroniques comme le cancer, l'ulcère, le diabète, les calculs rénaux [5]... [10]. Les plantes médicinales constituent des ressources précieuses pour la grande majorité des populations rurales en Afrique, où plus de 80% de cette population s'en sert pour assurer les soins de santé [11]. De plus, les produits forestiers non ligneux ont éveillé un intérêt considérable en Afrique au cours de ces dernières années pour leur contribution à l'économie des ménages et la conservation de la biodiversité végétale [12].

Parmi les familles qui appartiennent à cette catégorie des plantes aromatiques et médicinales, Les Opiacées qui comprennent également de nombreuses plantes condimentaires incontournables : céleri, persil, aneth, carvi, cumin, coriandre, cerfeuil... et nombre d'entre elles sont également des plantes médicinales... [13].

La famille des Apiaceae appelée anciennement ombellifères comprend des plantes alimentaires (carotte, fenouil, céleri...) et condimentaires (cumin, coriandre,...).

Plusieurs espèces de cette famille sont considérées comme une riche source en huiles essentielles et végétales qui peuvent être exploitées dans les industries pharmaceutiques, cosmétiques, parfumeries et alimentaires. Environ 760 constituants ont été isolés à partir d'huiles essentielles des cultures ombellifères, appartenant à différents classes chimiques.

# Introduction générale

---

Tous ces études nous amènent à s'intéresser à l'une de cette famille *Apiaceae* et certainement (*Apium graveolens*).

L'objectif de notre travail est de faire l'extraction des huiles essentielles d'*Apium graveolens* L, l'extraction des polyphénols, ensuite faire les analyses physicochimiques, et l'étude l'activité biologique : antioxydants en utilisant méthode DPPH.

Ce travail est axé sur trois chapitres :

## **Chapitre I : Partie bibliographique**

Ce chapitre est consacré à une bibliographique liée aux plantes médicinales phytothérapie, les huiles essentielles et hydrolat, les principaux actifs végétaux et activité anti oxydante.

## **Chapitre II : Partie pratique**

Ce chapitre présente les techniques et les méthodes de caractérisation mises en œuvre ainsi que les conditions expérimentales adoptées.

## **Chapitre III : Résultats et discussions**

Ce chapitre sera consacré aux résultats obtenus et leurs discussions.

Une conclusion générale résumera l'ensemble des résultats obtenus et proposera les perspectives générales.

## Référence

---

### Références :

- [1] Dibong, S. D., Mpondo, M. E., Nigoye, A., Kwin, M. F. & Betti, J. L. 2011. Ethnobotanique et phytomédecine des plantes médicinales de Douala, Cameroun. [Ethnobotany and phytomedicine of medicinal plants sold in Douala markets] — Journal of Applied Biosciences 37: 2496 – 2507. ISSN 1997– 5902. Published online at [www.biosciences.elewa.org](http://www.biosciences.elewa.org).
- [2] Tabuti J.R.S., Lye K.A. & Dhillion S.S., 2003. Traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda : plants, use and administration. J. Ethnopharmacology, 88, 19-44.
- [3] Akharaiyi F. C. et Boboye B., 2010. Journal of Nat. Prod. (3) 27-34.
- [4] Pierangeli G., Vital G. et Windell Rivera L. J., 2009. Medic. Plants Res. 3 (7) 511.
- [5] Anonyme, 2001. Encyclopedia of medicinal plants. Identification, Preparation, Care. 2nd Edn. Larousse, Paris, France pp : 336.
- [6] Beloued A., 2001. Médicinal plants in Algeria. University publications office, Algiers, ISBN: 9961.0.0304.4, pp: 277.
- [7] Diallo D., Sanogo R., Yasambou H.; Traore A.; Coulibaly K. et Maiga A., 2004. Constituents study of the ziziphus mauritiana Lam. (Rhamnaceae), used traditionally to treat diabetes in Mali. Comptes rendus Chimie, 7:1073-1080.
- [8] Passalacqua N.G., De fine G. et Guarrera P.M., 2006. Contribution to the knowledge of the veterinary science and of ethnobotany in Calabria region (Southern Italy). Jornal Ethnobiol Ethnomed., 2:52-52.
- [9] Dellil L., 2007. Medicinal plants in Algeria. Editions Berti, France, p : 240.
- [10] Rammal H., Bouayad J., Desor F., Younos C. et Soulimani R., 2009. Phytothérapie 7:161]
- [11] Jiofack, T., Ayissi, I., Fokunang, C., Guedje, N., Kemeuze, V. 2009. Ethnobotany and phytomedicine of the upper Nyong Valley forest in Cameroon — African Journal of Pharmacy and pharmacology 3 (4) : 144-15 Jiofack, T., Fokunang, C., Guedje, N., Kemeuze, V., Fongzossie, E., Nkongmeneck, BA., Mapongmetsem, PM. & Tsabang, N. 2010. Ethnobotanical uses of medicinals plants of two ethnoecological regions of Cameroon
- [12] Betti, J.L. 2002a. Usages traditionnels des plantes médicinales et traitement des maux de dos dans la réserve de biosphère du Dja/Cameroun. In history of health and diseases: Living and curing old age in the world/Old age in the world, — Gueri, A. & Consiglière, S (ed). Genoa/Italy, 117-, Betti, J.L. 2002b. Medicinal plants sold in Yaounde markets, Cameroon - African Study Monographs 23 (3): 47-64 International Journal of Medicine and Medical Sciences 2
- [13] <https://www.aujardin.info/plantes/famille-apiaceae.php>

**CHAPITRE I:  
LES PLANTES  
MEDICINALES**

## **I. Les plantes médicinales et phytothérapies**

### **I.1. Les plantes médicinales**

#### **I.1.1. Définition :**

Une plante dite médicinale est une plante qui a des propriétés thérapeutiques [1]. C'est-à-dire qui contient une ou des substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques, ou comme précurseurs dans la synthèse des drogues utiles [2]. La plante médicinale possède dans sa partie active plusieurs molécules actives [3]. chacune d'entre elles est présentée en quantité très faible et agit à un constituant isolé mais résulte de l'action de tous ses constituants [4]. L'utilisation des plantes se rencontre également dans d'autres systèmes thérapeutiques en plus de la pharmacie moderne qui elle aussi, n'a jamais réussi à se passer de la végétale des principes actifs [5].

#### **I.1.2. Historique :**

La médecine populaire, tout particulièrement dans la campagne, utilise toujours largement les plantes médicinales, et la consommation à l'officine, aussi bien qu'à l'hôpital, est également très importante. C'est par milliers de tonnes que ce chiffre, chaque année, la vente des plantes médicinales utilisées dans le domaine de la thérapeutique [6].

En raison d'une conscience croissante des effets secondaires négatifs par les drogues modernes, beaucoup cherchent les remèdes normaux sans effets secondaires, et bien sûr avec un coût moins élevé que la médecine conventionnelle [7].

A ce jour, il n'existait aucun ouvrage suffisamment sur la médecine aromatique et sur les usages des huiles essentielles, traitant des différents aspects : botanique, chimique historique, thérapeutique théorique et pratique, usage divers, etc. Pour constituer une base élémentaire [6].

L'utilisation des plantes comme remèdes existe depuis plusieurs millénaires avant notre ère, tant en Chine qu'en Égypte et en Inde.

Chez les Grecs, on constate dès les périodes les plus anciennes l'emploi des espèces médicinales. Théophraste (vers 372 avant Jésus-Christ) était un philosophe grec connu pour ses travaux sur la botanique. Chez les anciens Égyptiens, les matières médicales étaient extraordinairement riches en principes d'origine végétale.

On utilisait l'oxymel de scille comme vomitif, l'huile de ricin pour accélérer fortement le transit intestinal (purgatif) [7].

Les égyptiens connaissaient parfaitement les domaines de la cosmétique et préparaient de nombreux produits destinés aux soins du corps ils furent certainement les premiers à confectionner des produits de beauté, notamment les fards à paupières, à cils, à sourcils, à lèvres, ainsi que les teintures pour les cheveux et la barbe.

Ils utilisaient pour la préparation de leurs crèmes et onguents, huiles d'olive, de sésame, de palme, d'amande, ainsi que les graisses animales, parfums et cosmétiques furent répandus dans les autres nations grâce aux marchands phéniciens qui commerçaient avec tous les pays de la méditerranée orientale [6].

Celle des anciens indoeuropéens était très développée et s'est maintenue surtout chez les hindous, le texte de Caraka qui semble représenter l'un des textes médicaux les plus anciens de l'inde, énumère 500 plantes.

Les arabes aussi avaient leurs spécialistes en médecine et pharmacie comme Abu Bader Mohamed Ibn Zakaria al Razi connu sous le nom de Rhaze. Ce dernier a laissé de nombreux ouvrages concernant les médicaments tels que : le kiteb al mansuri, ainsi que vingt-quatre autres tomes de textes médicaux.

Aba Ali Ibn Sina Avienne appelé le premier des sages a écrit le canon de médecin il décrit 811 produits végétaux et minéraux en expliquant leurs effets sur l'organisme humain [8].

Sachant que la nature est riche par des milliers et milliers de plantes médicinales ces plantes sont très importantes dans notre vie quotidienne, mais cette fois ci notre choix est basé sur une plante potagère ayant des effets thérapeutiques très intéressants dans la vie de des certains membres de notre familles pour soulager des souffrances dans des situations très difficiles et très délicates, cette plantes est connue depuis longtemps : **le céleri**

### **I.1.3. Le céleri (*Apium graveolens*) :**



**Figure 1:** La plante de céleri (*Apium graveolens*)

Cette plante fait partie de la famille des Apiaceae comme la carotte ou le persil. Peu calorique, le céleri est une bonne source de fibres, ce qui en fait un atout pour la digestion :

100 g de céleri cru contiennent 1,5 g de fibres. Le céleri contient des vitamines : K (bonne pour la santé cardiovasculaire et osseuse), A (pour les yeux), C et du potassium (bon pour le cœur).

Le céleri contient de l'apigénine, un flavonoïde souvent étudié pour ses propriétés anticancéreuses. Ainsi, une étude parue en 2012 a montré que l'apigénine pourrait permettre de réduire le risque de cancer du sein chez les femmes ménopausées qui suivent un traitement hormonal de substitution. Pour cette recherche, les chercheurs de l'Université du Missouri ont exposé des rates à une progestérone synthétique, utilisée dans les traitements hormonaux substitutifs et connue pour ses effets cancérigènes. Ils ont évalué l'effet de l'apigénine sur le cancer du sein en donnant ce composé à une partie des rates.

Résultats : les rates qui ont reçu de l'apigénine avaient deux fois moins de cancers associés à la progestérone synthétique.

L'apigénine freine le développement du cancer en bloquant la croissance des vaisseaux. Le céleri contient aussi de la lutéoline, une molécule qui a elle aussi des propriétés anticancéreuses.

L'apigénine stimule aussi la neurogénèse *in vitro* et *in vivo* chez des rongeurs. Elle favorise la mémoire et les apprentissages. Elle serait donc protectrice pour le cerveau.

*A lire aussi* L'apigénine : une substance naturelle pour prévenir le cancer du sein ? Dans le thym et le persil, l'apigénine fait du bien au cerveau Les atouts santé du persil Timbale de céleri rave et rutabagas à l'huile de noisette.

- Mais les propriétés de l'apigénine et du céleri ne s'arrêtent pas là... Une étude de 2007 a montré qu'un extrait de céleri avait des propriétés anti-inflammatoires. Cet extrait contenait de l'apiine, qui est une des formes de l'apigénine, et inhibait *in vitro* la production de NO (monoxyde d'azote), un médiateur de l'inflammation. L'extrait de céleri avait aussi un effet anti-inflammatoire *in vivo* dans un modèle de souris. Le céleri a aussi des propriétés antioxydantes grâce à des molécules comme : acide p-coumarique, acide caféique, acide férulique, apigénine, lutéoline, saponine, kempférol...

- Le céleri permettrait aussi de lutter contre l'hypertension artérielle, comme le suggèrent des travaux de 2013. Chez des rats modèles pour l'hypertension, l'administration d'extraits de graines de céleri diminuait la pression artérielle. Pour les auteurs, ce serait lié à des composés hydrophobes présents dans l'extrait, comme le n-butylphthalide. Le céleri pourrait donc aider à prévenir des maladies cardiovasculaires.

- Une recherche sur des rats montre qu'un extrait de feuilles de céleri améliore la spermatogenèse et la fertilité chez ces animaux. C'est-à-dire que le céleri est très important pour la reproduction [9].

Des cinq fruits et légumes quotidiens devant faire partie de notre alimentation sont laissés à notre libre choix. Alors pourquoi ne pas sélectionner du céleri, des carottes, du poivron, de la camomille et du romarin ? Un article publié dans le Journal of Nutrition indique en effet qu'un composant retrouvé dans chacun de ces végétaux aurait un effet bénéfique sur les pertes de mémoire liées à l'âge.

Le composé en question, la lutéoline (ou lutéolol) est une molécule de la famille des flavonoïdes, des métabolites secondaires des plantes

au cours du vieillissement, l'activité de la microglie se dérègle et synthétise de manière inappropriée ces mêmes cytokines, ce qui pourrait être à l'origine de maladies neurodégénératives.

Action ciblée sur des cerveaux âgés

Les chercheurs ont montré par des expériences in vitro que les cellules microgliales exposées à des molécules bactériennes (des lipopolysaccharides) produisent des cytokines capables de tuer les neurones. C'est là que l'action bénéfique de la lutéoline intervient : la molécule empêche la microglie de synthétiser les cytokines toxiques pour les neurones, ce qui sauve les cellules nerveuses [10].

#### **I.1.4. Les huiles essentielles de céleri :**

L'huile essentielle des différentes parties de l'ache (céleri) a fait l'objet de nombreuses études. Elle contient deux composés majeurs, dérivés du phenyl propane, auparavant mis en évidence chez le persil ; ce sont l'apiole et la myristicine. - des phtalides, dérivés de l'acide phtalique, substitués en C<sub>3</sub> par une chaîne alkyle ou alkylidène ; - d'autres composés volatils de nature terpénique (limonène, bsélinène, myrcène...) L'apioside, flavonoïde principal, possède une activité diurétique non négligeable, en association avec l'apiole. L'ache possède une activité hypotensive légère, due à la fois à l'apioside qui est responsable également d'une action sur la circulation veineuse, à l'apiole et à la myristicine qui seraient vasodilatateurs.

D'autre part, de récentes études pharmacologiques ont été conduites chez l'animal, mais n'ont pas encore abouti à des utilisations thérapeutiques. Ainsi, l'huile essentielle de graine d'ache agirait sur le système nerveux central, en induisant des effets sédatifs et anticonvulsivants chez les souris albinos. Les composés responsables de cette activité n'ont pas encore été identifiés avec précision. L'extrait aqueux de tiges de céleri a révélé des propriétés anti-inflammatoires, chez le rat et la souris (réduction de l'œdème de la patte induit

par le carraghenane chez le rat, et réduction de l'inflammation provoquée par l'histamine chez la souris). Cette activité pourrait être liée à la présence de mannitol, phytostérol et d'autres composés polaires inconnus. Un dérivé d'hémisynthèse, obtenue après sulfonation de la fraction mucopolysaccharidique extraite des racines d'ache, posséderait des propriétés anticoagulantes légères [11].

#### **I.1.5. Les plantes médicinales en Algérie :**

En Algérie, les plantes occupent une place importante dans la médecine traditionnelle, qui elle-même est largement employée dans divers domaines de la santé. Dans les dernières années, la phytothérapie est très répandue, des herboristes sont partout et sans aucune formation spécialisée ou connaissance scientifique sur la phytothérapie, ils prescrivent des plantes et des mélanges pour toutes les maladies : diabète, rhumatisme, minceur et même les maladies incurables [12] ; [13].

Des chiffres recueillis auprès du Centre national du registre de commerce, montrent qu'à la fin 2009, l'Algérie comptait 1926 vendeurs spécialisés dans la vente d'herbes médicinales, dont 1393 sédentaires et 533 ambulants (**Ministère du commerce, 2013**). La capitale en abritait, à elle seule, le plus grand nombre avec 199 magasins, suivie de la wilaya de Sétif (107), Bechar (100) et El Oued avec 60 magasins [13].

La richesse et l'originalité de l'étude de la flore algérienne présente un intérêt scientifique fondamental pour la connaissance de la pharmacopée traditionnelle, et le domaine de la valorisation des substances naturelles. La diversité et la fertilité du sol qui caractérisent les différentes régions d'Algérie influencent sur la qualité et la composition chimique des plantes médicinales, ce qui les dote de caractéristiques spécifiques [14].

On peut classer les plantes médicinales comme une source naturelle renouvelable, c'est-à-dire, que l'apparition et la disparition des plantes se fait périodiquement et continuellement dans des saisons définies par la nature. Ces ressources subissent des dégradations irréversibles, comme on l'assiste aujourd'hui en Algérie [15].

#### **I.1.6. Autres formes de préparations des plantes médicinales :**

##### **➤ Poudre :**

Les drogues séchées sont très souvent utilisées sous forme de poudre. Il s'agit de remèdes réduits en minuscules fragments, de manière générale, plus une poudre est fine, plus elle est de bonne qualité. Les plantes préparées sous forme de poudre peuvent s'utiliser pour

en soin tant interne (avalées ou absorbées par la muqueuse buccale) qu'externe (sert de base aux cataplasmes et peuvent être mélangées aux onguents [16].

➤ **Sirop :**

Le miel et le sucre non raffiné sont des conservateurs efficaces qui peuvent être mélangés à des infusions et des décoctions pour donner des sirops et des cordiaux. Ils ont aussi des propriétés adoucissantes qui en font d'excellents remèdes pour soulager les maux de gorge. Les saveurs sucrées des sirops permettent de masquer le mauvais goût de certaines plantes, de manière à ce que les enfants les absorbent plus volontairement [17].

➤ **Onguents (Pommade) :**

Les onguents sont de préparations d'aspect crémeux, réalisées à base d'huiles ou de tout autre corps gras dans lesquelles, les principes actifs des plantes sont dissous. Elles sont appliquées sur les plaies pour empêcher l'inflammation. Les onguents sont efficaces contre les hémorroïdes ou les gerçures des levures [16].

➤ **Crèmes :**

Les crèmes sont des émulsions préparées à l'aide de substances (l'huile, graisses... etc.) et de préparation des plantes (infusion, décoction, teinture, essences, poudres). Contrairement aux onguents, les crèmes pénètrent dans l'épiderme. Elles ont une action adoucissante, tout en laissant la peau respirer et transpirer naturellement. Cependant, elles se dégradent très rapidement et doivent donc être conservées à l'abri de la lumière, dans des pots hermétiques placés au réfrigérateur [16].

➤ **Cataplasmes :**

Les cataplasmes sont des préparations des plantes appliquées sur la peau. Ils calment les douleurs musculaires et les névralgies, soulagent les entorses et fractures et permettent d'extraire le pus des plaies infectées, des ulcères et des furoncles [18].

➤ **Lotions et compresses :**

Les lotions sont des préparations à base d'eau des plantes (infusion, décoctions ou teintures diluées) dont on tamponne l'épiderme aux endroits irrités ou enflammés. Les compresses contribuent à soulager les gonflements, les contusions et les douleurs, à calmer les inflammations et maux de tête, et à faire tomber la fièvre [19].

**➤ Inhalations :**

Les inhalations ont pour effets de décongestionner les fosses nasales et de désinfecter les voies respiratoires. Elles sont utiles contre les catarrhes, les rhumes, la bronchite et quelque fois pour soulager les crises d'asthme. Nous pouvons faire souvent appel à des plantes aromatiques, dont les essences en se mêlant à la vapeur d'eau lui procurent leurs actions balsamique et antiseptique ; la méthode la plus simple est de verser de l'eau bouillante dans un large récipient en verre pyrex ou en émail contenant des plantes aromatiques finement hachées, ou lorsqu'il s'agit d'huiles essentielles d'y verser quelques gouttes [16].

**I.1.7. Plantes sources de danger :**

Si les plantes sont faciles à utiliser, certaines d'entre elles provoquent également des effets secondaires. Comme tous les médicaments, les plantes médicinales doivent être employées avec précaution. Il est recommandé de n'utiliser une plante que sur les conseils d'un spécialiste ; mal dosé, l'éphédra (*Ephedra sinica*) est très toxique et la consoude (*Symphytum officinale*), une plante qui a connu, jadis, son heure de gloire, peut avoir des effets fatals dans certaines circonstances toutefois, lorsqu'un traitement à base des plantes est suivi correctement, les risques d'effets secondaires sont fort limités [20].

