

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A. M. OULHADJ - Bouira  
Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées  
Département de Génie des Procédés



# Mémoire

Présenté par

**LACENE Wissam**  
**NOURI Siham**

Pour l'obtention du diplôme de

## MASTER

Filière: Génie des Procédés  
Spécialité : Génie de l'Environnement

**Evaluation de l'activité antioxydante de  
*Carthamus caeruleus L. et Inula Viscosa L.***

Déposé le 20/09/2021

Devant le jury composé de :

Mr. AOUDJIT F.	MCA	UAMO, Bouira	Examineur
Mr. KERNANI R.	MCB	UAMO, Bouira	Examineur
Mme. HADIOUCHE D.	MCB	UAMO, Bouira	Encadrant

# **Remerciement**

*Avant toutes choses, nous remercions dieu le tout puissant, qui nous avoir donné la force le courage la patience et la volonté afin d'arriver à la finalité de ce modeste travail..*

*Au terme de ce travaille il nous est agréable de remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travaille.*

*Nos remerciements vont particulièrement à :*

*Notre promotrice Mme : Hadiouche .D. Nous la remercions d'avoir accepté, de diriger notre mémoire. Merci pour votre disponibilité à chaque fois qu'on avait besoin de conseils ou d'aide et surtout pour votre patience pendant la rédaction de ce travail. Nous vous sommes sincèrement reconnaissantes.*

*Membres de jury, Mr KERNANI. et Mr. AOUDJIT qui nous fond le grand honneur d'avoir accepté d'évaluer ce travail. Nous tenant à vous remercier sincèrement.*

*Nos pensées vont à tous les enseignants qui ont participé à notre formation. Nous avons bénéficié de vous tous les enseignements de qualités et nous éprouvons pour vous un grand respect et une profonde admiration.*

*Veillez accepté, l'expression de nos sentiments d'estime, et soyez rassurés de notre profonde gratitude et de notre profond respect.*

## *Dédicace*

*Avec l'aide de l'Allah est la tendresse de mes grands-pères Mouloud et Hamiche ma grand-mère  
Mamas que dieu les reçois dans son vaste paradis.*

*Je dédie ce travail à :*

*Mes lumières de la vie mes très chères parent Aicha et Larbi pour leur soutiens et leur patience face aux  
moments difficiles traversés au cours de ma vie. C'est grâce à eux que j'ai pu réussir études là et je suis très  
fière de les avoirs, et tous les mots de monde ne peuvent pas exprimer l'amour et le respect que je leur porte.*

*Mon cher frère Mouloud et mes sœur Lamia, Karima, Ouassila, Nabila, Linda je leur souhaite  
tout la réussite dans leurs vies.*

*Ma chère grand-mère Bakhi et je le souhaite une longue vie*

*Mes tantes et mes oncles est leur famille*

*Mes cousins et cousines*

*Sans oublier mes copines les plus proches : Silia, Hassmina,*

*,Fazia, Fatima, Wissam, Sabrina, Imane, Sarah, Warda*

*Ma chère collègue Wisam ainsi que sa famille*

*Siham*

## Dédicaces

Avec mes sentiments de gratitude les plus profonds, l'amour, le respect, la reconnaissance,  
je dédie ce modeste travail :

- A ma mère, qui est l'origine de ma réussite, de par son amour, son soutien, tous ses sacrifices consentis et ses précieux conseils reçois ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sincères sentiments et de mon éternelle gratitude.
- A mon père, qui peut être fier et trouve ici le résultat de longues années de sacrifices et de privation pour m'aider à avancer dans la vie. Qu'il puisse faire en sorte que ce travail porte le fruit de ses sacrifices.

A ma source de tendresse mes deux sœurs et mes petits deux frères pour leur encouragement et leur soutien au long de mon parcours universitaires, je vous aime très fort.

A ma collègue Siham pour le chemin qu'on a traversé ensemble.

A toutes mes copines pour les moments de joies et de peines qu'on a passés ensemble

Que ce travail soit le fruit de votre soutien infailible

**WISSAM**

# Table des matières

List of Figures	vi
List of Tables	viii
Introduction générale	1
<b>I</b> Partie bibliographique	<b>4</b>
<b>1</b> Généralités sur les plantes médicinales	<b>5</b>
1.1 Notions Générales sur les plantes médicinales . . . . .	5
1.1.1 Aperçu historique . . . . .	5
1.1.2 Les Plantes médicinales . . . . .	7
1.1.3 Préparations à base de drogues végétales . . . . .	7
1.1.4 Huiles essentielles . . . . .	7
1.1.4.1 Répartition et localisation des huiles essentielles . . . . .	8
1.1.4.2 Composition chimiques des huiles essentielles . . . . .	8
1.1.4.3 Secteurs d'application des huiles essentielles . . . . .	12
1.1.4.4 Intérêt des huiles essentielles dans le monde . . . . .	15
1.1.4.5 Méthodes d'extraction des huiles essentielles . . . . .	16
1.1.4.6 Choix de la méthode d'extraction . . . . .	20
1.1.4.7 Propriétés Physiques et chimiques des huiles essentielles . . . . .	21
1.1.4.8 Activités biologiques des huiles essentielles . . . . .	22
<b>2</b> Généralités sur les plantes étudiées	<b>25</b>
2.1 Plante <i>Inula viscosa</i> L. . . . .	25
2.1.1 Description botanique . . . . .	25
2.1.2 Taxonomie . . . . .	27
2.1.3 Répartition géographique . . . . .	28
2.1.4 Aspects phytochimique . . . . .	28
2.1.5 Usage traditionnelle et propriétés pharmaceutiques d' <i>inula viscosa</i> . . . . .	29
2.1.6 Les huiles essentielles d' <i>inula viscosa</i> . . . . .	30
2.1.7 Travaux réalisés sur <i>Inula viscosa</i> . . . . .	31
2.2 Plante <i>Carthamus caeruleus</i> L; . . . . .	34
2.2.1 Description botanique . . . . .	34

2.2.2	Taxonomie . . . . .	35
2.2.3	Répartition géographique . . . . .	36
2.2.4	Usage traditionnelle et propriétés pharmaceutiques d' <i>Carthamus caeruleus</i> . . . . .	36
2.2.5	Travaux réalisés sur <i>Carthamus caeruleus</i> . . . . .	36
<b>II Matériels &amp; Méthodes</b>		<b>38</b>
<b>3 Matériels et méthodes</b>		<b>39</b>
3.1	Matériels . . . . .	39
3.1.1	Matériels végétal . . . . .	39
3.1.2	Reactifs chimiques et appareillage . . . . .	40
3.1.3	Paramètre optimisé . . . . .	40
3.1.4	Dispositifs expérimentaux . . . . .	41
3.1.4.1	Entraînement a la vapeur . . . . .	41
3.1.4.2	Hydrodistillation . . . . .	41
3.2	Caractérisation des huiles essentielles . . . . .	42
3.2.1	Caractéristiques sensorielles : (AFNOR NF ISO 280 : 1999) . . . . .	43
3.2.2	Analyse physique . . . . .	43
3.2.2.1	Indice de gonflement . . . . .	43
3.2.2.2	Teneur en eau . . . . .	43
3.2.2.3	Le rendement . . . . .	43
3.2.3	Analyse chimiques . . . . .	44
3.2.3.1	Indice d'acide . . . . .	44
3.2.3.2	Indice d'iode . . . . .	44
3.2.3.3	Indice de saponification . . . . .	45
3.3	Préparation de la pommade . . . . .	46
3.3.1	Préparation de la pommade avec les gousses de <i>carthamus caeruleus L</i> . . . . .	46
3.3.2	Préparation de la pommade avec l'huile essentielle . . . . .	46
3.3.2.1	Pommade de l'huile essentielle de <i>Inula viscosa L</i> . . . . .	46
3.3.2.2	Pommade de l'huile essentielle de <i>carthamus caeruleus L</i> . . . . .	46
3.4	Dosage des phénols totaux des huiles essentielles extraites et des pommades produites . . . . .	47
3.5	Activité antioxydante . . . . .	49
<b>III Résultats &amp; Discussion</b>		<b>51</b>
<b>4 Résultats et discussion</b>		<b>52</b>
4.1	Rendement d'extraction des huiles essentielle . . . . .	52
4.1.1	Caractérisation des huiles essentielles obtenues . . . . .	53
4.2	Extraction et dosage des polyphénols totaux . . . . .	53
4.3	Activité antioxydante . . . . .	54
4.3.1	Activité antioxydante des extraits méthanoliques . . . . .	54
4.3.2	Effet du solvant d'extraction . . . . .	56
4.3.3	Activité antioxydante des pommades formulées . . . . .	56

**Conclusion** 59

**Bibliographie** 61

# Table des figures

1.1	Illustration du métabolisme primaire et secondaire [1] . . . . .	9
1.2	Structure chimique de certains monoterpènes et Sesquiterpènes[2] . . . . .	11
1.3	Structure chimique de certains composés aromatiques[2] . . . . .	12
1.4	Montage d'une hydrodistillation . . . . .	18
1.5	Montage d'une distillation par micro-ondes [3] . . . . .	19
1.6	Montage d'une distillation par entraînement à la vapeur . . . . .	20
1.7	Schéma d'un alambic . . . . .	21
2.1	Image de la plante <i>Inula viscosa</i> (Magraman) . . . . .	26
2.2	Fleur d' <i>Inula viscosa</i> . . . . .	27
2.3	Métabolisme secondaire . . . . .	29
2.4	différents partie de <i>Carthamus caeruleus L.</i> : tige et feuille, Fleur, racines et raines . . . . .	35
3.1	Les différents partie de <i>Carthamus caeruleus L.</i> : tige et feuille, Fleur, racines et raines . . . . .	40
3.2	Schéma du dispositif expérimental de l'extraction d'huile essentielle (Alambic) . . . . .	41
3.3	Schéma du dispositif expérimental de l'extraction d'huile essentielle (Clevenger) . . . . .	42
3.4	(a)Pommade obtenue par traitement thermique des gosses et (b) pommade obtenue par traitement physique (broyage des gosses) . . . . .	47
3.5	(a)Pommade de l'huile essentielle de <i>Inula viscosa L.</i> . . . . .	48
3.6	Courbe d'étalonnage : absorbance à 760 nm en fonction de la concentration de l'acide gallique concentration ( $\mu\text{g/L}$ ) . . . . .	48
3.7	Schéma de réduction du radical libre DPPH en DPPHH . . . . .	49
4.1	Evolution de l'absorption des extraits polyphénoliques (DPPH)après 2h macération pour les différentes plantes étudiées . . . . .	55
4.2	Evolution de l'absorption des extraits polyphénoliques (DPPH)après 24h macération pour les différentes plantes étudiées . . . . .	55
4.3	Evolution de l'absorption des extraits polyphénoliques (DPPH)après 24h macération des feuilles de <i>Carthamus caeruleus L.</i> . . . . .	56
4.4	Evolution de l'absorption des extraits polyphénoliques (DPPH)après 24h macération des feuilles de <i>inula viscosa L.</i> . . . . .	57

4.5	Evolution de l'absorption des extraits polyphénoliques (DPPH) après 24h macération des racines de <i>Carthamus caeruleus L</i> . . . . .	57
4.6	Evolution de l'absorption des extraits polyphénoliques (DPPH) des pom-mades réalisées . . . . .	58

# Liste des tableaux

2.1	Mode d'utilisation d' <i>inula viscosa</i> dans la médecine traditionnelle . . . . .	30
3.1	Origine de matériel végétal, période de récolte et méthode d'extraction . .	39
4.1	Rendement de l'extraction des huiles essentielles . . . . .	52
4.2	Caractérisation des huiles essentielles obtenues . . . . .	53

# Introduction Générale

La médecine traditionnelle repose sur utilisation des plantes pour se soigner, connue sous le nom " la phytothérapie ". Du grec " phyton " qui signifie plante et " therapein " qui signifie soigner, il s'agit donc d'une thérapeutique allopathique destinée à prévenir et traiter des troubles fonctionnels et des états pathologiques bénins par des plantes médicinales dénuées de toxicité dans les conditions normales d'utilisation.

La médecine traditionnelle a une longue histoire. C'est la somme des connaissances, des compétences et des pratiques fondées sur les théories, les croyances et les expériences indigènes de différentes cultures, qu'elles soient explicables ou non, utilisées dans le maintien de la santé ainsi que dans la prévention, le diagnostic, l'amélioration ou le traitement des troubles physiques et la maladie mentale [4].

Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), près de 80% des populations dépendent de la médecine traditionnelle pour des soins de santé primaire [5]. Des avantages économiques considérables dans le développement de cette médecine et dans l'utilisation des plantes médicinales pour le traitement des diverses maladies ont été constatés [6].

De nos jours, les vertus thérapeutiques des plantes présentent un regain d'intérêt grâce à l'amélioration des techniques extractives et aux progrès des méthodes d'analyses structurales pour la découverte de nouveaux principes actifs. On estime que deux tiers des

médicaments actuels ont une origine naturelle obtenus par héli-synthèse ou par modification d'un produit naturel [7].

La phytothérapie présente de nombreux avantages qui expliqueraient le retour à son utilisation [8] :

- Au niveau de la santé publique : la phytothérapie évite l'iatrogénie de façon générale, ne génère pas de dépendance médicamenteuse nécessitant un sevrage à l'arrêt du traitement.
- Au niveau écologique et environnemental : les plantes sont prélevées de la nature et y retournent après métabolisation dans l'organisme. Au contraire des médicaments provenant de l'industrie chimique, qui accumulent dans l'environnement des substances médicamenteuses potentiellement toxiques.
- Au niveau économique : les produits de phytothérapie sont, en général, bien moins chers que les produits de médecine classique (en particulier les tisanes).

Les plantes constituent une source immense de molécules chimiques complexes (métabolites secondaires), largement exploités dans les industries cosmétologiques, agroalimentaires et pharmaceutiques. Parmi ces métabolites, on distingue les terpénoïdes, les alcaloïdes et les polyphénols. Ces derniers et principalement les flavonoïdes sont essentiellement connus pour leurs nombreuses activités biologiques, parmi lesquelles : leur actions antioxydantes, antiinflammatoires, anticancéreuses et antimicrobienne. Ils participent à combattre les radicaux libres issues de l'oxygène et de l'azote. Les radicaux libres étant naturellement produits dans la cellule durant la respiration et le métabolisme, leur accumulation excessive peut endommager la cellule par altération de ses biomolécules. Ces dommages souvent irréversibles sont à l'origine de nombreuses maladies dégénératives [9, 10]. Dans cette étude, nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux composés dotés d'une activité antioxydante. Les espèces réactives de l'oxygène libérées par l'organisme humain, au cours des diverses attaques sont éliminées ou piégées par des molécules douées de propriétés antioxydantes.

L'oxydation, en particulier des lipides induit non seulement une diminution de leur valeur nutritive, mais aussi des effets reconnus nuisibles pour le consommateur et qui peuvent

être associés à des risques de cancer chez l'homme. Dans ce contexte de nombreux industriels et scientifiques recherchent de nouveaux antioxydants naturels afin de pallier à ce problème de toxicité par produits synthétiques. Ainsi, les antioxydants naturels représentent une source complémentaire de nouvelles molécules pour la prévention et le traitement des maladies inflammatoires, neurologiques, cardiovasculaires et du cancer [9, 11].

Notre recherche est axée vers l'identification de composés phénoliques, l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits de diverses plantes ou parties de plantes. Ce mémoire est consacré donc à l'étude de deux plantes ou parties de plantes, *Inula viscosa L* et *Carthamus caeruleus L.*. Parmi les critères ayant conduit au choix de ces plantes il y a la disponibilité et l'utilisation traditionnelle.

Notre travail est subdivisé en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré aux notions générales sur les huiles essentielles comportant les définitions nécessaires, les différents effets et intérêts des huiles essentielles, les domaines d'application et les techniques d'extraction.

Le deuxième chapitre est dédié à la présentation des deux plantes choisies et la démarche expérimentale suivie. Le troisième chapitre est consacré à l'étude des deux plantes choisies et à une synthèse des travaux antérieurs réalisés sur ces plantes avec différentes techniques d'extraction des huiles essentielles. Et nous clôturons cette étude par une conclusion générale.

Première partie

Partie bibliographique

# Chapitre 1

## Généralités sur les plantes médicinales

### 1.1 Notions Générales sur les plantes médicinales

#### 1.1.1 Aperçu historique

Depuis la nuit des temps, l'homme a eu recours aux plantes pour se nourrir mais aussi pour se soigner. Les plantes médicinales traditionnelles sont des substances naturelles d'origine végétale avec peu ou pas de traitement industriel qui ont été utilisées pour traiter des maladies. Au fil des siècles, la connaissance des plantes médicinales se transmet de génération en génération. La popularité de ces plantes est surtout véhiculée par une tradition orale majoritairement héritée du passé. Déterminer le moment exact de l'utilisation des plantes comme médicament est très difficile. Les preuves indiquent que les plantes ont été cultivées comme médicaments il y a environ 60000 ans. Les textes sur les plantes médicinales remontent à près de 5000 ans en Inde, en Chine et en Égypte, et à au moins 2500 ans en Grèce et en Asie centrale. L'un des premiers "ouvrages", traitant de leurs propriétés, a été rédigé en Chine, environ 1500 ans avant J.-C., intitulé Pen Tsao. Les plantes aromatiques étaient brûlées, ou mises à infuser ou à macérer dans des huiles végétales [12, 13].

