



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة زيان عاشور-الجلفة

Université Ziane Achour –Djelfa

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم الفلاحية والبيطرية

Département des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences alimentaires

Option : Qualité de Produits et Sécurité Alimentaire

Thème

Contribution à l'étude de l'activité biologique des extraits de
plantes : *Ziziphora hispanica* L.

Présenté par : Mlle. Harizi Nadjat
Mlle. Harizi Soumia

Devant le jury composé de :

Président :	Dr. AZZOUZ M.	MCB	Université Ziane Achour, Djelfa
Promoteur :	Dr. LAHRECHE T.	MCA	Université Ziane Achour, Djelfa
Examineur 1 :	Dr. LOUNIS M.	MCA	Université Ziane Achour, Djelfa
Examineur 2 :	Dr. MAHI M.	MCB	Université Ziane Achour, Djelfa

Année universitaire : 2020 / 2021



Remerciements

Avant tout nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir donné la capacité de faire face à toutes les difficultés que nous avons rencontrées tout au long de notre carrière universitaire et la volonté et la patience de faire ce travail.

Nous remercions notre promoteur Monsieur LAHRECHE T pour ses encouragements, son aide précieuse, son soutien, sa confiance et ses conseils tout au long de la préparation de ce travail. Nous lui souhaitons une bonne continuation.

Nous tenons à remercier Mlle Y ·Khadidja qui nous a aidés à faire ce travail.

Sans oublier tous les membres de jury, les enseignants et tous les étudiants du département de biologie.





Dédicaces

Louange à DIEU, le Tout puissant, qui nous a permis de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier ce modeste travail d'abord :

A mes Parents, sans qui, je n'en serais pas là aujourd'hui. Merci pour tout votre amour et pour votre soutien, pour moi toujours

A mon grand-père (que Dieu lui fasse miséricorde) et ma grand-mère qui a toujours prié pour moi,

A tous mes amis et toute ma famille,

A ma sœur et binôme Soumia.

Nadjat



Dédicaces

Mes remerciements vont tout d'abord au DIEU pour la volonté et la patience qu'il m'a donné durant ces longues années d'étude afin que je puisse arriver à ce stade.

Je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient mes termes embrassés, je n'arrivai jamais à leur exprimer : A ceux qui m'ont donnée la vie, la lumière de mes yeux : mes très chers parents « qui m'ont entourée de leurs amour, leurs soutien et leurs affection et qui m'ont énormément aidé pour ma réussite, A l'homme à qui je dois ma vie, ma réussite et tout mon respect mon chère père. A la femme qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse ma chère mère.

A mes chers frères et à tous les membres de ma famille. Tous ceux qui m'ont aidé et soutenu, en particulier mon collègue Nadjat.



Soumia

Table des matières

Remerciement	I
Dédicaces	II
Table des matières.....	IV
Liste des abréviations.....	VI
Liste des figures.....	VII
Liste des tableaux.....	VIII
Introduction.....	1
Chapitre I :Présentation de la plante <i>Ziziphora hispanica</i> L.....	3
I. Plantes médicinales	3
II. Caractères botaniques de la famille des lamiacées	3
III. <i>Ziziphora hispanica</i> L	5
III.1. Présentation de la plante	5
III.2. Classification de la plante	6
III.3. Localisation et répartition géographique	6
III.4. Les habitats de la plante	7
III.5. Description botanique de la plante.....	7
III.6. Composition chimique de la plante.....	7
III.7. Utilisation de la plante	9
Chapitre II : Les métabolites	10
I. Les métabolites primaires.....	10
II. Les métabolites secondaires.....	10
II.1. Les alcaloïdes	11
II.2. Les composés phénoliques	12
II.3. Les terpénoïdes.....	17
Chapitre III :Les méthodes d'extraction.....	18
I. Les huiles essentielles	18
I.1. Définition.....	18
I.2. Localisation	18
I.3. Composition chimique.....	19
II. Les méthodes traditionnelles.....	20
II.1. L'infusion	20
II.2. La décoction	20
II.3. La macération.....	20

II.4. La distillation.....	21
III. Les méthodes modernes.....	23
III.1. Extraction Soxhlet.....	23
III.2. Extraction par micro-ondes	24
III.3. Extraction assistée par ultrasons	26
III.4. Extraction au CO ₂ supercritique	27
III.5. Extraction assistée par enzyme	28
IV. Solvant d'extraction	28
Chapitre IV: Les activités biologiques	30
I. L'activité antibactérienne des HEs.....	30
II. L'activité antioxydante des HEs	31
III. L'activité antifongique	32
IV. Activité anti-inflammatoire	33
Conclusion.....	34
Références Bibliographiques	
Résumés	

Liste des abréviations

- ε : Constant diélectrique.
- °C : Degré Celsius.
- % : Pourcentage.
- ADN : Acide désoxyribonucléique.
- ARN: Acide ribonucléique.
- ATTC: American type culture collection.
- IC₅₀: Concentration d'inhibitrice 50.
- CUPRAC: Cupric ion reducing antioxidant capacity.
- DHF : Dihydrofolate.
- DHP : Dihydroptéroate.
- CO₂: Dioxyde de carbone.
- DPPH : Diphényle-picrylhydrazyl.
- EAM : Extraction Assistée par Micro-ondes.
- EAU : Extraction assistée par ultrasons.
- h : Heure.
- HE : Huile essentielle.
- LBM: Laboratory of Biotechnology and Metagenomic.
- m : Mètre.
- mm : Millimètre.
- MH : Milieu de Mueller Hinton.
- nm : Nanomètre.
- OMS : Organisation Mondiale de Santé.
- PE : Point d'Ébullition.
- THF : Tétrahydrofolate.
- TEAC : Trolox équivalent antioxidant capacity.
- UV : Ultra-violet.

Liste des figures

Figure 1 : Les caractéristiques morphologiques d'une <i>Lamiacée</i>	4
Figure 2 : Répartition géographique de la famille des Lamiacées dans le monde entier.....	4
Figure 3 : <i>Ziziphora hispanica</i> L. avant et après la récolte.....	5
Figure 4 : Description du <i>Ziziphora hispanica</i> L.....	7
Figure 5 : Exemple d'alcaloïdes : a) alcaloïdes vrais, b) pseudo-alcaloïde, c) proto-alcaloïde.....	11
Figure 6 : Voie de biosynthèse simplifiée des flavonoïdes.....	13
Figure 7 : Structure de base d'acide hydroxy-benzoïque.....	14
Figure 8 : Structure de base d'acide hydroxy-cinnamique.....	14
Figure 9 : Structure de base des flavonoïdes.....	15
Figure 10 : Les différentes classes des flavonoïdes.....	15
Figure 11 : Structures des tanins hydrolysables et condensés.....	16
Figure 12 : Quelques exemples de mono-terpènes (a) et de sesquiterpènes (b).....	17
Figure 13 : Structure chimique de quelques composés rencontrés dans les huiles essentielles.....	19
Figure 14 : Appareil de Clevenger pour la détermination des huiles essentielles dans les drogues végétales.....	21
Figure 15 : Appareillage utilisé pour l'hydrodistillation de l'huile.....	22
Figure 16 : La distillation par entraînement à la vapeur d'eau.....	23
Figure 17 : Extraction par Soxhlet.....	24
Figure 18 : Principe schématisé de l'appareillage d'extraction sous micro-ondes.....	25
Figure 19 : Stress membranaire généré lors de passage d'une onde ultrasonique.....	27

Liste des tableaux

Tableau 1 : Description morphologique de la famille des <i>Lamiaceae</i>	5
Tableau 2 : Identification de <i>Ziziphora hispanica</i>	6
Tableau 3 : Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Ziziphora hispanica</i> L.....	8
Tableau 4 : Le point d'ébullition (PE) et le constant diélectrique (ϵ) des solvants les plus couramment utilisés en extraction assistée par micro-ondes.....	26
Tableau 5 : Principaux groupes phénoliques dissous par divers solvants.....	29
Tableau 6 : Activité antibactérienne de l'HE de <i>Ziziphora hispanica</i>	31
Tableau 7 : Activité antifongique de l'huile essentielle de <i>Ziziphora hispanica</i>	33

Introduction

Depuis longtemps, l'homme a recours à la recherche de la nature pour se guérir. Il utilise plusieurs types de plantes. Bien que ces herbes aux propriétés curatives aient attiré l'attention de plusieurs auteurs, les recherches dans ce domaine ont diminué. Le monde s'est tourné vers les drogues synthétiques. Il s'agit notamment des antibiotiques utilisés pour traiter les infections bactériennes où une mauvaise utilisation de ces produits provoque des effets secondaires tels que des réactions allergiques (VALNET, 1984 ; LAOUER, 2004).