**✓ Dosage des plantes :**

Une dose faible peut s'avérer efficace et bénéfique, une posologie trop forte peut en revanche se révéler nuisible à la santé, voire mortel

**➤ Pour les adultes :**

- Une pincée correspond à 2g – Une cuillerée à dessert à 5g – Une cuillerée à soupe à 10g
- Une poignée à 30g.

**➤ Pour les enfants**

- De 1 à 3 ans : doses égales à 1/6 des doses adultes
- De 6 à 7 ans : 1/3 - 1/2
- De 7 à 12 ans : 1/3 - 1/2

De 13 à 20 ans : 2/3 ou 1/1. Pour les enfants et les adultes, il est nécessaire de tester la susceptibilité individuelle de chacun [21].

**I.1.8. Exemples de quelques plantes médicinales :****I.1.8.1. *Citrus* :**

Noms communs : Citronnier, Limonier, Citron.

Nom scientifique : *Citrus limon*.

Parties utilisées : Feuilles, fruits, écorce et pépins.

Climat : Méditerranéen, semi-tropical, tempéré, supporte très bien la canicule mais craint la sécheresse.

Sol : Léger, sableux, humus ou terreau

✓ Description botanique :

Citronnier, arbre poussant sous les climats chauds, pouvant atteindre 7 mètres de haut, et de 3 jusqu'à 5 mètres de largeur, caractérisé par la persistance de son feuillage [22]. La **Figure 1** illustre la morphologie du *Citrus*.

✓ Classification :

- Domaine : *Boita*
- Règne : *Plantae*
- Sous règne : *Viridaplantae*
- Classe : *Equisetopsida*
- Ordre : *Sapindales*
- Famille : *Rutaceae*
- Genre : *Citrus*
- Espèce : *Citrus limon*



**Figure 2** : la morphologie de *Citrus*.

✓ Propriétés médicinales :

Le citronnier est connu pour son utilisation contre plusieurs infections ou maladie infectieuses tels que la tuberculose pulmonaire et osseuse, les états févieux.

Les ulcères d'estomac, l'insuffisance hépatique, les vomissements ainsi que le paludisme et il sert aussi à prévenir les épidémies. Pour cela, diverses formes d'applications sont possibles, on peut utiliser le jus de citron en cure, comme il est possible d'utiliser ses huiles essentielles [23].

Parmi toutes les huiles essentielles, c'est celles du citron qui fait l'objet de la plus grande production au niveau mondiale, en aromathérapie elle fait partie des huiles essentielles incontournables dans le conseil pharmaceutique [24].

### I.1.8.2. *Lavandula* :

Nom commun : Lavande, Lavande officinale, aspic, Lavandin.

Nom scientifique : *Lavandula angustifolia*.

Parties utilisées : Sommités fleuries.

Habitat et origine : Plante originaire des montagnes du bassin méditerranéen, aujourd'hui elle est cultivée à travers le monde, partout où elle peut trouver du soleil à profusion.

✓ Description botanique :

La lavande est une sous-arbrisseau vivace, caractérisé par ses feuilles linéaires et persistantes portant des épis au bout de ses tiges, sa hauteur peut atteindre 1 mètre, ses fleurs sont bilabées bleues pourpre à violettes, elles représentent les parties les plus aromatiques de la plante [23]. La **Figure 2** illustre la morphologie de *Lavandula*.

✓ Classification :

- Règne : *Plantae*
- Division : *Magnoliophyta*
- Classe : *Magnoliopsida*
- Ordre : *Lamiales*
- Famille : *Lamiaceae*
- Genre : *Lavandula*
- Espèce : *Lavandula strikas*



**Figure 3** : la morphologie de *Lavandula*.

La lavande est utilisée contre plusieurs maladies, y compris, les spasmes, les insomnies, les maladies infectieuses, les affections des voies respiratoires (asthme, bronchite, tuberculose...). Pour cela, il est possible de l'utiliser sous forme d'infusion.

Ou d'utiliser ses huiles essentielles qui sont riches en Linalol et l'acétate de linalyl. Sa toxicité est quasiment nulle, d'où l'usage sécuritaire de cette huile essentielle devenue incontournable [24].

**I.1.8.3. Syzygium:**

## ✓ Description botanique :

Originnaire de l'archipel des Moluques, cet arbre de 15 à 20 mètres de haut apprécie les sols tropicaux maritimes drainés. Ses feuilles sont opposées, coriaces et persistantes. Ses fleurs blanc rosé sont groupées en petites cymes compactes et ramifiées. Le bouton floral (clou) a une morphologie typique : partie quadrangulaire (*hypanthe*) et une tête globuleuse, entourée par les 4 sépales et constituée des 4 pétales enfermant de très nombreuses étamines recourbées [25]. La **Figure 3** illustre la morphologie de *Syzygium*.

## ✓ Classification :

- Classe : *Angiosperme*
- Sous- classe : *Tiporées*
- Ordre : *Myrtales*
- Famille : *Myrtaceae*
- Genre : *Syzygium*
  
- Espèce : *Syzygium aromaticum*



**Figure 4** : la morphologie de *Syzygium*.

## ✓ Propriétés médicinales :

Le girofle s'utilise le plus souvent sous forme d'huile essentielle. Le dosage diffère selon le problème à traiter et l'huile essentielle de clou de girofle sera souvent combinée à celle d'une autre plante.

- ❖ Contre les douleurs dentaires, faire un bain de bouche avec 3 gouttes d'huile essentielle dans un demi-verre d'eau tiède.
- ❖ On pourra utiliser un mélange de 2 gouttes d'huile essentielle de clou de girofle combinées à de l'huile végétale de macadamia, pour traiter une amygdalite (massage des côtés du cou), calmer une infection urinaire ou génitale (en application sur le bas du ventre), lutter contre la fatigue (friction du plexus solaire) et en cas d'infection respiratoire ou de bronchite (sur le haut du dos et le thorax).
- ❖ La même préparation sera employée en cas d'hépatite virale, avec des massages sur le haut du ventre.
- ❖ Pour diminuer les douleurs dentaires, il faut effectuer des frictions au niveau des gencives douloureuses [26].

### **I.1.9. Stockage et conservation des plantes médicinales :**

Le stockage des plantes doit être réalisé dans un local aéré, sec, obscur à une température optimale entre 15 et 18°C. Il est souvent nécessaire de désinfecter l'endroit.

Les plantes doivent être renouvelées régulièrement sachant que d'une façon, les durées limites de bonne conservation sont les suivantes :

- un à deux ans pour les fleurs, feuilles, sommités fleuries, parties fragiles de la plante.
- environ 4 ans pour les racines, écorces, parties moins fragiles de la plante [1].

Au cours d'un stockage prolongé, les méthodes et les conditions de conservation doivent permettre d'éviter toute modification de la nature des plantes, afin de préserver l'intégrité de leurs propriétés actives. La qualité des plantes aromatiques ou médicinales en dépend. C'est une étape importante dans la garantie des propriétés des plantes médicinales [27].

Toutes les drogues doivent être conservées au sec dans l'obscurité, dans des récipients bien fermés, passagèrement dans des boîtes en carton ou des sachets en papier. Éviter les emballages et les sachets en matière plastique à cause du risque de fermentation [28].

## **I.2. Phytothérapies :**

### **I.2.1. Définition :**

Le mot phytothérapie provient de 2 mots grecs qui signifient essentiellement « soigner avec les plantes ».

La phytothérapie est le traitement des pathologies bénignes par les plantes médicinales. Celles-ci sont consommées en tisane ou après transformation (poudre, extrait, teinture) comme composants de médicament.

La phytothérapie est le nom que porte la médecine par les plantes au moyen âge à ne pas confondre avec la phytopharmacie qui désigne l'ensemble des substances utilisées pour traiter les plantes : pesticides, fongicides et insecticides [29].

La science moderne, en analysant et étudiant les effets thérapeutiques des plantes, n'a pas pour but de diminuer cette confiance en la nature, mais elle veut préciser, comparer et

classer les diverses propriétés pour grouper les plantes à effets similaires, choisir les plus efficaces et les faire connaître.

Au début des années 1990, une étude a montré l'effet de certaines plantes chinoises sur des patients souffrant d'eczéma. Ainsi, l'ajout d'une seule plante chinoise aux dix autres contenues dans une préparation a provoqué une amélioration de l'état de santé d'un patient jusqu'alors insensible au traitement. Des progrès de cette nature ont été obtenus en adaptant les soins aux besoins des patients et en traitant les causes des maladies. Cette approche est très éloignée de la conception défendue par la médecine moderne, selon laquelle, pour une maladie donnée, il n'existe qu'un seul traitement [30].

### **I.2.2. Différents types de la Phytothérapie :**

#### **I.2.2.1. Aromathérapie :**

Est une thérapeutique qui utilise les essences des plantes, ou huiles essentielles, substances aromatiques secrétées par de nombreuses familles de plantes, ces huiles sont des produits complexes à utiliser souvent à travers la peau.

#### **I.2.2.2. Gemmothérapie :**

Se fonde sur l'utilisation d'extrait alcoolique de tissus jeunes de végétaux tels que les bourgeons et les racines.

#### **I.2.2.3. Herboristerie :**

Correspond à la méthode de phytothérapie la plus classique et la plus ancienne. L'herboristerie se sert de la plante fraîche ou séchée; elle utilise soit la plante entière, soit une partie de celle-ci (écorce, fruits, fleurs). La préparation repose sur des méthodes simples, le plus souvent à base d'eau : décoction, infusion, macération. Ces préparations existent aussi sous forme plus moderne de gélule de poudre de plante sèche que le sujet avale.

#### **I.2.2.4. Homéopathie :**

A recours aux plantes d'une façon prépondérante, mais non exclusive; les trois quarts des souches sont d'origine végétale, le reste étant d'origine animale et minérale.

### **I.2.2.5. Phytothérapie pharmaceutique :**

Cet axe utilise des produits d'origines végétales obtenus par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés sous forme de sirop, de gouttes, de gélules, de lyophilisats... [31].

### **I.2.3. Les avantages de la phytothérapie :**

Malgré les énormes progrès réalisés par la médecine moderne, la phytothérapie offre de multiples avantages. N'oublions pas que de tout temps à l'exception de ces cent dernières années, les hommes n'ont pas eu que les plantes pour se soigner, qu'il s'agisse de maladies bénignes, rhume ou toux ou plus sérieuses, telles que la tuberculose ou la malaria. Aujourd'hui, les traitements à base des plantes reviennent au premier plan, car l'efficacité des médicaments tels que les antibiotiques (considérés comme la solution quasi universelle aux infections graves) décroît, les bactéries et les virus se sont peu à peu adaptés aux médicaments et leur résistent de plus en plus.

La phytothérapie qui repose sur des remèdes naturels est bien acceptée par l'organisme, et souvent associée aux traitements classiques. Elle connaît de nos jours un renouveau exceptionnel en occident, spécialement dans le traitement des maladies chroniques comme l'asthme ou l'arthrite [24].

### **I.2.4. Les inconvénients de la phytothérapie :**

- Les plantes médicinales contiennent une grande diversité de composés différents, parmi lesquels certains peuvent exercer une activité biologique de sorte qu'un risque réel existe d'assister à des effets secondaires [32].
- Difficile d'identifier les sources de matières utilisées, de garantir leur origine et surtout leur composition [33].
- Le principe actif n'est présent qu'à des faibles concentrations, on doit s'attendre à ce que ces remèdes naturels soient moins actifs que le composé pur [32].
- La préparation à base de plante ne présente aucune garantie en termes de pureté [34].
- Les effets secondaires liés à l'emploi des plantes ou d'extraits par voie systémique sont moins bien connus que ceux provoqués par des médicaments dont la formulation chimique est bien codifiée [35].

## **II. Les huiles essentielles et hydrolat :**

### **II.1. Les huiles essentielles :**

Les huiles essentielles (HEs) sont des complexes naturels de molécules volatiles et odorantes qui sont synthétisées par les cellules sécrétrices des plantes aromatiques. Celles-ci les conservent dans des poches au niveau de certains organes [36]. Ces produits sont extraits par hydrodistillation, entraînement à la vapeur d'eau, ou par pression [37]. Il faut distinguer une huile essentielle d'une essence car ce sont deux substances différentes tant en nature qu'en composition, spécialement en raison des changements biochimiques que subit l'essence au cours de sa distillation. De ce fait l'essence est une huile essentielle distillée, c'est le produit de la distillation à la vapeur d'eau des plantes aromatiques [38]. On note aussi l'hydrolat qui est l'eau distillée que l'on sépare de l'huile essentielle à la sortie de l'alambic. Elle est plus ou moins aromatisée selon les plantes distillées car elle se charge de molécules aromatiques au cours de la distillation. Les hydrolats renferment quelques composés des huiles essentielles (moins de 5 %), à titre d'exemple on trouve beaucoup d'acides dans les hydrolats car ils sont hydrosolubles, ces composés sont très actifs et efficaces même à l'état de traces, leurs efficacités comme anti-inflammatoires a été prouvées [38].

#### **II.1.1. Répartition et botanique :**

Les HEs sont largement distribuées dans le règne végétal. Certaines familles en sont particulièrement riches des huiles essentielles : Conifères, Myrtacées, Umbellifères [39] ; [40]. On peut trouver ces produits dans tous les parties de la plante : écorce, fruit, fleurs, racines, etc., sauf que la composition chimique peut varier d'un organe à un autre [41].

#### **II.1.2. Rôle des huiles essentielles chez les plantes :**

Les huiles essentielles permettent aux plantes de s'adapter à leur environnement et garantir leur sauvegarde, elles jouent plusieurs rôles écologiques : interférences plante- plante (inhibition de la germination et de la croissance), et interférences plante-animale pour leurs protections contre les prédateurs [42].

#### **II.1.3. Composition chimique des huiles essentielles :**

L'étude de la composition chimique des huiles essentielles montre qu'il s'agit de mélange complexe et variable des composants appartenant exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques différentes : les terpénoïdes et les composés

aromatiques dérivés du phénylpropane. On plus des terpènes et des composés aromatiques, les HEs peuvent contenir selon le genre d'extraction des hydrocarbures, alcools, aldéhydes, esters, produits azotés ou soufrés, acides, cétones, et autres [43].

#### **II.1.3.1. Les terpénoïdes :**

Le terme terpène interpelle la première extraction de ce type de composé à partir de l'essence de Térébenthine. Les terpènes sont des composés très volatils dus à leurs masses moléculaires qui ne sont pas élevées. Ils répondent dans la plupart des cas à la formule générale  $(C_5H_8)_n$ , suivant les valeurs de n on a les héli-terpènes (n=1), les monoterpènes (n=2), les sesquiterpènes (n=3), les tri-terpènes (n=6), les tétra-terpènes (n=8) et les polyterpènes [43].

#### **II.1.3.2. Les composés aromatiques :**

Contrairement aux dérivés terpéniques, les composés aromatiques sont moins fréquents dans les huiles essentielles. Il s'agit généralement d'allyle et de propénylphénol. Ces composés forment une unité intéressante car ils sont généralement responsables du caractère organoleptique des huiles essentielles. L'eugéol par exemple est responsable de l'odeur du clou de girofle [43].

#### **II.1.4. Procède d'obtention des huiles essentielles :**

Il existe plusieurs méthodes d'extractions des huiles essentielles. Le choix de la méthode se fait en fonction de la nature de la plante, des caractéristiques physico-chimiques de l'huile à extraire, et de l'usage de l'extrait. Les étapes de l'extraction sont semblables quelque soit le type de la méthode utilisée. Néanmoins il est important d'extraire les molécules aromatiques qui forment l'huile essentielle dans un premier temps de la matière végétale, ensuite séparer ces molécules du milieu par distillation [44].

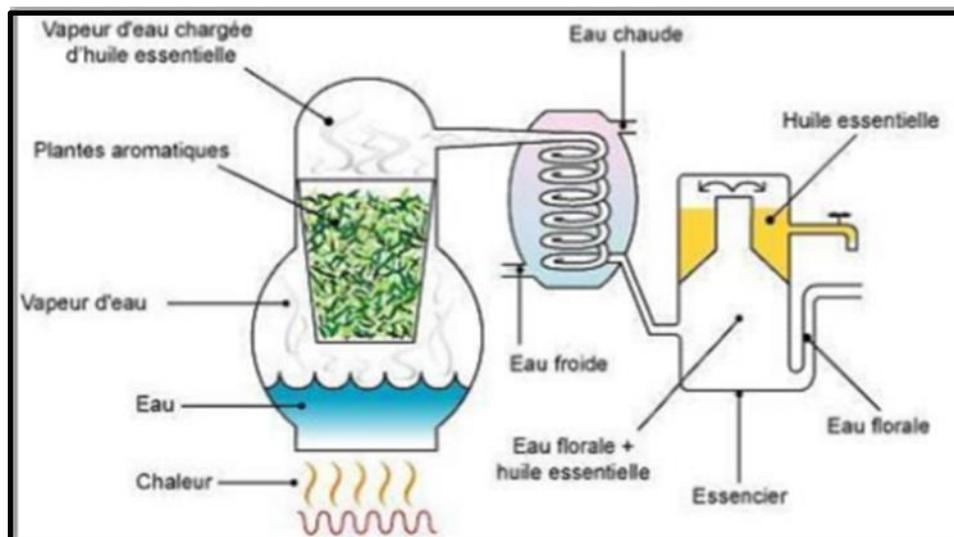
##### **II.1.4.1. Extraction par ultrasons :**

Les micro-cavitations générées par ultrasons, perturbent la structure des parois végétales, notamment les zones cristallines celluloses. Les ultrasons encouragent la diffusion et peuvent modifier l'ordre de distillation des constituants des huiles essentielles. L'extraction par cette méthode est une technique de choix pour les solvants de faible point d'ébullition, à des températures d'extraction inférieures au point d'ébullition. L'avantage de

ce procédé est de réduire le temps d'extraction, d'augmenter le rendement, et de faciliter l'extraction de molécules thermosensibles [45].

#### II.1.4.2. Extraction par entraînement à la vapeur :

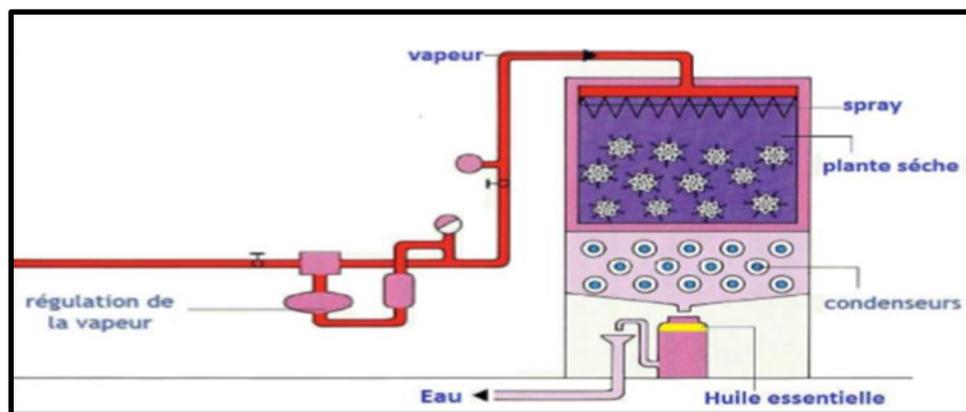
Ce mode a été considéré comme l'un des cas particuliers de la distillation des mélanges liquides dont les constituants sont, soit complètement insolubles ou complètement solubles dans l'eau, soit spécialement solubles (eau contenant des traces d'huile ou huile contenant des traces d'eau). L'entraînement de l'huile essentielle à la vapeur d'eau est un mouvement de transfert des matières beaucoup plus complexes, cette complexité revient au fait que les dépôts des huiles essentielles des plantes sont différents de leur nature et de leur positionnement lorsque le contact entre la vapeur et l'huile est empêché [46]. La **figure 5** montre un système de distillation par entraînement à la vapeur d'eau.