Ce savoir s'est progressivement complété avec la formation des civilisations et la mise à disposition de plus d'équipements. Les plantes médicinales sont utilisées comme ressource médicale dans presque toutes les cultures. Assurer la sécurité, la qualité et l'efficacité

des plantes médicinales et des médicaments à base de plantes est devenu très récemment un enjeu majeur dans les pays industrialisés et en développement [13].

Les plantes médicinales ont toujours eu une place importante dans l'arsenal thérapeutique de l'humanité. Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), environ 65-80% de la population mondiale dans les pays en développement, en raison de la pauvreté et du manque d'accès à la médecine moderne, dépendent essentiellement des plantes médicinales traditionnelles pour leurs soins de santé primaire. Et malgré les remarquables progrès en chimie organique de synthèse du vingtième siècle, plus de 25% des médicaments prescrits dans les pays industrialisés tirent directement ou indirectement leurs origines des plantes. Ce pourcentage peut atteindre 50% lorsque l'ensemble des produits du marché parallèle est pris en considération [4–6, 9].

De nos jours, l'utilisation de thérapies alternatives et complémentaires avec la médecine traditionnelle a pris de l'ampleur. L'aromathérapie est l'une des thérapies complémentaires qui utilisent les huiles essentielles comme agents thérapeutiques majeurs pour traiter plusieurs maladies. Les huiles essentielles sont extraites des fleurs, écorces, tiges, feuilles, racines, fruits et autres parties de la plante par diverses méthodes. L'inhalation, l'application locale et les bains sont les principales méthodes utilisées en aromathérapie qui utilisent ces huiles pour pénétrer la surface de la peau humaine avec une aura marquée [14].

Les médicaments traditionnels à base de plantes reçoivent une attention considérable dans les débats sur la santé mondiale. En Chine, la phytothérapie traditionnelle a joué un rôle de premier plan dans la stratégie de confinement et de traitement du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS)[6]. En relation avec l'actualité marquée par la pandémie de coronavirus de 2019 (COVID-19) plusieurs études ont mis en évidence l'effet thérapeutique des huiles essentielles d'*eucalyptus globolus*. En fait, cette crise sanitaire a fait remonter en surface l'utilisation des plantes médicinales et les huiles essentielles (HE) qui sont au centre d'intérêt des scientifiques comme le seul moyen de prévention au moment où les médicaments approuvés disponibles avec une efficacité établie sont rares où

inexistants [15].

### 1.1.2 Les Plantes médicinales

La plante, organisme vivant, marque son identité par des spécificités morphologiques, à l'origine de la classification botanique, mais aussi biochimiques, liées à des voies de biosynthèses inédites, représentant l'intérêt de l'usage des plantes médicinales.

### 1.1.3 Préparations à base de drogues végétales

Les préparations à base de drogues végétales se présentent en extraits, teintures, huiles grasses ou essentielles, fragments de plantes, poudres, sucres exprimés par pression. Leur production met en oeuvre des opérations de fractionnement, de purification ou de concentration. Cependant, les constituants isolés, chimiquement définis, ou leur mélange ne sont pas considérés comme des préparations à base de drogues végétales. Des substances, telles que des solvants, des diluants, des conservateurs peuvent entrer dans la composition des préparations à base de drogue végétale ; la présence de ces substances doit être indiquée.

### 1.1.4 Huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des substances aromatiques ; parfumées, à la consistance huileuse, produites par le métabolisme des plantes. Elles se forment avec l'aide de l'énergie solaire qui agit sur les cellules sécrétoires des plantes. La plante retient l'huile essentielle dans une minuscule cavité glandulaire qui s'ouvre, par exemple, lorsque la plante est soumise à la chaleur ou à la lumière intense. Selon les standards ISO et AFNOR, d'octobre 1987, L'huile essentielle est un produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir de matière première végétale botaniquement défini [12, 16, 17] :

- soit par entraînement à la vapeur (le plus fréquent) ;
- soit par distillation sèche, (quelques cas, dont l'huile essentielle de cade utilisée en dermatologie) ;
- soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage des agrumes (uniquement pour le genre Citrus).

De façon générale, la grande majorité des plantes contiennent des huiles essentielles qui sont les condensations de leur force vitales. Dans les plantes, les différents composants des huiles essentielles sont utilisés normalement comme hormones stimulantes, régulatrices de la croissance et de la reproduction [1, 18, 19].

#### **1.1.4.1 Répartition et localisation des huiles essentielles**

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Les espèces productrices d'huiles essentielles ne sont pas limitées à un groupe taxonomique spécifique, elles sont plutôt présentes dans l'ensemble du règne végétal. Les genres capables d'élaborer les constituants qui les composent sont répartis dans une cinquantaine de familles botaniques parmi lesquelles les Lamiacées, les Astéracées, les Rutacées, les Cannellacées, les Lauracées, les Myrtacées et les Zingibéracées. Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes : fleurs (rose) feuilles (citronnelle, eucalyptus, laurier), écorces (cannelier), bois (bois de rose, santal), racines (vétiver), rhizomes (curcuma, gingembre), fruits (anis, badiane) et graines (muscade) [20, 21].

Les molécules actives, impliquées dans les mécanismes de défense des plantes, sont issues du métabolisme secondaire. Elles ne participent pas directement à la croissance des plantes, mais ont évolué pour leur fournir une protection naturelle contre les attaques de microbes ou d'insectes. Une partie de ces métabolites secondaires se concentre dans les sacs oléifères, qui sont des poches sécrétrices d'huiles essentielles.

#### **1.1.4.2 Composition chimiques des huiles essentielles**

La composition de nombreuses huiles essentielles a été décrite dans la littérature. Elle varie en fonction de différents facteurs, incluant le stade de développement des plantes, les organes prélevés, la période et la zone géographique de récolte [12, 14, 16, 19, 22]. Les constituants des huiles essentielles sont synthétisés dans la plante par les voies des acides mélavonique et shikimique en tant que métabolites secondaires, stockés dans les trichomes glandulaires, les cellules oléagineuses ou les canaux des tissus végétaux. La plante aromatique utilise l'énergie solaire via la photosynthèse et active son métabolisme

primaire afin de produire des sucres (aussi lipides et protides). Le métabolisme secondaire élabore à partir de ces sucres par divers processus d'oxydoréduction des structures moléculaires complexes et variables selon les caractéristiques génétiques propres à l'espèce végétale (Fig.1.1) [1].

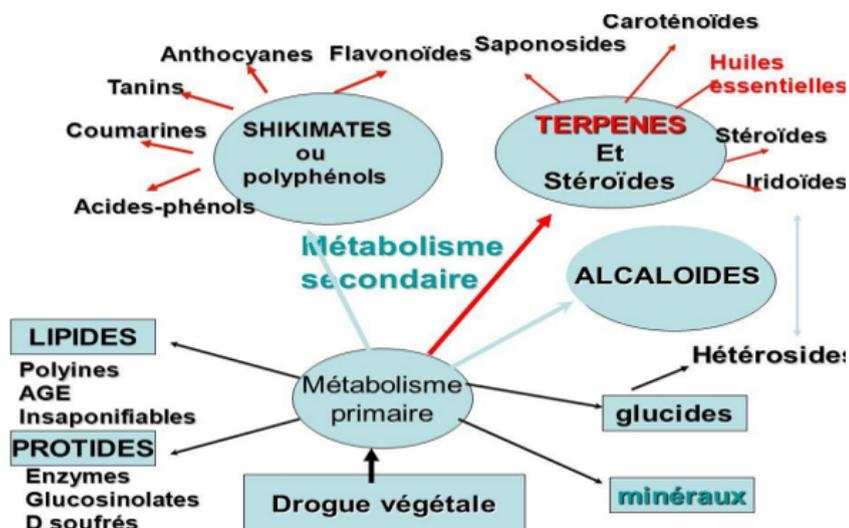


FIGURE 1.1: Illustration du métabolisme primaire et secondaire [1]

**Les différents groupes de métabolites secondaires** Le métabolisme secondaire se définit comme l'ensemble des voies de synthèse de la plante non communes à toutes les plantes supérieures, se différenciant en fonction de leurs appartenances taxonomiques.

- ◆ **Les alcaloïdes** : Les alcaloïdes sont principalement extraits des plantes fleurissantes, mais on les trouve également chez quelques animaux. Ce sont des composés relativement stables qui sont stockés dans les plantes en tant que produits de différentes voies biosynthétiques.
- ◆ **Les composés phénoliques** : Constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal. Ils sont des produits de métabolites secondaires des plantes depuis les racines jusqu'aux fruits. Malgré qu'ils n'exercent pas une fonction directe dans l'organisme végétal (croissance ou reproduction) mais ils jouent un rôle fondamental aux niveaux sensoriel (couleur et caractères organoleptiques) et nutritionnel. Les polyphénols prennent une importance croissante, notamment à cause de leurs effets sur la santé. En effet, leurs rôles d'antioxydants naturels suscitent de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer, des maladies inflammatoires, des maladies cardiovasculaires et des maladies neuro

dégénératives. Ils sont également utilisés comme additifs pour l'industrie Agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Les groupes des composés phénoliques sont : les flavonoïdes, les tanins, les lignines, les Saponines, les stilbènes, les coumarines.

La détermination de la composition chimique a intéressé de nombreux chercheurs et les méthodes d'analyse chimique de plus en plus sophistiquées ont permis d'identifier un très grand nombre de constituants des huiles essentielles. Les huiles essentielles sont des mélanges plus ou moins complexes dont les constituants jouent du point de vue parfum des rôles d'inégale importance : les uns contribuent puissamment à l'arôme de l'essence, certains participent simplement à l'harmonie du mélange. D'autres sont complètement inodores ou peu odorants, ceux-ci ont un rôle tout à fait effacé. Les constituants des huiles essentielles appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes d'une part et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, beaucoup moins fréquents, d'autre part. Elles peuvent également renfermer divers produits issus de processus dégradés mettant en jeu des constituants non volatils [19, 23].

### **Les terpènes**

Les terpènes (= terpénoïdes) sont des constituants habituels des cellules végétales, impliqués ou non dans des fonctions métaboliques essentielles, on les trouve fréquemment dans les huiles volatiles des plantes [23]. Les terpènes présentent structurellement et fonctionnellement différentes classes. Ils sont formés des combinaisons de plusieurs unités de 5 carbones à la base ( $C_5$ ) appelé isoprène. Dans le cas des huiles essentielles, seuls seront rencontrés les terpènes les plus volatils, c'est à dire, ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée : monoterpènes ( $C_{10}$ ) et sesquiterpènes ( $C_{15}$ ), mais existent aussi les hemiterpènes ( $C_5$ ), diterpènes ( $C_{20}$ ), triterpènes ( $C_{30}$ ) et tetraterpènes ( $C_{40}$ ) [1]. Un terpène contenant de l'oxygène est un terpénoïde. La biosynthèse des terpènes consiste la synthèse du précurseur de l'isopentenyl diphosphate (IPP), l'adjonction répétitive d'IPPs pour former le précurseur prenyldiphosphate des différentes classes de terpènes, la modification allylique de prenyldiphosphate par des synthétases spécifique de terpènes pour former la squelette terpène et finalement, la modification enzymatique secondaire (réaction redox) de la squelette pour attribuer les propriétés fonctionnelles aux différents terpènes [2].

- **Les monoterpènes** : Ils sont formés par le couplage de deux unités isopréniques ( $C_{10}$ ). Ils sont les molécules les plus représentatives, constituant 90 % des huiles essentielles et permettent une grande variété de structures(Fig.1.2).
- **Sesquiterpènes** : Il s'agit de la classe la plus diversifiée des terpènes puisqu'elle contient plus de 3000 molécules dont les plus caractéristiques sont présentées à la figure Fig.1.2. Les sesquiterpènes se divisent en plusieurs catégories structurales, acyclique, monocyclique, bicyclique, tricyclique, polycyclique.

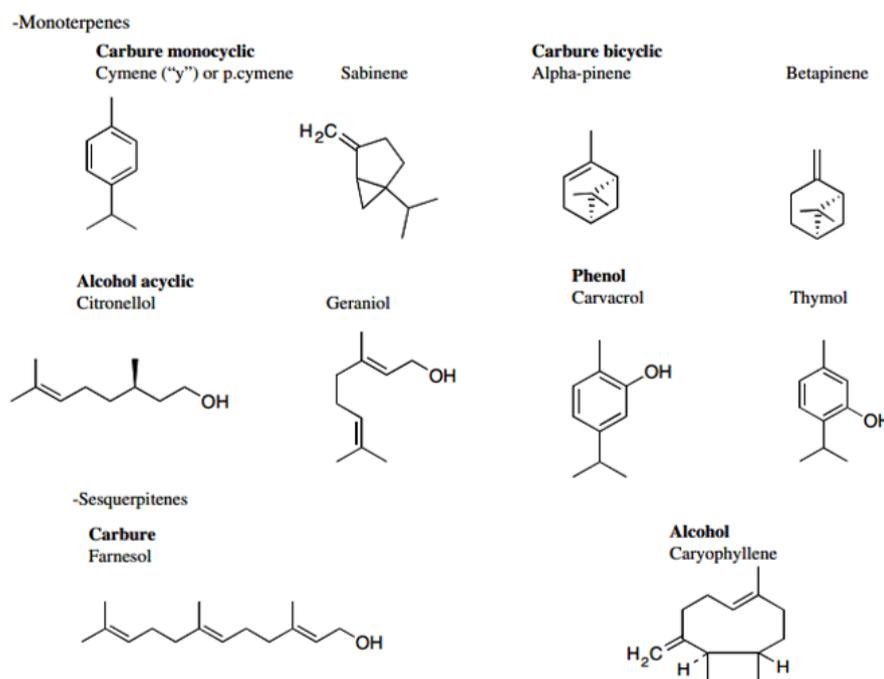


FIGURE 1.2: Structure chimique de certains monoterpènes et Sesquiterpènes[2]

### Les composés aromatiques

Les dérivés du phénylpropane ( $C_6 - C_3$ ) sont beaucoup moins fréquents que le précédent. Ce sont très souvent des allyles et des propénylphénols, parfois des aldéhydes. On peut également rencontrer dans les huiles essentielles des composés en ( $C_6 - C_1$ ) comme la vanilline ou comme l'anthranilate de méthyle [1, 2]. Les composés aromatiques comprennent :

- Aldéhyde : cinnamaldéhyde
- Alcool : alcool cinnamique
- Phénols : chavicol, eugénol
- Dérivés méthoxy : anéthole, élémicine, estragole, méthyleugénols

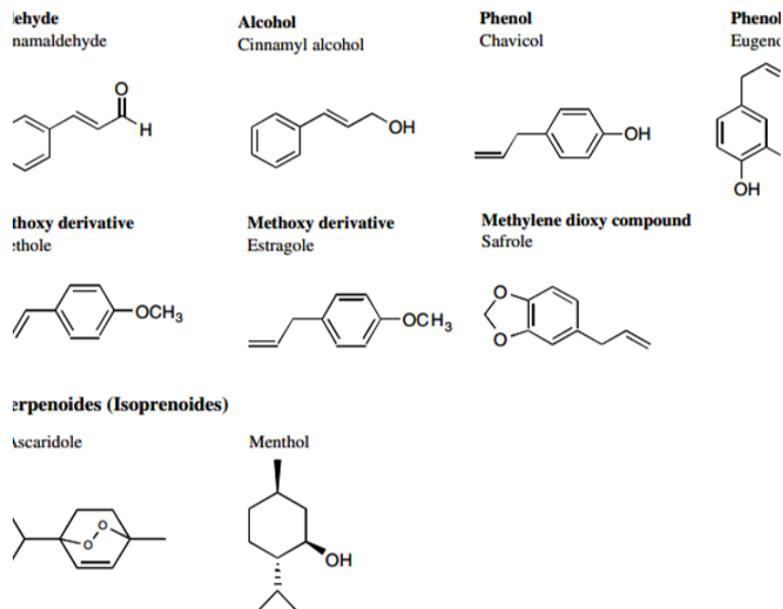


FIGURE 1.3: Structure chimique de certains composés aromatiques[2]

### 1.1.4.3 Secteurs d'application des huiles essentielles

Les huiles essentielles constituent une matière première destinée à divers secteurs d'activités. Leur popularité s'est accrue d'une façon considérable ces dernières années [24].

#### Application en agronomie

Les pesticides à base d'huiles essentielles prennent tout leur intérêt en agriculture biologique ou l'usage de pesticides de synthèse, réputés plus néfastes pour la santé et pour l'environnement, est réglementé et de plus en plus contrôlé dans le cadre de la directive REACH, en Europe. En fait, les HEs peuvent être utilisées pour protéger les cultures contre les insectes nuisibles sur lesquels ils exercent des effets variés : toxiques, répulsifs, ovicides ou inhibiteurs de croissance. Les HEs peuvent aussi être exploitées pour leurs propriétés herbicides. Ainsi, plusieurs préparations contenant des HEs sont commercialisées en tant que biopesticides [19].