L'Algérie compte parmi les pays qui pratiquent la phytothérapie. Elle possède un climat diversifié, généralement ensoleillé et un patrimoine naturel exceptionnel caractérisé par une flore importante avec plus de 3000 espèces de plantes, dont 250 peuplements (HANIFI, 1991 ; KHADRAOUI *et al.*, 2015).

Les plantes constituent le premier et le principal outil thérapeutique disponible pour l'homme dans de nombreuses civilisations. De nos jours, ils jouent toujours un rôle essentiel dans la prévention et le traitement des maladies chez la majorité de la population des pays en développement. De plus, les estimations montrent que deux tiers des médicaments pharmaceutiques actuels sont d'origine végétale (NEWMANN *et al.*, 2007 ; VIVEK KUMAR *et al.*, 2017).

Selon LAOUER (2004), le diagnostic et le concept thérapeutique sont les mêmes en phytothérapie et en médecine traditionnelle. Les douleurs du patient, son examen physiologique complet et d'autres paramètres, renseignent sur la maladie. Les traitements sont utilisés pour éliminer la principale cause de la maladie et soulager ses symptômes.

Les plantes produisent une grande variété de molécules organiques, appelées « métabolites secondaires » et beaucoup d'entre elles ont des applications intéressantes en pharmacologie, en industrie chimique et en agriculture. Ces derniers sont capables de codifier de nombreuses enzymes métaboliques. En effet les plantes possèdent plus de gènes que d'autres organismes vivants, comme les mammifères et les bactéries. Le résultat de cette grande biodiversité est représenté par plus de 200 000 métabolites isolés à ce jour à partir d'espèces végétales (WATSON, 2014).

Parmi ces métabolites isolés: les terpénoïdes, les alcaloïdes et les composés phénoliques sont à distinguer. Ces derniers présentent plusieurs propriétés physiologiques, telles que des effets antiallergiques, anticancéreux, anti-inflammatoires, antioxydants, antimicrobiens, antithrombotiques, cardioprotecteurs et vasodilatateurs (BALASUNDRAM *et*

al., 2006 ;TERRA *et al.*, 2007). Le potentiel antioxydant des plantes médicinales peut être lié à la concentration de leurs composés phénoliques qui comprennent les acides phénoliques, les flavonoïdes, les anthocyanines et les tanins. Ces composés s'avèrent d'une grande utilité pour prévenir l'apparition et/ou la progression de nombreuses maladies causés par le stress oxydatif (DJERIDANE *et al.*, 2006 ; WONG *et al.*, 2006).

Afin de tester de nouvelles plantes aromatiques locales, le thème de notre étude rentre dans le cadre de l'évaluation de l'activité biologique d'une espèce, riche en huiles essentielles, appartenant à la famille du Lamiacées : « *Ziziphora hispanica* L. » et qui est utilisée dans la thérapie traditionnelle contre les douleurs de l'estomac, la céphalée, les douleurs abdominales, la toux et l'ictère.

Cette étude bibliographique est composée de quatre chapitres :

-Dans le premier chapitre nous avons fait une étude botanique de l'espèce *Ziziphora hispanica* L: présentation, classification, localisation, répartition géographique, les habitats de plante, description botanique et enfin utilisation de la plante,

- Dans le deuxième chapitre, nous avons discuté des métabolites (primaires et secondaires) des extraits de cette plante,

- Dans le troisième chapitre nous avons touché les méthodes traditionnelles et modernes d'extraction. Finalement,

- Dans le quatrième chapitre nous avons parlé de types d'activité biologique telle que l'activité antibactérienne, antioxydantes antifongique.

Chapitre I :

Présentation de la plante

***Ziziphora hispanica* L**

I. Plantes médicinales :

Selon ANTHOULA (2003) et SOFOWORA (2010), les plantes médicinales sont toute plante contenant une ou plusieurs substances actives capables de prévenir, d'atténuer ou de guérir des maladies, c'est-à-dire des plantes ayant des propriétés médicinales. En effet, l'action des plantes médicinales viennent de leurs métabolites primaires et secondaires, et sans doute, de la synergie entre les différents composés qu'ils y sont présents (REGUIEG, 2011).

Environ 80 % de la population mondiale dépend essentiellement de la médecine traditionnelle et de l'utilisation d'extraits végétaux associées principalement au traitement traditionnel. De nombreuses plantes médicinales sont appliquées par automédication ou sur la recommandation d'un médecin ou d'un pharmacien (BEVERLY et SUDARSANAM, 2011; HOSSEINZADEH *et al.*, 2015).

D'après KABOUCHETAL (2005), l'Algérie est un pays très riche dans sa biodiversité florale et la médecine traditionnelle trouve sa place malgré l'absence de complémentarité de la phytothérapie à la médecine.

II. Caractères botaniques de la famille des Lamiacées :

La famille des Lamiacées est l'une des premières familles à être distingués par les botanistes. C'est une famille exceptionnellement homogène et très facile à reconnaître. Elle comprend environ 260 genres et plus de 6500 espèces dont l'aire de répartition est extrêmement étendue mais avec prépondérance pour les régions méditerranéennes : thym, lavande, romarin, etc. (SPICHIGER *et al.*, 2004).

Selon BOTINEAU (2010) et PHILIPPE (2014), les Lamiacées sont des herbacées ayant la consistance et la couleur de l'herbe, parfois sous-arbrisseaux ou ligneuses. Les feuilles généralement simples, opposées-décussées et souvent garnies de poils ou de glandes à huiles essentielles et la section de leurs tige est généralement quadrangulaire, plus rarement à une lèvre, parfois à symétrie radiaire (voir figure 1).