**Figure 5** : Système de distillation à l'entraînement de la vapeur d'eau

### II.1.4.3. Extraction par hydrodiffusion :

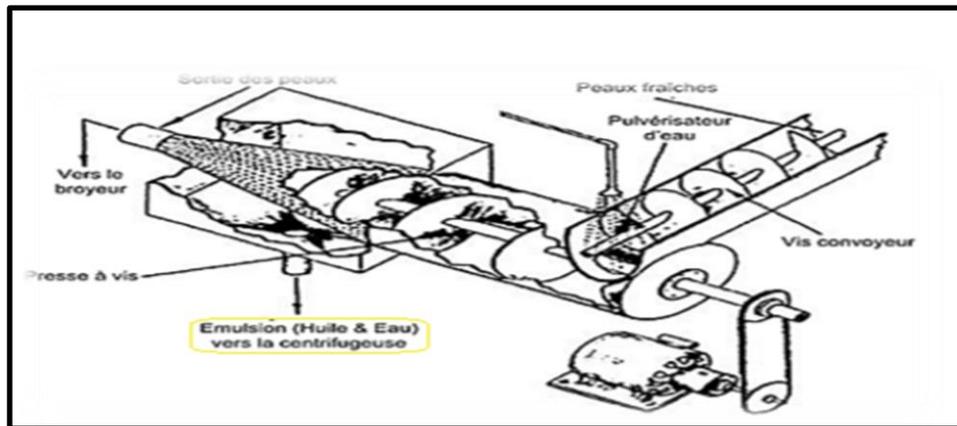
L'hydrodiffusion est une co-distillation descendante. Dans cette méthode le matériel végétal est déposé dans un parallélépipède métallique grillagé, il sera soumis à une pulsion de vapeur d'eau, saturée et humide, mais jamais surchauffé de haut en bas. La forme de l'appareillage permet une meilleure répartition des charges. La vapeur d'eau emporte avec elle toutes les substances volatiles, et l'huile essentielle est recueillie dans un collecteur qui favorise un équilibre avec la pression atmosphérique. Il est indiqué qu'il y a un procédé de cohobation qui renvoie dans la chaudière toutes les eaux qui sont séparées des huiles comme illustré dans la **figure 6** [47].



**Figure 6** : Système descriptif de la distillation par hydrodiffusion.

### II.1.4.4. Extraction par expression à froid :

Cette méthode s'applique uniquement aux huiles essentielles d'agrumes comme le citron, l'orange douce et amère etc. En effet, ces huiles ne résistent pas au traitement à chaud. Généralement c'est le procédé de qualification mécanique, l'entraînement des huiles essentielles s'effectue par un courant d'eau, puis l'essence est séparée par décantation. Ce procédé est utilisé fréquemment dans l'industrie (**Figure 7**) [48].

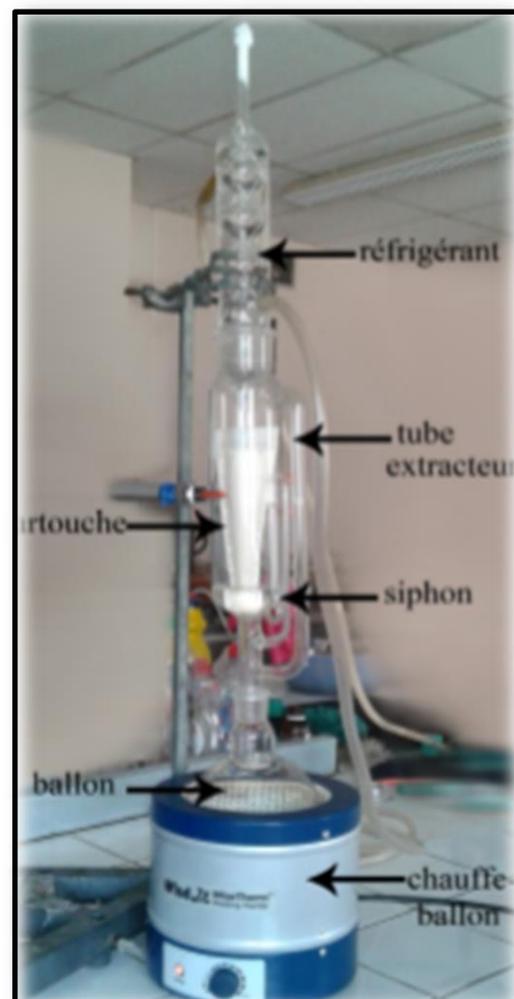


**Figure 7 :** Système d'extraction par expression à froid.

#### II.1.4.5. Extraction par solvants volatils :

Ici le procédé est basé sur le fait que les essences sont solubles dans la majorité des solvants organiques. L'extraction se fait dans des extracteurs de construction variée, en continu, semi-continu ou en discontinu. Le protocole consiste à imbiber la matière végétale par un solvant à bas point d'ébullition qui par la suite, sera éliminé par distillation sous pression réduite.

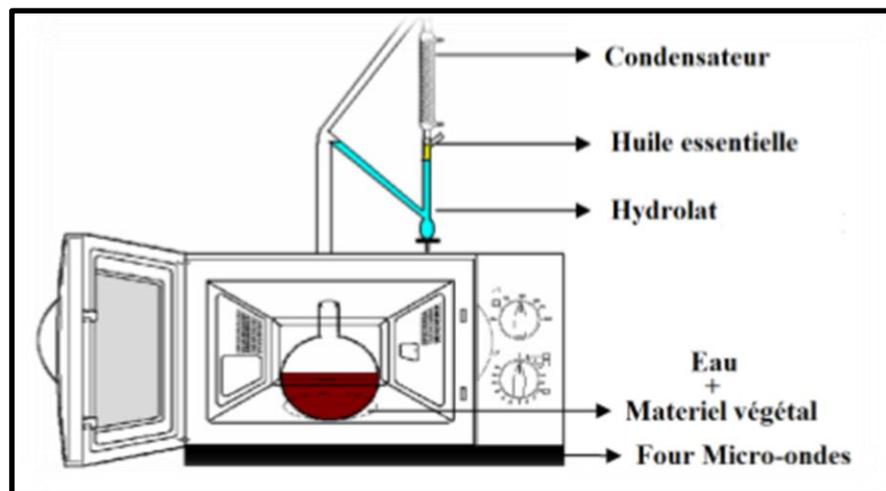
L'évaporation du solvant donne un mélange odorant de consistance pâteuse dont l'huile est extraite par l'alcool. L'extraction par les solvants revient très chère à cause du prix de l'équipement et de la grande quantité des solvants nécessaires pour l'extraction. Un autre inconvénient de cette méthode est le manque de sélectivité, car plusieurs substances lipophiles (huiles fixes, phospholipides, coumarines, etc.) peuvent se retrouver dans le mélange pâteux et imposer une purification ultérieure [49]. La **figure 8** représente le montage utilisé dans ce mode d'extraction.



**Figure 8 :** Montage de distillation par solvants volatils.

**II.1.4.6. Extraction assistée par micro-ondes :**

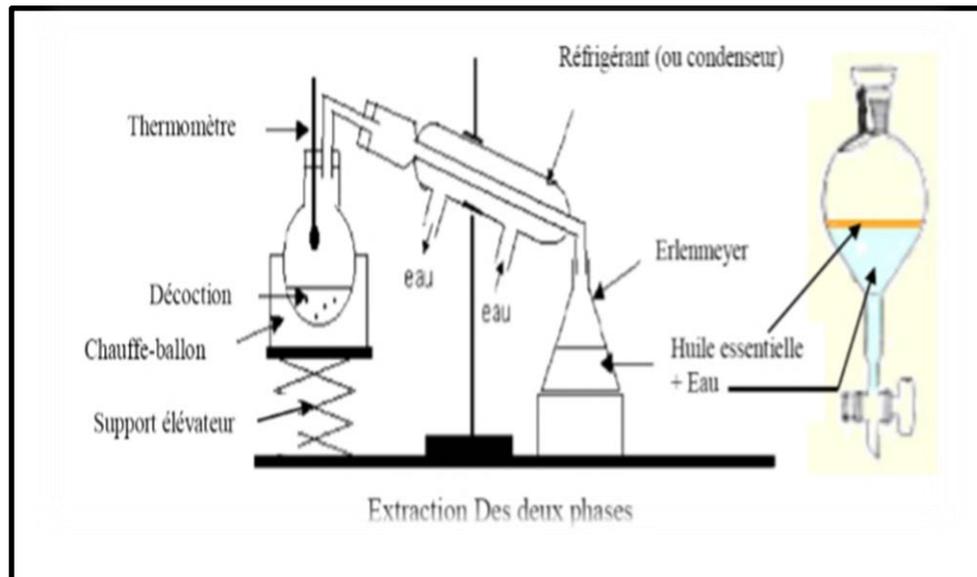
Cette extraction appelée en anglais (Vacuum Microwave Hydrodistillation) (VMHD) consiste à extraire l'huile essentielle à l'aide d'un rayonnement microondes d'énergie constante et d'une séquence de mise sous vide. Uniquement l'eau de constitution de la plante traitée entre dans le mouvement d'extraction des essences. Sous l'effet de combinaisons du chauffage sélectif des microondes et de la pression réduite de façon successive durant l'extraction, l'eau contenue dans la plante fraîche entre en ébullition et la contenance des cellules est transférée vers l'extérieur du tissu biologique. L'essence est alors mise en œuvre par la condensation, le refroidissement des vapeurs et la décantation des condensats. Cette technique est dotée de plusieurs privilèges tel que la rapidité, l'économie du temps d'énergie et d'eau [49] ; [50]. La **figure 9** illustre une distillation assistée par Micro-ondes.



**Figure 9 :** Illustration d'une distillation assistée par Micro-ondes

**II.1.4.7. Extraction par hydrodistillation :**

L'extraction par hydrodistillation simple consiste à immerger directement le matériel végétal dans un ballon rempli d'eau et portée le mélange à ébullition par la suite. La plante est mise en contact avec l'eau dans un ballon lors d'une extraction au laboratoire ou dans un alambic industriel. Le tout est chauffé à reflux, les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et les huiles essentielles se séparent de l'eau par différence de densité [51]. La **Figure 10** illustre montage de l'hydrodistillation.



**Figure 10** illustre montages de l'hydrodistillation.

### II.1.5. Domaine d'utilisation des huiles essentielles :

Les huiles essentielles sont beaucoup utilisées dans l'industrie, elles sont destinées en effet à trois grands domaines industriels : la parfumerie, l'alimentation, et le domaine médical [52].

#### II.1.5.1. Domaine de parfumerie :

L'utilisation des huiles essentielles comme matière première dans la production des parfums est une commode employée depuis bien longtemps. On note que ces industries ont été développées d'une importante façon en Europe et dans les Etats-Unis. Néanmoins l'utilisation des huiles en parfumerie se caractérise par le besoin d'une très grande diversité ainsi que de grande quantité de produits, qui revient de prix généralement très coûteux. Ces composés peuvent être investis aussi en parfumerie technique (qui comprend les produits d'entretien ménager ou industriels) en raison de leurs propriétés antiseptiques [53].

#### II.1.5.2. Domaine alimentaire :

Ces composés peuvent être aussi utilisés dans l'industrie alimentaire, pour enrichir les aliments d'odeur attirante ainsi qu'un gout délicieux. Il s'avère aussi que le secteur des boissons est un grand consommateur d'huiles. On note que l'huile la plus utilisée dans l'industrie alimentaire dans le monde est l'huile essentielle d'orange [53].

### II.1.5.3. Domaine médicale :

Parvenant au domaine de médicale, notamment le secteur pharmaceutique où les capacités thérapeutiques des huiles essentielles sont évidentes et employées depuis des siècles. En effet, ce marché a donné naissance à une industrie des produits naturels comme les produits imperceptibles. Cette industrie très développée dans plusieurs pays, bénéficie d'une grande attention de la part des consommateurs à travers le monde [53]. Les huiles essentielles ont une variété d'applications et dans plusieurs cas la même huile peut être recherchée pour des propriétés différentes selon les secteurs industriels [54].

## II.2. Hydrolat :

### II.2.1. Définition :

Lors du processus d'obtention des huiles essentielles par entraînement à la vapeur, un sous-produit se forme à partir de l'eau ayant servi à l'extraction des molécules odorantes. Ce produit est l'hydrolat (HD) ou *hydrosol* en anglais. Au cours de la distillation, la vapeur d'eau traverse la matière végétale puis se condense au contact des parois froides d'un réfrigérant. L'eau se dissocie alors spontanément de l'huile essentielle du fait de leur non miscibilité tout en conservant une petite portion des composés volatils de l'huile essentielle [55].

Malgré cette faible concentration en principes actifs, les HD présentent certaines activités pharmacologiques et biologiques intéressantes.

Certains HD sont utilisés depuis des siècles dans des préparations cosmétiques, thérapeutiques et culinaires: les hydrolats de rose, de fleur d'oranger, de lavande et de fleurs de bleuets sauvages en sont des exemples. Certaines plantes sont distillées uniquement pour leur HD comme par exemple *Hamamelis virginiano L.* dont le distillât de feuilles et de rameaux floraux est un composant fréquent de produits dermatologiques grâce à ses propriétés désinfectantes et astringentes [56]. Le principal marché HD se situe dans le domaine des cosmétiques et des arômes alimentaires. Cependant, avec le regain d'intérêt actuel pour les médecines alternatives telle que l'aromathérapie, les hydrolats sont aujourd'hui de plus en plus utilisés pour leurs vertus thérapeutiques [57]. Malgré cet engouement, les chercheurs ne s'y intéressent que très peu. Il existe donc un réel manque de données scientifiques dans ce domaine. Pourtant, la faible toxicité et la nature chimique des hydrolats en font un produit original, intéressant à étudier comme en témoignent les rares publications

parues à leur sujet. Les études pharmacologiques réalisées présentent en effet des résultats très prometteurs.

Dans la littérature scientifique anglophone, les hydrolats sont trouvés sous différentes appellations: *hydrosol*, *floral water*, *aqueous distillate*, *aromatic water*, etc. La plupart de ces termes prêtent à confusion puisque beaucoup sont employés d'une manière incorrecte. Le terme *hydrosol* est le plus communément utilisé mais ce mot est inapproprié puisqu'il s'agit d'un terme générique employé pour désigner, en chimie physique, une solution colloïdale dans l'eau. Un *hydrosol* est obtenu par macération prolongée de l'huile essentielle dans de l'eau pure alors que hydrolat est obtenu par un procédé d'hydrodistillation. Le terme *floral water* ou eau florale est également inadéquat puisqu'il désigne uniquement les infusions obtenues par macération de fleurs dans l'eau. Pour mettre fin à cette confusion, les anglophones utilisent de plus en plus le terme français « hydrolat » [55].

### **III. Les principes actifs végétaux :**

#### **III.1. Définition :**

Les principes actifs d'une plante médicinale sont les composants naturellement présents dans celle-ci ; ils lui confèrent son activité thérapeutique.

Ces composants sont souvent des métabolites secondaires que la plante produit en quantité extrêmement faible: ils représentent quelques pour-cent à peine du poids total de celle-ci.

Les principes actifs peuvent se trouver dans toutes les parties de plante, généralement de manière inégale, ou dans certaines voire une partie(s) seulement [58].

#### **III.2. Diversité des principes actifs d'origine végétale :**

##### **III.2.1. Les composés phénoliques :**

Les composés phénoliques ou les polyphénols constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal [59]. Sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits [60].

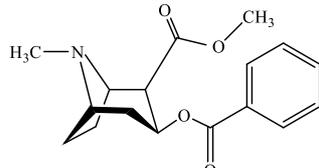
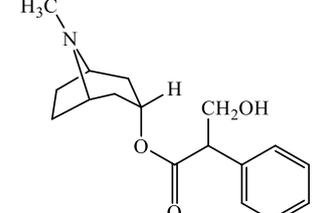
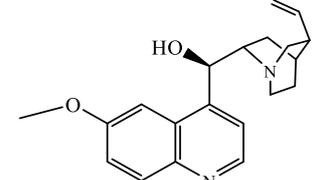
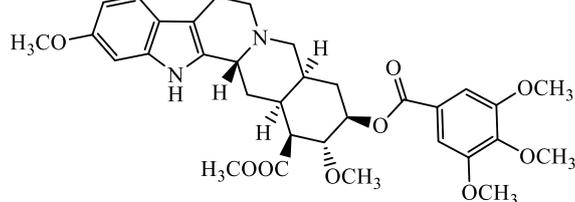
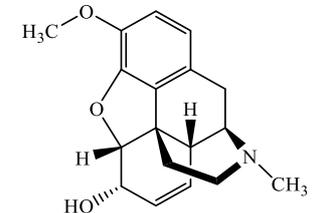
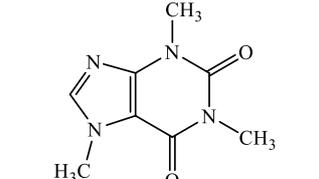
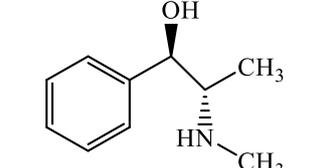
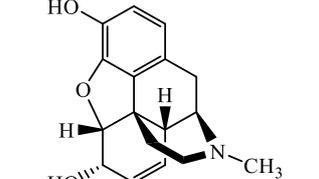
**Tableau 1** : Quelques classes des composés phénoliques [61].

Nombre d'atomes de carbone	Squelette de base	Classe
6	C6	Phénols simples, enzoquinones
7	C6-C1	Acides phénoliques
8	C6-C2	Acétophénone, acide phénylacétique
9	C6-C3	Acide hydroxycinnamique, polypropène, coumarine, isocoumarine
10	C6-C4	Naphetoquinone
13	C6-C1-C6	Xanthone
14	C6-C2-C6	Stilbène, anthraquinone
15	C6-C3-C6	Flavonoïde, isoflavonoïde
18	(C6-C3)-2	Lignanes, neolignanes
30	(C6-C3-C6)-2	Biflavonoïdes

### III.2.2 Les alcaloïdes :

Les alcaloïdes sont des substances organiques complexes (contenant le carbone, l'hydrogène et souvent l'oxygène) [62], Les alcaloïdes sont contenu un atome d'azote dans ca structure, la présence d'azote dans structure chimique est conférer la réaction basique [63].

Tableau 2 : Quelques structures des alcaloïdes [64].

Nom	Structure
Atropine	
Cocaïne	
Quinine	
Résérpine	
Codéine	
Caféine	
Ephédrine	
Morphine	

### III.2.3. Les hétérosides ou glycosides :

Les composés phénoliques naturels existent dans la plante sous forme hétérosidique, ou éventuellement sous forme d'esters, les hétérosides sont des formes de combinaisons les plus fréquentes dans le cas des flavonoïdes, faisant intervenir une liaison -C-O-C- entre un OH alcoolique ou phénolique du composé phénolique et un OH d'une molécule glucidique [65].

### III.2.4. Les vitamines :

Les vitamines sont des substances organiques indispensables à l'organisme, et sont classées selon leur solubilité en deux groupes, les vitamines liposolubles (A, D, E et K) et les vitamines hydrosolubles (B1, B2, B3, B5, B6, B8 B9, B12 et C) [66].

## IV. Étude de l'activité antioxydant :

### IV.1. Introduction :

L'oxygène est un élément très important dans la vie, et en même temps il est causé des effets délétères, comme l'oxydation, donc la protection contre ces effets apparie être par les radicaux oxygénés à l'aide de trois types d'agents différents : les protéines non enzymatiques, les enzymes telles que les superoxyde-dismutases, les glutathion-peroxydases et les antioxydants d'origine nutritionnelle telle que les caroténoïdes, les tocophérols (vitamine E), l'acide ascorbique (vitamine C) et les polyphénols [67].

#### IV.1.1. Les radicaux libres :

Les radicaux libres sont la somme des atomes ou des fragments moléculaires qui portent un électron non apparié ou plus, sur ses couches électroniques externes. Il y a plusieurs sources des radicaux libres, ces derniers existent dans deux grands types [68] ;[69] :

- ❖ Le premier type consiste en un transfert d'électrons catalysé par les métaux de transition (Fe, Cu).
- ❖ Le deuxième type se fait au niveau de la scission homolytique des liaisons covalentes des molécules.