#### Application dans le secteur de l'alimentaire

Dans les industries alimentaires, on se sert essentiellement des propriétés aromatisantes des HEs. Certains de leurs composants, linalool, thymol, eugénol, carvone, aldéhyde cinnamique, vanilline, carvacrol, citral, et limonène ont été acceptés par la Commission européenne pour leur usage dans ce cadre-là. Une vaste gamme de conservateurs

et d'antioxydants sont utilisés pour prolonger la durée de vie d'un produit alimentaire. Cependant, les additifs artificiels sont accusés d'être cancérigènes et toxiques. Pour faire face à l'inquiétude et la crainte des consommateurs, des travaux se sont ainsi orientés vers l'utilisation d'alternatives naturelles. Les HEs contenant des phénols occupent une place de choix parmi ces palliatifs grâce à leurs propriétés antioxydantes. De surcroît, beaucoup de ces HEs sont antimicrobiennes, actives contre les principaux pathogènes d'origine alimentaires comme *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter*, *Salmonella* et d'autres. Pourtant, un nombre limité d'additifs alimentaires contenant des HEs est actuellement commercialisé. On peut citer par exemple le "DMC base naturel", un conservateur qui contient 50 % d'HEs de romarin, de sauge et d'agrumes, et 50 % de glycérol. En fait, plusieurs contraintes comme leurs arômes puissants qui peuvent nuire aux propriétés organoleptiques des aliments et leurs interactions avec les constituants de la matrice alimentaire, limitent l'application pratique des HEs dans l'industrie alimentaire [1, 19].

### **Application en cosmétologie**

Cette thérapie utilise certaines huiles essentielles pour les produits cosmétiques pour la peau, le corps, le visage et les cheveux. Ces produits sont utilisés pour leurs divers effets nettoyants, hydratants, asséchants et tonifiants. Une peau saine peut être obtenue en utilisant des huiles essentielles dans les produits pour le visage. Sur le plan personnel, l'aromathérapie cosmétique du corps entier ou du bain de pieds sera un moyen simple et efficace de vivre une expérience. De même, quelques gouttes d'huile appropriée donnent une expérience rajeunissante et revitalisante [19].

### **Application dans le secteur de santé**

Plusieurs huiles essentielles présentent un effet fongicide, antidépresseur, antibactérien, stimulant et relaxant et peuvent être utilisées comme agent thérapeutique efficace. Ces propriétés thérapeutiques remarquables huiles essentielles, agissent efficacement dans le traitement de plusieurs infections causées par des maladies pathogènes ou non pathogènes. Les maladies pathogènes causées par des virus, des champignons et des bactéries peuvent être traitées à l'aide d'huiles essentielles respectives. Les maladies non pathogènes sont également traitées avec l'utilisation appropriée d'huiles essentielles. Par exemple, l'huile essentielle obtenue à partir d'ail a montré une diminution significative du cholestérol sérique et des triglycérides (TG) en augmentant le niveau de lipoprotéines (haute densité) chez les patients atteints de maladies coronariennes [25]. Certaines huiles

essentielles possèdent une activité hypotensive et sont utilisées pour le traitement de l'hypertension. Les huiles essentielles et leurs composants aromatiques individuels ont montré des propriétés anticancéreuses et sont utilisées dans le traitement du cancer du sein, des tumeurs, de la leucémie, du gliome et bien d'autres. Les éléments hydrocarbonés sesquiterpéniques présents dans les huiles essentielles en très petites quantités sont efficaces pour le traitement des gliomes (tumeurs humaines malignes)[26]. La thérapie antiangiogénique est considérée comme l'une des méthodologies les plus prometteuses pour contrôler le cancer [19].

### **Application en médecine vétérinaire**

Il existe diverses huiles essentielles comme l'huile de citronnelle qui sont utilisées comme insecticides ou comme insectifuges et dans des applications vétérinaires. Après l'interdiction de l'utilisation d'antibiotiques dans l'alimentation des animaux, les huiles essentielles sont apparues comme une alternative potentielle aux antibiotiques utilisés dans l'alimentation des animaux. Dans le domaine vétérinaire, Les huiles essentielles utilisées sont classées dans les classes suivantes[19] :

1. Les huiles essentielles qui attirent les animaux
2. Les huiles essentielles qui repoussent les animaux
3. Huiles essentielles antiparasitaires, antiparasitaires et insecticides
4. Huiles essentielles utilisées dans l'alimentation des animaux
5. Huiles essentielles utilisées pour le traitement des maladies animales

Les huiles essentielles sont utilisées dans l'alimentation des animaux comme activateur de la production de suc pancréatique et gastrique, stimulant pour la production de salive, stimulant de l'appétit et antioxydant et antimicrobien pour l'amélioration des performances des poulets de chair. Les huiles essentielles en raison de leur nature efficace devraient être utilisées en quantités infimes en nutrition animale [1, 19].

### **Applications industrielles**

L'utilisation des huiles essentielles (HE) au niveau industriel est un domaine très prometteur pour le développement de tout pays. Le développement rapide de l'industrie des arômes et des parfums au XIXe siècle reposait en grande partie sur les HE et d'autres

produits naturels connexes. En 1876, Haarman et Reimer ont commencé à synthétiser de la vanilline (produits chimiques aromatiques synthétiques), puis de l'anisaldéhyde, de la coumarine, du terpinéol et de l'héliotropine [12, 19].

#### 1.1.4.4 Intérêt des huiles essentielles dans le monde

Le développement des connaissances scientifiques, notamment dans les domaines de la médecine et de la chimie, s'est basé sur le principe fondamental de l'Evidence based medicine (EBM). Ainsi, contrairement aux connaissances traditionnelles sur les plantes médicinales qui sont basées sur l'empirisme, la médecine moderne se caractérise par une médecine fondée sur les preuves. Ces preuves s'acquièrent grâce à des études scientifiques dont les protocoles sont rigoureusement définis et contrôlés dans le but d'avoir des résultats les plus incontestables possibles. Ces études scientifiques, nécessitent de nombreux moyens humains, matériels et économiques et leurs financements restent un enjeu de premier plan pour le développement des nouvelles thérapeutiques. Les plantes médicinales font moins l'objet de recherche clinique devant le manque de lobbys susceptibles de financer les études onéreuses [27]

Cependant, dans ces pays, il existe depuis quelques décennies un regain d'intérêt pour les médecines dites "douces" ou "naturelles". Cet engouement est souvent expliqué par plusieurs facteurs, notamment par :

- la prise de conscience écologique où la population a tendance à rapprocher la médecine naturelle de la nature et donc de la santé.
- les carences de la médecine conventionnelle à résoudre certaines souffrances ressenties par les patients, notamment dans les maladies chroniques douloureuses et les cancers [28].
- les derniers scandales mettant en cause certains laboratoires pharmaceutiques, citons le Benfluorex, Médiator<sup>®</sup> ou encore le Valproate de sodium, Dépakine<sup>®</sup>, ont pu provoquer une certaine méfiance de la population. Elle voit en cette médecine moderne, certes le mérite d'être fondée sur des preuves scientifiques, mais malheureusement le défaut d'être sous l'influence d'enjeux économiques et financiers qui la dépassent.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 80 % de la population mondiale a recours aux médecines traditionnelles pour satisfaire des besoins en soins de santé primaire. Cet intérêt est essentiellement dû au caractère peu onéreux et plus accessible de la médecine traditionnelle par rapport à la médecine conventionnelle importée, plus

coûteuse et difficilement accessible. Le marché mondial des médicaments traditionnels à base de plantes est estimé à 60 000 millions de dollars [4–7].

Les huiles essentielles représentent un outil thérapeutique très efficace essentielles peuvent être utilisées directement comme agents thérapeutiques mais aussi comme matières premières pour la synthèse de principes actifs. L'utilisation des huiles essentielles dans différentes pathologies (digestive, infectieuse,...) fait appel à leurs propriétés : anti-infectieuse, antalgique, anti-inflammatoire, sédative, antimicrobien, antispasmodique et antioxydante [24].

#### **1.1.4.5 Méthodes d'extraction des huiles essentielles**

Le mode d'extraction des huiles essentielles suit les normes AFNOR NF T 75-006 et autres, qui stipulent que seuls l'entraînement à la vapeur, les procédés mécaniques et la distillation sèche des écorces d'agrumes peuvent être utilisés pour produire des huiles essentielles. Par conséquent, nous allons d'abord passer en revue les différentes méthodes d'extraction les plus couramment utilisées[1, 12, 19].

##### **Macération**

La macération produit en effet plus d'huile infusée que celle essentielle. Dans cette technique, le matériel végétal est trempé dans l'huile végétale, puis chauffé et filtré à un point sur lequel le produit fabriqué peut être utilisé à des fins de massage.

##### **Pressage à froid**

Le pressage à froid est une technique utilisée pour extraire les huiles essentielles des écorces d'agrumes comme le citron, l'orange, la bergamote et le pamplemousse. Cette méthode comprend le simple pressage de l'écorce suivi de la séparation des écorces du fruit, le hachage, puis le pressage. En conséquence, un mélange aqueux est produit qui contient à la fois de l'huile essentielle et du liquide présent dans la matière source. Ceux-ci sont séparés les uns des autres en utilisant une méthode appropriée. Il est important de noter que les huiles essentielles produites à partir de cette méthode ont une courte durée de conservation par rapport aux autres méthodes.

##### **Extraction par solvant**

Dans l'extraction par solvant, l'huile essentielle est extraite du matériel végétal à l'aide

d'un solvant approprié. Généralement, les hydrocarbures sont ajoutés comme solvant dans la matière végétale pour l'extraction des huiles essentielles. Après l'ajout de solvant dans la matière végétale, la solution produite est filtrée puis concentrée par le processus de distillation. L'huile est extraite du concentré par l'ajout d'alcool pur qui est ensuite évaporé. Le principal inconvénient de cette méthode est que les résidus de solvant laissés peuvent provoquer des allergies et également affecter le système immunitaire [19, 29].

### **Enfleurage**

L'enfleurage est la méthode traditionnelle et intensive d'extraction des huiles essentielles des fleurs. Dans ce processus, la graisse est déposée sur le pétale de fleur à des fins d'extraction. Après l'absorption des huiles essentielles des pétales de fleurs par la graisse, l'alcool est utilisé pour la séparation et l'extraction des huiles essentielles des graisses. A la fin du processus, l'huile essentielle pure est récupérée par évaporation de l'alcool.

### **Hydrodistillation**

L'hydrodistillation est devenue obsolète pour le procédé d'extraction des huiles essentielles. Elle consiste à immerger la matière première dans un bain d'eau et l'ensemble est porté à ébullition (Fig.1.4). Elle est généralement conduite à pression atmosphérique. L'utilisation de l'hydrodistillation dans les pays développés est limitée en raison de la production d'huiles essentielles à odeur de brûlé. Comme dans ce processus, le matériau est surchauffé, ce qui provoque la combustion de composés aromatiques qui entraînent la production du produit souhaité (huiles essentielles) avec une odeur de brûlé. Ce procédé semble être efficace pour les poudres telles que la pâte mécanique, les poudres d'épices, etc. et pour les matériaux durs tels que les noix, le bois ou les racines.

### **Extraction CO<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> supercritique**

Cette méthode d'extraction est impliquée dans les technologies les plus modernes. Les procédés d'extraction de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de CO<sub>2</sub> supercritique utilisent le CO<sub>2</sub> comme solvant qui éloigne les huiles essentielles des matières végétales souhaitées. Dans le processus d'extraction du CO<sub>2</sub>, le CO<sub>2</sub> est utilisé à très haute pression. Tout d'abord, le CO<sub>2</sub> est refroidi entre les températures de 35 et 55 °F puis pompé à une pression de 1000 psi à travers du matériel végétal.

Le dioxyde de carbone dans cette condition est condensé en un liquide. Dans le procédé d'extraction au CO<sub>2</sub> supercritique (SCO<sub>2</sub>), le CO<sub>2</sub> est chauffé à une température de

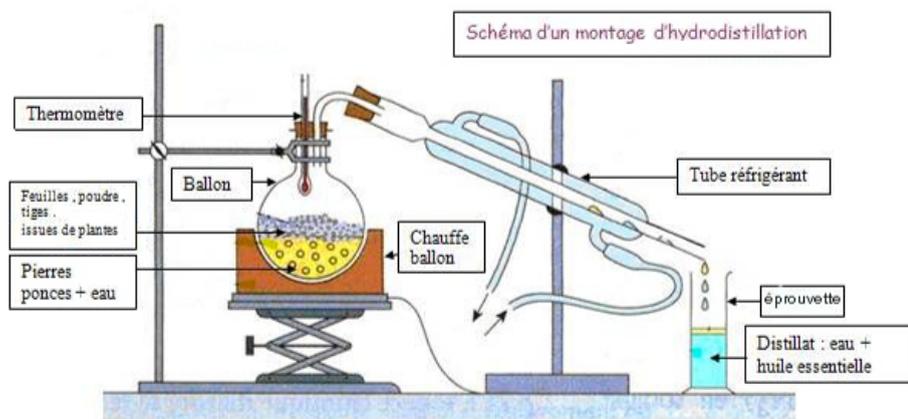


FIGURE 1.4: Montage d'une hydrodistillation

87°F et à une pression de 8000 psi et pompé à travers les matières végétales. Dans ces conditions, le CO<sub>2</sub> est comparé à un brouillard dense ou à de la vapeur. La pression du milieu réactionnel est libérée, ce qui entraîne l'élimination du dioxyde de carbone sous forme gazeuse en laissant l'huile essentielle derrière elle. Par conséquent, les huiles essentielles sont séparées du CO<sub>2</sub>. Les huiles essentielles obtenues par ce procédé contiennent une essence plus proche de l'essence de la matière végétale d'origine [1, 19, 30].

### Extraction par micro-ondes

Le procédé d'extraction par micro-ondes appelée Vacuum Microwave Hydrodistillation consiste à extraire l'huile essentielle à l'aide d'un rayonnement micro-ondes d'énergie constante et d'une séquence de mise sous vide. Seule l'eau de constitution de la matière végétale traitée entre dans le processus d'extraction des essences. Sous l'effet conjugué du chauffage sélectif des micro-ondes et de la pression réduite de façon séquentielle dans l'enceinte de l'extraction, l'eau de constitution de la matière végétale fraîche entre brutalement en ébullition. Le contenu des cellules est donc plus aisément transféré vers l'extérieur du tissu biologique, et l'essence est alors mise en oeuvre par la condensation, le refroidissement des vapeurs et puis la décantation des condensats (Fig.1.5). Cette technique présente les avantages suivants : rapidité, économie du temps d'énergie et d'eau, extrait dépourvu de solvant résiduel [3, 30–32].

L'Extraction par micro-ondes existe sous différentes forme :

- soit on peut réaliser une hydro distillation ou une extraction par solvant classique, mais en chauffant le mélange par micro-ondes pour diminuer le temps de l'extraction.

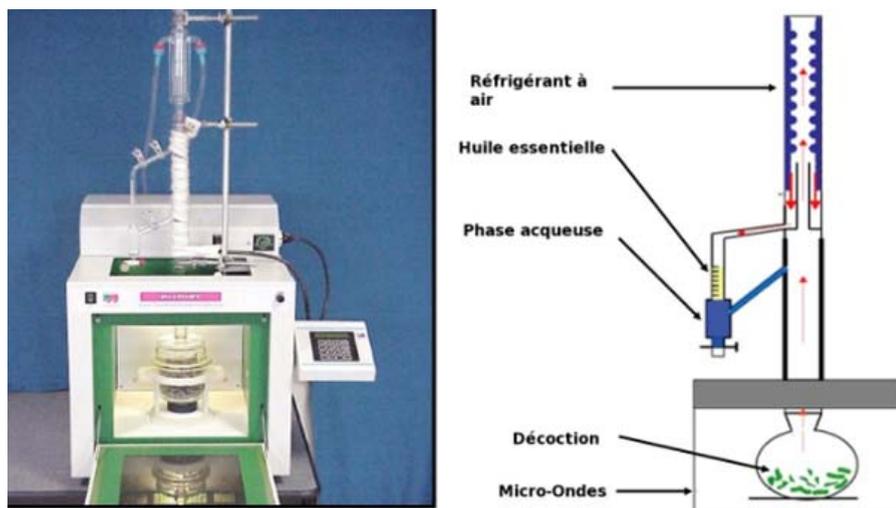


FIGURE 1.5: Montage d'une distillation par micro-ondes [3]

– soit, pour utiliser toutes les avantages de micro-ondes, on peut utiliser de nouvelles techniques comme l'extraction sans solvant assistées par micro-ondes ou une hydro distillation aux micro-ondes sous vide, c'est à dire sans eau.

### **Extraction par turbo-distillation**

Le processus de turbo-distillation est approprié pour l'extraction de matières végétales grossières et dures comme les racines, les graines et l'écorce. Dans ce processus, la matière végétale est trempée dans l'eau, puis la vapeur circule à travers la matière végétale et le mélange d'eau. Tout au long du processus, la même eau est recyclée à travers la matière végétale. Cette méthode permet à l'huile essentielle d'être extraite plus rapidement des matières végétales difficiles à extraire [31].