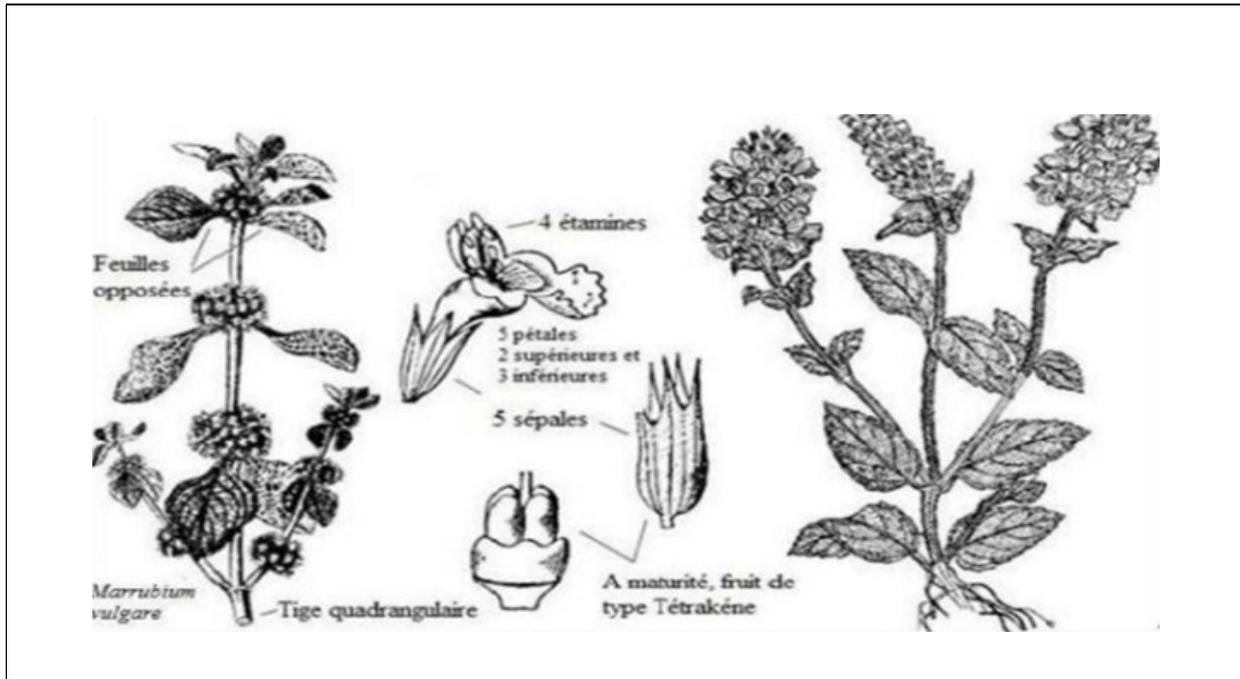


Figure 1: Les caractéristiques morphologiques d'une *Lamiacée* (SKAFIA-CRETE, 2018).

Les lamiacées sont des angiospermes dicotylédones appartenant à l'ordre des Lamiales réparties sur l'ensemble de la surface de la planète, bien qu'elles soient plus présentes en climats tempérés et surtout dans le pourtour méditerranéen (voir figure2) (JUDD et *al.*, 2000 ;TAMERT, 2016).

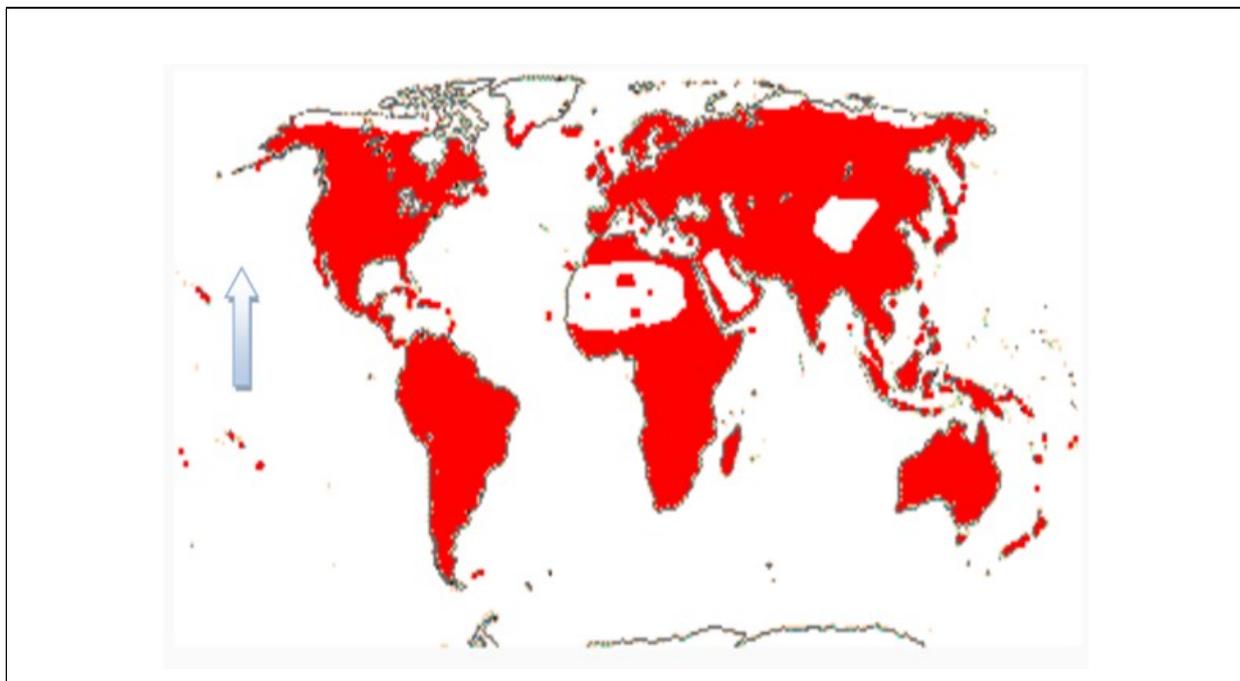


Figure 2:Répartition géographique de la famille des Lamiacées dans le monde entier (TABTI et TAHDJERIT, 2017).

Les lamiacées sont des plantes à fleurs herbacées ou arborescentes très parfumées (voir tableau 1). 40% des espèces de cette famille contiennent des composés qui possèdent des propriétés aromatiques (SPICHIGER et *al.*, 2004; VERSE, 2007 et SILVANT, 2014).

En l'Algérie, les Lamiacées sont représentées par 28 genres et 146 espèces, Certains genres sont de détermination délicate en raison de la variabilité extrême des espèces (BENDIF, 2017).

Tableau 1:Description morphologique de la famille des *Lamiaceae*.

Morphologie générale	Plantes herbacées, annuelles ou vivaces ou sous-arbrisseaux, très rarement des arbres. Suffrutescentes ou ligneuses, souvent velues (MARTIN, 2014 ; RAMEAU et <i>al.</i> , 2008).
Tiges	Tiges généralement quadrangulaires (DUPONT et GUIGNARD, 2004).
Feuilles	Opposées et simples, parfois verticillées, simples, parfois lobées ou découpées (MAIDI, 2014).

III. *Ziziphora hispanica* L:

III.1. Présentation de la plante:

Ziziphora hispanica L. est une plante annuelle, odorante qui appartient à la famille des lamiacées. Sa saveur est fortement aromatique et son odeur est intense, fraîche et pénétrante, rappelant celle de la menthe pouliot (voir figure 3) (SEZIK et TUMEN, 1986; ZARGARI, 1995).



Figure 3: *Ziziphora hispanica* L. avant et après la récolte (QUEZEL et SANTA, 1963).

III.2. Classification de la plante:

D'après QUEZEL et SANTA (1963) ; TUTIN (2001) et GUIGNARD et DUPONT (2004), la classification qu'occupe *Ziziphora hispanica* L. dans la systématique est la suivante :

Règne: Végétal.

Embranchement: Phanérogames ou Spermaphytes

Sous-embranchement: Angiospermes

Classe: Eudicots

Sous-classe: Astéridées

Ordre: Lamiales

Famille: Lamiacées (Labiées)

Genre: *Ziziphora*

Espèce: *Ziziphora hispanica* L.

BOULLARD (2001), identifie *Ziziphora hispanica* L. comme suit (voir tableau 2):

Tableau 2: Identification de *Ziziphora hispanica* L (QUEZEL et SANTA, 1963 ; BOULLARD, 2001).

La famille	Lamiacées
Espèce	<i>Zizyphora hispanica</i> L
Nom français	La menthe pouliot des lieux secs
Nom vernaculaire	Flio (فليو)

III.3. Localisation et répartition géographique:

Le genre *Ziziphora* regroupe 5 espèces qui poussent à l'état spontané en Turquie, Iraq, Afghanistan et partout en Iran et la région de la Méditerranée occidentale : Espagne, Maroc, Algérie et Tunisie. Dans la péninsule ibérique, à l'est de l'Andalousie et rare en Aragon, principalement dans les terres tertiaires de l'intérieur où prédominent des marnes plus ou moins salines ou gypseuses.