#### IV.1.2. Nature des radicaux libres [69] :

##### IV.1.2.1. Espèces réactives dérivées de l'oxygène (ERO) :

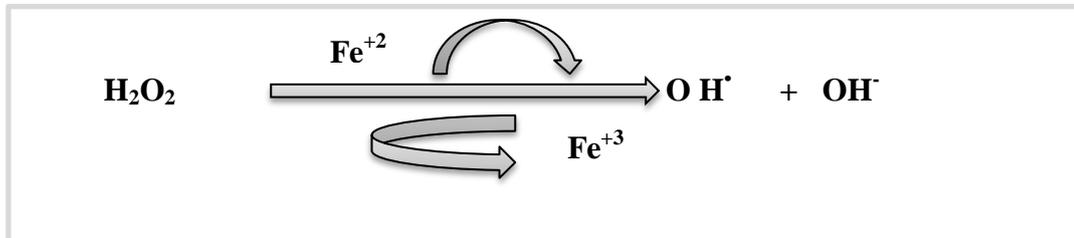
L'oxygène possède une grande réactivité à sa structure particulière. Parce qu'il possède deux électrons célibataires non appariés sur sa couche externe. Cette molécule est très importante pour bon fonctionnement de l'organisme.

##### IV.1.2.1.a. Ion superoxyde :

L'ion superoxyde ( $O^{\cdot -}$ ) est le dérivé oxygéné le très réactif, et relativement stable, il n'est pas très toxique pour l'organisme.

**IV.1.2.1.b. Radical libre hydroxyle :**

Le radical hydroxyle ( $\text{OH}^\bullet$ ) est très réactif. Il peut réagir avec de nombreuses molécules comme l'ADN, les glucides, les nucléotides et les protéines. Le radical hydroxyle est l'un des dérivés les plus importantes de l'ion superoxyde, il peut être produit à la réaction de Fenton par exemple [70] :



Cette équation représente la production des radicaux hydroxyles à partir de peroxyde d'hydrogène catalysée par des sels ferreux.

La réaction de Fenton écrite dans le cas d'oxydation des lipides à la manière suivante [71].

**IV.1.2.1.c. Oxygène singulet :**

C'est une forme très énergétique, et il peut oxyder de nombreuses molécules. Le déplacement à l'état singulier  $^1\text{O}_2$  (la forme activée), se fait par l'énergie qui apporte à l'oxygène, la réaction suivante représente la formation d'oxygène singulier à partir de l'ion superoxyde [72] :

**IV.1.2.2. Espèces libres non oxygénées :**

Les réactions de certaines molécules avec les espèces réactives dérivées de l'oxygène (ERO) produisent des espèces libres non oxygénées, et à autre coté cette dernière peuvent réagir avec d'autres molécules et être à l'origine de la multiplication des réactions d'oxydation et de la propagation de dommages oxydatifs.

**IV.1.3. Antioxydants :****IV.1.3.1. Définition :**

Les antioxydants sont des molécules responsables de neutraliser des radicaux libres qui sont provoqué de nombreuses maladies. Les antioxydants sont des composés qui inhibent ou retardent l'avancement d'oxydation en bloquant l'initiation ou la propagation des chaînes de réactions oxydatives [73].

**IV.1.3.2. Utilisation des antioxydants :**

L'utilisation des antioxydants touche le domaine de l'industrie chimique, agro-alimentaire, et teinturerie :

- ❖ L'industrie chimique : pour éviter le durcissement du caoutchouc ou en métallurgie pour protéger les métaux de l'oxydation.
- ❖ L'industrie agro-alimentaire : pour éviter le rancissement des corps gras.
- ❖ L'industrie teinturerie : pour éviter l'oxydation des colorants au soufre ou des colorants de cuve lors de la teinture.

**IV.1.3.3. Mécanismes d'action des antioxydants:**

La classification des antioxydants sous forme primaire ou secondaire basé sur leur mécanisme d'action [74] :

**❖ Antioxydants primaires :**

Ils sont caractérisés par la position d'atomes d'hydrogènes faibles à soustraire. Ces antioxydants sont des évacuateurs des radicaux. Dès lors qu'ils fonctionnent au stade de la propagation, leur action est essentiellement palliative. On notera bien que les antioxydants primaires sont consommés au cours de la transformation [74].

**❖ Antioxydants secondaires :**

Ils fonctionnent au moyen de la décomposition des hydroperoxydes en produits inertes, et évitent ainsi ou ralentissent le taux d'initiation de la chaîne.

Pour cette raison, on fait parfois référence aux antioxydants secondaires sous le nom d'antioxydants préventifs. Les antioxydants secondaires sont presque toujours utilisés en conjonction avec les antioxydants primaires, ils sont connus également sous le nom d'agents synergiques. Les phosphites et les thioesters constituent les deux types chimiques les plus importants au sein de cette catégorie [74].

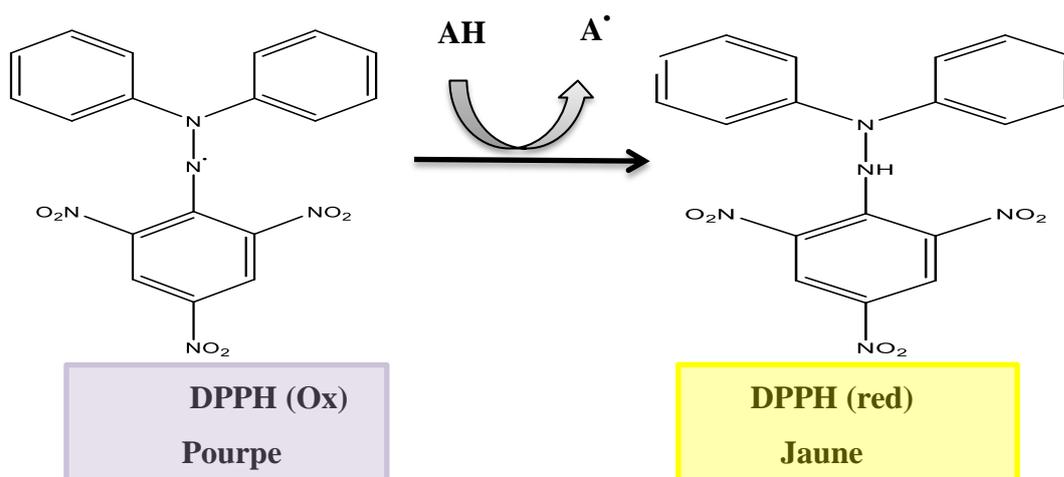
**IV.1.4. Le piégeage du radical libre DPPH :**

La méthode de mesure du pouvoir antioxydant par le DPPH repose sur la capacité d'un composé à réduire le DPPH [75] :



La réduction se traduit par un changement de couleur de la solution qui vire du violet au jaune. La réaction est alors quantifiée en mesurant l'absorbance de la solution par spectrophotométrie à 515-517 nm. Chaque composé antioxydant réagit avec le DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyle) selon une cinétique qui lui est propre.

L'absorbance est mesurée à  $\lambda$  515 nm chaque minute jusqu'à atteindre un plateau. On détermine alors par lecture graphique la quantité d'oxydant /mg un DPPH nécessaire pour dégrader 50% du DPPH soit  $\text{IC}_{50}$  ainsi que le pouvoir anti radicalaire.



**Schéma 1:** Principe de piégeage des radicaux libres de **DPPH**

**IV.1.5. Pouvoir antiradicalaire :**

Le pouvoir antiradicalaire (ARP) ne peut être mesuré directement, mais à partir de la concentration Inhibitrice, c'est l'inverse de cette dernière.

## Référence

---

### References:

- [1] Catier, O., Roux, D., Botanique, Pharmacognosie, Phytothérapie : Cahiers du préparateur en pharmacie 3<sup>ème</sup> ed France : wolthers Kluxer 2007.
- [2] Sofowora, A. Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique. Académie suisse des sciences naturelles : Kartala, 2010.
- [3] Peyronnet, 2004.
- [4] Cazaubon Michèle Programme jambes légères : Alpen éd., [2003] Monaco
- [5] Rawangabo P C, 1993.La médecine traditionnelle. Éd Karthala : pp51, 52
- [6] Boulard B, 1997 : dictionnaire plantes et champignons, édition Estem, paris, p (8, 12, 46, 313).
- [7] Ahami F, Belghyti D, Elqaj M, 2007 : la phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antis parasitaires. Journée scientifique ressources naturelles et antibiotique, Maroc, pp 89-154
- [8] Merad A.S, Mohamedi D, Yala D, Ouarkerich M .N, 2001 : Medicine au Maghreb, n°=91, édition mason, p99-112.
- [9] Mahmoudi, Y.,1992. La thérapeutique par les plantes : Ed Palais du livre .Blida (128p).Roux, D., 2005. Les nouvelles plantes qui soignent : Edition Alpen, Paris (21p)
- [10] BOUACHERINE Razika et BENRABIA Hafidha Biodiversité et valeur des plantes médicinales dans la phytothérapie: Cas de la région de BEN SROUR (M'sila) Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique Soutenu le 31/05/2017, p 12
- [11] MokkaDEM. (1999). Cause de dégradation des plantes médicinales et aromatiques d'Algérie. Revue Vie et Nature n° 7, 24-26.
- [12] AnneliseLobstein, Françoise Marinier, Huile essentielle de Citron Elsevier, 2016. Vol 55, Issue 561, Décembre 2016, P 57-60

## Référence

---

- [13] NEDJIA IBTISSEM et NEDJIA Salma, Activité antimicrobienne des huiles essentielles. Mémoire de fin de cycle En vue de l'obtention du diplôme. DE L'université A. MIRA-Bejaia (18/06/2017) p : 5
- [14] Iserin P. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales. Ed : Larousse Bourdasse. Paris. P335.
- [15] Hamadou Faiza et Touki Soumia, Extraction, Caractéristique des huiles essentielles des épices : Girofle, Poivre Noire. Mémoire de master Académique de l'université Kasdi Merbah Ourgla (2017) P : 20.
- [16] Dotissimo.france, phytothérapie.plantes médicinales 26/04/2017.
- [17] Endrias, A., 2006 .bio-raffinage de plantes aromatiques et médicinales appliqué à l'Hibiscus sabdarifja L. et à l'artemisiaannua. Mém doc. L'institut national polytechnique de Toulouse. France, p17.
- [18] Caliçir,S., Ozcan, M. HACISEFEROGULLARI, H. UGUR YILDIZ M.2005 Study on some physico-chemical properties of Turkey okra ( hibiscus esculenta L) [20].SENA, LP,VANDERJAGT,D.J., RIVERA C TSIN A.T.C. ,MUHAMADOU,O., MILLSON, M., 1998.Analisisof nutritional components of eight famine foods of the republic of Niger.plant foods HUM.Nut.52, 17-30
- [19] Kluwer R, Odile CD, 2007 : cahier du département du préparateur en pharmacie botanique pharmacognosie phytothérapie, 3eme édition, pp 78-104.
- [20] Strang C, Larousse medical. Ed Larousse.2006, France, (p26)
- [21] Patrick R, 2002 chimies pharmaceutiques. Éd de Boeck : PP 09.
- [22] Rico A G, 2008. Connaitre la vie pour saisir le futur. Ed le harmattan : pp16
- [23] Strang, C., 2006. Larousse médical : Ed Larousse (26p).
- [24] La chapelle, 2009.
- [25] P. Duquenois. L'utilisation des huiles essentielles en pharmacie, leur normalisation et l'europe du médicament. Parf. Cosm. Sov., 1968, 11: 414-418

## Référence

---

- [26] L. Peyron & Y.R. Naves. Lexique des termes et expressions utilisées dans les industries des matières premières aromatiques. (Les huiles essentielles). Rivista italiana. E.P.P.O.S., 1977, 59 : 550-564.
- [27] benkada. Isolation des huiles essentielles de la menthe suaveolens, ehrh (bousdomrane) de la région de tlemcen et leur analyse par différents methods chromatographique mise en évidence du composé majoritaire «la pulégone», these magister .unive . Tlemcen, 1990, pp. 42,76.
- [28] L. Boulos. Medicinal plants of north Africa, Ed. Reference Publication Inc., Michigan., 1983.
- [29] C. Sauvage. L'état actuel de nos connaissances sur la flore du Maroc, Collogue du CNRS n° 235, la flore du bassin méditerranéen, Paris, 1974.
- [30] M. Paris & Hurabielle. Abrégé de matière médicale. Pharmacognosie. Tome 1. Masson. Paris. France, 1981.
- [31] O. Chouitah. « Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de glycyrrhiza glabra », Université d'Oran, 2012, p.18.
- [32] Charpentier. Guide de préparateur pharmacie, ed, masson, paris France, 1998, pp. 10681071,1242. Quelques germes pathogenes : microbiologie. Université de kasdi merbah ouargla, 2007, p.1427.
- [33] L. Lagunez-Rivera. Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffe par induction thermomagnétique directe, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2006.
- [34] E. Guenter. The essential oils vol ii, iii, iv, v, vi, d. van nost rand ed. New York usa., 1975.
- [35] E. Gueorguiev. Technologie de production des huiles essentielles. Ed ISTA, France, 1988, p. 120.
- [36] R.O.B. Wijesekara, C.M. Ratnatunga, K. Durbeck. The distillation of essential oils, Manufacturing and plant Construction Handbook. Eschborn, Federal República of Germany, Protase, Département of Food staffs & Agricultural Product, 1997.

## Référence

---

- [37] T. Bernard et Colt. Extraction des huiles essentielles chimie et technologie, Information Chimie, 1988, p 107-110.
- [38] B. Mompon. Quel avenir commercial pour les produits obtenus par les nouvelles Technologies d'extraction : co2, micro-ondes, ultrasons, nouveaux solvants, 4<sup>ème</sup> rencontre internationale de Nyons, 1994. p.149-166.
- [39] m.l. brian. The isolation of aromatic materials from plant products, r.j. Reynolds Tobacco company, Winston-Salem (usa), 1995. p.57148.
- [40] H. C. Das, J. H. Wang et e. j. lien. Carcinogenicity and cancer preventing activities of flavonoids: à structure-system-activity relationship (ssar) analysis. In : jucker e ed. Progress in drug research. Basel: birkhauser verlag. h. c, et weaver g. m, 1972, pp.133-136. ; Cellulose thin-layer chromatography of phenolic substances. j. chromatogr., 1994, 67, 105-111.
- [41] J. Grysole. La commercialisation des huiles essentielles, Manuel pratique des huiles essentielles : de la plante à la commercialisation, 2004, 139-141.
- [42] M. Lamamra. Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Tinguarra sicula* (L.) Parl. Et de *Filipendula hexapetala* Gibb : Biologie et Physiologie Végétale. Setif : Ferhat Abbas-Setif, 2007, p.107.
- [43] M. Nicole. Aperçu de l'aromathérapie, Info.essence, 1996, 2 :4-5.
- [44] Price, L; Price, S. 2004. Understanding hydrolats: The specific hydrosols for aromatherapy.Churchill Livingstone. 294 p.
- [45] Bremness, L. 1996. L'œil nature : Les plantes aromatiques et médicinales. Bordas Nature Paris. P 303
- [46] Catty, S. 2001. Hydrosols, the next aromatherapy. Healing Arts Press. Rochester. 290 p.
- [47] SEBAI M, BOUDALI M, Mémoire Professionnel ; Infermier de la santé publique ; Thème : La phytothérapie entre la confiance et la méfiance. Institut de formation paramédical CHETTIA ; 2011-2012. P 9
- [48] W. Hopkins, "Physiologie végétale. 2<sup>ème</sup> édition. De Boeck," p. 103, 2003.

## Référence

---

- [49] T. Matsumoto, S. Asano, and T. Itoh, "24-Methylene-25-methylcholesterol, a sterol from the seeds of *Brassica juncea*," *Phytochemistry*, vol. 22, p. 2619-2620, 1983.
- [50] J. Harborne and N. Simmonds, "The natural distribution of the phenolic aglycones," *Biochemistry of phenolic compounds*, p. 77-127, 1964.
- [51] J. Verdrager, *Medicine we obtain from plants*. Paris: Maloine, 1978.
- [52] A. K. Tiwari, "Imbalance in antioxidant defence and human diseases: Multiple approach of natural antioxidants therapy," *Current science*, vol. 81, p. 1179-1187, 2001.
- [53] M. Badiaga, "Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali," *Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II*, 2011. pp 15-16
- [54] J. Bruneton, "Pharmacognosie," *Phytochimie. Plantes medicinales*, Paris, Ed. Tec-Doc, p. 721-741, 1999.
- [55] M. Sperte, "Vitamines et oligoéléments: manifestations buccales des déficits et implications thérapeutiques en chirurgie dentaire," éditeur inconnu, 2016.
- [56] W. Zaibet, "Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de *Daucus aureus* (Desf) et de *Reutera lutea* (Desf.) Maire, et leur application comme agents antimicrobiens dans le polyéthylène basse densité (PEBD), pp48-49, 2018.
- [57] J. F. Turrens, A. Alexandre, and A. L. Lehninger, "Ubisemiquinone is the electron donor for superoxide formation by complex III of heart mitochondria," *Archives of biochemistry and biophysics*, vol. 237, p. 408-414, 1985.
- [58] F. Memmou, "Synthese, etudes cinetiques et evaluation de l'activite de derives de l'eugenol. Composition de l'huile essentielle extraite du clou de girofle." p.8384, 2015- 2016.
- [59] S. L. Percival, R. Chalmers, M. Embrey, P. R. Hunter, J. Sellwood, and P. WynJones, "Microbiology of waterborne diseases," p. 71-132, 2004.
- [60] J. Cillard and P. Cillard, "Mécanismes de la peroxydation lipidique et des antioxydations," *Oleagineux, corps gras, lipides*, vol. 13, p. 24-29, 2006.
- [61] J.-L. Perrin, "Les composés mineurs et les antioxygènes naturels de l'olive et de son huile," *Revue française des corps gras*, vol. 39, p. 25-32, 1992.

## Référence

---

- [62] F. Memmou, "Synthes, etudes cinetiques et evaluation de l'activite de derives de l'eugenol. Composition de l'huile essentielle extraite du clou de girofle," université aboubekr belkaid de tlemcen, 2015- 2016, pp105-106.
- [63] J. Nicklin, "Graeme-Cook, K., Paget, T. & Killington, R." Instant Notes in Microbiology, 1999.
- [64] C. Nauciel and J.-L. Vildé, Bactériologie médicale: Elsevier Masson, 2005.
- [65] K. C. Ong and H.-E. Khoo, "Effects of myricetin on glycemia and glycogen metabolism in diabetic rats," Life sciences, vol. 67, p. 1695-1705, 2000.
- [66] H. F. Chambers, "Methicillin resistance in staphylococci: molecular and biochemical basis and clinical implications," Clinical microbiology reviews, vol. 10, p. 781-791, 1997.
- [67] P. Berche, J.-L. Gaillard, M. Simonet, and M. Simonet, Bactériologie: bactéries des infections humaines: Flammarion médecine-sciences, 1988.
- [68] W. Irving, T. Boswell, and D. Ala'Aldeen, BIOS Instant Notes in Medical Microbiology: Taylor & Francis, 2004.
- [69] I. P. C. d. l. d. r. e. d'expertise, C. Richard, and M. Kiredjian, Méthodes de laboratoire pour l'identification des bacilles à Gram négatif aérobies stricts (Pseudomonas, Alcaligenes, Flavobacterium, Acinetobacter, Brucella, Bordetella): Institut Pasteur, 1995.
- [70] H. Fenton, "LXXIII. —Oxidation of tartaric acid in presence of iron," Journal of the Chemical Society, Transactions, vol. 65, p. 899-910, 1894.
- [71] J. Cillard and P. Cillard, "Mécanismes de la peroxydation lipidique et des antioxydations," Oleagineux, corps gras, lipides, vol. 13, p. 24-29, 2006.
- [72] F. Memmou, "Synthes, etudes cinetiques et evaluation de l'activite de derives de l'eugenol. Composition de l'huile essentielle extraite du clou de girofle," université aboubekr belkaid de tlemcen, 2015- 2016.
- [73] J.-L. Perrin, "Les composes mineurs et les antioxygenes naturels de l'olive et de son huile," Revue française des corps gras, vol. 39, p. 25-32, 1992.
- [74] K. Bouhadjra, "Etude de l'effet des antioxydants naturels et de synthèse sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge," UMMTO, 2011.

## Référence

---

[75] S. L. Percival, R. Chalmers, M. Embrey, P. R. Hunter, J. Sellwood, and P. WynJones, "Microbiology of waterborne diseases," p. 71-132, 2004.