### **Extraction par entraînement à la vapeur d'eau**

La technique la plus couramment utilisée pour l'extraction de l'huile essentielle de la matière végétale est appelée distillation. Dans ce type de distillation, des fleurs ou des plantes sont placées sur un tamis et de la vapeur traverse le matériau. Plus tard, la vapeur est condensée pour produire de l'eau et de l'huile essentielle. A la fin, ce mélange d'huile essentielle et d'eau est séparé [18, 19].

Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur. Les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées dans l'essencier, avant d'être séparées en une phase aqueuse (HA) et une phase organique

(HE)(Fig.1.6). L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques, évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile. Les fractions dites " de tête ", fragrances très volatiles dues à des molécules légères, apparaissent en premier. Le plus souvent, une demi-heure permet de recueillir 95 % des molécules volatiles. L'emploi en aromathérapie impose de prolonger l'opération aussi longtemps qu'il est nécessaire afin de récupérer la totalité des composants aromatiques volatils [1, 12]

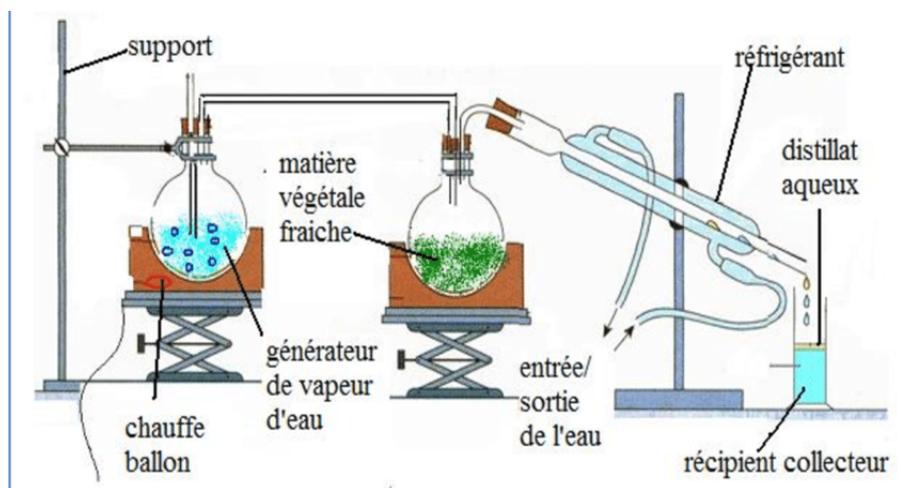


FIGURE 1.6: Montage d'une distillation par entraînement à la vapeur

Dans le cadre de notre étude nous avons choisi cette dernière technique on utilisant l'ambic; un dispositif qui a été conçu au laboratoire. Ce dispositif est composé d'un bouilleur qui contient de l'eau liée à une deuxième cuve dans laquelle on place le matériel végétale. La cuve est recouverte par un chapiteau qui est prolongé par un col, celui-ci est raccordé à un système de refroidissement. Le serpentin débouche sur l'essencier où l'hydrolat ou eau florale et celui du haut l'huile essentielle seront recueillies (Fig.1.7).

#### 1.1.4.6 Choix de la méthode d'extraction

La diversité et la complexité des huiles essentielles rendent le choix des processus d'obtention délicat. La méthode choisie ne doit pas conduire à la discrimination entre les composés polaires et apolaires, ni induire de réactions biochimiques, de dégradations thermiques, d'oxydation, de réduction, d'hydrolyse, de changement de pH ou entraîner une perte de composés volatils. Pour cela, différents paramètres et propriétés sont à prendre en compte [18].

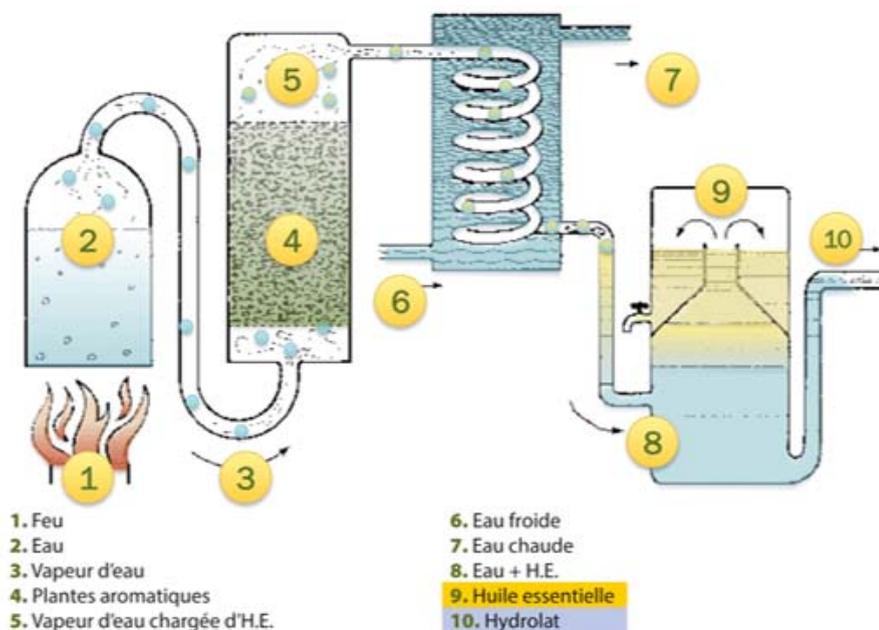


FIGURE 1.7: Schéma d'un alambic

Les principaux paramètres à prendre en compte dans les opérations fondamentales d'extraction de matières premières naturelles aromatiques sont :

- ◆ La volatilité ;
- ◆ La solubilité ;
- ◆ La taille et la forme des molécules constitutives ;
- ◆ L'adsorption.

#### 1.1.4.7 Propriétés Physiques et chimiques des huiles essentielles

Liquides à température ambiante, les huiles essentielles sont volatiles, ce qui les différencie des huiles fixes. Elles ne sont que très rarement colorées. Leur densité est en général inférieure à celle de l'eau. Elles ont un indice de réfraction élevé et la plupart dévient la lumière polarisée. En générale les huiles essentielles :

- ◆ se trouvent sous formes liquides à la température ambiante ;
- ◆ ont une densité est généralement inférieure a 1 ;
- ◆ ont un indice de réfraction souvent élevé ;
- ◆ sont douées d'un pouvoir rotatoire ;
- ◆ sont peu solubles dans l'eau et solubles dans la plupart des solvants organiques ;

- ◆ peuvent être incolores ou colorées et sont sensibles à l'altération ;
- ◆ ont tendance à se polymériser pour former des produits résineux.

#### 1.1.4.8 Activités biologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles représentent un outil thérapeutique très efficace essentielles peuvent être utilisées directement comme agents thérapeutiques mais aussi comme matières premières pour la synthèse de principes actifs L'utilisation des huiles essentielles dans différentes pathologies (digestive, infectieuse, Ę) fait appel à leurs propriétés : anti-infectieuse, antalgique, anti-inflammatoire, sédatif, antimicrobien, antispasmodique et antioxydante.

L'activité antioxydante des huiles essentielles est exploitée dans la lutte contre le stress oxydatif qui est défini comme un déséquilibre entre la production excessive de molécules oxydantes et/ou une diminution du taux d'antioxydants dans l'organisme

- ◆ **Activités antibactériennes** :Les huiles essentielles présentent des propriétés antimicrobiennes remarquables. La principale caractéristique des HE est leur hydrophobie qui leur permet de se diviser en lipides de la membrane cellulaire bactérienne en raison de laquelle la structure bactérienne est perturbée et rendue plus perméable. Par conséquent, différents ions et de nombreuses autres molécules cellulaires de la cellule bactérienne sont divulgués. Cependant, certaines quantités d'ions et d'autres molécules cellulaires des cellules bactériennes peuvent être supportées sans aucune perte de viabilité, mais une plus grande perte de contenu cellulaire et d'ions peut entraîner la mort des cellules bactériennes. Généralement, les composés phénoliques présents dans les huiles essentielles comme l'eugénol, le thymol et le carvacrol sont responsables des activités antibactériennes des huiles essentielles. Ces composés peuvent provoquer la coagulation du contenu cellulaire et la perturbation de la membrane cytoplasmique/du flux d'électrons/de la force motrice du proton/du transport actif [1, 12, 19, 33, 34].

- ◆ **Activité anti-inflammatoire** : De façon générale l'inflammation correspond à un ensemble de phénomènes survenant à un point d'irritation après l'invasion par un agent pathogène (susceptible d'engendrer une maladie). À la suite d'une agression constituée par une blessure, une infection ou un traumatisme consécutif à un acte chirurgical, il se crée dans l'organisme ce que l'on appelle une inflammation. Classiquement, une inflammation se manifeste par quatre signes principaux : rougeur,

chaleur, tuméfaction (gonflement), douleur. Le mécanisme inflammatoire fait intervenir un grand nombre de substances présentes dans le sang, entre autres de nombreuses hormones, comme les prostaglandines, l'histamine, des compléments, les cytokines participent à l'inflammation. L'huile essentielle de géranium a montré des propriétés anti-inflammatoires significatives contre les souris chez lesquelles l'œdème de l'oreille a été induit par l'huile de croton. Une réduction de près de 73 à 88 % a été obtenue à des doses de 5 et 10 ml d'huile/oreille, respectivement [19, 35].

◆ **Activité antifongique** : Les infections fongiques ont augmenté durant ces dernières années. L'augmentation de la résistance fongique vis-à-vis les médicaments classiques, les frais de traitement et le fait que les antifongiques les plus disponibles n'ont que l'activité fongistatique, justifient la recherche de nouveaux traitements. Les huiles essentielles de nombreuses plantes sont reconnues qu'elles possèdent une activité antifongique, cependant, seulement des informations limitées existent sur l'activité des champignons pathogènes humains. Les HE ont un spectre d'action très large puisqu'elles inhibent aussi bien la croissance des bactéries que celles des moisissures et des levures [1, 14]. D'après l'étude réalisée par Ouraini et coll. [36], les huiles essentielles de plantes aromatiques et médicinales : thym (*Thymus saturejoïdes L.*), menthe pouliot (*Menthe pulegium L.*) et romarin (*Rosmarinus officinalis L.*) présentent des activités inhibitrices sur la germination des spores ou des arthrospores de tous les dermatophytes testés à des concentrations allant de 0,001 à 4 %. Cette action a été plus forte sur les souches fongiques anthropophiles et avec de moindres concentrations .

◆ **Activité antioxydante** : Un antioxydant est par définition une espèce chimique plus ou moins complexe diminuant le stress oxydant au sein de l'organisme. Un antioxydant peut donc : prévenir la synthèse de radicaux libres en inhibant l'initiation des chaînes réactionnelles ou désactiver directement les ROS. Les antioxydants peuvent être classés selon leurs modes d'actions : systèmes enzymatiques, inhibiteurs d'enzymes oxydantes, chélateurs de métaux et piègeurs de radicaux libres. Les antioxydants sont un groupe hétérogène composé de systèmes antioxydants endogènes, enzymatiques ou non, de vitamines, d'oligo-éléments ou encore de polyphénols.

L'activité antioxydante des extraits naturels est évaluée par de nombreuses méthodes physicochimiques. Cependant, il n'existe pas de test universel. Tenant en compte la nature diversifiée des antioxydants, ainsi que la complexité des processus d'oxydation, les valeurs de l'activité antioxydante d'un composé diffèrent d'un test à l'autre. Ce qui rend difficile une comparaison entre les méthodes et par la suite une certaine standardisation. Il faut combiner les réponses des tests susceptibles d'être réalisés afin d'avoir une indication aussi précise que possible sur la capacité antioxydante d'un échantillon. L'activité antioxydante peut être évaluée soit par des méthodes directes en dosant des produits formés (les hydroperoxydes par exemple), soit par des méthodes indirectes où l'efficacité d'un antioxydant est révélée en mesurant sa capacité à piéger des radicaux libres grâce à l'utilisation de sonde intermédiaire [35]

## Chapitre 2

# Généralités sur les plantes étudiées

### 2.1 Plante *Inula viscosa* L.

*Inula* est un mot grec : *Inéo* qui signifie je purge. (Allusion à une propriété thérapeutique de la plante). Le nom "Inula" est très ancien et vient du nom de *Inula helenium* et généralisé pour tous les genres. La famille Inula est l'une des plus distribuée dans le règne végétale. Cette famille comprend plus de 13 tribus, 1000 genres et 23000 espèces. En Algérie il en existe 109 genres et 408 espèces, sa richesse en composés naturels divers est l'une des propriétés typiques de cette famille, elle est économiquement importante et fournit des plantes alimentaires, médicinales et des plantes utilisée en cosmétologie [?].

*Inula viscosa* appelée aussi *Dittrichia viscosa* rattachée au genre *Dittrichia*, car elle possède des poils glanduleux sur l'ovaire, ce qui la caractérise des autres espèces du genre *Inula* [37].

#### 2.1.1 Description botanique

*Inula viscosa* (L) est une plante annuelle, herbacée, visqueuse et glanduleuse, à odeur forte qui appartient à la famille des Astéracées (Composées). Elle peut atteindre 50 cm à 1 m de hauteur et présente des capitules à fleurs jaunes très nombreuses au sommet



FIGURE 2.1: Image de la plante *Inula viscosa*(Magraman)

de la tige. Les feuilles sont entières ou dentées, aiguës, sinuées, les caulinaires amplexicaules, plus largement lancéolées, les capitules assez gros en longues grappes pyramidales (Fig.2.1). C'est une plante largement répandue dans le nord de l'Algérie et dans tout le pourtour méditerranéen, localement elle est appelée *Magramen*. On la trouve dans les rocailles, les garrigues, les terrains argileux un peu humides et sur les bords des routes. Boisé à la base, *I. viscosa* présente au sommet de la tige de nombreuses capitules à fleurs jaunes (Fig.2.2). Elle est largement utilisée en médecine traditionnelle en Algérie, notamment dans les zones agricoles pour le traitement de diverses maladies telles que la bronchite, le diabète et les blessures. Son histoire thérapeutique est très diversifiée et connue depuis longtemps dans les médications traditionnelles [38? –41].

### Partie aérienne

- La plante *Inula viscosa* est collante et très odoriférante.
- Ses tiges : sont assez ramifiées et pourvues d'un feuillage dense. Avec l'âge, elles deviennent ligneuses et foncées à la base.
- Feuillage : glanduleux, visqueux, collant sur les deux faces ; feuilles alternées, sessiles, celle de haut sont simples entières, les autres sont légèrement dentées et inclinées vers le bas.

- La floraison : commence à partir du mois de Septembre les inflorescences sont de longues grappes et présente de nombreux capitules à fleurs jaunes au sommet de la tige.
- Les fleurs : sont des akènes pourvues d'une aigrette soyeuse de couleur rousse



FIGURE 2.2: Fleur d'*Inula viscosa*

### Partie souterraine

L'inule visqueuse est une plante, à odeur forte ligueuse sa base est une forte racine pivotante lignifiée pouvant atteindre 30 cm de longueur.

#### 2.1.2 Taxonomie

- . Règne : Végétal,
- . Embranchement : Spermaphytes,
- . Sous-Embranchement : Angiospermes,
- . Classe : Eudicots ou Dicotyledones,
- . Sous Classe : Astéridées,gamopetales,
- . Ordre : Astérales,
- . Famille : Astéracées,
- . Genre : Inula,

- . **Espèce** : *Inula viscosa* (L),
- . **Synonymie** : *Dittrichia viscosa* (L),
- . **Nom commun** : inule, aunée visqueuse
- . **Noms vernaculaires** : Magramane ou Amagramane.

### 2.1.3 Répartition géographique

Inule visqueuse est une plante commune et peut exiger dans tout le bassin méditerranéen, très répandue dans le Nord de l'Algérie. Elle se rencontre dans les terrains abandonnés, rivières asséchées, les bords de routes, comme elle affectionne les lieux fraîchement perturbés par les travaux ou le passage du feu, et apparaît sur les sols argileux et sableux. Comme elle se retrouve dans les côtes rocheuses, les collines, et les zones humides [38, 39].

### 2.1.4 Aspects phytochimique

Les études effectuées sur cette la plante *Inula viscosa* (L) ont montré qu'elle est riche en métabolites secondaires tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes et les composés terpénoïdes. Ces composés sont doués de propriétés antibactériennes, antifongiques, anti-inflammatoires et autres [41].

Le genre *Inula* est très riche en métabolites secondaire (Fig.2.3); ce qui explique les diverses utilisations de ce genre dans la médecine traditionnelle et les diverses activités biologiques. La composition chimique de ce genre de plantes est représentée par le schéma donné par la figure ci-dessous.

Classiquement considérés comme des métabolites secondaires, les composés phénoliques sont présents chez tous les végétaux supérieurs. Ils peuvent être définis comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes. *Inula Viscosa* est composée de flavonoïdes et polyphénols. Elle est très riche en huiles essentielles, dont la concentration varie selon les différentes parties (feuilles, racines et fleurs). Ses composants majoritaires sont le camphre, l'eucalyptol et le thymol [38].