En Algérie, le genre *Ziziphora* est réparti dans les régions de l'Atlas saharien et des hauts plateaux et ce genre est représenté par 3 espèces: *Ziziphora capitata* L., *Ziziphora hispanica* L. et *Ziziphora tenui* L (QUEZEL et SANTA, 1963 ; RECHINGER, 1982 et BASER, 2002).

III.4. Les habitats de la plante:

Selon REBBAS (2006) et OZTURK (2007) *Ziziphora hispanica* L. se maintient dans les pâturages thérophytes sur sols calcaires ou crayeux, sur coteaux ou coteaux secs et zones à climat méditerranéen continental de 400 à 1500 m d'altitude et dans le secteur de l'Atlas Saharien, dans les haut-plateaux algérois et oranais, dans les haut-plateaux constantinois.

III.5. Description botanique de la plante :

Petite plante annuelle à tige sub-quadrangulaire dressée, nettement rameuse; à poils courts. Poilues sur les nervures de la face inférieure. Les feuilles, toutes semblables, sont ovales lancéolées et ciliées sur les marges. Inflorescence dense, elle a des inflorescences spiciformes formées de verticillastres superposées pauciflores; la couleur de la fleur est violette (voir figure 4) (QUEZEL et SANTA, 1963 ; LOPEZ et BAYER, 1988).

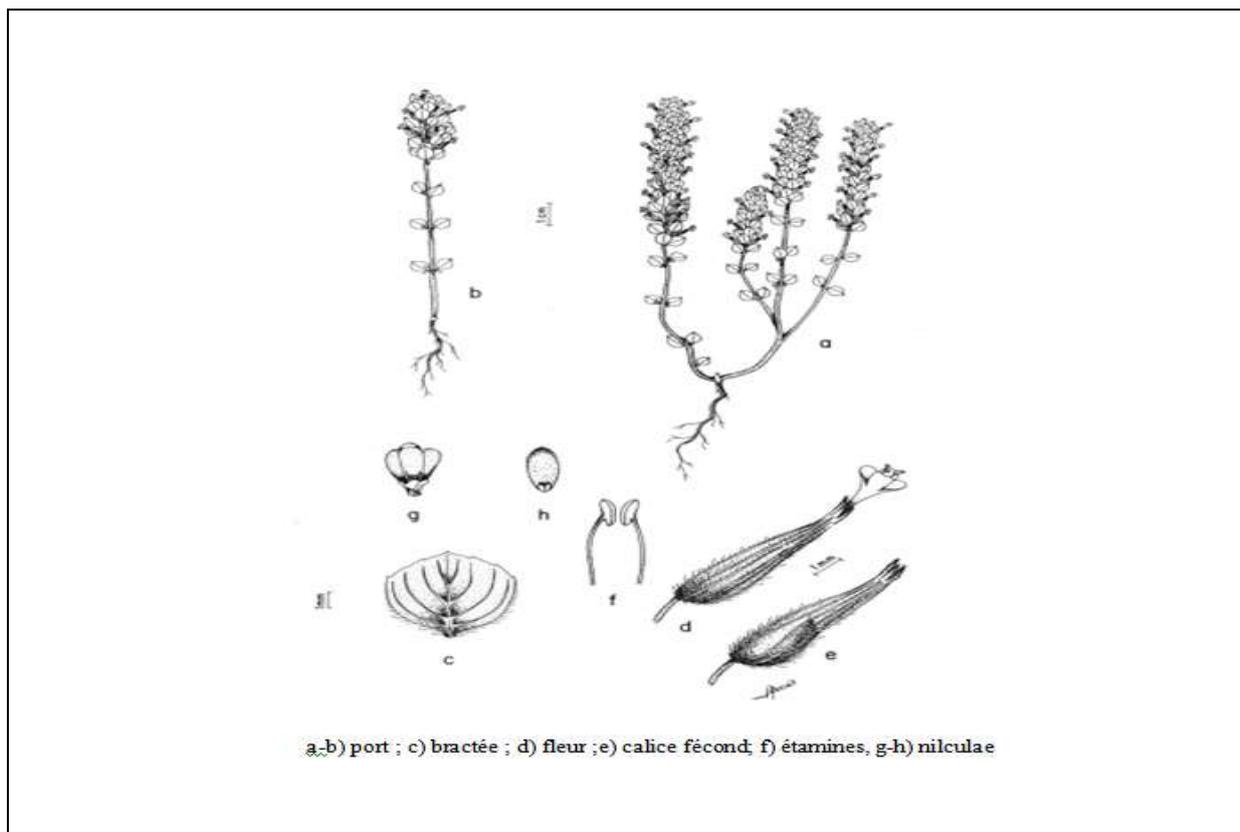


Figure 4: Description du *Ziziphora hispanica* L (LOPEZ et BAYER, 1988).

III.6. Composition chimique de la plante:

D'après VELASCO et MATA (1986), l'analyse chimique des huiles essentielles des différentes espèces du genre *Ziziphora* a fait l'objet de très peu de travaux.

L'étude menée par ces auteurs sur l'huile essentielle (HE) de cette plante récoltée en Espagne, révèle une grande richesse en pulégone soit entre 64,5 et 76,7%, pipériténone (11,7 - 16,7%) et suivi de limonène (1,06%). Ces auteurs avancent également l'existence d'autres composés, à savoir: isopulégol, trans-isopipériténol, -Cadinène et le cis-nérolidol (voir tableau 3).

Tableau 3:Composition chimique de l'HE de *Ziziphora hispanica* L. (BEKHECHI et al., 2007).

Composés	Indice de rétention	%	Composés	Indice de rétention	%
α -pinène	939	0.52	(3Z, 5E)-1, 3,5undécatriène	1184	0.41
Cyclohexanone-3-méthyle	952	0.24	1-Dodécène	1192	0.36
Sabinene	976	0.11	α -terpinéol	1196	0.71
β -pinène	980	0.5	Puleone	1237	78.6
β -myrcène	987	0.3	Pipérénone	1245	2.9
Isolimonène-trans	983	0.1	8-hydroxy-p-menthan-3-one	1256	2.24
Limonène	1031	1.4	Pyrogallate de 1,3-diméthyle	1357	0.98
Isomenthone	1130	0.11	α -copaène	1376	0.2
1,8-Cinéole	1033	0.1	β -bourbonène	1417	0.1
(-)-L-Isopulégol	1145	0.1	β -caryophyllène	1425	0.4
Camphre	1146	0.06	γ -cadinène	1514	0.1
Trans-isopulégone	1157	1.09	Menthe furanone-2	1520	0.59
Menthofurane DB5-785	1164	1.26	Oxyde de caryophyllène	1582	0.11
néo-mentholé	1166	0.05	acide 2-penténoïque, ester méthylique, (E)	1592	0.18

III.7. Utilisation de la plante :

Le Ziziphora est reconnue en médecine traditionnelle pour ses activités antiseptique, apéritive et carminative. Il est aussi indiqué pour ses propriétés anti diarrhéiques, antipyrétiques et pour le traitement du rhume et de la toux. En médecine traditionnelle, cette plante jouit d'une grande faveur populaire, son infusion est utile comme sédatif, carminatif et stomachique (OZTURKET et *al.*, 1995 ; ZARGARI, 1995; BELLAKHDAR, 1997;BAYTOP, 1999 et OZELET et *al.*, 2005).

D'après, MERAL et *al.* (2002); SALEHI et *al.*, (2005) et REBBAS (2006), cette plante a plusieurs utilisations en phytothérapie et possède une activité antioxydante appropriée. Les riverains de la commune de Djebel Mesaad à Boussaâda utilisent cette plante comme tisane pour calmer les douleurs de l'estomac, la fatigue du cœur, la céphalée, les douleurs abdominales et l'ictère. De même ils l'ajoutent dans le café pour donner un meilleur goût.