**CHAPITRE II :**  
**TRAVEAUX**  
**PERSONELLES**

## I. Présentation de la plante :

### I.1. Introduction :

Le céleri (*Apium Graveolens L*) est une plante vivace ou annuelle répandue appartenant à la famille des *Apiaceae*s ou Ombellifères. Toutes les parties de cette plante sont utilisées depuis des milliers d'années dans de nombreux remèdes de la maison et utilisé comme agents aromatisants dans l'industrie alimentaire [1]. Le genre *Apium* contient environ 20 espèces de la famille des *Apiaceae*s et ses plusieurs variétés se trouvent originaires d'Eurasie. Il est principalement cultivé dans les régions côtières en raison de conditions environnementales favorables. Le céleri est largement cultivé dans les zones tempérées comme culture de jardin importante et comme légume populaire en raison de tiges de feuilles blanchies [2]. La variabilité est présente dans la morphologie et la composition chimique de la tige, des feuilles et des fleurs de cette plante. Le céleri pollinise très facilement pendant qu'il est incompatible en auto-pollinisation [3].

### I.2. Différents types de plantes de céleri :

Aujourd'hui, la plupart d'entre nous connaissent le céleri-*branche* (*Apium graveolens L.* var. *Dulce*), mais saviez-vous qu'il existe d'autres variétés de céleri-*rave* ? céleri-*rave*, par exemple, gagne en popularité aux Etats-Unis et est un type différent de céleri cultivé pour sa racine.

#### I.2.a. Céleri feuille :



Figure 14 : Céleri feuille.

Le céleri feuilles, céleri à couper, ou encore céleri chinois, est une variété de céleri sélectionné pour ses feuilles.

Le céleri feuille (*Apium graveolens* var *secalinum*) a une tige plus mince que Pascal et est cultivé plus pour ses feuilles et graines aromatiques [4].

### I.2.b. Céleri-rave :



**Figure 15** : Céleri-rave [5].

Le céleri-rave, comme mentionné, est cultivé pour sa racine délicieuse, qui est ensuite pelée et cuite ou consommée crue. Le céleri-rave (*Apium graveolens* var. *Rapaceum*) prend de 100 à 120 jours .sa hauteur de 50à 70 cm, saison de **Récolte** : Automne

Le céleri-rave est un légume à la saveur délicate de noisette, relativement méconnu. Cru ou cuit, il est particulièrement apprécié en hiver, comme tous les légumes racines [6].

## I.2.c. Céleri branche ou Pascal :

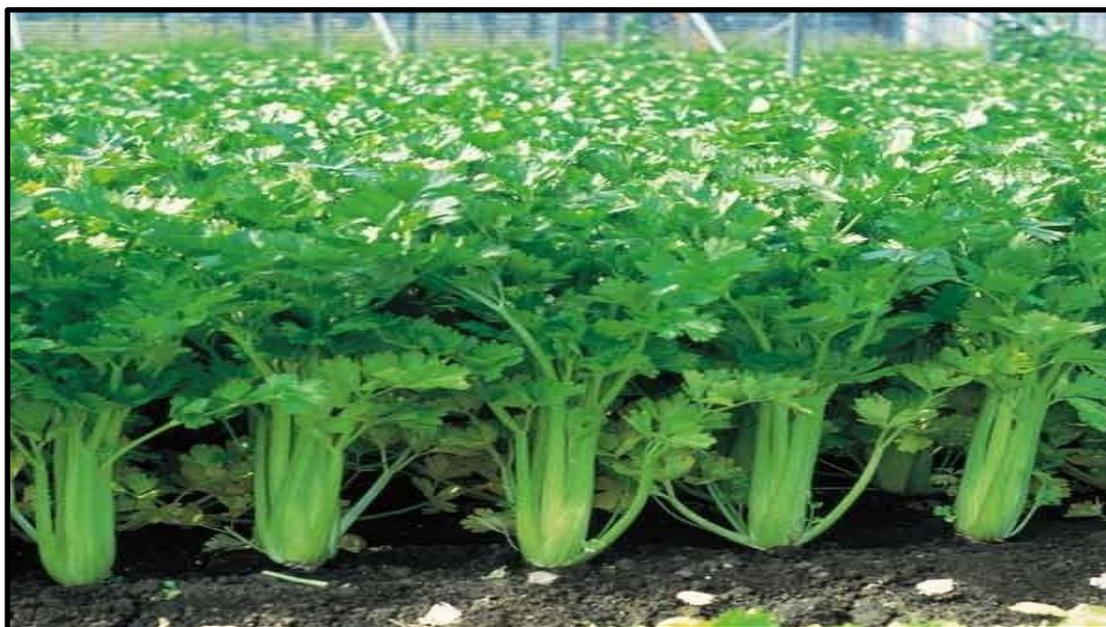


Figure 16 : Céleri branche ou Pascal.

Semis de Mars à Avril sous abri. Germination 15-20 j. Planter de fin Mai à fin Juin à 25x40 cm en terre richement fumée. Arrosage abondant. Récolte fin Octobre début Novembre [6].

## I.3. Taxonomie :

*Apium Graveolens L*, appelé « Celery » en anglais, « Apio » en espagnol, « céleri » en Français, « Ajmod » en hindi, « Karafs Tukhme » en ourdou, « الكرفس » Alkarafs en arabe.

Tableau 3 : Classification botanique d'*Apium graveolens L*.

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Apiales</i>
Famille	<i>Apiaceae</i>
Genre	<i>Apium</i>
Espèce	<i>Apium graveolens L</i>

**I.4. Utilisation :**

Le céleri est utilisé en cuisine à la fois comme condiment et comme légume, il est très peu calorique (entre 10 et 20 kilocalories pour 100 grammes). Ses feuilles tendres, finement ciselées, peuvent servir à relever diverses préparations, notamment soupes et sauces et leur goût plus fort que celui du persil rappelle la livèche. Les tiges du cèleri-branche se consomment cuites ou crues. La racine du cèleri à saveur un peu piquante, se consomme aussi crue ou cuite [7]. Les propriétés alimentaires du cèleri sont bien connues, mais il existe aussi des vertus médicinales. Des études ont démontré que certains poly acétylènes contenus dans le celer auraient des effets anti-inflammatoires et antibactériens, en plus d'empêcher la multiplication des cellules cancéreuses in vitro. Les feuilles et les racines sont dépuratives, diurétiques, carminatives, stomachiques, toniques et fortement stimulantes [8]. Le cèleri est riche en nitrates qui se transforment en nitrites grâce à des bactéries de la bouche. D'après une étude en 2010, ces nitrites sont impliqués dans la vasodilatation et la fluidification du sang, ce qui améliore l'afflux de sang dans certaines zones du cerveau qui, avec le temps sont moins perfusées. Une dose quotidienne de céleri peut potentiellement prévenir la démence et la baisse cognitive, en améliorant cet afflux sanguin cérébral [9].

**I.3. Description botanique :**

**Physionomie générale et taille :** plante de 30-80 cm, glabre, luisante, aromatique, à souche courte munie de fibres un peu charnues.

**Tige :** creuse, sillonnée-anguleuse, très rameuse.

**Feuilles :** un peu épaisses, les inférieures pennatiséquées, à segments ovales en coin, inciséslobés, les supérieures à 3 segments plus petits et plus étroits.

**Fruit :** petit, subglobuleux, presque didyme, comprimé par le côté, glabre ; méricarpes à 5 côtes filiformes, égales, blanchâtres ; vallécules à 1 bandelette.

**Fleurs :** blanchâtres, en ombelles courtement pédonculées ou sessiles, à 6-12 rayons inégaux ; involucre et involucelle nuls ; calice à limbe nul ; pétales suborbiculaires en coeur, plans, entiers, à pointe un peu enroulée ; stylopede déprimé [10].



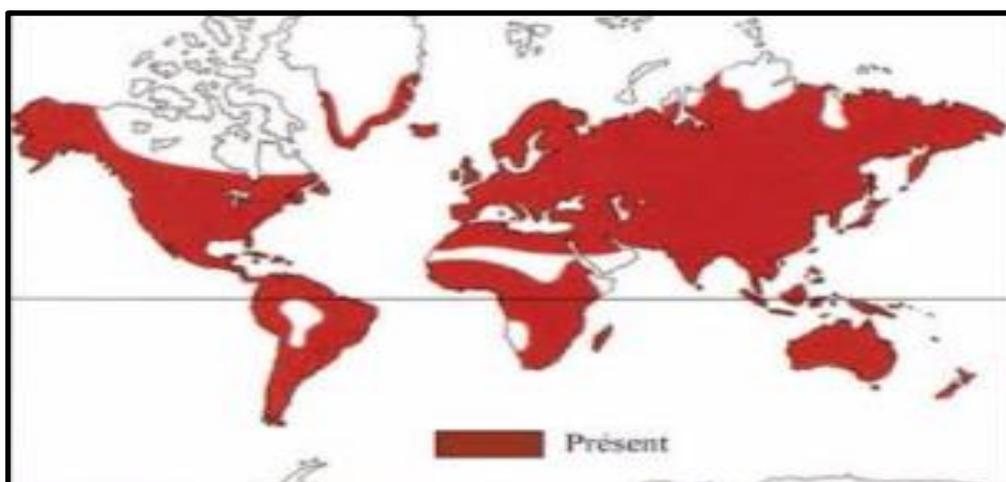
**Figure 17** : les tiges, les feuilles, les graines et les fruits d'*Apium graveolens L.*

#### I.4. Description biologique:

Hémi cryptophyte bisannuelle qui fleurit de juillet à septembre, parfois dès mai-juin en zone méditerranéenne.

Une importante production de nectar a lieu lors de l'émission de pollen; les étamines sont saillantes hors de la fleur (1,5 fois la longueur du pétale). Les styles prennent pendant la première partie de la floraison une position repliée-entrecroisée : les stigmates ainsi enfouis au centre de la fleur, sont à l'abri des insectes et ne peuvent recevoir de pollen. Il s'agit d'une protandrie dont la durée est variable (3-6 jours), n'interdisant pas complètement l'autogamie. La pollinisation est effectuée par les guêpes, abeilles, mouches [11].

#### I.5. Répartition géographique :



**Figure 18** : Répartition géographique de la plante *Apium Graveolens L* [12].

**I.6. Pays d'origine :**

La forme sauvage a vraisemblablement donné lieu à des cultures pratiquées au départ en Egypte. Elle est actuellement répandue dans les régions humides aux sols riches, argileux et salés (dans les marais salins, sur le littoral, près de certaines sources salines). Elle est présente dans toute l'Europe, de l'Asie occidentale à l'est de l'Inde, du nord au sud de l'Afrique tout comme en Amérique du Sud et du Nord. Par contre, les différentes variétés sont connues qu'en culture [13].

**I.7. Climat et sol :**

- **Climat:** Le céleri aime le soleil et l'eau ; en cas de sécheresse, il monte en graines. Protéger les jeunes plantes du froid au printemps, sinon il y a aussi risque de montée en graines.
- **Sol :** Un sol riche en humus, sablo - limoneux convient. Il doit être bien drainé, mais retenant bien l'eau, de manière à assurer une végétation continue et régulière.  
Le pH: 6,4 à 7 [14].

**I.8. Composition chimique :**

L'huile d'herbes constitue apiol, sedanenolide 3-butylphtalide (**A**). L'huile de graines se compose de limonène, d-selenene, l'acide selanoic l'anhydride et sedamolide. Les feuilles et les tiges contiennent de la vitamine A, C et de fer. Appin glucoside [15].

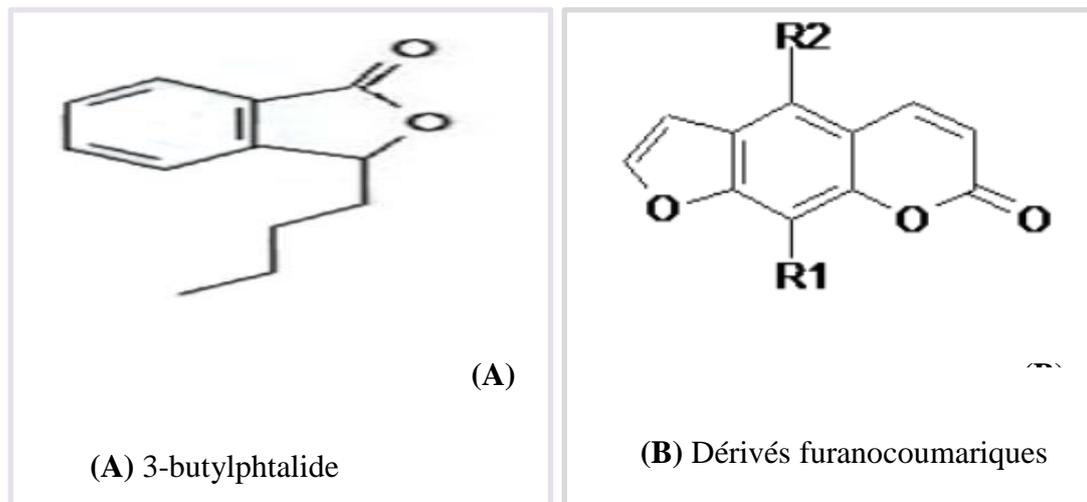
Le fruit, appelé communément graines contiennent apiin, apigénine, acidecaféique et acide chlorogénique [16]. La composition en acides gras de l'huile est la suivante: palmitique (30,5%), linoléique (9,7%), acide pétrosélinique (41,0%) et de résine acide (7,0%) à savoir l'acide aminé alanine, la glutamine, et Asparagine sont présents. Alcaloïdes inconnus possédant des tranquillisants et anti activités ont également été isolés [16].

- Dérivés furanocoumariques (0.2%) (**B**) : des hétérosides de furanocoumarines comme l'apioside et le céléroside [17].
- Lipides (5 à 30%) dont 40 à 60% d'acide petrosélinique [17].
- Flavonoïdes : 1 à 2.5%, lutéoline-7-O-apiosylglucoside, chrysoériol-7-Oapiosylglucoside et apiine [17].

**Organique:** glucosides, Stéroïdes, Phénoliques, Flavonoïdes, Huile essentielle [15] ; [18].

**Inorganique :** le sodium, le potassium, le calcium et Iron [15];[18].

**Constituants:** Il est dit contenir du soufre. Ça aussi contient, apiin leucoside, une huile essentielle volatile, les mucilages et leurs sels [19].



**Figure 19 :** Les compositions chimiques d'huile essentielle d'*Apium graveolens L*

### I.9. Parties utilisées :

Graines, feuilles et son huile essentielle, Les racines et les graine [20].

### I.10. Préparations (formes galéniques) :

- Tisane de graines de céleri
- Décoction des feuilles de céleri
- Jus de céleri
- Teinture de graines de céleri
- Poudre de graines de céleri [21].

## II. Matériels et Méthodes :

### II.1. Matériels :

#### II.1.1. Matériel végétal :

Le matériel végétal est constitué par les feuilles et les graines d'*Apium graveolens L*. la plante a été récoltée dans la région de Sadrata Wilaya de Souk-Ahras au mois de janvier (plante fraîche), et les graines sont procurées du marché de Tébessa Algérie.

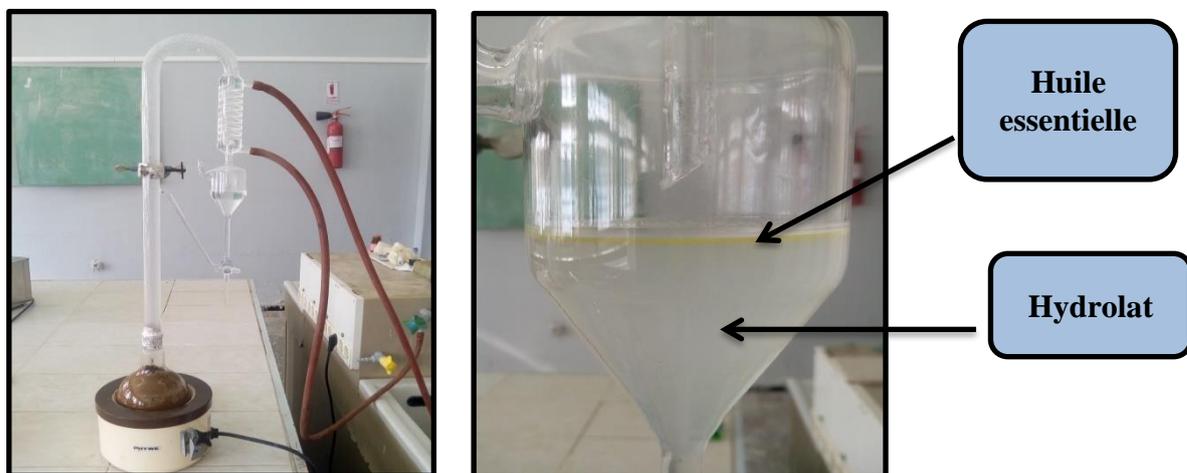


**Figure 20:** Sadrata Wilaya de Souk-Ahras (lieu de la récolte).

### II.1.2. Extraction des huiles essentielles d' «*Apium Graveolens L*» :

L'extraction des huiles essentielles a été réalisée par hydrodistillation avec un appareil de type **Clevenger** au sein du laboratoire de chimie de l'université de Tébessa, On a utilisé 300 ml d'eau distillée pour chaque 150 g de matériel végétal sec (les grains), sont chauffés à reflux à l'aide d'un chauffe-ballon pendant 4 à 5 heures. L'échantillon d'huile essentielle des graines obtenue a été conservé à  $-4^{\circ}\text{C}$ .

- **Remarque :** Il ya deux types des graines : graines agricoles, et graines médicinales.

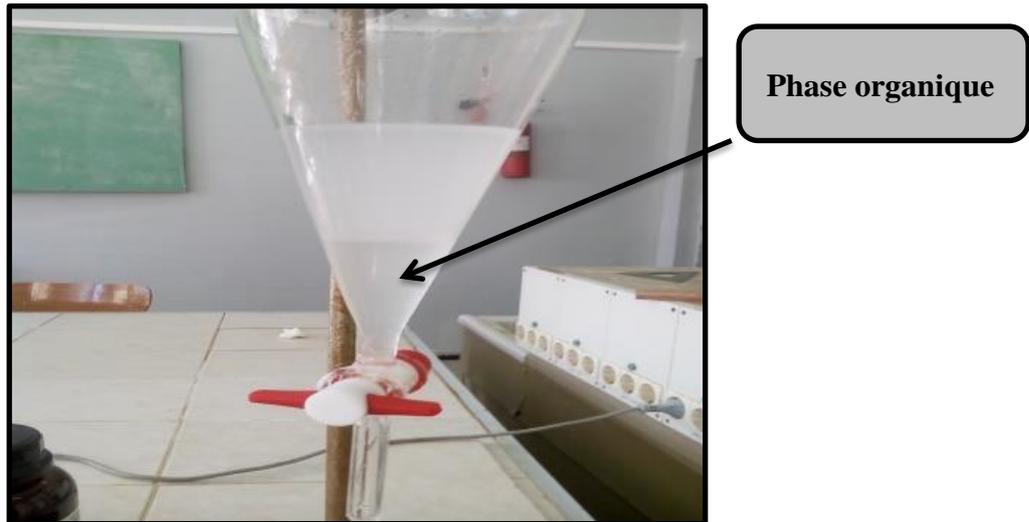


**Figure 21:** Montage de l'extraction par **Clevenger**.

### II.1.3. Extraction hydrolat :

L'extraction d'hydrolat a été réalisée par extraction liquide- liquide avec un solvant organique chloroforme (50 ml 3fois).

La phase organique d'hydrolat obtenue a été conservée à froid.



**Figure 22 :** Extraction liquide-liquide.

#### II.1.4. Extraction de l'extrait éthanolique :

On utilise la méthode de macération : mettre 50 g de plante fraîche du céleri (les feuilles) dans une erlenmeyer puis en ajoutant 150 ml d'éthanol et laisser macérer pendant 2 heures à température ambiante puis faire filtrer suivi par une évaporation sous rotavapeur.



**Figure 23 :** Technique de macération (feuilles de céleri) avec éthanol.

#### II.1.5. Extraction des polyphénols :

L'extraction des polyphénols a été effectuée par macération de 70 g de la poudre des feuilles broyées à froid dans 1000 ml d'un mélange méthanol-eau (70:30) pendant 24 heures. Le filtrat obtenu a été évaporé à pression réduite à 50 °C [22].

Le schéma [2] illustre le protocole opératoire de l'extraction.