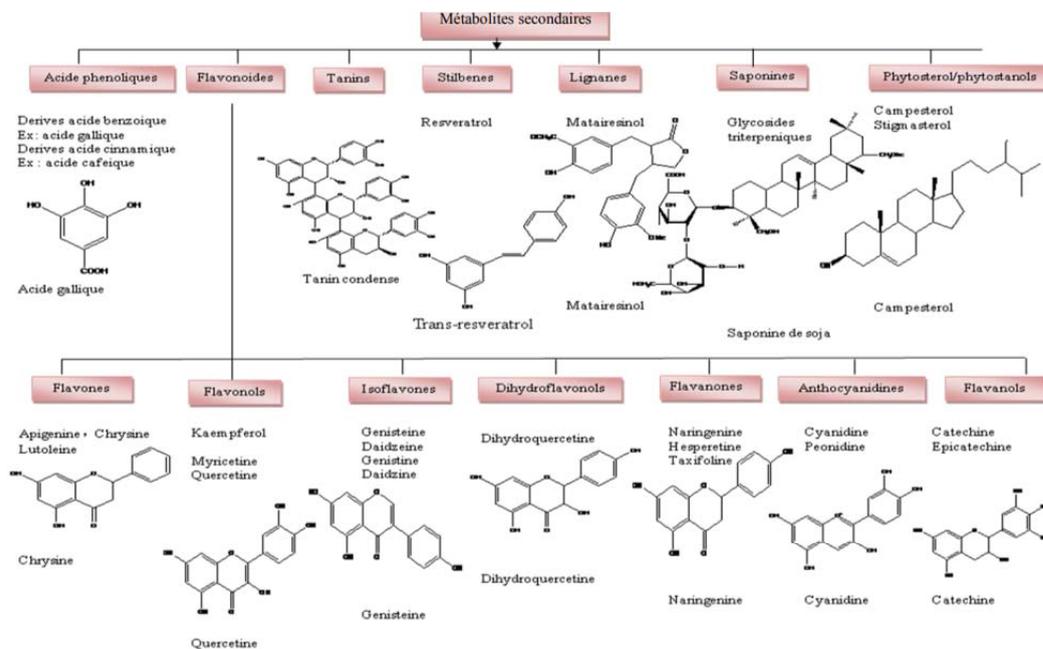


FIGURE 2.3: Métabolisme secondaire

### 2.1.5 Usage traditionnelle et propriétés pharmaceutiques d'*inula viscosa*

*Inula viscosa* (L) est employée dans la médecine traditionnelle pour ses activités anti-septiques, anti-inflammatoires et antipyrétiques. Elle est largement utilisée en médecine traditionnelle le traitement de diverses maladies telles que [37? ? -43] :

- la bronchite : Elle agit comme sédatif de la toux et des spasmes bronchiques
- la désinfection, la cicatrisation. Elle est également employée contre les affections pulmonaires et les taux de tête.
- corriger l'atonie de l'estomac et de l'intestin,
- l'amélioration l'appétit et abaisse la fièvre
- le traitement des mycoses, c'est à dire des infections causés par des champignons (antimicrobienne et antifongique),
- augmentation de la durée de conservation de nourriture,
- la détection dans le traitement des maladies rénale,
- Elle agit comme un insecticide végétal qui combat la mouche d'olivier,
- Elle est utilisable comme anthelminthique, expectorant, et pour traitement de l'anémie et le cataplasme pour les douleurs de rhumatisme et aussi prescrite comme un agent dans l'induction de l'avortement et la stérilité des femelles,

- la racine crue écrasée est ingérée dans le traitement de l’hypertension, de la tuberculose, des affections poitrinaires.

Beaucoup d’attention a été accordée à des espèces du genre *Inula*, en raison de leurs diverses activités biologiques telle que : anti-inflammatoire, antibactérienne, antihépatique, anti-tumorale, antispasmodique et antiseptique, aussi des propriétés toniques et aromatiques sont caractéristiques de ce genre [44].

Le tableau 2.1 ci-dessous regroupe les différents modes de traitement selon le type de la maladie.

TABLE 2.1: Mode d’utilisation d’*inula viscosa* dans la médecine traditionnelle

Maladie	Mode de traitement
<b>Plaies</b>	L’application de feuilles fraîches, ou une poudre de feuilles sèches sur des plaies ouvertes sert comme antiseptique et anti-inflammatoire agent efficace, car il favorise la cicatrisation plus rapide.
<b>Les peaux sèches et rugueuses</b>	La poudre de la feuille d’inule visqueuse séchée est mélangée avec de l’huile et appliqué à l’extérieur des parties touchés du corps.
<b>Bronchite et les infections respiratoires</b>	L’extrait est ajouté à l’eau bouillante et la tonique consommée.
<b>Analgésique dentaire</b>	Mastication des feuilles

Le tableau ci-dessous représente les composants majoritaires d’huiles essentielles de l’espèce *Inula viscosa* récoltées de plusieurs pays du monde. Ces huiles essentielles de la même espèce prélevée de plusieurs pays du monde, présentent des variations plus ou moins importantes.

### 2.1.6 Les huiles essentielles d’*inula viscosa*

La composition chimique de l’huile essentielle (HE) d’*Inula viscosa*, dont la teneur varie selon ses différentes parties : les feuilles (0,42%), les fleurs (0,29%) et les racines

(0,28%). L'analyse de l'HE par chromatographie CG/MS a révélé la présence de plusieurs constituants variés dont les composants majoritaires sont :  $\gamma$ -terpène (36,9%),  $\alpha$ -pinène (18,9%),  $\beta$ -pinène (8,9%), p-cymène (11,7%), limonène (18,9%), 2,5-diméthoxy-p-cymène (21,2%),  $\beta$ -caryophyllène (16,58%) et  $\alpha$ -cadinol (4,2%) [39].

### 2.1.7 Travaux réalisés sur *Inula viscosa*

Les huiles essentielles (HE) sont constituées d'un mélange complexe de composés phytochimiques volatils de diverses classes, y compris les monoterpènes, les sesquiterpènes et les phénylpropanoïdes. De nombreux chercheurs ont étudié les propriétés antibactériennes, antifongiques, antioxydantes et antivirales avec une activité observée contre une grande variété de virus, tels que le virus de la grippe. Dans cette partie, nous allons rapporter quelques travaux réalisés sur l'activité des deux plantes choisies pour cette étude. Une troisième synthèse des travaux antérieurs sera consacré à une étude comparative des modes d'extraction des huiles essentielles.

L'étude phytochimique des feuilles d'*Inula viscosa* réalisée par Mahmoudi et coll. [45] montrent la quantité élevée de lipides totaux (6,14 %) dans les feuilles. L'analyse chromatographique a révélé la teneur élevée en acides gras insaturés. Elle a également montré une bonne qualité nutritionnelle vis-à-vis les acides  $\alpha$ -linoléique et linoléique. Ils ont aussi évalués les propriétés antioxydantes et antifongique et comparées au profil phénolique par l'analyse chromatographie en phase liquide à haute performance et spectrométrie de masse. L'huile volatile extraite de cette plante par hydrodistillation a été analysée par chromatographie en phase gazeuse- spectrométrie de masse a montré l'abondance de composés non terpéniques, à savoir les alcanes aliphatiques. La teneur totale en phénols et la teneur totale en flavonoïdes étaient plus élevées dans les feuilles d'*Inula viscosa*. Les résultats de cette étude montrent que les feuilles d'*Inula viscosa* peuvent être considérées comme une source consolidée d'acides gras essentiels, principalement  $\alpha$ -acides linoléique et linoléique. De plus, elles contiennent des quantités appréciables de composés phénoliques dont les acides phénoliques, reconnus pour leur forte activité biologique, sont les plus abondants. En plus de sa forte activité antioxydante, il existe des preuves convaincantes que les extraits d'*Inula viscosa* présentent une activité antifongique.

L'activité antibactérienne et antioxydante des huiles essentielles d'*Inula viscosa* sont confirmées par l'étude réalisée par Ghalem et coll. [46]. Dans cette étude, les huiles essentielles obtenues par hydrodistillation des feuilles présentent un rendement de 0.12%. Les résultats obtenus concernant l'activité antioxydante rapporte un excellent pouvoir antioxydant obtenu à 50% d'HE d'*Inula viscosa*. Les résultats enregistrés de l'activité antibactérienne montrent une efficacité des HE sur la souche *staphylococcus aureus* par contre l'absence totale de l'effet vis-à-vis la souche *Escherichia coli*. Les résultats obtenus dans cette étude montrent que l'huile essentielle algérienne d'*Inula viscosa* peut être une nouvelle source potentielle d'antioxydants naturels et d'agents antimicrobiens pour les industries alimentaire, pharmaceutique et cosmétique.

Brahmi-Chendouhet coll.[47] ont étudié les activités antioxydantes et cytotoxiques de l'extrait aqueux de cette plante. Ces extraits d polyphénols d'*Inula viscosa* sont obtenus par l'extraction avec le Soxhlet. Les analyses UHPLC-HRMS ont révélé des quelques composés inhabituels comme principaux métabolites secondaires. Ces composés, ainsi que les phénols de type cinchonaine et les glycosides d'hydroxycinnamoyl-flavonol, sont rapportés pour la première fois dans l'*Inula viscosa*. Les résultats obtenus ont mis en évidence que les feuilles d'*Inula viscosa* ont une diversité importante en constituants polyphénols, cette évaluation des antioxydantes et de la viabilité cellulaire encourage l'utilisation de cette source comme une source renouvelable de composés nutraceutiques.

Haoui et coll. [39] ont étudié la composition chimique de l'huile essentielle d'*Inula viscosa* (L) en Algérie par la méthode d'analyses GC/MS, et comparé avec les données de la littérature. Les résultats présentés dans cette étude sont les premières informations fournies sur la composition chimique de l'huile essentielle des feuilles d'*inula viscosa* d'Algérie. L'huile de ces feuilles a été obtenues par extraction de matière végétale séchée par deux méthodes d'extraction, hydrodistillation et distillation par entraînement de la vapeur, en utilisant un appareil de type Clevenger. L'identification des constituants de deux échantillons a été faite sur la base de la comparaison de leurs indices de rétention et spectres de masse avec ceux des composés de référence de la littérature, en utilisant la GC/MS. les résultats obtenues ont marqués une quantité élevée de sesquiterpènes oxygénés (0.257 %) par la méthode de distillation à la vapeur par rapport à l'hydrodistillation (0.043 %)

presque 6 fois plus. Ceci traduit que les sesquiterpènes oxygénés sont la fraction principale des deux méthodes utilisées. D'après cette étude les auteurs ont constatés que l'huile essentielle d'*Inula viscosa* peut être une bonne source de composés acides sesquiterpènes.

Kheyar et coll. [39], ont évalués l'activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Inula viscosa*, *Salvia officinalis* et *Laurus nobilis* in vitro par la méthode de diffusion sur gélose contre des souches de référence et multirésistante. Ils ont également examiné les propriétés antibactériennes de trois huiles essentielles à quatre dilutions (1/1, 1/2, 1/4 et 1/8) préparées avec du DMSO (diméthylsulfoxyde ) contre cinq organismes. Ils ont trouvé que les huiles essentielles d'*Inula viscosa* avaient une activité inhibitrice contre *S. aureus* et *E. coli* à toutes les dilutions. Ceci est en contradiction avec le résultat trouvé par où il a noté l'absence totale de l'effet vis-à-vis la souche *Escherichia coli*.

Le cancer colorectal (CCR) est le deuxième cancer le plus fréquent chez les femmes et le troisième chez les hommes dans le monde. Le traitement conventionnel du CCR est limité par des effets secondaires sévères et par le développement d'une résistance. Par conséquent, des thérapies supplémentaires sont nécessaires. Bar-Shalom et coll [48] ont étudiés l'effet inhibiteur de l'extrait d'*Inula viscosa* contre la croissance des cellules cancéreuses colorectales in vitro et in vivo par l'induction de l'apoptose. Dans leur étude, ils ont examiné les effets bénéfiques potentiels de l'extrait aqueux de feuilles IV sur la croissance des cellules cancéreuses du côlon in vitro et in vivo. Leurs résultats ont indiqué que l'exposition des cellules cancéreuses colorectales à l'extrait d'*Inula viscosa* réduisait de manière significative la viabilité cellulaire d'une manière dépendante de la dose et du temps. In vivo des études ont révélé que le traitement avec 150 ou 300 mg / kg d'extrait d'*Inula viscosa* inhibait la croissance tumorale chez les souris. Le poids et le volume des tumeurs étaient significativement (  $P < 0,001$  ) réduit par rapport au groupe témoin non traité. Ces résultats peuvent indiquer que les doses actives d'extrait d'*Inula viscosa* ne sont pas toxiques. Des études complémentaires sont nécessaires pour identifier la structure des composés actifs. Les résultats de cette étude peuvent contribuer au développement de stratégies nouvelles et efficaces pour le traitement du cancer du côlon.

## 2.2 Plante *Carthamus caeruleus* L;

*Carthamus caeruleus* L fait partie de la famille Asteraceae, qui veut dire étoile ; ní aster z en Grèce. C'est une famille appartenant aux Dicotylédones comprenant plus de 1500 genres et plus de 25000 espèces, c'est la famille la plus importante des Angiospermes, ce sont presque toujours des plantes herbacées avec souvent des racines charnues : rhizomateuses, tubéreuses ou pivotantes, occupant tous les continents sauf l'Antarctique [49]. Il existe environ 25 espèces et sous-espèces appartenant à *Carthamus*. Le centre d'origine du genre est considéré comme la partie orientale de la région méditerranéenne [50]. C'est une plante à fleurs qui a des rapports avec les chardons.

### 2.2.1 Description botanique

L'espèce *Carthamus caeruleus* est connue également sous le nom carduncelle bleu appartient à la famille des asteraceae ; est une plante vivace à tige dressée et velue, haute de 0.2 à 0.6 m, .Les fruits du *Carthamus caeruleus* sont des akènes [49](Fig.2.4).

#### Partie aérienne

- La tige mesure environ 30 à 60 cm de long, non ramifiée, et n'ont pas des ailes.
- Les feuilles glabres ou pubescentes, les supérieures sont fortement dentées et piquantes, Les feuilles sont glabres ou pubescentes, fortement nervées, à contour ovale ou lancéolé. La plante est caractérisée par des feuilles inférieures pétiolées et dentées, et des feuilles supérieures sessiles amplexicaules ou dentées-épineuses. Elle possède des capitules bleus violets, gros (3 cm de large sur 3-4 cm de long), solitaires au sommet de la tige et des rameaux, globuleux ou ovoïdes.
- Les fleurs sont bleues à corolle tubuleuse mais quelques variétés donnent des fleurs r violettes. Très mellifère, le carthame est visité par de nombreux insectes.
- Le fruit est un akène nettement plus courts que l'aigrette, subglobuleux ou obscurément tétragones, glabres et blanchâtres.



FIGURE 2.4: différents partie de *Carthamus caeruleus* L. : tige et feuille, Fleur, racines et raines

### Partie souterraine

L'inule visqueuse est une plante, à odeur forte ligueuse sa base est une forte racine pivotante lignifiée pouvant atteindre 30 cm de longueur [49].

### 2.2.2 Taxonomie

La position taxonomique de *Carthamus caeruleus* est la suivante :

- Règne : plante
- Embranchement : Magnomiphyta
- Sous-embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Ordre : Astérales
- Famille : Astéracées
- Sous -famille : Carduoidées
- Genre : *Carthamus*
- Espèce : *Tinctorius* L
- Type : annuelle
- Couleur : fleurs jaunes, orangé, rouges
- Plantation : printemps
- Floraison : juillet à septembre
- Hauteur : jusqu'à 1 m

### 2.2.3 Répartition géographique

*Carthamus caeruleus* est une plante qualifiée de rudérale. Elle pousse sur les terres humifères et légères, dans les chemins, les coupes des bois, les champs et les jardins bien fumés. Cette plante supporte tous les types de sols, surtout ceux contenant des matières organiques fraîches. Elle est rencontrée en Europe, en Afrique du Nord et du Sud, en Asie, ainsi qu'en Amérique du Nord et du Sud [49]. Dans le cadre de cette étude, l'espèce a été récoltée de Bouira.

### 2.2.4 Usage traditionnelle et propriétés pharmaceutiques d'*Carthamus caeruleus*

Les racines de *Carthamus caeruleus* sont très utilisées dans le traitement des brûlures dans la région de Bouira, Boumerdes, Tlemcen, Tizi ouzou et Sétif, sous forme de pommade. Cette dernière est préparée à partir des racines préalablement lavées et épluchées, puis bouillies dans du lait ou de l'eau. Ces racines sont ensuite écrasées, réduites en pommade, appliquée sur les brûlures.