Selon les traditions iraniennes, la partie aérienne séchée de cette plante est fréquemment utilisée pour aromatiser les plats culinaires. Elle est considérée également bénéfique pour la santé (SEZIK et TUMEN, 1986; ZARGARI, 1995).

Chapitre II : Les métabolites

Le métabolisme est l'ensemble des processus biochimiques résultant de la décomposition de matières organiques complexes qui permettent aux cellules de produire les métabolites et l'énergie nécessaire à leur vie. Plusieurs centaines de réactions se produisent dans la cellule. Les processus de décomposition des molécules impliquées dans la digestion et la respiration sont compatibles avec le catabolisme (INDGE, 2007; MAROUF et REYNAUD, 2007).

I. Les métabolites primaires :

Le métabolite primaire est un type de métabolite qui est directement impliqué dans la croissance, le développement et la reproduction normale d'un organisme ou d'une cellule. Ce composé a généralement une fonction physiologique dans cet organisme, c'est-à-dire une fonction intrinsèque. Les métabolites primaires nécessaires et indispensables à la survie de la cellule sont (BENSLAMA, 2016):

- Les acides aminés (source primaire de construction des protéines) ;
- Les glucides (source d'énergie, paroi cellulaire) ;
- Les lipides (source d'énergie, membranes cellulaires).

II. Les métabolites secondaires :

Inversement, un métabolite secondaire n'est pas directement impliqué dans ces processus physiologiques fondamentaux d'un organisme, mais possède typiquement une fonction écologique importante (c'est-à-dire une fonction relationnelle) (BENSLAMA, 2016).

La plante peut développer un métabolisme secondaire particulier lui permettant de synthétiser les substances les plus diverses pour se défendre. Ces substances sont appelées : métabolites secondaires et sont généralement synthétisées plus tardivement dans le cycle de vie, alors que les micro-organismes vieillissent. Les métabolites secondaires existent chez tous les végétaux, mais leur nature chimique diffère selon le taxon (MEYER et *al.*, 2004; ABDERRAZAK et JOËL, 2007 et INDGE, 2007 ; KANSOLE, 2009).

Les métabolites secondaires sont répartis principalement en trois grandes familles (BENDIF, 2017):

- Les alcaloïdes;
- Les polyphénols ou composés phénoliques;
- Les terpénoïdes.

II.1. Les alcaloïdes :

Les alcaloïdes sont des substances organiques azotées d'origine naturelle (le plus souvent végétale), de distribution restreinte et dont l'atome d'azote est inclus dans un système hétérocyclique auquel l'activité pharmacologique est significative pour la plupart de série cyclique. De plus, ils ont la propriété de réagir avec des sels de métaux lourds. Les alcaloïdes provoquent de puissants effets physiologiques. Il s'agit pour la plupart de poisons végétaux très actifs, dotés d'une action spécifique. Selon leur composition chimique et surtout leur structure moléculaire, les alcaloïdes sont repartis en de nombreux groupes (voir figure 5) (HURABIELLE, 1981 ; MELTZER et MALTRUD, 1997; BRUNETON, 2009 ; KRIEF, 2003 et BADIAGA, 2011) :

-**Les alcaloïdes vrais** : ils dérivent d'acides aminés et comportent un atome d'azote dans un système hétérocyclique. Ces substances sont douées d'une grande activité biologique ;

-**Les pseudo-alcaloïdes** : présentant le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais, mais ne sont pas des dérivés des acides aminés;

-**Les proto-alcaloïdes** : sont des amines simples dont l'azote n'est pas inclus dans un système hétérocyclique ; ils ont un caractère basique et sont élaborés *in-vivo* à partir d'acides aminés. Ils sont souvent appelés « amine biologique » et sont hydrosoluble.

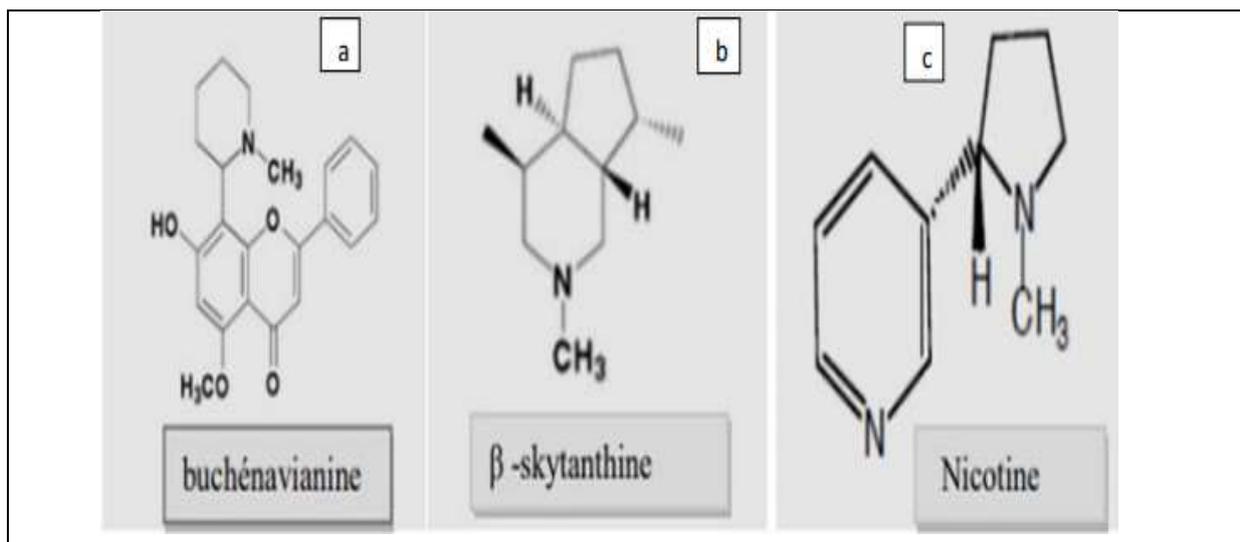


Figure 5 : Exemple d'alcaloïdes : a) alcaloïdes vrais, b) pseudo-alcaloïde, c) proto-alcaloïde (BADIAGA, 2011).

II.2. Les composés phénoliques :

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires qui constituent un des groupes le plus représenté et largement distribué dans le monde végétal avec plus de 8000 structures phénoliques. L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupement hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction: éther, ester ou hétéroside (BRUNETON, 2015 ; ŠAPONJAC *et al.*, 2016).

Les acides phénoliques sont des composés antioxydants, qui ont la capacité de piéger les radicaux libres. Ils jouent un rôle reconnu dans le maintien d'un bon état de santé et pourraient participer à la prévention de diverses maladies dégénératives, telles que les maladies cardiovasculaires et le cancer, liées à un excès de radicaux et au stress oxydatif. Ils présentent également des activités anti-inflammatoires et anti carcinogène (KOSHIHARA *et al.*, 1984 ; BRUNETON, 2009; SAXENA *et al.*, 2012 ; MEDINA-TORRES *et al.*, 2017).

Les composés phénoliques des végétaux sont issus de deux grandes voies de biosynthèse (voir figure 6) (BRUNETON, 2015):

- La voie des phénylpropanoïdes (C6-C3) ou de l'acide shikimique qui conduit à la synthèse de certains acides aminés aromatiques comme la L-phénylalanine et/ou la L-tyrosine, puis par désamination de ces derniers, aux acides cinnamiques et à leurs dérivés comme les coumarines ;
- La voie des flavonoïdes, combinant la voie des phénylpropanoïdes et celle de l'acide acétique conduisant aux poly acétates. Les acides benzoïques, composés en C6-C1, sont issus de la dégradation oxydante des acides cinnamiques ou p-hydroxy-cinnamiques ce qui conduit à la formation d'acides hydroxybenzoïques. L'élaboration du squelette flavonoïde en C6-C3-C6 est effectuée par la chalcone synthèse. Pour que cette enzyme soit fonctionnelle, il faut que l'acide p-coumarique soit activé sous la forme d'acide p-coumarique-Coenzyme A par une CoA-ligase non spécifique. Le précurseur ainsi activé pourra réagir avec trois molécules de malonyl-CoA. Par la suite, la cyclisation du tri acétate s'effectue selon la réaction de Claisen et conduit à la formation d'une chalcone, la 4,2',4',6'-tétra hydroxy chalcone. Une cyclisation conduira à l'obtention du noyau flavone, intermédiaire de la synthèse des flavonoïdes, des tanins condensés et des anthocyanes.