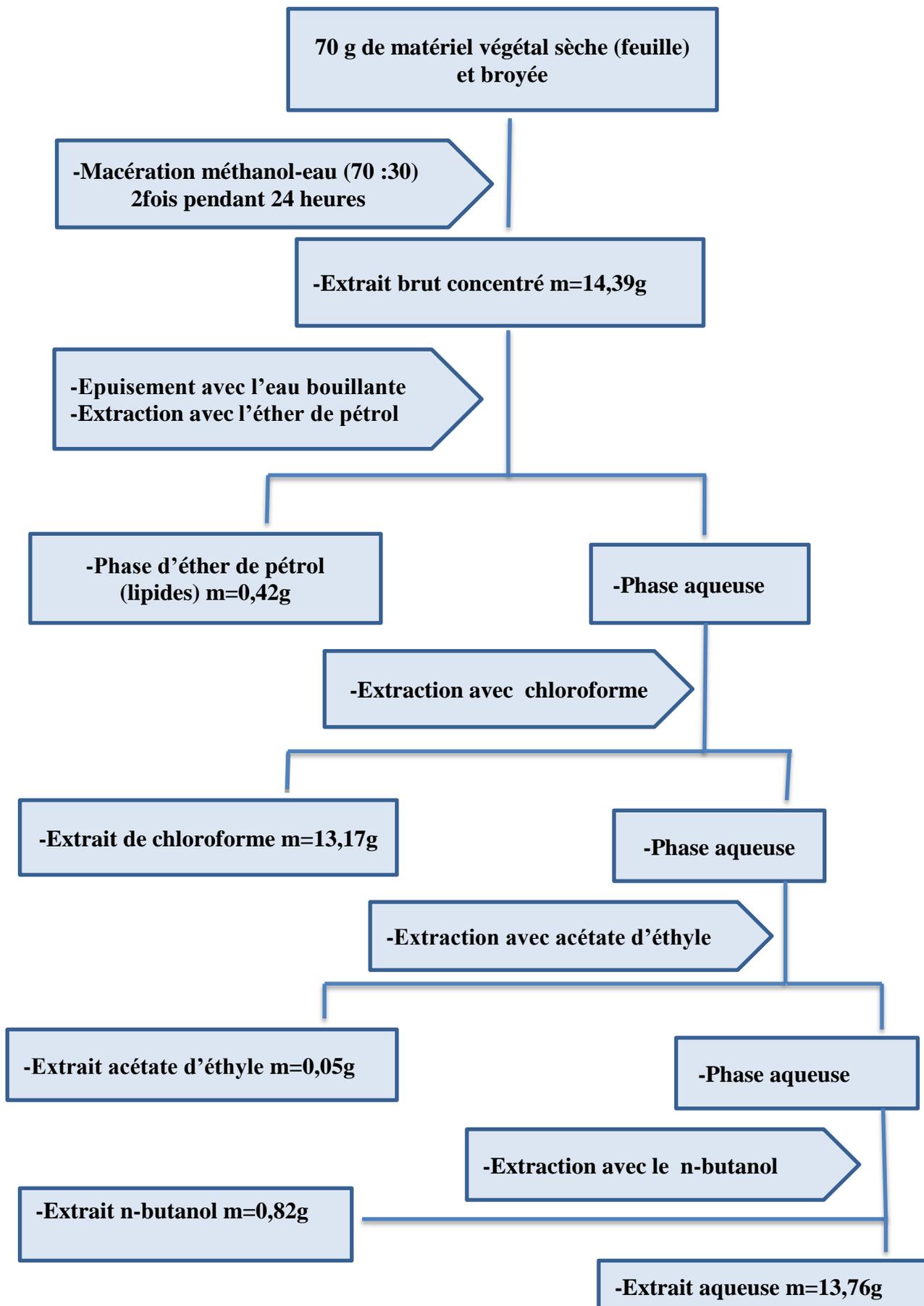


Schéma 2 : Les étapes de fractionnement des polyphénols [23].

**II.1.6. Calcul du rendement :**

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal sec à traiter [23].

$$R = (M/M_0) \times 100$$

**R** : Rendement en huile essentielle exprimé en %.

**M** : Masse en grammes de l'huile essentielle.

**M<sub>0</sub>** : Masse en grammes du matériel végétal sec (les graines) à traiter.

**III. Révélation (screening) phytochimique :**

La détection des différentes familles de composés chimiques existant dans la plante est l'un des objectifs essentiels de l'examen phytochimique. Ceci constitue la première étape de la recherche des molécules actives présentes dans la plante étudiée.

Les tests phytochimiques sont basés sur des essais de solubilité, des réactions de coloration et de précipitation ainsi que des examens sous lumière ultraviolette.

Dans notre travail, nous avons exposé le matériel végétal aux différents voies de macérations.

Les extraits utilisés pour les tests ont été obtenus après une ébullition à reflux pendant une heure, de 50 g du matériel végétal dans 300 ml de solvant, suivie d'une filtration du mélange [24].

**III.1. Macération à l'eau distillée :****III.1.1. Recherche d'amidons :**

Le test effectué consiste à chauffer 5 ml de l'extrait aqueux avec 10 ml d'une solution saturée de NaCl dans un bain-marie jusqu'à ébullition. Ensuite on a ajouté le réactif d'amidon.

- Un test positif est révélé par l'apparition d'une coloration bleu violacé [24].

**III.1.2. Recherche des saponosides :**

La détection des saponosides est réalisée en ajoutant 1,5 ml d'eau distillé à 2 ml de l'extrait aqueux, puis la solution est fortement agitée. Après 20 minutes la teneur en saponosides est évaluée [24].

- Pas de mousse = test négatif.
- Mousse moins de 1 cm = test faiblement positif.
- Mousse de 1-2 cm = test positif.
- Mousse plus de 2 cm = test très positif.

### III.1.3. Recherche des tanins galliques :

La présence des tanins est mise en évidence en ajoutant à 1 ml de l'extrait aqueux 1 ml d'eau distillée et 1 à 2 gouttes de solution diluée de  $\text{FeCl}_3$ .

- L'apparition d'une coloration bleu-vert indique la présence des tanins galliques [24].

### III.1.4. Recherche des anthocyanes :

Leur présence est révélée en traitant 2 ml d'extrait aqueux avec 2 ml HCl (2N) ensuite ajoutant quelques gouttes de  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Un test positif est révélé par une coloration rose-rouge qui vire au bleu violacée [25];[26]

## III.2. Macération a l'éthanol :

### III.2.1. Recherche des flavonoïdes :

La recherche des flavonoïdes est effectuée par un traitement de 5 ml d'extrait éthanolique avec 1 ml d'HCl concentré et de 0,5 g de tournures de magnésium.

- La présence des flavonoïdes est mise en évidence si une couleur rose ou rouge se développe après 3 minutes [24].
- 

### III.2.2. Recherche des tanins catéchiques :

La présence des tanins est effectuée en ajoutant à 1 ml d'extrait éthanolique 2 ml d'eau distillée et 2 à 3 gouttes de solution diluée de  $\text{FeCl}_3$ .

- Un test positif est révélé par l'apparition d'une coloration verte ou bleu-vert [24].

### III.2.3. Recherche des composés réducteurs :

Leurs détections consistent à traiter 1 ml d'extrait éthanolique avec 2 ml d'eau distillée et 20 gouttes de liqueur de Fehling, puis chauffer le tous.

- Un test positif est révélé par la formation d'un précipité rouge-brique [24].

**III.3. Recherche des coumarines :**

Leur détection consiste à évaporer à sec 5 ml de la solution étherique extraite. Dissoudre le résidu obtenu dans 1 ml d'eau chaude, puis diviser le volume en deux parties. Prendre le demi-volume comme témoin et ajouter à l'autre volume 0,5 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  (10 %), ensuite mettre deux tâches sur un papier filtre et les examiner sous la lumière UV.

- La présence des coumarines est indiquée par une fluorescence intense [24].

**III.4. Macération a l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) :**

Ajouter 10 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dilué (1/10) à 10g de la poudre végétale dans un erlenmeyer de 250 ml. Laisser agiter et macérer pendant 24h à la température ambiante du laboratoire. Après filtrer sur papier lavé à l'eau distillée de manière à obtenir environ 10 ml de filtrat [26].

**III.4.1. Recherche des alcaloïdes :**

- 1ml de filtrat +5 gouttes du réactif de Wagner s'il apparait un précipité brun c'est qu'on est en présence d'alcaloïdes [26].

**III.5. Recherche d'hétérosides :**

Pour ces composés leurs détections se fait comme suite :

- Evaporer 10 ml d'extrait éthanolique à sec.
- Dissoudre le résidu obtenu dans 0,5 ml d'anhydride acétique et 0,5 ml de chloroforme, puis filtrer.
- Traiter le filtrat par la réaction de Liebermann-Burchardt. Si cette réaction donne des colorations :
- Verte bleue : présence d'hétérosides stéroïdiques.
- Verte violette : présence d'hétérosides triterpéniques [24].

**IV. Détermination des indices physico-chimiques :**

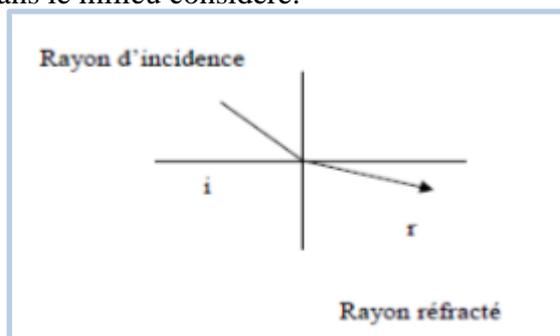
De nos jours, les propriétés physiques (mesure de pH, indice de référence ..... ) et chimique (solubilités dans l'alcool, indice d'acide, d'ester, iode ..... ) Sont exigées pour l'évaluation commerciale des huiles essentielles.

**IV.1. Détermination des indices physiques :****IV.1.1. Caractéristiques organoleptiques :**

Les Caractéristiques organoleptiques (apparence, couleur, odeur, gout) étaient autrefois les seules indications permettant d'évaluer la qualité d'une huile essentielle, mais comme ces propriétés ne donnent que des informations très limitées sur ces essences, il est nécessaire de faire appel à des autres techniques de caractérisation plus précises. La qualité d'une huile essentielle et sa valeur commerciale sont définies par des normes admises et portant sur les indices physicochimiques [27].

**IV.1.2. Indice de réfraction :**

L'indice de réfraction symbolisé par  $n_{\lambda}^t$  est le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence du rayon lumineux dans l'air et le sinus de l'angle de réfraction du rayon réfracté dans le milieu considéré.



$$n_{\lambda}^t = \sin i / \sin r$$

Cet indice permet de mesurer le pouvoir réfringent des huiles à 200 C par rapport à la raie

« D » du sodium ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) d'où la notation  $n_{\lambda}^t$  [28].

**❖ Protocole expérimental :**

Nous avons effectué la mesure de l'indice de réfraction de l'HEs à l'aide d'un réfractomètre classique. Il est donné par lecture directe sur le réfractomètre à température fixée à 20 °C. Pour cela, on a opéré comme suit :

- Etalonner l'appareil à l'aide d'une substance d'indice de réfraction connu à la température fixée à 20°C.
- Nettoyer les prismes et déposer quelques gouttes d'HEs d'*Apium graveolens L* entre les deux faces des prismes.
- Regarder à travers l'oculaire et tourner le bouton de réglage de l'indice de réfraction pour amener les zones sombres et éclairées au centre du réticule.

- Supprimer les irisations pour obtenir une ligne nette entre les deux zones.
- Noter la valeur de l'indice par l'échelle de lecture [28].



**Figure 24 :** Refractomètre d'Abbe avec contrôleur de température

#### IV.1.3. Détermination de pH :

Le pH est l'abréviation du potentiel d'hydrogène qui mesure l'activité chimique des ions hydrogènes ( $H^+$ ) (appelés aussi couramment protons) en solution. Plus couramment, le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Il s'agit d'un coefficient permettant de savoir si une solution est acide, basique ou neutre : elle est acide si son pH est inférieur à 7, neutre s'il est égal à 7 et basique s'il est supérieur à 7 [29].



**Figure 25:** papier pH



**Figure 26:** pH mètre

**❖ Protocole expérimental :**

On met quelques gouttes d'HEs sur un bout du papier pH, après le changement de la couleur du papier on la compare avec une gamme de couleurs qui varient selon le pH.

**• Remarque :**

On répète l'opération avec les deux huiles (l'huile des graines agricoles et l'huile des graines médicinales).

**IV.1.4. Miscibilité à l'éthanol :**

Une huile essentielle est dite miscible à un volume et plus d'éthanol de titre alcoométrique déterminé, à la température de 25 °C, lorsque le mélange d'un (01) volume d'huile essentielle considérée avec V volume de cet éthanol est limpide et le reste après addition graduelle d'éthanol de même titre, jusqu'à un total de 20 volume [28].

**❖ Protocole expérimental :**

Dans un erlenmeyer 50ml contenant 1 ml d'HEs (*Apium graveolens L*), on verse de l'éthanol à 96 % par fraction de 0.2 ml à l'aide d'une burette de 20 ml en agitant après chaque ajout, lorsqu'une solution limpide est obtenue on note le volume d'alcool ajouté [28].

**• Remarque :**

On répète l'opération avec les deux huiles (l'huile des graines agricoles et l'huile des graines médicinales).

**IV.2. Détermination des indices chimiques**

En plus des caractères physiques, on peut par des méthodes chimiques doser les fonctions (acide, ester, carbonyle ...) présentes dans les HEs. Ces dernières permettent non seulement de mettre en évidence la présence des fonctions organiques mais aussi de mesurer leurs proportions dans le mélange que sont les essences.

**• Remarque :**

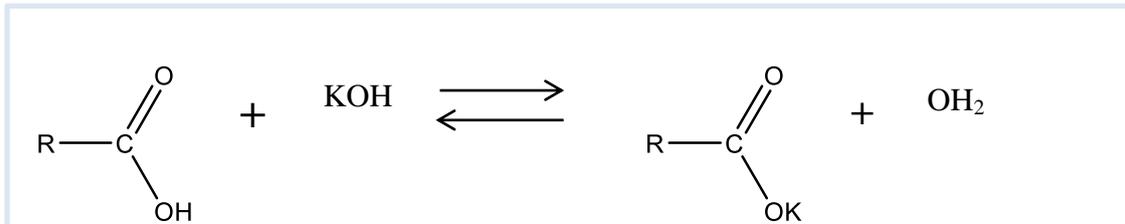
Les propriétés chimiques ont été étudiées uniquement avec l'huile de graines agricoles.

**IV.2.1. Indice d'acide :**

La teneur en acides gras libres d'une HEs s'exprime de deux façons : l'acidité et l'indice d'acide qui sont déterminés expérimentalement de la même manière et seul le mode

d'expression est différent. L'indice d'acide l'est le nombre de milligrammes de potasse (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides libres renfermés dans un (01) gramme d'HEs.

La neutralisation d'un monoacide par la potasse se traduit par la réaction chimique suivante :



❖ **Protocole expérimental :**

On met 1 g d'HEs (*Apium graveolens L*) avec 5 ml d'éthanol à 96 % et environ 5 gouttes d'indicateur coloré (phénophtaléine) sont introduits dans un erlenmeyer .Le mélange ainsi formé est titré par une solution alcoolique de potasse (KOH) 0.1N jusqu'à ce jour ce que la solution vire au rose [30].



**Figure 27 :** Montage de titrage de l'indice d'acide

- **Expression des résultats :**

L'indice d'acide  $I_a$  est déterminé par la formule :

$$I_a = V \cdot C \cdot 56.11 / m$$

Donc laquelle :

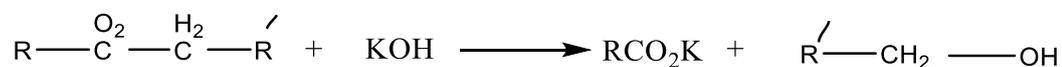
**V** : volume en ml de la solution de KOH utilisée pour le titrage.

**C** : concentration en mol/l de la solution de KOH.

**m** : masse en g d'huile d'*Apium graveolens L.*

#### IV.2.2. Indice d'ester :

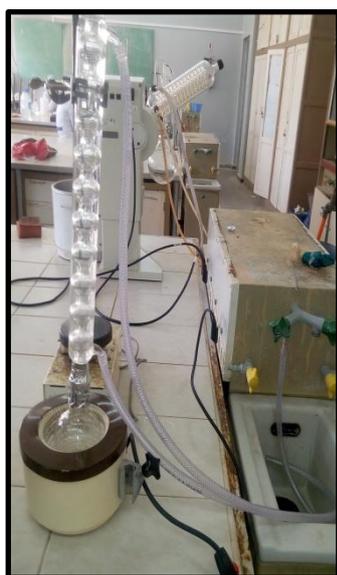
L'indice d'ester est le nombre de milligramme de potasse (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides libérés par hydrolyse en milieu basique (saponification) des esters contenus dans 1g d'essence . La potasse réagit sur les esters selon une réaction dite de saponification :



**Savon**

❖ **Protocole expérimental :**

Dans un ballon de 100 ml. On introduit 1g d'HEs et 25 ml d'une solution alcoolique de potasse (KOH) 0.5 M à l'aide d'une burette, ainsi que quelques fragments de pierre ponce. On adapte au ballon un réfrigérant et on porte le mélange au reflux pendant une (01) heure. Après refroidissement de la solution. On ajoute 20 ml d'eau distillée et 5 gouttes de phénophtaléine, puis titré avec une solution d'acide chlorhydrique (HCl) 0.5 N jusqu'à disparition de la couleur rose. Parallèlement, une opération à blanc est réalisée dans les mêmes conditions que précédemment en utilisant les mêmes réactifs [30].

**Figure 28****Figure 29****Figure 30**

**Figure 28 :** Montage à reflux de l'indice d'ester

**Figure 29 :** Solution obtenue après reflux

**Figure 30 :** Montage de titrage de l'indice d'ester

- **Expression des résultats**

L'indice d'ester ( $I_e$ ) est calculé à l'aide de la relation :

$$I_e = (28.05 / m) (V_0 - V_1) - I_a$$

Dans laquelle :

$V_0$  : Volume en ml de la solution d'HCl (0.5 N) mesuré pour l'essai à blanc.

$V_1$  : Volume en ml de la solution d'HCl (0.5 N) mesuré pour le calcul de  $I_e$ .

$m$  : Masse en g d'huile *Apium graveolens L.*

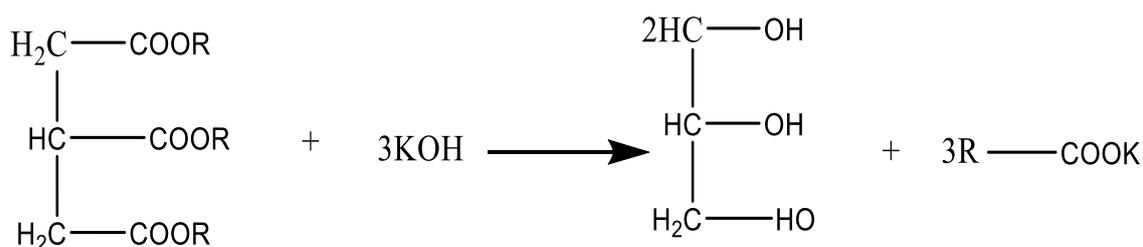
$I_e$  : Valeur d'indice d'ester.

#### IV.2.3. Indice de saponification :

L'indice de saponification est le nombre en milligrammes de potasse caustique (KOH), nécessaire pour transformer en savon les acides gras et les triglycérides d'un (01) gramme de corps gras.

Le principe consiste à titrer l'excès d'hydroxyde de potassium en solution par l'acide chlorhydrique.

La réaction de saponification est une réaction lente et incomplète. Pour l'accélérer et la rendre aussi complète que possible .il faut opérer dans un milieu alcoolique, à température élevée et en présence d'un excès de base.



#### ❖ Protocole expérimental :

Mettre 2g d'huile dans une fiole muni d'un réfrigérant puis ajouter 25 ml de solution éthanoïque de KOH (0.5N), ensuite on porte le mélange à ébullition en agitant de temps en temps pendant 1h Ensuite, on ajoute 3 gouttes de phénolphtaléine. La solution savonneuse est titrée avec HCl (0.5N). Parallèlement, on a effectué un essai à blanc dans les mêmes conditions [30].