### 2.2.5 Travaux réalisés sur *Carthamus caeruleus*

Une étude de valorisation des vertus de *Carthamus caeruleus* par une caractérisation phytochimique et une évaluation des activités biologiques de ses racines a été réalisée par DAHMANI [49]. L'étude phytochimique a mis en évidence les principaux métabolites notamment les polyphénols. L'analyse de l'extrait polyphénolique par CG/SM a révélé pour la première fois la richesse et la diversité moléculaire des racines de *Carthamus caeruleus*. L'évaluation du pouvoir antioxydant *in vitro* par des méthodes colorimétriques (DPPH, FRAP et  $H_2O_2$ ) a montré que l'extrait polyphénolique de la plante étudiée est doté d'un pouvoir antioxydant élevé. L'effet antimicrobien de la plante médicinale varie selon la nature de la souche et de l'extrait testé. *In vivo*, l'extrait phénolique de *Carthamus caeruleus* ne présente aucune toxicité pour des concentrations comprises entre 100 mg/kg et 250 mg/kg. Par ailleurs, un pouvoir anti-inflammatoire important a été décrit. Par ailleurs, la poudre de *Carthamus caeruleus* a présenté un fort potentiel cicatrisant largement supérieur à celui obtenu par le produit de référence Madécassol<sup>®</sup> sur la même durée de traitement. De plus *Carthamus caeruleus* aide à promouvoir la repousse

des poils chez le modèle murin. La présente étude a permis de confirmer l'efficacité de la plante et d'apporter une preuve biologique mesurable de son pouvoir antioxydant, antimicrobien, antiinflammatoire, cicatrisant et activateur de la pousse des poils.

Belkhiri et coll.[51, 52] a évalué in vitro les propriétés antioxydantes et antibactériennes des extraits méthanoliques, protéiques et des huiles essentielles a partir des racines de deux plantes utilisées dans la médecine traditionnelle en algérie, *tamus communis L* et *carthamus caeruleums L.*. Le potentiel antioxydant des échantillons était évalué en utilisant trois techniques complémentaires, l'inhibition du radical libre DPPH, le test du B Carotène/acide linoléique et la technique FRAP (ferric reducing ability of plasma). Selon ces travaux, *Carthamus caeruleus L* poussant à l'état sauvage dans les régions méditerranéennes et en particulier en Algérie a une puissante activité antioxydante.

Deuxième partie

Matériels & Méthodes

# Chapitre 3

## Matériels et méthodes

### Introduction

Ce travail a pour objectif la réalisation d'une étude phytochimique et l'évaluation de l'activité antioxydante des polyphénols et des flavonoïdes de *carthamus caeruleus L* et *Inula viscosa L*. Dans ce chapitre, nous allons décrire le matériels utilisés et la procédure expérimentale suivie pour la réalisation de cette étude ainsi que les méthodes de calculs nécessaires seront exposées.

### 3.1 Matériels

#### 3.1.1 Matériels végétal

*Le Carthamus caeruleus L* et *inula viscosa L* ont été cueillies à la fin du mois de mai pendant sa période de florison dans la région de Bouira (tableau 3.1).

TABLE 3.1: Origine de matériel végétal, période de récolte et méthode d'extraction

Région	Bouira (Ain Athmane)	Bouira (Saharidj)
Date de récolte	23/05/2021	20/05/2021
Mode d'extraction	<ul style="list-style-type: none"><li>• Entraînement à la vapeur</li><li>• Hydro-distillation</li></ul>	Entraînement à la vapeur
Parties de la plante	Feuilles, fleurs et racines	Feuilles

Le matériel végétal ainsi récolté a été trié, séché à l'air libre et à l'obscurité pendant une quinzaine de jours. Une fois séchées, les racines ont été concassées dans un moulin électrique puis soumises à différentes extractions.



FIGURE 3.1: Les différents parties de *Carthamus caeruleus L* : tige et feuille, Fleur, racines et graines

### 3.1.2 Reactifs chimiques et appareillage

Tous les produits chimiques utilisés sont de qualités analytiques. Les réactifs chimiques et solvants nous ont été fournis par les sociétés Sigma-Aldrich.

Les différents appareils utilisés pour nos analyses sont les suivants :

- un spectrophotomètre UV-Vis (Shimadzu UV-1800 UV/Visible) ,
- cleverger
- alambic

### 3.1.3 Paramètre optimisé

Un paramètre des procédés d'extractions qui a été retenue pour optimisation, est la masse de la matière végétale par unité de volume utile de l'unité d'extraction. Ce paramètre traduit le degré de tassement de la matière végétale dans l'unité. Un tassement excessif ou insuffisant est à l'origine de la création des chemins préférentiels pour la vapeur, empêchant le contact intime entre celle-ci et la totalité de la matière végétale. Quant à la durée d'extraction, une durée de trois heures a été fixée pour l'ensemble des essais.

### 3.1.4 Dispositifs expérimentaux

#### 3.1.4.1 Entraînement à la vapeur

La matière végétale, préalablement pesée, est répartie uniformément à l'intérieur de l'alambic, supportée par une grille. La vapeur d'eau, venant du bouilleur, est introduite dans l'alambic à travers une conduite placée au-dessous de la grille. Le flux ascendant de vapeur traverse le lit de matière végétale et entraîne avec lui l'huile essentielle. Le mélange des vapeurs d'eau et d'huile arrive dans le condenseur où il est refroidi et condensé. Le distillat est recueilli dans le receveur immergé dans un bain d'eau glacée (Fig.3.2). L'huile essentielle est séparée de ce mélange distillat par décantation. Les eaux de condensation accumulées au fond de l'alambic sont périodiquement évacuées, afin d'éviter tout contact avec la matière végétale.



FIGURE 3.2: Schéma du dispositif expérimental de l'extraction d'huile essentielle (Alambic)

#### 3.1.4.2 Hydrodistillation

L'extraction par hydrodistillation a été réalisée en introduisant le matériel végétal préalablement pesé, dans un ballon de 500 ml contenant un volume connu d'eau. Le matériel végétal est porté température d'ébullition, pendant 3 heures. Les vapeurs chargée de huile, en traversant un réfrigérante se condensent et récupérées dans une ampoule à décanter, puis l'huile a été récupérée et stockée a température de réfrigération (Fig.3.3).

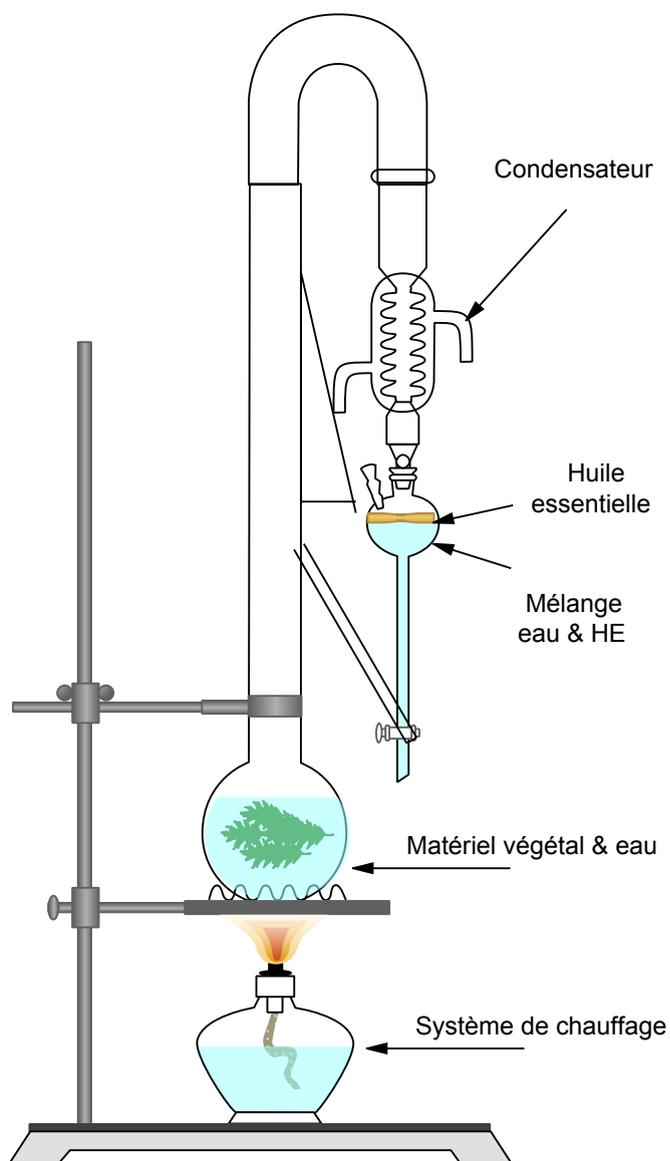


FIGURE 3.3: Schéma du dispositif expérimental de l'extraction d'huile essentielle (Clevenger)

### 3.2 Caractérisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles doivent répondre à des caractéristiques analytiques conformément aux normes internationales. Pour connaître la qualité de l'huile essentielle des plantes étudiées, nous avons procédé à des essais sensorielles et à des mesure de quelques indices physicochimiques.

### 3.2.1 Caractéristiques sensorielles : (AFNOR NF ISO 280 : 1999)

La couleur : c'est un paramètre très important. Elle est déterminé à l'oeil nu

L'aspect : Propriétés physicochimiques : (Normes AFNOR, 1992)

### 3.2.2 Analyse physique

#### 3.2.2.1 Indice de gonflement

L'indice de gonflement représente le volume en millilitre qui occupe 1 g de matériel végétal. Une masse de 10g des deux plantes étudiées ont été placées dans une étuve à 110°C pendant 1 heure. Après séchage, le matériel végétal a été trempé dans l'eau distillée pendant 24 heures. Au terme de cette période le matériel végétal a été filtré.

#### 3.2.2.2 Teneur en eau

La teneur en eau ou le taux d'humidité a été déterminée par la méthode physique en introduisant 1 g broyé d'échantillon et placés dans une coupelle tarée dans une étuve réglée à  $105^{\circ} \pm 2^{\circ}C$ . Les échantillons sont ensuite pesés avec précision toutes les vingt-quatre heures, après avoir été refroidis à température ambiante dans un dessiccateur, et ce jusqu'à obtention d'un poids constant. La teneur en eau (%), a été calculée comme suit (Equ.3.1) :

$$Teneur\ en\ eau\ (\%) = 100 - \left[ \frac{Masse_{creuset+Echantillon\ sec} - Masse_{creuset}}{Masse_{Echantillon}} * 100 \right] \quad (3.1)$$

#### 3.2.2.3 Le rendement

Le rendement en huile essentielle est estimé par le rapport des masses de l'huile essentielle et de la matière végétale séchée. Il est calculé par la formule suivante, exprimé en pourcentage (%)(Equ.3.2) :

$$R_{HE} = \frac{M_{HE}}{M_{MVS}} \quad (3.2)$$

$Rd_{HE}$  : Rendement en huile essentielle (%),  $M_{HE}$  : Masse de l'huile essentielle (g),  
 $M_{MVS}$  : Masse de la matière végétale sèche (g).

### 3.2.3 Analyse chimiques

#### 3.2.3.1 Indice d'acide

Le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire à la neutralisation des acides libres contenus dans 1 gramme d'HE. La neutralisation des acides libres se fait par une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium titré. L'indice d'acide a été donc déterminé par titrimétrie. Le mélange réactionnel contenu un volume d'échantillon et dichlorométhane a été titré par une solution d'hydroxyde de potassium (0.1M). La phénolphthaléine a été utilisée comme indicateur coloré (Equ.3.3) :

$$I_A = \frac{56.11 \times V \times C}{M} \quad (3.3)$$

- V : volume en ml de KOH utilisé (ml)
- M : masse de la prise d'essai(g)
- C : concentration exacte de KOH (0.1N) en mol/l.

#### 3.2.3.2 Indice d'iode

L'indice d'iode d'un corps est la masse de di-iode, exprimé en gramme, que l'on peut fixer par addition sur 100 grammes de lipide. Il permet d'évaluer le degré d'insaturation. Le principe se base sur le titrage, par le thiosulfate de sodium, de l'excès de réactif de Wijs transformé en iode par l'addition de l'iodure de potassium. La norme (ISO : 3961-1996) est utilisée pour déterminer l'indice d'iode.

L'indice d'iode de l'extrait est estimé par le dosage d'iode en excès dans une solution à base de HEs, contenant 5 ml d'alcool, 10 ml d'une solution d'iode à 0.1N alcoolique, 250 ml d'eau distillée, par le thiosulfate de sodium à 0.1N en présence de quelque goutte d'amidon à 0.1N. Parallèlement on réalise un essai à blanc sans ajouter la matière grasse (Equ.3.4).

$$I_I[mgdeKOH/g] = 12.7 \times (V_0 - V) \times \frac{N_{Na_2S_2O_3}}{m} \quad (3.4)$$

- $V_0$  : volume de thiosulfate de Na pour le blanc (mL)
- $V$  : volume pour titre l'échantillon (mL)
- $N$  : titre exact de la solution de thiosulfate de Na utilisée (mol/L)
- $m$  : la prise d'essai

### 3.2.3.3 Indice de saponification

L'Indice de saponification est le nombre de milligrammes de KOH nécessaires pour neutraliser l'acidité libre et saponifier à chaud les esters de 1 g de lipide. La valeur de l'indice de saponification nous permet d'estimer les longueurs des chaînes de carbone des acides gras constituant l'huile d'une part, et de calculer les masses moléculaires moyennes des acides gras et des triglycérides qui renferment l'huile. Pour déterminer l'Indice de Saponification, nous avons appliqué la méthode (ISO : 657 - 2002).

Ce test consiste à faire réagir à chaud une solution d'acide gras avec un excès de potasse KOH. Cet excès est ensuite dosé par une solution d'acide chlorhydrique (HCl). Un volume d'échantillon a été porté à ébullition pendant 1 h 30 minutes, en présence d'une solution alcoolique de KOH (0.6N). Après ajout de 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine, l'excès de potasse a été dosé par l'acide chlorhydrique de concentration (0.5N) sous agitation constamment jusqu'au virage à l'incolore de l'indicateur coloré, la phénolphthaléine (Equ.3.5).

$$I_S[mgdeKOH/g] = [(V_b - V) \times \frac{N}{m}] \times 56.1 \quad (3.5)$$

- $V_b$  : est le volume d'HCl 0.5 N requis pour titrer le blanc (mL),
- $V$  : est le volume d'HCl 0.5 N requis pour le titrer l'échantillon (mL),
- $N$  : est la normalité de la solution d'HCl (mol/L),
- $M$  : est la prise d'essai (g).

### 3.3 Préparation de la pommade

#### 3.3.1 Préparation de la pommade avec les gousses de *carthamus caeruleus* L

La première méthode consiste à traiter thermiquement les gousses de *carthamus caeruleus* L. Ainsi, pour préparer la pommade, les gousses ont été en premier lieu épluchées, puis lavées et placées dans un ballon pour hydrodistillation, et un volume d'eau distillée a été ajouté. Le mélange est porté à ébullition pendant 3h, à la fin de traitement thermique, la pommade a été récupérée et stockée à température de réfrigération (Figure 3.4 (a)).

La deuxième méthode consiste à préparer la pommade par voie physique sans traitement thermique. La pommade a été préparée en écrasant les gousses préalablement épluchées et lavées dans un mortier, en ajoutant un volume d'eau. Après une filtration, la pommade ainsi récupérée est stockée à température de réfrigération (Figure 3.4 (b)).

#### 3.3.2 Préparation de la pommade avec l'huile essentielle

##### 3.3.2.1 Pommade de l'huile essentielle de *Inula viscosa* L

Cette pommade a été réalisée en mélangeant sous agitation un volume de l'huile essentielle de *Inula viscosa* L avec 40 g de vaseline, 0.25 g de phénol, 1 g oxyde de zinc et 1 g acide borique. Le mélange obtenu a été stocké à température de réfrigération (Figure 3.5).

##### 3.3.2.2 Pommade de l'huile essentielle de *carthamus caeruleus* L

Cette pommade a été réalisée en mélangeant sous agitation un volume de l'huile essentielle de carthames avec 40 g de vaseline, 0.25 g de phénol, 1 g oxyde de zinc et 1 g acide borique. Le mélange obtenu a été stocké à température de réfrigération (Figure 3.5).



FIGURE 3.4: (a) Pommade obtenue par traitement thermique des gosses et (b) pommade obtenue par traitement physique (broyage des gosses)

### 3.4 Dosage des phénols totaux des huiles essentielles extraites et des pommades produites

Les extraits ( $200 \mu\text{l}$ ) ont été mélangés à 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois et à 2 mL de  $\text{H}_2\text{O}$ , et incubés à la température ambiante pendant 4 minutes. Après l'addition de 0,8 mL de bicarbonate de sodium de 7,5% au mélange, les polyphénols totaux étaient déterminés après 2 heures d'incubation à la température ambiante. L'absorbance



FIGURE 3.5: (a) Pommade de l'huile essentielle de *Inula viscosa L*

de la couleur bleue en résultant a été mesurée au  $\lambda_{max} = 765$  nanomètres avec un spectrophotomètre de Shimadzu UV-VIS. La quantification a été faite en ce qui concerne la courbe standard de l'acide gallique. La concentration des poly phénols totaux a été calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage (3.6) établie avec l'acide gallique et elle est exprimée en  $\mu\text{g}$  d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait ( $\mu\text{g EAG/mg}$  d'extrait).