Il existe donc, différentes classes de polyphénols: les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins.

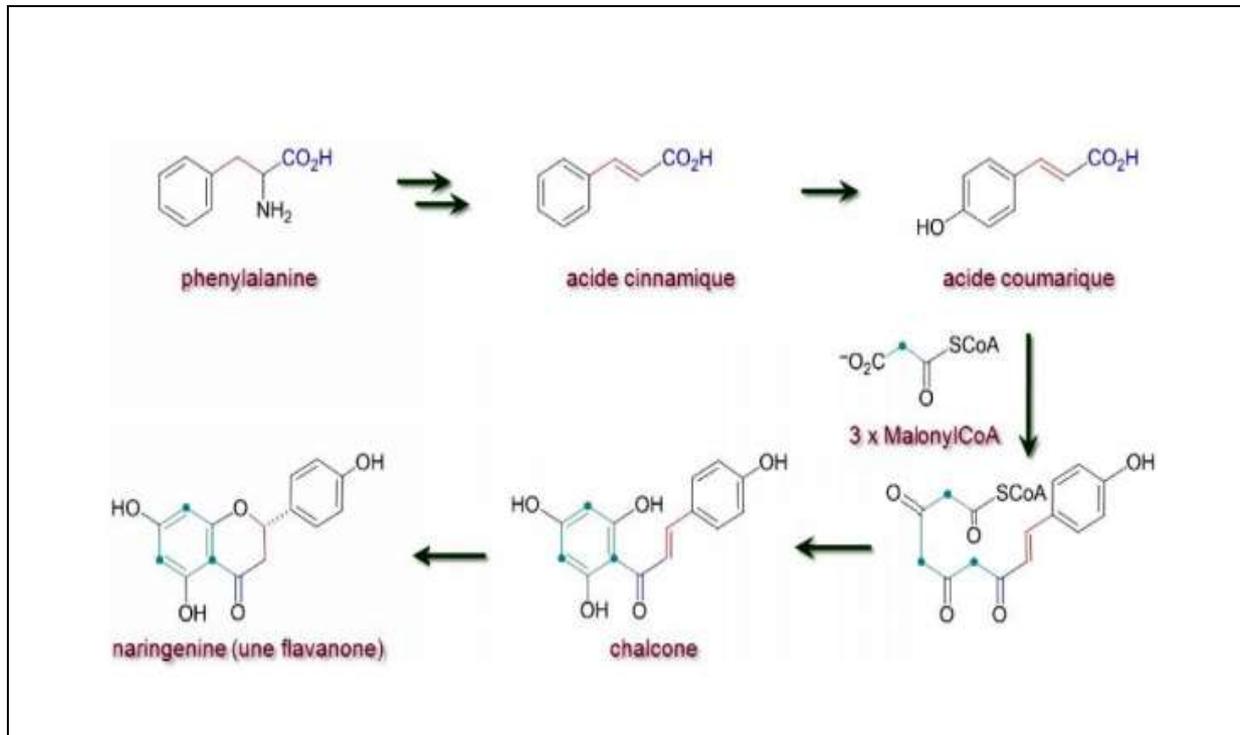


Figure 6: Voie de biosynthèse simplifiée des flavonoïdes (SAHLI, 2017).

II.2.a. Les acides phénoliques :

Les acides phénoliques sont des composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénoliques. La variation des acides phénoliques est dans le nombre et l'emplacement de groupes hydroxyle sur le cycle aromatique. Ils ont deux structures principales: acide hydroxy benzoïques et acide hydroxy cinnamique (WILLIAM et *al.*, 2003 ; KHODDAMI et *al.*, 2013).

- **Les acides hydroxybenzoïques** (ou acides phénols en C6-C1) ; sont à la base de structures complexes comme les tanins hydrolysables et sont très communs aussi bien sous forme libre que combinés à l'état d'ester ou d'hétéroside (voir figure 7) (MANACH et *al.*, 2004 ; BRUNETON, 2009).

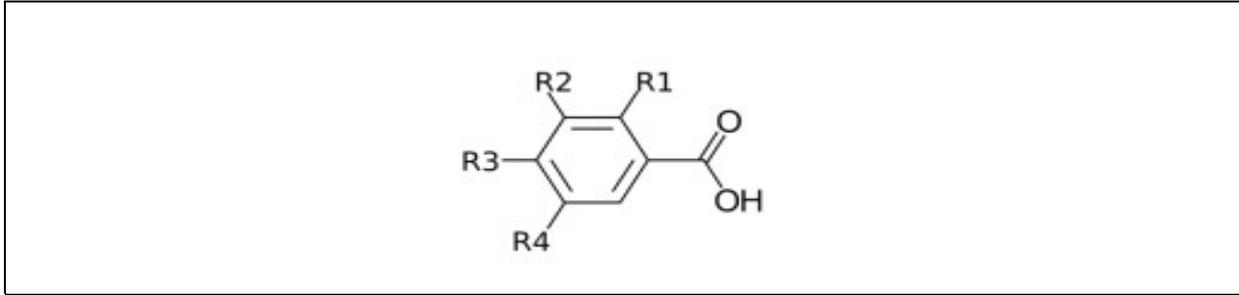


Figure 7: Structure de base d'acide hydroxy-benzoïque (MANACH *et al.*, 2004 ; BRUNETON, 2009).

- **Les acides hydroxycinnamiques** (ou acides phénols en C6–C3) ; sont plus abondants que les acides hydroxybenzoïques et possèdent une distribution très large. Ces composés sont rarement présents se forme libre et sont pour la plupart d'entre eux sous forme estérifiées. Ils sont principalement composés d'acide coumarique, acide caféique, acide férulique et acide sinapique (voir figure 8) (EL GHARRAS, 2009).

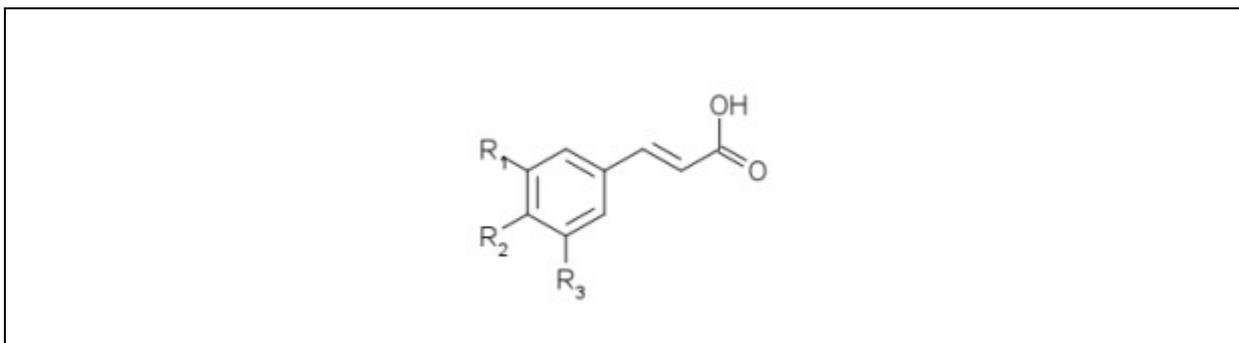


Figure 8: Structure de base d'acide hydroxy-cinnamique (EL GHARRAS, 2009).