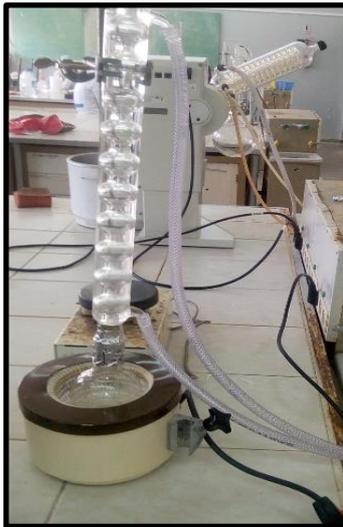


Figure 31



Figure 32

**Figure 31 :** Montage à reflux de l'indice de saponification

**Figure 32 :** Montage de titrage de l'indice de saponification

- **Expression des résultats :**

L'indice de saponification est donné par la formule :

$$I_s = N \cdot (V_0 - V_1) / P \quad (\text{mg KOH} / \text{g d'HEs})$$

Dans laquelle :

$V_0$  : Volume en ml de la solution d'acide chlorhydrique pour l'essai à blanc.

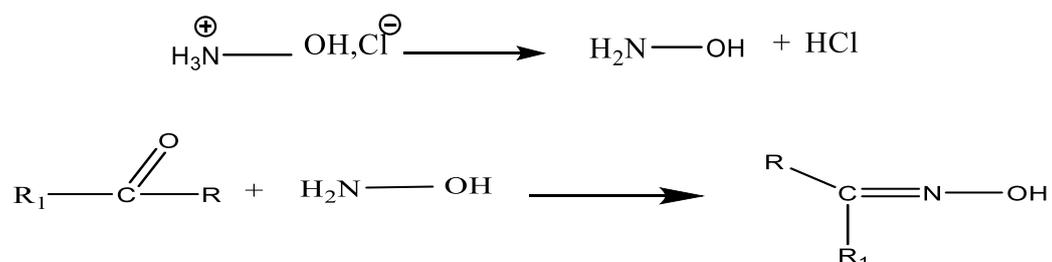
$V_1$  : Volume en ml de la solution d'acide chlorhydrique utilisé pour l'HEs

$N$  : Normalité exacte de la solution chlorhydrique

$P$  : Poids en gramme d'huile d'*Apium graveolens L.*

**IV.2.4. Indice de carbonyle :**

L'indice de carbonyle d'une huile essentielle est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium par gramme d'huile essentielle nécessaire à la neutralisation de l'acide chlorhydrique libéré dans la réaction d'oximation avec le chlorure d'hydroxyammonium. La fonction carbonyle se transforme en oxime selon la réaction suivante :

**❖ Protocole expérimental :**

Introduire au moyen d'une éprouvette 25 ml de la solution de chlorure d'hydroxyammonium dans le récipient contenant 0.5 g d'HEs et laisser reposer 10 minutes le temps spécifié dans la norme relative à l'huile essentielle considérée .Puis titrer avec la solution d'hydroxyde de potassium jusqu'à ce que la couleur soit identique à celle d'un volume égal de réactif. Poursuivre l'addition de la solution d'hydroxyde de potassium jusqu'à ce que la couleur soit identique à celle d'un volume égal de réactif. Poursuivre l'addition de la solution d'hydroxyde de potassium jusqu'à obtention de la coloration persistant pendant 5 min [30].



**Figure 33 :** Montage de titrage l'indice de carbonyle.

- **Expression des résultats**

L'indice de carbonyle est exprimé en milligrammes d'hydroxyde de potassium par gramme d'huile essentielle, est donné par la formule :

$$I_c = 56,1 \cdot C (V/m)$$

Dans laquelle :

**V** : Volume en ml de la solution d'hydroxyde de potassium utilisé pour la détermination.

**m** : Masse en g d'huile essentielle.

**C** : Concentration exacte, en moles par litre, de la solution d'hydroxyde de potassium.

#### IV.2.5. Indice d'iode :

L'indice d'iode est le nombre de grammes d'iode que peuvent fixer les doubles liaisons de 100 grammes de substance. Quel que soit le réactif halogène utilisé, le principe est le même. Les liaisons éthyléniques fixent les halogènes d'après la réaction suivante:



Cette réaction d'addition peut être utilisée pour déterminer quantitativement l'insaturation globale des constituants de l'essence. Il est indispensable, pour obtenir une addition quantitative, d'utiliser un excès de réactif pendant un temps de contact suffisamment long, ou en présence de catalyseur et de titrer ensuite l'excès de réactif (iode non fixé) par un réducteur (par exemple, le thiosulfate). On détermine ainsi la quantité d'iode fixé par l'HEs [30].



❖ Préparation d'empois d'amidon

Panser 1 g d'amidon. Mettre en suspension dans 10 ml d'eau froide, puis verser dans 90 ml d'eau bouillante. Laisser bouillir 2 ou 3 minute [31].

**Figure 34**

**Figure 34 :** Montage d'agitation solution d'empois d'amidon

❖ **Protocole expérimental**

On introduit 1g d'HEs, 20ml de tétrachlorure de carbone ( $\text{CCl}_4$ ) et 25 ml d'une solution d'iode (1N) dans un erlenmeyer. Ensuite, la solution est laissée à l'abri de la lumière pendant 2 heures. Après ce temps, 20 ml d'une solution d'iodure de potassium (KI) à 50% et 20ml d'eau distillée sont ajoutés. Ensuite, titré par une solution de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) 0,1N en présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré. Un essai à blanc a été réalisé dans les mêmes conditions que précédemment [30].

**Figure 35****Figure 36**

**Figure 35:** La solution après 2 heures dans l'obscurité

**Figure 36:** Montage de titrage l'indice d'iode

- Expression des résultats

L'indice d'iode est calculé par la formule :

$$I_i = N_T (V_0 - V_1) / m$$

Dans laquelle :

$N_T$  : Normalité de la solution de thiosulfate de sodium.

$V_0$  : Volume en ml de la solution de  $Na_2S_2O_3$  utilisée pour l'essai à blanc.

$V_1$  : Volume en ml de la solution de  $Na_2S_2O_3$  utilisée pour la détermination d' $I_i$ .

$m$  : Masse en g d'huile essentielle.

#### IV.2.6. Indice de peroxyde :

On définit l'indice de peroxyde comme étant le nombre de milliéquivalent d'oxygène par kilogramme de corps gras et oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode.

En présence de l'oxygène de l'air, les acides gras insaturés entrant dans la composition des essences s'oxydent en donnant des peroxydes :



Le principe repose sur le traitement d'une prise d'essai, en solution dans l'acide acétique et du chloroforme, par une solution d'iodure de potassium, puis le titrage de l'iode par une solution titrée de thiosulfate de sodium. Le dosage des peroxydes formés se fait indirectement en présence d'iodure de potassium.



**❖ Protocole expérimental :**

On pèse 2g d'huile dans un flacon de 100ml puis 10 ml de chloroforme sont ajoutés. On agite pour dissoudre et on ajoute ensuite au mélange 15ml d'acide acétique pur et 1ml d'une solution d'iodure de potassium saturée. Après avoir fermé le flacon, on laisse reposer 5 min à l'obscurité et on ajoute 75 ml d'eau distillée et quelques gouttes d'empois d'amidon. L'iode libéré est titré par la suite avec une solution de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) 0,01N. Parallèlement, un essai à blanc est réalisé dans les mêmes conditions [30].



**Figure 37 :** Montage de titrage l'indice de peroxyde

**• Expression des résultats :**

L'indice de peroxyde est donné par la formule :

$$I_D = (V_0 - V_1 / P) \cdot 10 \text{ (még.o}_2 \text{ / Kg d'HEs)}$$

Dans laquelle :

$V_1$  : Volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai.

$V_0$  : Volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc.

$P$  : Prise d'huile essentielle.

**V. Activités biologiques :****V.1. Détermination de l'activité antioxydant :****V.1.1. Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyle) :****V.1.1.1. Révélation par CCM :**

Il s'agit de déposer des spots des extraits à tester sur des plaques de gel de silice en aluminium (CCM). Après séchage des plaques CCM, elles sont giclées dans une solution méthanolique de DPPH à 2 mg/ml. Des activités anti-radicalaires apparaissent sous forme de spots de couleur jaune-blanc sur fond violet [31].

**V.1.1.2. Préparation des huiles :**

100 µl de l'huile dans 10 ml de méthanol (solution mère 1 mg/ ml). A partir de cette solution, préparer les différentes concentrations (1 ; 0,5 ; 0,25 ; 0,125 ; 0,0625 mg/ml).

**V.1.1.3. Préparation des solutions (extraits):**

0,1 mg d'extrait dans 10 ml de méthanol (solution mère 1 mg/ ml). A partir de cette solution, préparer les différentes concentrations (1 ; 0,5 ; 0,25 ; 0,125 ; 0,0625 mg/ml).

**V.1.1.4. Préparation de la solution (DPPH) :**

Dissoudre 0.008 mg de DPPH<sup>•</sup> dans 25 ml de méthanol pour préparer une 0,00032 mg/ml. 1ml de chaque solution méthanolique des extraites et des huiles à différentes concentrations (de 1 ; 0,5 ; 0,25 ; 0,125 ; 0,0625 mg/ml), sont ajoutés à 3 ml de la solution méthanolique du DPPH<sup>•</sup>. Les solutions d'échantillons ainsi préparées sont maintenues dans l'obscurité à température ambiante et les absorbances sont mesurées à 517 nm après 30 min à l'aide d'un spectrophotomètre. Le pourcentage de l'activité antiradicalaire est calculé selon les modèles mathématiques trouvés [32].

**V.1.1.5. La concentration inhibitrice (IC<sub>50</sub>) :**

Ce paramètre est défini comme la concentration d'antioxydant nécessaire pour diminuer la concentration initiale de 50%, il est inversement lié à la capacité antioxydante.

On calcule cette valeur en pourcentage selon la réaction suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = [ (\text{Abs 1} - \text{Abs 2}) / \text{Abs 1} ] \times 100$$

**Abs 1** : Absorbance du contrôle.

**Abs 2** : Absorbance de l'extrait.

Les résultats exprimés selon la moyenne des valeurs.

**V.1.1.6. Le pouvoir antiradicalaire :**

$$\text{ARP} = \frac{1}{\text{IC } 50\%}$$

## Référence

---

### Référence

- [1] D.C Ambrose, A. Manickavasagan, R. Naik (2016). Leafy Medicinal Herbs : Botany.
- [2] G. Satyavati, M. Raina, M. Sharma. (1976). Medicinal plants of Indian Council of Medical Research New Delhi : pp.
- [3] R. Rastogi, B. Mehrotra. (1990). Compendium of Indian Medicinal Plants published by Central Drug Research Institute. Lucknow and National Institute of Sciences Communication and Information Resources, New Delhi.1994(6) : 395-398.
- [4] <https://www.aujardin.info/plantes/apium-graveolens-var-secalinum.php>
- [5] <https://cuisine.journaldesfemmes.fr/encyclopedie-produits/1955005-celeri/>
- [6] site web Variétés communes de céleri :[-fr.haensellblatt.com](https://fr.haensellblatt.com)  
<https://fr.haensellblatt.com/common-varieties-celery>
- [7] ANONYME, 2010, Pharmacopée Française Xe édition, J. B. Baillière, 19, rue Haut feuille, Paris., 245 P.
- [8] BRUNETON J., 2009. Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales, 4ième édition, Lavoisier, Tec & Doc, Paris, 1269p.
- [9] SCHULZOVA V., BABICKA L. et HAJLSLOVA J., 2012. Furanocoumarins in celeriac from different farming systems: a 3-year study. J Sci Food AgricNov ; 92 (14): pp 32-40.
- [10] COSTE H., 1900-1906. Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes. 3 volumes. Ed. Paul Klincksieck, Paris, 1850 p.
- [11] Reduron J.-P., 2007-2008.- Ombellifères de France. Monographie des Ombellifères (Apiaceae) et plantes alliées, indigènes, naturalisées, subspontanées, adventices ou cultivées de la flore française (avec la collaboration de B. Muckensturm). Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest, NS, n° sp. 26-30, 3004 p.
- [12] <http://www.Plantes-botanique.Org/famille-opiacea>.
- [13] **Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.** P. QUEZEL., S.SANTA. Edition du centre national de la recherche scientifique. **Apium L.** P : 675.
- [14] Céleri à côtes ou Apium graveolens, fiche technique complète

## Référence

---

[15] Anonyme. La Pharmacopée Unani d'Inde. Part-1, Vol-5. New Delhi: CCRUM, Ministère de la Santé et de la Famille Welfar Govt. De l'Inde; **2008**, p. 101.

[16] Anonyme. La richesse de l'Inde. Vol New Delhi: Conseil de Scientifique La recherche industrielle; **2003**, p. 325,367-373.

[17] These:etude analytique et biologique des flavonoides naturels : Université de Constantine 2010-2011Heller W, Forkmann G. The flavonoids. Advances in research since 1986.In Harborne JB.Secondary Plant Products.Encyclopedia of plant physiology. Ed. Chapman & Hall, London, **1993**, 399-425.

[18] Anonyme. Normalisation du single médicament d'Unani Medicine. Partie Delhi: CCRUM, Ministère de la Santé et Bien-être de la famille; **1997**, p. 302 biomerieux, 2ème édition, 2003 : p8-p22.

[19] Nadkarni KM. Indian plants and drugs, Ajay Book Services 2010, New Delhi, India

[20] **Les principaux compositions biochimique d'huile essentielle de céleri France 2015.** WWW recherche et rédaction : Stéphanie Monnatte Lassus, aromatalogue Révision : Joëlle Le Guehenec, présidente de l'école française d'aromathérapie (EFAI) Fiche mise en ligne : janvier 2015.

[21] International Journal of Innovation and Scientific Research ISSN 2351-8014 Vol. 17 No. 1 Aug. **2015**, pp. 24-33.

[22] P. Cara. Précis de technologie et de chimie industrielle. Tome 3. Ed. Balliere J.B. et fils. France, Paris, **1953**.

[23] K.Mazari, N.Bendinerad, C.Benkhechi, X.Fernandez. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil Isolated from Algerian Juniperus phoenicea L. and Cupressus sempervirens. Medicinal Plants Research, **2010**, 4(10): 959-964.

[24] Debray M., Jacquemin H., Razafindrambo R. 1971.Travaux et documents de Précis de matière médicale, pharmacognosie spéciale dicotylédones (tome III). Pp 32-52

[25] Paris, R ; et Moyse, H. Précis de matière médicinale. Paris : Masson. (1969).

Debray M., Jacquemin H., Razafindrambo R. 1971.Travaux et documents de Précis de matière médicale, pharmacognosie spéciale dicotylédones (tome III). Pp 32-52

## Référence

---

- [26] TALEB-TOUDERT Karima, extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région Kabylie, mémoire de docteur, biologie animale et végétale, Université MOULOUD MAMMARI de Tizi-Ouzou, (2015), p 2728-29.
- [27] Khajeh, M., Yamini, Y., Sefidkon, F., Bahramifar, N., Food Chemistry, 2004, p 86, 587.
- [28] MAHCENE Zineb et BOUKARAA Naima, Essai de développer un bioconservateur à base Rosmarinus officinalis L, mémoire master, Biochimie Appliquée, universite KASDI MARBAH OUARGLA, (2016), p 19, 20, 21.
- [29] Mohagheghzadeh, A., Faridi, P., Ghasemi, Y., Food Chemistry, 2007, p 100, 12 - 17.
- [30] A.Cavin. Investigation phytochimique de trois plantes Indonesiennes aux proprietes antioxydante et antiradicalaire : Lausanne, 1999, 241 P.
- [31] F. Memmou, "Synthese, etudes cinetiques et evaluation de l'activite de derives de l'eugenol. Composition de l'huile essentielle extraite du clou de girofle."p.138-139, 2015-2016.

**CHAPITRE III :**  
**RESULTAT**  
**ET**  
**DUSCUTION**

### III. RESULTATS ET DISCUSSION

#### I.1. Rendement des extractions :

##### I.1.1 Rendement de l'huile essentielle de Céleri :

Pour chaque huile, nous avons calculé le rendement de l'extraction, les résultats obtenus sont présentes dans le tableau suivant :

**Tableau 4** : Rendement des HEs extraites

Les HEs	Rendement %	Photo
Graines agricoles	2,11	
Graines médicinale	1,7	

## Résultat et discussion

### I.1.2 Rendement d'extrait éthanolique:

**Tableau 5 :** Rendement de l'extrait éthanolique

	Rendement %	Photo
Extrait éthanolique	16 ,1	

### I.1.2 Rendement de l'extraction liquide- liquide:

**Tableau 6 :** Rendement des phases après l'extraction liquide- liquide

Extrait	Masse (g)	Rendement(%)
Ether de pétrole	0,42	0,6
Chloroforme	13,17	18,81
Acétate d'éthyle	0,05	0,071
n-Butanol	0,82	1 ,17
Aqueuse	13,76	19,65

### I.2. Révélation phytochimique(Screening) :

L'étude phytochimique du «*Apium graveolens l* » été basée sur des tests effectués au laboratoire, ce qui nous a permis de caractériser les différentes familles de composés chimiques contenues dans notre plante. Les résultats des essais réalisés sur les deux parties (feuilles et graines) sont regroupés dans les tableaux **7** et **8** respectivement.

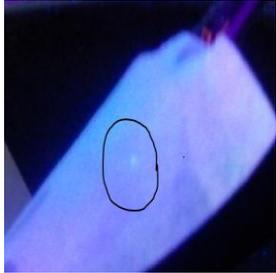
## Résultat et discussion

Tableau 7 : Résultat des tests phytochimiques effectués sur les extraits de feuilles.

Famille des composés	Etat de test	Image
Amidons	-	
Saponosides	+	
Tanins galliques	+++	
Anthocyanes	+	
Flavonoïdes	-	
Tanins catéchiques	+++	
composés réducteurs	-	

## Résultat et discussion

---

<b>Coumarines</b>	+	
<b>Alcaloïdes</b>	+++	
<b>Hétérosides</b>	-	

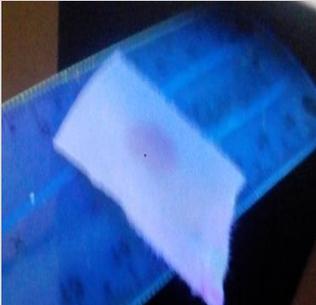
➤ Test négatif (-), test faiblement positif (+), test positif (++) , test fortement positif (+++).

## Résultat et discussion

**Tableau 8 :** Résultat des tests phytochimiques effectués sur les extraits de graines.

Famille des composés	Etat de test	Image
<b>Amidons</b>	-	
<b>Saponosides</b>	+++	
<b>Tanins galliques</b>	+++	
<b>Anthocyanes</b>	+++	
<b>Flavonoïdes</b>	++	

## Résultat et discussion

<b>Tanins catéchiques</b>	+++	
<b>composés réducteurs</b>	-	
<b>Coumarine</b>	+	
<b>Alcaloïde</b>	+++	
<b>Hétéroside</b>	-	

Les résultats cités dans les **tableaux 7 et 8**, montrent l'existence des tanins galliques, et des tanins catéchiques et des alcaloïdes en quantités importantes dans les deux parties étudiées d'*Apium graveolens l.* Pour les feuilles, les quantités des saponosides et l'anthocyane et des coumarines sont faibles, par rapport aux graines qui sont riches en quantités importantes des saponosides et l'anthocyane et sont riches également en flavonoïdes qui sont

## Résultat et discussion

absents dans les feuilles. Et l'absence des composés réducteurs, de l'amidon, et des hétérosides a été confirmée dans ces parties.

### I.3. Caractéristiques physicochimiques de l'HEs :

#### I.3.1. Caractérisations physiques :

##### I.3.1.1. Propriétés organoleptiques des huiles essentielles :

Les paramètres organoleptiques de notre huile essentielle aspect, couleur, odeur sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau 9 :** Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles extraites.