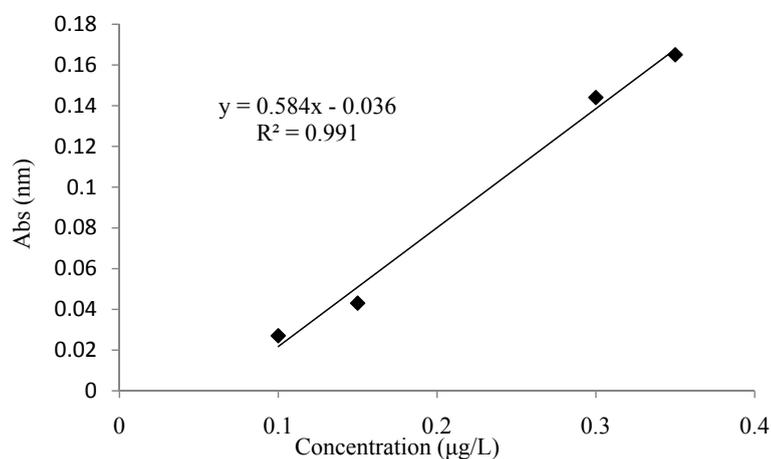


FIGURE 3.6: Courbe d'étalonnage : absorbance à 760 nm en fonction de la concentration de l'acide gallique concentration ( $\mu\text{g/L}$ )

### 3.5 Activité antioxydante

Afin d'étudier l'activité antiradicalaire des différents extraits des plantes étudiées, nous avons utilisé la méthode basée sur le DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl) comme un radical relativement stable, selon le protocole décrit par Sanchez-Moreno .

La molécule 1, 1-diphényl-2-picrylhydrazyle (α, α-diphényl-bpicrylhydrazyle, DPPH) est caractérisée comme un radical libre stable en raison de la délocalisation de l'électron. La délocalisation de l'électron conduit à l'apparition de la couleur violette profonde, caractérisée par une bande d'absorption dans une solution d'éthanol centrée à environ 517 nm. Lorsqu'une solution de DPPH est mélangée à celle d'un substrat qui peut céder un atome d'hydrogène (AH). Lors de l'abstraction d'un atome d'hydrogène et de la formation de diphényl-picryl-hydrazine, la couleur violette est perdue avec une couleur jaune pâle résiduelle restante (3.7). La cinétique de la désintégration radicalaire due à l'antioxydant peut être suivie avec un spectromètre UV/visible et un comportement comparatif entre plusieurs composés peut être établi.

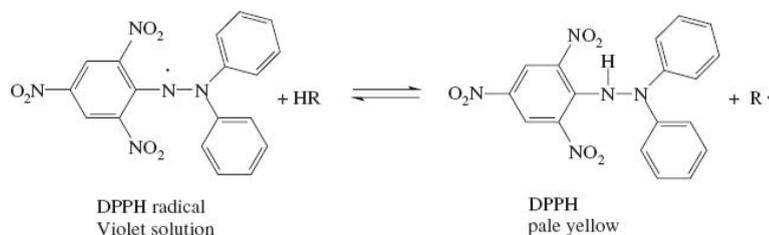


FIGURE 3.7: Schéma de réduction du radical libre DPPH en DPPHH

La solution de DPPH a été préparée par la solubilisation de 2,4 mg de DPPH dans 100 ml de méthanol. 50  $\mu$ l des solutions des extraits de plantes ou des standards (acide ascorbique) ont été ajoutés à 1,96 ml de DPPH, les mélanges ont été incubés dans l'obscurité pendant 30 minutes et la décoloration comparée à la contrôle négative contenant seulement la solution de DPPH mesurée à 517 nanomètres en utilisant un spectrophotomètre UV/visible. L'activité de radical balayage de DPPH a été calculée comme suit (Equ.3.6) :

$$AA(\%) = \frac{A_{control} - A_{chantillon}}{A_{control}} \times 100 \quad (3.6)$$

Sachant que

- $A_{control}$  : est l'absorbance de la réaction de control (contenant tous les réactifs excepté l'échantillon d'essai)
- $A_{chantillon}$  : est l'absorbance des extraits ou de la référence

Troisième partie

Résultats & Discussion

# Chapitre 4

## Résultats et discussion

### 4.1 Rendement d'extraction des huiles essentielles

Nous avons réalisé une extraction des huiles, à partir des feuilles de *Carthamus caeruleus* L. et *Inula viscosa* L. par hydrodistillation et par entraînement à la vapeur. Le Rendement en huile essentielle est le rapport entre la masse de l'huile extraite et la masse des feuilles utilisées. La valeur de rendement est rapportée en pourcentage est calculé par la relation 4.1 :

$$R(\%) = \frac{M_H}{M_F} \times 100 \quad (4.1)$$

où

- $R$  : rendement de l'huile essentielle ; en pourcentage
- $M_H$  : masse de l'huile ; en g
- $M_F$  : mase des feuilles ; en g

Les valeurs des rendements en huiles essentielles obtenus à partir des deux plantes et avec les deux méthodes d'extractions sont rapportés dans le tableau 4.1.

TABLE 4.1: Rendement de l'extraction des huiles essentielles

	Entraînement à la vapeur		Hydro distillation	
	<i>Carthamus c. l.</i>	<i>Inula v. l.</i>	<i>Carthamus c. l.</i>	<i>Inula v. l.</i>
Rendement (%)	0.21	0.12	0.22	0.1

Les résultats rapportés dans le tableau montrent que les rendements en huiles essentielles des feuilles de la plante *Inula viscosa* obtenus par les deux méthodes d'extractions ; entraînement à la vapeur et hydro distillation sont respectivement 0.12 et 0.1%, Les rendements en huile essentielles de la plante *Carthamus c. l.* obtenus des les deux méthodes d'extractions sont très proches à ceux rapportés pour *Inula viscosa*. Ces résultats montrent aussi que la méthode d'extraction n'a pas vraiment d'effet significative sur le rendement en huiles essentielles. Ce résultat est conforme aux résultats rapportés dans la littérature puisque les feuilles de *Carthamus c. l.* ont fait l'objet de plusieurs études pour sa richesse en huile essentielle. Pour la plante *Inula viscosa*, non seulement elle renferme des huiles essentielles dans sa partie aérienne (les feuilles) mais aussi elle trouve ses applications comme plante médicinale dans la préparation des pommades ce que nous avons tenté de reproduire dans cette étude.

#### 4.1.1 Caractérisation des huiles essentielles obtenues

Le tableau 4.2 récapitule quelques caractéristiques des huiles essentielles des deux plantes étudiées. Les deux huiles montre un pH acide est proche de neutres et une forte acidité démontrée par les valeurs d'indices d'acidités et indice de saponification.

TABLE 4.2: Caractérisation des huiles essentielles obtenues

	<i>Inula viscosa L</i>	<i>Carthamus caeruleus l</i>
Indice de gonflement (g)	44.5612	41.1205
pH (extrais d'acétone)	6.24	5.501
pH (extrais d'eau)	5.33	4.75
Indice d'acide	0.833	0.822
Indice saponification	0.76	0.79

## 4.2 Extraction et dosage des polyphénols totaux

L'extrait polyphénolique présente un aspect liquide et une couleur marron jaunâtre. Le rendement obtenu pour 30 g de racines de *Carthamus* est de 9,12. Le dosage des polyphénols est réalisé selon la méthode de Folin- Ciocalteu. Cette dernière nécessite préalablement l'établissement d'une courbe d'étalonnage avec l'acide gallique comme étalon. La teneur en polyphénols totaux obtenue est de 10.3 mg EAG/g. Boumerfeg (2010) [52] a noté une teneur en polyphénols totaux des racines de *Carthamus caeruleus*,

récoltée à partir de la région de Sétif (Algérie), de 12,53 mg EAG /g, en utilisant un mélange hydroalcoolique comme solvant.

Cette différence peut être due à la méthode d'extraction (Lee et al., 2002) [15], la région de récolte, ainsi que le type de solvant utilisé. En effet, (Falleh et al., 2008) ont signalé que la solubilité des composés phénoliques est fonction de leur degré de polymérisation, de leur interaction avec les autres constituants et le type de solvant utilisé.

La teneur phénolique d'une plante dépend également d'un certain nombre de facteurs intrinsèques et extrinsèques, en particulier les conditions climatiques, la maturité à la récolte et les conditions de stockage. Il semble que l'augmentation de la température, et l'effet des jours longs favorisent l'accumulation des polyphénols, et exercent une influence sur la qualité des principes actifs polyphénoliques synthétisés par les plantes [? ].

Le type de solvant d'extraction doit non seulement avoir une haute capacité d'extraction de biomolécules issue de la plante, mais aussi de bénéficier d'un certain taux de sécurité. L'éthanol est l'un des meilleurs solvants pour une extraction polyphénolique.. D'autres auteurs ont montré que le méthanol reste le solvant le mieux choisi pour extraire les antioxydants d'une plante [30]

## 4.3 Activité antioxydante

### 4.3.1 Activité antioxydante des extraits méthanoliques

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour estimer l'activité antioxydante in vitro. Certaines d'entre elles reposent sur la capacité réductrice d'un composé comme étant un indicateur significatif de son potentiel antioxydant, d'autres reposent sur la mesure d'une molécule à piéger les composés radicalaires. La méthode appliquée dans notre étude est la méthode de piégeage du radical libre DPPH. Cette méthode de DPPH a été choisie, en raison de sa simplicité, rapidité, sensibilité et de sa reproductibilité.

Les résultats rapportés par les absorbances du DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) obtenus pour l'extrait phénolique sont rapportés dans la figure 4.1.

Nous constatons que l'absorption diminue significativement pour les feuilles de *Carthamus caeruleus* et *Inula viscosa* L. Ce qui n'est pas le cas pour les racines *Carthamus*

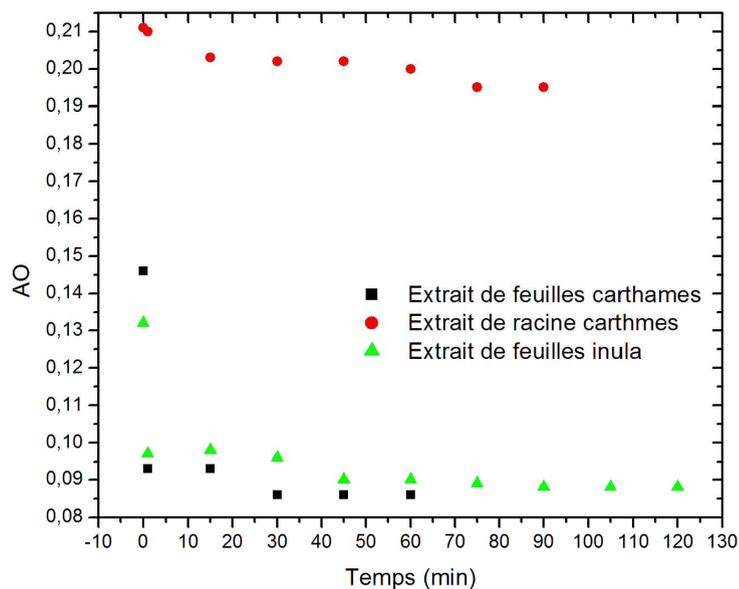


FIGURE 4.1: Evolution de l'absorption des extraits polyphénoliques (DPPH) après 2h macération pour les différentes plantes étudiées

*caeruleus L.* Ceci peut être attribué au temps de macération insuffisant pour l'extraction. En effet, les résultats obtenus pour des extraits réalisés pour un temps prolongé de 24h (4.2).

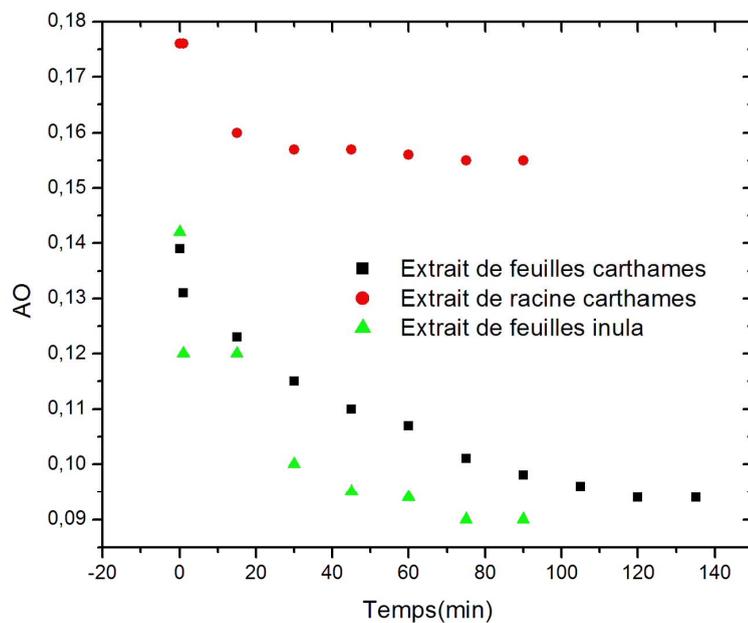


FIGURE 4.2: Evolution de l'absorption des extraits polyphénoliques (DPPH) après 24h macération pour les différentes plantes étudiées

Il est à noter que sur ces deux résultats la capacité réductrice des composés est plus remarquable sur les extraits d'*inula viscosa L.*

### 4.3.2 Effet du solvant d'extraction

Plusieurs solvants sont utilisés afin d'améliorer l'extraction par macération. Les essais sont réalisés dans les mêmes conditions sur les différentes plantes étudiées. Les figures ci-dessous (4.3, 4.4 et 4.5) regroupent les courbes obtenues sur quatre solvants d'extraction testés sur les feuilles de *Carthamus caeruleus L*, les feuilles *inula viscosa L* et les racines de *Carthamus caeruleus L*.

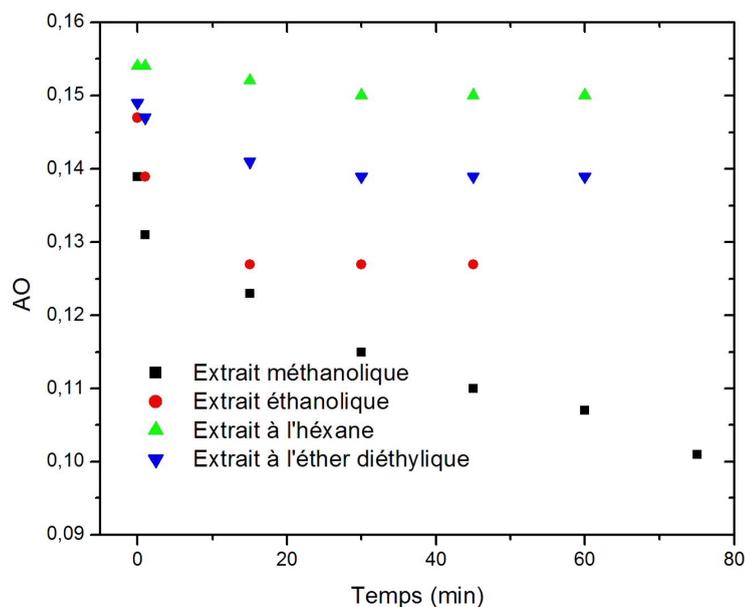


FIGURE 4.3: Evolution de l'absorption des extraits polyphénoliques (DPPH) après 24h macération des feuilles de *Carthamus caeruleus L*

En analysant les résultats obtenus, nous constatons que le méthanol est le meilleur solvant d'extraction pour les feuilles des deux plantes étudiées. Tandis que pour les racines l'extraction est nettement améliorée avec l'héxane comme solvant. Il s'avère que le choix du solvant est d'une grande importance pour améliorer l'extraction.

### 4.3.3 Activité antioxydante des pommades formulées

La formulation des pommades est basée sur les extraits d'hydrodistillation des racines *Carthamus caeruleus L* et des huiles essentielles des deux plantes étudiées. Les résultats sont présentés par la figure 4.6.