II.2.b. Les flavonoïdes :

Le terme flavonoïdes désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Ce sont les composés phénoliques les plus abondants dans les végétaux et sont considérés comme des pigments quasi universels des végétaux, les flavonoïdes présentent un effet antioxydant potentiel et peuvent, par conséquent, prévenir les lésions produites par les espèces oxydatives (MARFAK, 2003; WILLIAM *et al.*, 2003).

Structure :

La plupart des flavonoïdes ont une structure de base relativement simple (C6-C3-C6). Ils contiennent quinze (15) atomes de carbone dans leur structure de base organisé en deux

cycles aromatiques A et B à six atomes de carbones liés avec une unité de trois atomes de carbone formant ainsi une chaîne hétérocycle (C) (voir figure 9) (ERDMAN et *al.*, 2007;TAPAS, 2008).

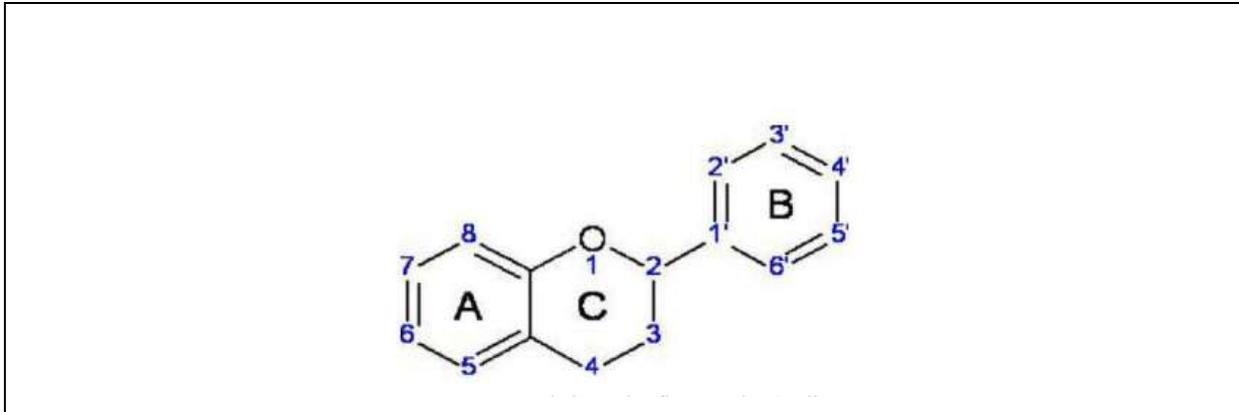


Figure 9: Structure de base des flavonoïdes (BOJIC, 2011).

Classification :

La famille des flavonoïdes est se diviser en six classes qui diffèrent par leurs structures chimiques (voir figure 10) (ABDERREZAK et AIB, 2011):

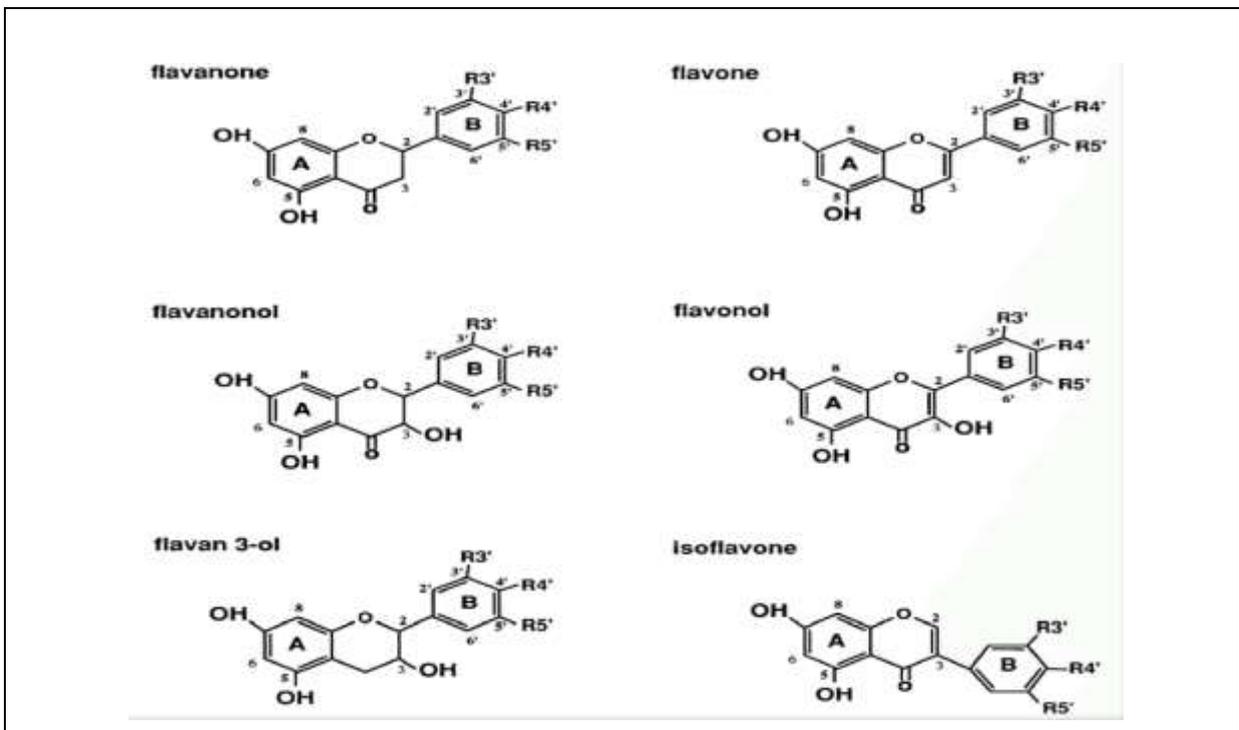


Figure 10: Les différentes classes des flavonoïdes (ABDERREZAK et AIB, 2011).

II.2.c. Les tanins :

Les tanins végétaux sont des composés phénoliques fortement hydroxylés, solubles dans l'eau et ayant des poids moléculaires entre 500 et 3000. Ils ont l'aptitude à précipiter les alcaloïdes, la gélatine et les autres protéines. Deux groupes de tannins existent : les tannins hydrolysables très abondants chez les angiospermes dicotylédones et les tannins condensés très abondants chez les gymnospermes (voir figure 11) (ISERIN, 2001 ; ATEFEIBU, 2002 ; SEREME *et al.*, 2010):

-Les tannins hydrolysables : sont des oligo- ou poly-esters d'un sucre et d'un nombre variable d'acide phénolique. Le plus souvent le sucre est représenté par le D-glucose et l'acide phénolique est soit l'acide gallique dans le cas des gallotannins, soit l'acide ellagique dans le cas des tannins classiquement dénommés ellagitannins (BRUNETON, 1993).

-Les tanins condensés : sont des composés phénoliques hétérogènes sous forme d'oligomères ou polymères formés par condensation des molécules de flavonoïdes entre-elles (BRUNETON, 2009).