HEs	Aspect	Couleur	Odeur
Graines agricoles	Liquide mobile	Jaune Claire	camphrée
	Liquide mobile	Jaune claire	camphrée

##### I.3.1.2. Propriétés physiques :

**Tableau 10 :** Caractéristiques physiques : pH,  $n_{\lambda}^t$ , Miscibilité à l'éthanol.

	Graines agricoles	Graines médicinale
pH	6	6
Indice de réfraction $n_{\lambda}^t$	1,48276	1,48175
Miscibilité à l'éthanol à 25°C	1ml	2ml

#### I.3.2. Caractérisations chimiques :

##### I.3.2.1. Indice d'acide :

**Tableau 11:** Valeur de l'indice d'acide obtenue pour l'huile testée.

HEs <i>Apium graveolens l</i>	
Volume moyen de KOH	0,7ml
$I_a$	39,27

##### I.3.2.2. Indice d'ester :

## Résultat et discussion

**Tableau 12:** Valeur de l'indice d'ester obtenue pour l'huile testée.

<b>HEs <i>Apium graveolens l</i></b>	
<b>Volume moyen de HCl (<math>V_1</math>)</b>	5,4ml
<b>Volume moyen de HCl à blanc (<math>V_0</math>)</b>	5,7ml
<b><math>I_a</math></b>	39,27
<b><math>I_e</math></b>	44,88

### I.3.2.3. Indice de saponification :

**Tableau 13:** Valeur de l'indice de saponification obtenue pour l'huile testée.

<b>HEs <i>Apium graveolens l</i></b>	
<b>Volume moyen de HCl (<math>V_1</math>)</b>	5ml
<b>Volume moyen de HCl à blanc (<math>V_0</math>)</b>	6,5ml
<b><math>I_s</math> (mg KOH /g d'H.E)</b>	3,75

### I.3.2.4. Indice de L'acide carbonyle :

**Tableau 14:** Valeur L'indice de L'acide carbonyle obtenue pour l'huile testée.

<b>HEs <i>Apium graveolens l</i></b>	
<b>Volume moyen de KOH (<math>V_1</math>)</b>	15ml
<b><math>I_C</math></b>	168,3

## Résultat et discussion

### I.3.2.5. Indice d'iode :

**Tableau 15:** Valeur L'indice d'iode obtenue pour l'huile testée.

HEs <i>Apium graveolens l</i>	
Volume moyen de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (V <sub>1</sub> )	23ml
Volume moyen de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> à blanc (V <sub>0</sub> )	35ml
I <sub>i</sub>	12

### I.3.2.6 Indice de peroxyde :

Le test d'indice de peroxyde est négatif puisqu'il n'a identifié aucun résultat dans le dosage par les thiosulfates de sodium.

## I.4. Résultat de l'activité biologique :

### I.4.1. Evaluation de l'activité antioxydante :

#### I.4.1.1. Piégeage du radical libre DPPH' :

##### I.4.1.1.1 Révélation par CCM :

L'activité antioxydante de tous les extraits et les huiles d'*Apium graveolens L* a été évaluée par leurs activités inhibitrices de la formation des radicaux DPPH contre. Dans ce test les cinq extraits ainsi que les deux huiles (de concentration 1mg/mL), ont été déposés sur CCM à un volume de 100µL/spot. Les résultats des deux tests CCM-DPPH sont illustrés dans la figure ci-dessous :



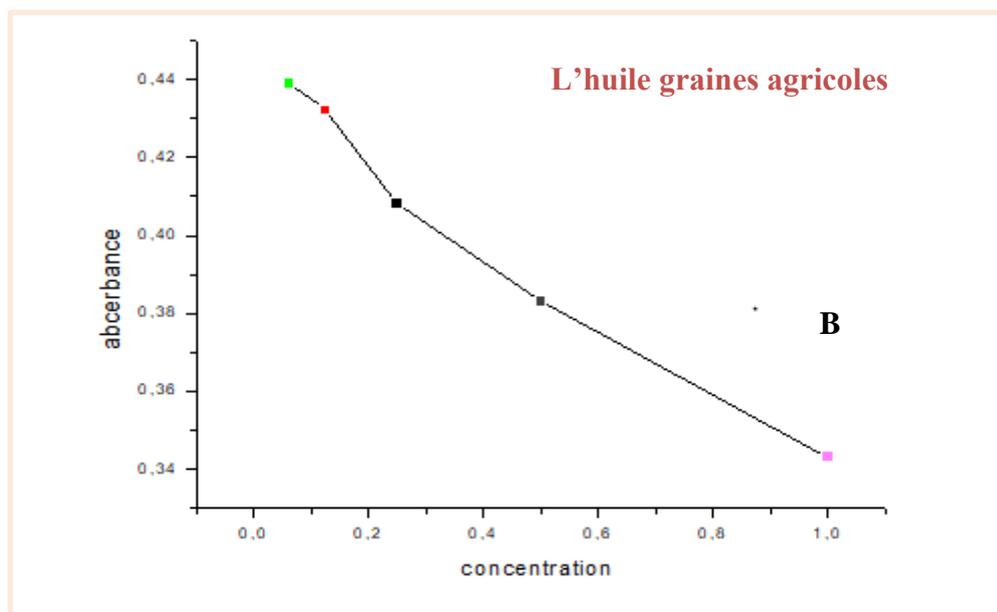
**Figure 35 :** Révélation des activités antioxydantes des extraits et des huiles essentielles par CCM

## Résultat et discussion

Les résultats obtenus révèlent que les extraits : AcEt (AC), n-but, Ch, et les deux huiles présentent un bon potentiel antioxydant.

**Tableau 16** : Résultat de l'activité antioxydant de l'huile de graines agricoles.

Concentration (mg/ml)	Absorbance d'extrait	Absorbance de DPPH
1	0,343	0,421
0,5	0,383	0,445
0,25	0,408	0,491
0,125	0,432	0,461
0,0625	0,439	0,462

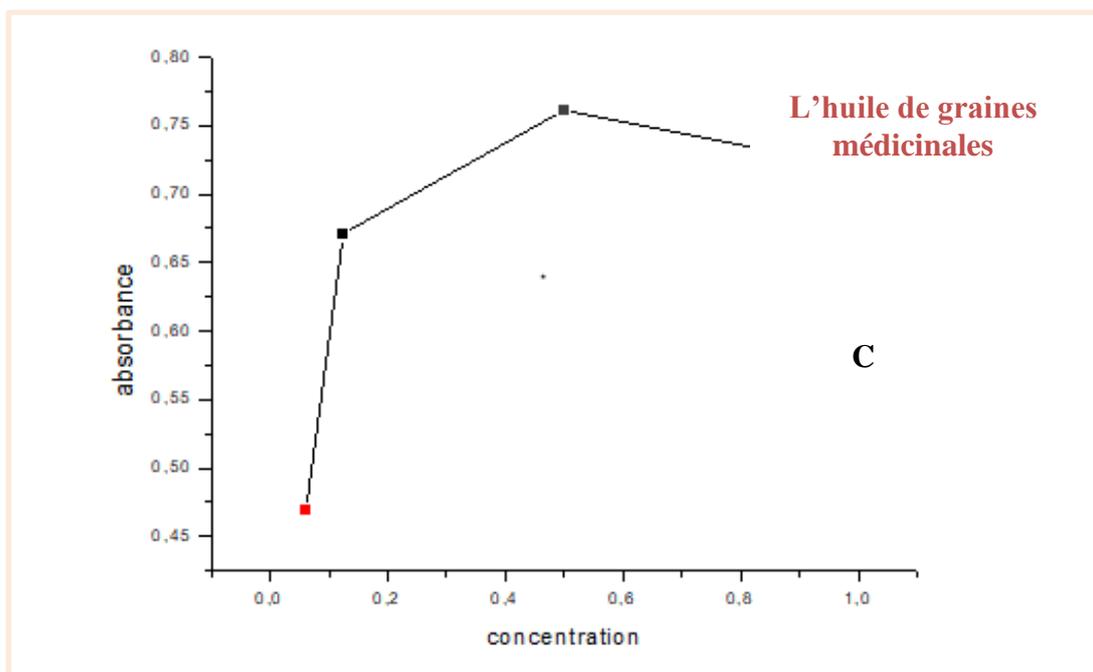


**Figure 36** : Variation du pourcentage d'inhibition de DPPH de l'huile graines agricoles.

## Résultat et discussion

**Tableau 17 :** Résultat de l'activité antioxydant de l'huile de graines médicinales.

Concentration (mg/ml)	Absorbance d'extrait	Absorbance de DPPH
1	0,719	0,471
0,5	0,761	0,497
0,25	0,648	0,415
0,125	0,671	0,445
0,0625	0,469	0,472

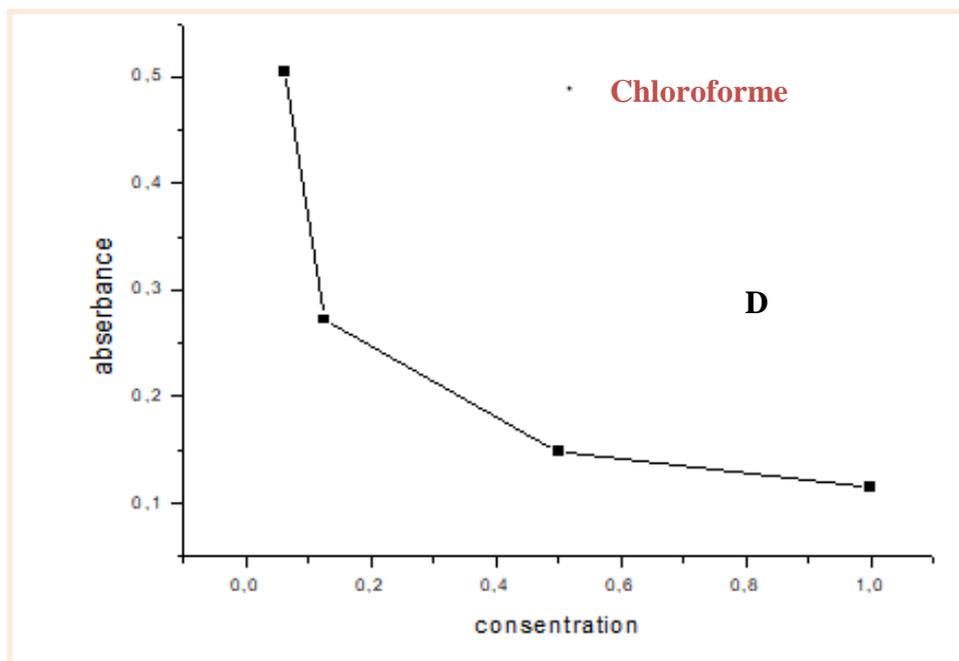


**Figure 37 :** Variation du pourcentage d'inhibition de DPPH de l'huile graines médicinales.

## Résultat et discussion

**Tableau 18:** Résultat de l'activité antioxydant de l'extrait chloroforme.

Concentration (mg/ml)	Absorbance d'extrait	Absorbance de DPPH
1	0,114	0,427
0,5	0,148	0,430
0,25	0,510	0,420
0,125	0,272	0,428
0,0625	0,505	0,456

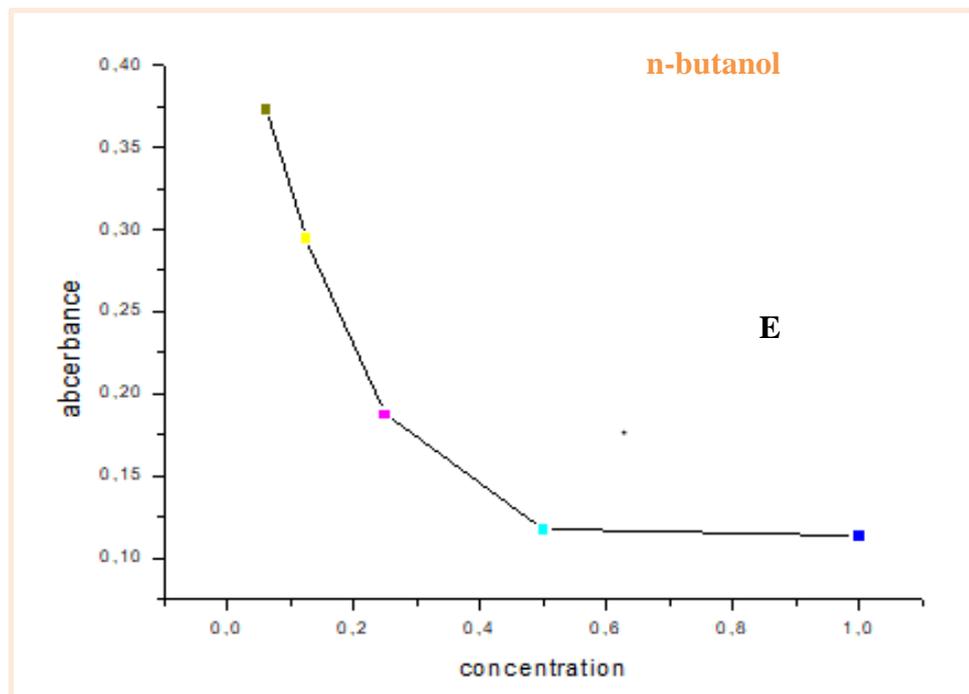


**Figure 38 :** Variation du pourcentage d'inhibition de DPPH de l'extrait chloroforme.

## Résultat et discussion

**Tableau 19:** Résultat de l'activité antioxydant de l'extrait n- butanol.

Concentration (mg/ml)	Absorbance d'extrait	Absorbance de DPPH
1	0,113	0,410
0,5	0,117	0,433
0,25	0,187	0,428
0,125	0,294	0,429
0,0625	0,373	0,421

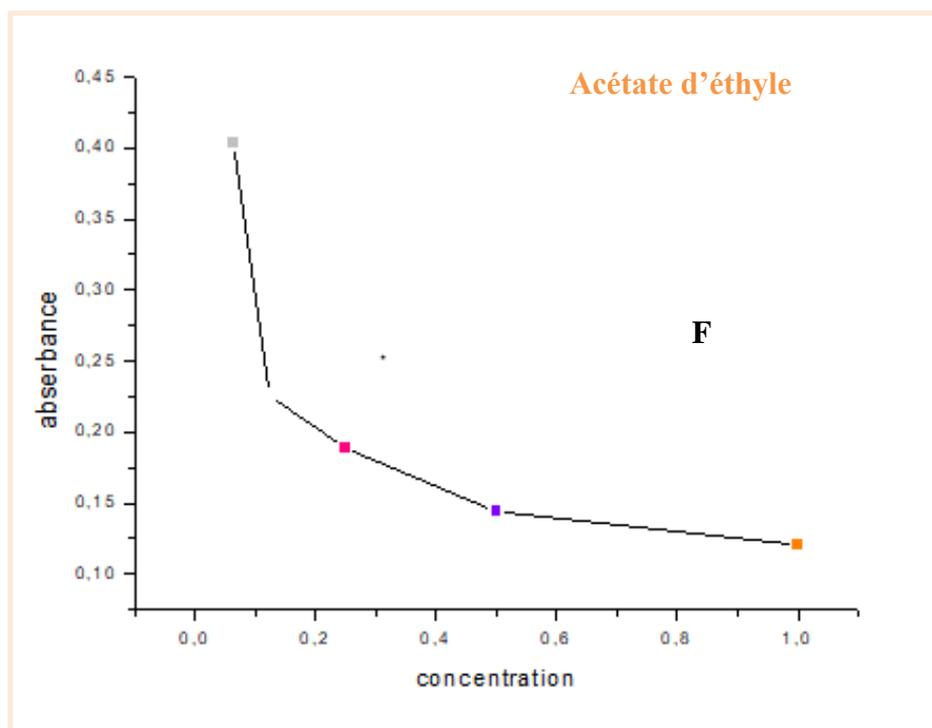


**Figure 39 :** Variation du pourcentage d'inhibition de DPPH de l'extrait n-butanol.

## Résultat et discussion

**Tableau 20:** Résultat de l'activité antioxydant de l'extrait Acétate d'éthyle.

Concentration (mg/ml)	Absorbance d'extrait	Absorbance de DPPH
1	0,120	0,430
0,5	0,144	0,451
0,25	0,189	0,434
0,125	0,225	0,437
0,0625	0,403	0,481



**Figure 40 :** Variation du pourcentage d'inhibition de DPPH de l'extrait acétate d'éthyle.

## Résultat et discussion

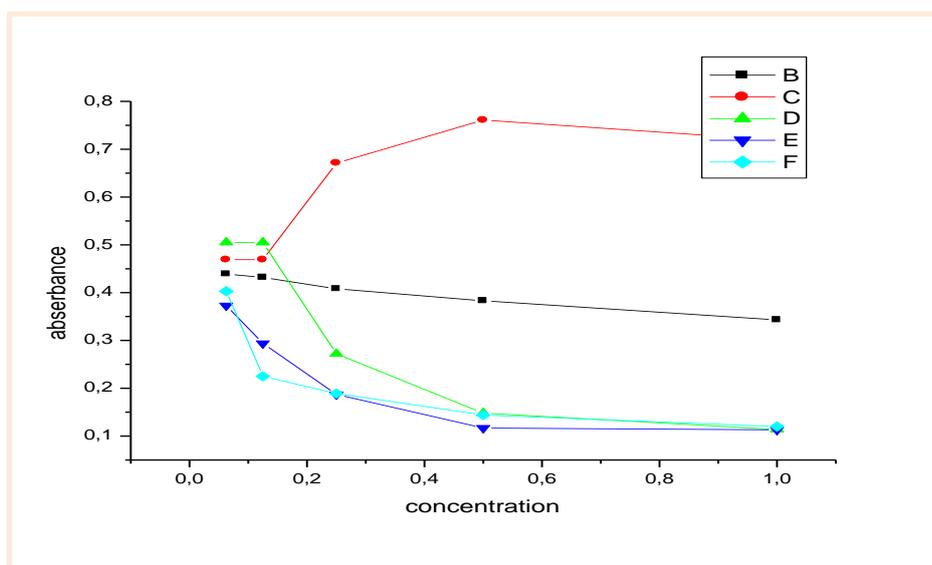
### I.4.1.1.2. Détermination d'IC 50% et ARP :

**Tableau 21:** Résultats du capacité et pouvoir antiradicalaire.

Extrait	IC50% (mg/ml)	ARP
Graines agricoles	12,12	0,082
Graines médicinale	42,66	0,023
Chloroforme	41,49	0,024
n-butanol	48,91	0,024
Acétate d'éthyle	52,26	0,019

IC50% est inversement lié à la capacité antioxydante d'un composé, car il exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50%.

Plus la valeur d'IC50% est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande. D'après les résultats, on remarque graines agricoles le plus actif puis chloroforme et n-butanol puis graines médicinales, acétate d'éthyle (**tableau 21**).



**Figure 41 :** Variation du pourcentage d'inhibition de DPPH de quatre extraits.

## Résultat et discussion

---

Les cinq courbes représentent la réduction de radicaux DPPH<sup>•</sup> dans les cinq extraits, d'après les résultats de IC<sub>50</sub>%, on remarque que l'acétate d'éthyle donne une activité antioxydante supérieure avec un IC<sub>50</sub> de 52,26 %, puis n-butanol avec un IC<sub>50</sub> de 48,91%, et l'huile graine médicinale avec un IC<sub>50</sub> de 42,66 %, puis l'extrait chloroformique avec un IC<sub>50</sub> de 41,49%, par contre l'huile graine agricole possède une activité antioxydante inférieure avec un IC<sub>50</sub> de 12,12 % (**figure38**).

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale :

Nous avons réalisé plusieurs travaux dans ce mémoire de master qui sont divisés en deux parties.

La première partie consiste à l'extraction de huile essentielle et à des dérivé la préparation des extraits de la plante *Apium graveolens l*

La deuxième partie consiste à étudier les testes phytochimiques et les propriétés physicochimiques de la plante et aussi étudier l'activité antioxydante de différents extraits, par méthode : piégeage de radical libre DPPH<sup>•</sup> (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) .

Les résultats ont montré l'existence des tanins galliques , des tanins catéchiques, des alcaloïdes, des saponosides , de l'anthocyane , des coumarines et aussi les flavonoïdes dans les deux parties étudiées (feuilles et graines) d'*Apium graveolens l*.

Les résultats ont montré que la valeur du pH de l'huile inférieure à 7, donc c'est un milieu acidifié, en concédérant comme stabilisateur contre les microorganismes. La valeur de réfraction de l'huile est supérieure à la valeur de réfraction de l'eau, ce qui représente la pureté de l'huile. Et l'huile est riche en acides aminés et en esters, en composés carbonyliques, en saponifications et aussi riche l'insaturation (liaisons éthyliniques).

Les résultats ont montré que les trois extraits l'huile graine agricole et chloroforme et n-butanol possèdent une activité antioxydante très importante, grâce à leur constituants, et on observe que cette activité est moins élevée dans l'extrait l'huile graine médicinale et extrait acétate déthyle. La détermination de la concentration inhibitrice (IC<sub>50</sub>) et le pouvoir anti-radicalaire ARP confirment l'activité antioxydant des extraits l'huile graine agricole avec ARP = 0,082 et pour l'acétate d'éthyle avec ARP = 0,019.