Nous constatons que la pommade réalisée par des huiles essentielles a des activités antioxydantes plus significatives que celle obtenue par traitement thermique. Nos valeurs

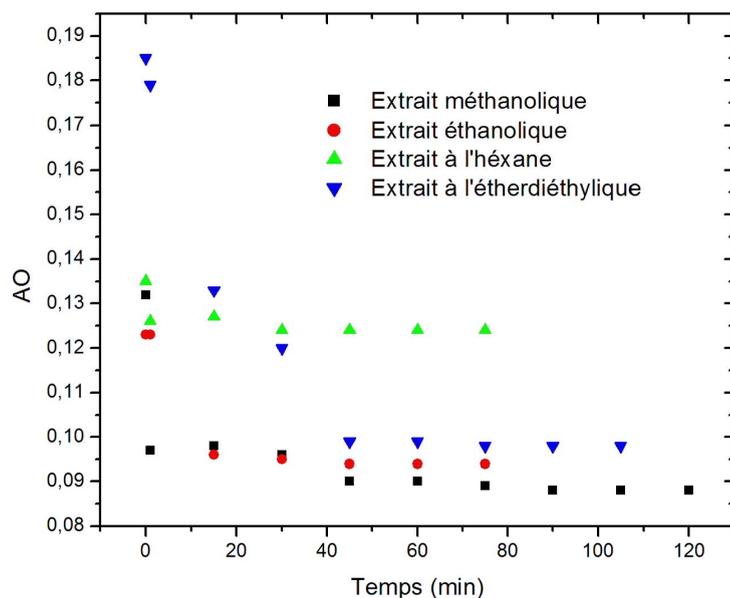


FIGURE 4.4: Evolution de l'absorption des extraits polyphénoliques (DPPH) après 24h macération des feuilles de *inula viscosa L*

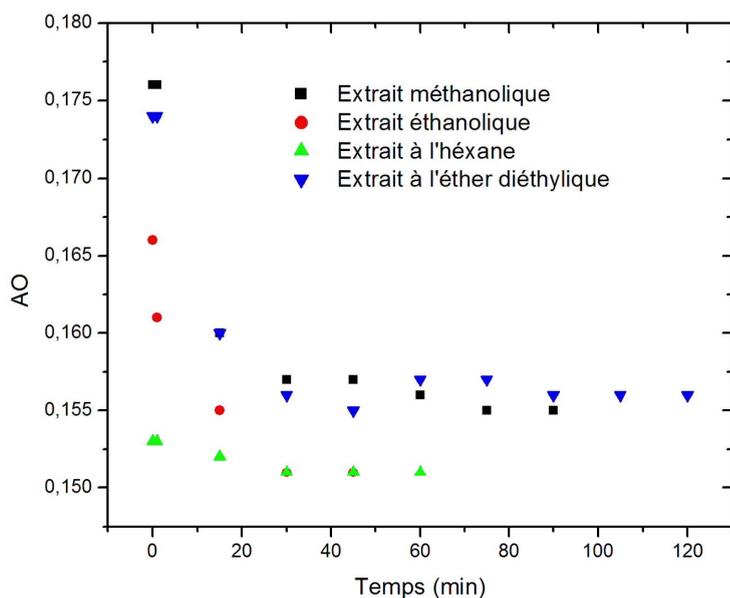


FIGURE 4.5: Evolution de l'absorption des extraits polyphénoliques (DPPH) après 24h macération des racines de *Carthamus caeruleus L*

sont en accord avec celles obtenues par Baghiani et al. (2010) [52] et l'action inhibitrice des radicaux libres par les polyphénols a été signalée. Ces mêmes auteurs ont révélés que ces métabolites secondaires sont impliqués dans la prévention des diverses pathologies associées au stress oxydant, telles que le cancer, les maladies cardio-vasculaires, l'ostéoporose ou les maladies inflammatoires.

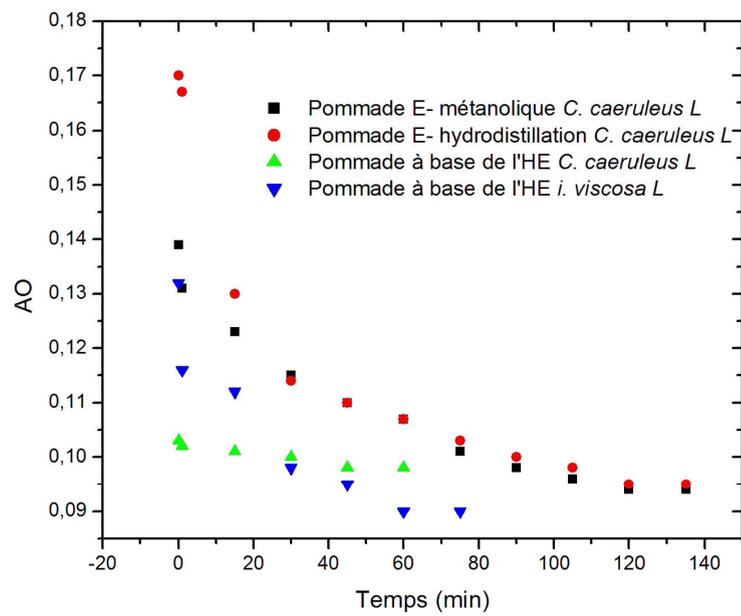


FIGURE 4.6: Evolution de l'absorption des extraits polyphénoliques (DPPH)des pommades réalisées

# Conclusion

Ce travail de mémoire s'inscrit dans le cadre de la valorisation des richesses naturelles de la région de Bouira. Nous avons fixés deux objectifs pour cette étude. Le premier objectif est l'évaluation des effets thérapeutiques des huiles essentielles de plantes locales choisies (*Inula viscosa et carthamus caeruleus l*) et le second concerne l'étude de l'efficacité des procédés d'extraction à travers la recherche bibliographique sur la base des travaux antérieurs réalisés.

A travers l'étude bibliographique, il ressort que les huiles essentielles constituent une alternative thérapeutique complémentaire à la médecine classique. Elles présentent plusieurs activités biologiques telles que : l'activité antibactérienne, l'activité antioxydante, l'activité fongicide, anti-inflammatoires, immunomodulatrices, bronchodilatatrices et antivirales.

La valorisation d'un travail scientifique de recherche s'accomplit par la caractérisation qualitative, quantitative ou structurale des échantillons. Dans le cas des huiles essentielles, nous avons présenté les caractérisations les plus importantes soit pour l'identification soit pour la quantification. Les techniques d'analyses appropriées et performantes basées sur l'utilisation d'une combinaison des méthodes chromatographiques et leur détermination structurale grâce à l'utilisation des techniques adaptées.

L'étude approfondie sur deux espèces qui sont très répandues dans la région de Bouira, dotées de divers pouvoirs thérapeutiques anti-bactériens et antioxydant. Ils sont particulièrement intéressants par leurs propriétés anti-infectieuses et cicatrisantes très significatives en dermatologie. Les travaux antérieurs sur les deux plantes choisies ; *Inula viscosa* et *eucalyptus globulus* ont montré les grandes potentialités de leurs huiles essentielles en raison de l'importance et la diversité des effets thérapeutiques des deux plantes mis en évidence par ces travaux.

# Bibliographie

- [1] M. HUNTER. *Essential oils : art ; agriculture ; science ; industry and entrepreneurship*. Nova Science, New York, 2009.
- [2] F. Bakkali ; S. Averbeck ; D. Averbeck ; M. Idaomar. Biological effects of essential oils -a review. *Food and Chemical Toxicology*, 46 :446–475, 2008.
- [3] M. A. Varo1 ; M. Jacotet-Navarro ; M. P. Serratosa ; J. Mérida ; A.S. Fabiano-Tixier ; A. Bily ; F. Chemat. Green ultrasound-assisted extraction of antioxidant phenolic compounds determined by high performance liquid chromatography from bilberry (*vaccinium myrtillus* l.) juice by-products. *Valorisation des déchets et de la biomasse le volume , pages( 2019 )*, 10 :1945–1955, 2019.
- [4] WHO. Who global report on traditional and complementary medicine 2019. Report, World Health Organization, 2019.
- [5] WHO. Guidelines for registration of traditional medicines in the who african region. Report, WHO Regional Office for Africa, 2010.
- [6] Newman D.J. and Cragg G. M. Natural products as sources of new drugs over the last 25 years. *Journal of Natural Products*, 70 :461–477, 2007.
- [7] N. & Ignacimuthu S Muthu C. Ayyanar M. Raja. Medicinal plants used by traditional healers in kancheepuram district of tamil nadu-india. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2 :43, 2006.
- [8] Eline PASDELOUP GRENEZ. *Phytothérapie - exemples de pathologies courantes à l'officine : Fatigue ; Insomnie ; Stress ; Constipation ; Rhume ; Douleur et Inflammation*. Phd, Université de Lille, France, 2019.

- [9] François Nsemi MUANDA. *Identification de polyphénols ; évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques*. Phd, Université Paul Verlaine-Metz, France, 2010.
- [10] M.E. GOAD R.C. LINDENSCIMIDT, A.F. TRYKA and H.P. WITSCHI. The effects of dietary butylated hydroxytoluene on liver and colon tumor development in mice elsevier scientific publishers ireland. *Journal of Toxicology*, 38 :151–160, 1986.
- [11] KARIMA SAFFIDINE. *Etude analytique et biologique des flavonoïdes extraits de Carthamus caeruleus L. et de Plantago major L.* Phd, Université Farhet Abass, Sétif-Algérie, 2015.
- [12] J. Kaloustian ;F. Hadji Minaglou. *La connaissance des huiles essentielles : qualilogie et aromathérapie*. Springer, Paris, 2012.
- [13] F. Jamshidi-Kia ; Z. Lorigooini ; H. Amini-Khoei. Medicinal plants : Past history and future perspective. *Journal of Herbmed Pharmacology*, 7(1) :1–7, 2018.
- [14] Babar Ali ; Naser Ali Al-Wabel ; Saiba Shams ; Aftab Ahamad ; Shah Alam Khan ; Firoz Anwar. Essential oils used in aromatherapy- a systemic review, 2015.
- [15] M. Asif ; M. Saleem ; M. Saadullah ; H. S. Yaseen ; R. Al Zarzour. Covid-19 and therapy with essential oils having antiviral ; anti-infammatory ; and immunomodulatory properties, 2020.
- [16] K. Hüsnü ; C. Baser ; Gerhard Buchbauer. *Handbook of Essential Oils Science ; technology and Application*. CRC Press, taylor and francis group edition, 2010.
- [17] P. Tongnuanchan ; S. Benjakul. Essential oils : Extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of Food Science*, 79(7) :R1231–R1249, 2014.
- [18] N. Bousbia. *Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires*. Phd, Université d’Avignon, France, 2011.
- [19] S. Malek. *Essential Oil Research Trends in Biosynthesis ; Analytics ; Industrial Applications and Biotechnological Production*. Springer, 2019.

- [20] N.S. Sangwan ; A.H.A. Farooqi ; F. Shabih and R.S. Sangwan. Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34 :3021, 2001.
- [21] Abdoul Dorosso SAMATE. *Compositions chimiques d'huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone Sahélienne du Burkina Faso : valorisation*. Phd, Université de Ouagadougou, 2002.
- [22] E. Guinoiseau. *Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles : séparation ; identification et mode d'action*. Phd, Université de Corse, France, 2010.
- [23] A. LAMARTI ; A. BADOUC ; G. DEFFIEUX ; J.P. CARDE. Biogénèse des monoterpènes. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 133 :79–99, 1994.
- [24] R. Bessah & El-Hadi Benyoussef. La filière des huiles essentielles etat de l'art-impacts et enjeux socioéconomiques. *Revue des Energies Renouvelables*, 18 :513–528, 2015.
- [25] A. Bordia. Effect of garlic on blood lipids in patients with coronary heart disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 34 :2100–2103, 1981.
- [26] LISA M. DEANGELIS. Brain tumors. *The New England Journal of Medicine*, 333 :114–123, 2001.
- [27] Marine Boissière. *Consommation des plantes médicinales par les patients suivis en cabinet de médecine générale à La Réunion : expériences ; représentations et ressentis des patients dans le cadre de la communication médecin-patient*. Phd, Université de Bordeaux, France, 2018.
- [28] A. Molassiotis ; P. Fernandez-Ortega ; D. Pud ; G. Ozden ; J. A. Scott ; V. Panteli ; A. Margulies ; E. Patiraki. Use of complementary and alternative medicine in cancer patients : a european survey. *Annals of Oncology*, 16 :655–663, 2005.
- [29] F. Chemat M. Abert Vian ; X. Fernandez, F. Visinoni. Microwave hydrodiffusion and gravity ; a new technique for extraction of essential oils. *Journal of Chromatography A*, 1190 :14–17, 2008.
- [30] E. Reverchon and C. Marrone. Supercritical extraction of clove bud essential oil : isolation and mathematical modeling. *Chemical Engineering*, 52 :3421–3428, 1997.

- [31] F. Chemat S. Perino-Issartier ; C. Ginies ; G. Cravotto. A comparison of essential oils obtained from lavandin via different extraction processes : Ultrasound, microwave, turbohydrodistillation, steam and hydrodistillation. *Journal of Chromatography A*, 1305 :41–47, 2013.
- [32] F. Shahidi M. Gavahiana ; A. Farahnakyb ; R. Farhoosha ; K. Javidniad. Extraction of essential oils from mentha piperita using advanced techniques : Microwave versus ohmic assisted hydrodistillation. *food and bioproducts processing*, 94 :50–58, 2015.
- [33] H.J.D. Dorman ; S.G. Deans. Antimicrobial agents from plants : antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88 :308–316, 2000.
- [34] A. Pauli. Antimicrobial properties of essential oil constituents. *International Journal of Aromatherapy*, 11(3) :126–133, 2001.
- [35] B. Bayala. *Etude des propriétés anti-oxydantes ; anti-inflammatoires ; anti-prolifératives et anti-migratoires des huiles essentielles de quelques plantes médicinales du Burkina Faso sur des lignées cellulaires du cancer de la prostate et de glioblastomes*. Phd, Université Blaise Pascal, France, 2014.
- [36] D. Ouraïni ; A. Agoumi ; M. Ismaïli-Alaoui ; K. Alaoui ; Y. Cherrah ; M. Amrani ; M.A. Belabbas. Étude de l'activité des huiles essentielles de plantes aromatiques à propriétés antifongiques sur les différentes étapes du développement des dermatophytes. *Phytothérapie*, 4 :147–157, 2005.
- [37] E. WERKER ; A. FAHN. Secretory hairs of *INULA VISCOSA (L.)* ait - development ; ultrastructure ; secretion. *BOTANICAL GAZETTE*, 142(4) :461–4760, 1981.
- [38] D. Boumaza. *Séparation et caractérisation chimique quelques Biomolécules actives de deux plants médicinaux Inula Viscosa ; Rosmairus officinalis de région d'Oran*. Magister, Université d'Oran, Algérie, 2011.
- [39] I. E. Haoui ; R. Derriche ; L. Madani ; Z. Oukali. Analysis of the chemical composition of essential oil from algerian inula viscosa (l.) aiton. *Arabian Journal of Chemistry*, 8(4) :587–590, 2015.

- [40] S. Benayache ; F. Benayache ; H. Dendoughi ; M. Jay. Les flavonoïdes d'*Inula Viscosa* L. *Plantes Médicinales Et Phytothérapie*, 4 :170–176, 1991.
- [41] A. OUNOUGHFI ; M. RAMDANI ; T. LOGRADA ; P. CHALARD ; G. FIGUEREDO. Chemotypes and antibacterial activities of *Inula viscosa* essential oils from algeria. *BIODIVERSITAS*, 21 :1504–1517, 2020.
- [42] H. Baydar ; F. Gürel. The pollen collection activity and preference of honey bees (*apis mellifera*) in the natural habitat of antalya and some morphological and quality properties of different pollen types. *Journal of Agriculture and Forestry*, 22 :475–482, 1998.
- [43] J. Lecomte. *Lutter naturellement contre la Mouche de l'Olive*. EDISUD, Saint-Rémy de Provence ; France, 2015.
- [44] L. LAKHDAR. *Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur aggregatibacter actinomy cetemcomitans : Etude in vitro*. Phd, Université Mohammed V, Maroc, 2015.
- [45] H. Mahmoudi ; K. Hosni ; A. Ismail ; N. BenHamida. comprehensive phytochemical analysis ; antioxidant and antifungal activities of *Inula viscosa* Aiton leaves. *journal of food safety*, 36(1) :77–88, 2016.
- [46] B. R. Ghalem ; N. Halima. Antibactérien et antioxydant activités de huile essentielle d'*inula viscosa* l. du nord-ouest de l'algérie. *Progrès de la pharmacognosie et Phytomédecine*, 1(1) :10–16, 2015.
- [47] N. Brahmi-Chendouh ; S. Piccolella ; G. Crescente ; F. Pacifico. A nutraceutical extract from *inula viscosa* leaves : UHPLC-MS/MS based polyphenol profile and antioxidant and cytotoxic activities. *journal of food and drug analysis*, 27 :692–702, 2019.
- [48] R. Bar-Shalom ; M. Bergman ; S. Grossman ; N. Azzam ; L. Sharvit ; F. Fares. *Inula viscosa* extract inhibits growth of colorectal cancer cells in vitro and in vivo through induction of apoptosis. *Frontiers in oncology*, 9(127) :1–14, 2019.
- [49] M. M. DAHMANI. *Evaluation de l'activité biologique des polyphénols de Carthamus caeruleus L (Asteraceae)*, SCHOOL = Université , YEAR = 2019, type = PhD, address = Algérie,. PhD thesis.

- [50] Burcu Tarikahya Hacioglu; Yusuf Arslan; Ilhan Subasi; Duran Katar; A.Savas Bülbül; T. Çeter. Achene morphology of turkish carthamus species. *Frontiers in oncology*, 6(8) :1260–1264, 2012.
- [51] F. Belkhiri. *Activité antimicrobienne et antioxydante des extraits du tamus communis L.et carthamus caeruleus L.* Magister, Université de Sétif, Algérie, 2018.
- [52] A. Baghiani; S. Boumerfeg; F. Belkhiri; S. Khenouf; N. Charef; D. Harzallah; L. Arrar; M. Abdel-Wahhab. Antioxidant and radical scavenging properties of carthamus caeruleus l extracts grow wild in algeria flora. *Comunicata Scientiae*, 1(2) :128–136, 2010.