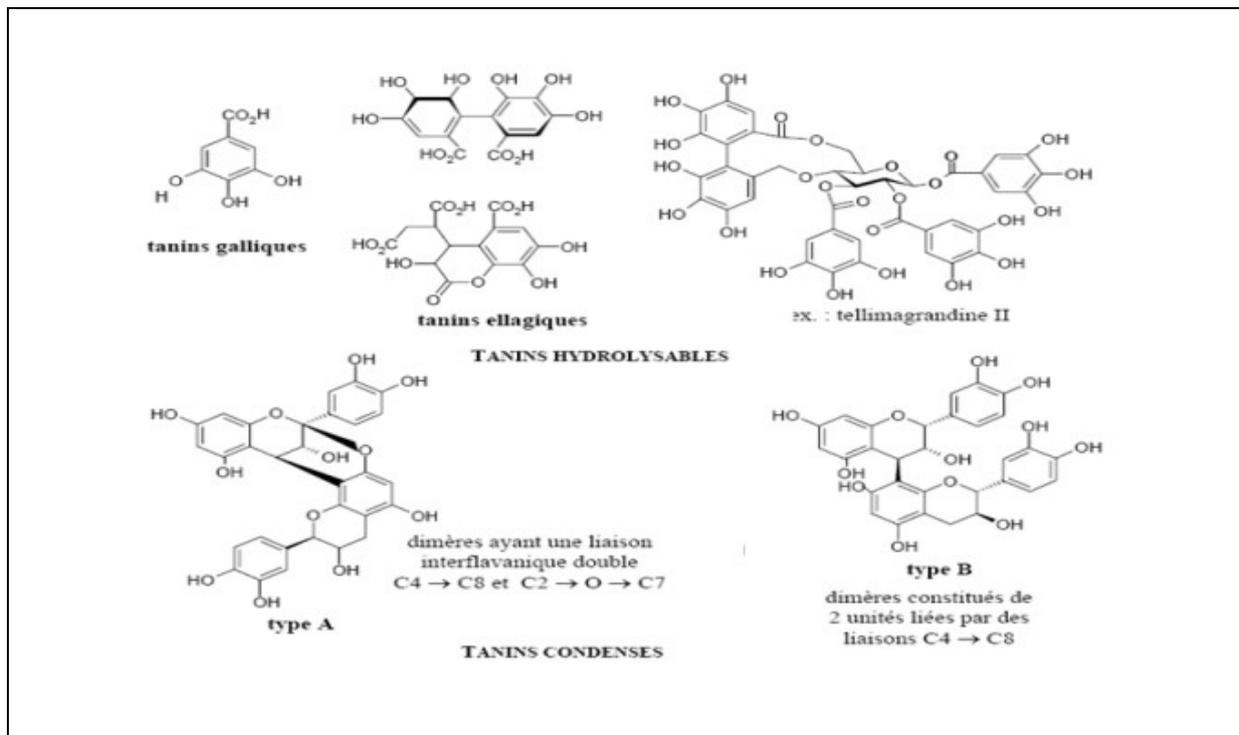


Figure 11: Structures des tanins hydrolysables et condensés (BRUNETON, 1999).

II.3. Les terpénoïdes :

Les terpénoïdes sont des hydrocarbures naturels, de structure cyclique ou de chaîne ouverte formant le plus grand groupe de métabolites secondaires des végétaux et constituent leurs principe odoriférant, avec près de 25 000 composés différents identifiés. Ce sont des composés généralement lipophiles (hydrophobes) classés en fonction du nombre d'atome de carbone (Bruneton, 1999; William *et al.*, 2003; Gershenzon, 2007; Marouf *et al.*, 2007; Rahal *et al.*, 2019). D'après MOREL (2017), les végétaux produisent principalement les terpénoïdes et les composés aromatiques par des réactions d'oxydoréduction avec des fonctions chimiques variées.

Les terpénoïdes sont classés en plusieurs molécules selon le nombre de carbones. Ainsi la classification est la suivante (voir figure 12) (DESMIER, 2016):

- C5 : les héli terpènes ;
- C10 : les mono terpènes ;
- C15 : les sesquiterpènes ;
- C20 : les diterpènes ;
- C30 : les triterpènes ;
- C40 : les caroténoïdes.

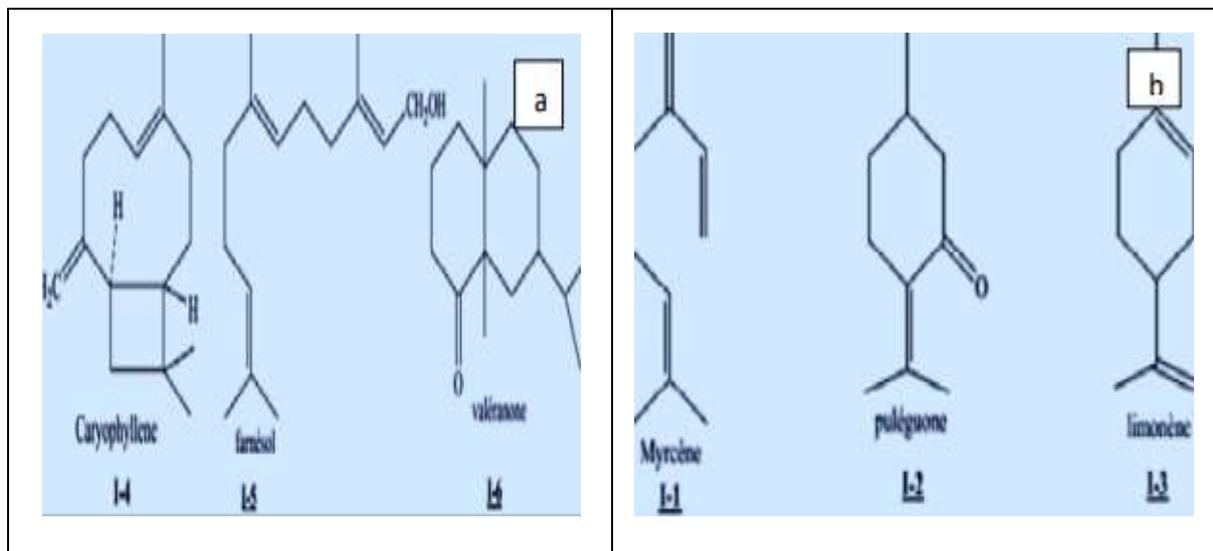


Figure 12: Quelques exemples de mono-terpènes (a) et de sesquiterpènes (b) (DESMIER, 2016).

Chapitre III :

Les méthodes d'extraction

I. Les huiles essentielles :

I.1. Définition :

Le terme « huile essentielle » (HE) a été inventé au 16^{ième} siècle par le médecin Suisse Paracelsus Von Hohenheim pour désigner le composé actif d'un remède naturel (EL KALAMOUNI, 2010).

Il s'agit d'un extrait pur et naturel de plantes aromatiques (ROULIER, 1990 ; WEGRZYN et LAMENDINH, 2005).

Les H.E sont des produits du métabolisme secondaire spécifiques aux végétaux supérieurs, elles sont généralement odoriférantes et volatiles, obtenues par les méthodes de distillation ou par l'extraction à l'aide de solvants (JANICSAK *et al.*, 1999).

La norme française AFNOR NF T75-006 définit l'HE comme: «un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, et qui sont séparés de la phase aqueuse par procédés physiques » (GARNERO, 1996).

I.2. Localisation :

Les HE se rencontrent quasiment que chez les végétaux supérieurs : cependant, elles sont particulièrement abondantes chez certaines familles telles que les Lamiacées (BRUNETON, 1999).

Elles sont présentes sous forme de minuscules gouttelettes dans différents organes végétaux producteurs en petites quantités par rapport à la masse du végétal variant en fonction de la zone productrice du végétal, comme les sommités fleuries (ex: Lavande, Menthe...), dans les racines ou rhizomes (ex: Vétiver, Gingembre), dans les écorces (ex: Cannelles), le bois (ex: Camphrier), les fruits (ex: Citron) et les graines (ex: Muscade). Elles sont contenues dans des structures spécialisées, à savoir, les poils, les canaux sécréteurs et les poches. Les essences sont stockées soit dans ces cellules, soit dans des cellules de réserve, et ne deviennent HE qu'après distillation (JOANNA, 2012 ; BENDIF, 2017).

La famille des lamiacées est riche en espèces aromatiques utilisées comme herbes, médicaments traditionnels, parfums, etc., en raison des HE produites dans les poils glandulaires répartis sur les organes aériens de la végétation et de la reproduction. Chez les Lamiacées, il existe deux types de trichomes -Les trichomes sont des cellules épidermiques spécialisées présentes sur les surfaces aériennes de presque toutes les plantes- : le peltate et le capitata (MARIJA *et al.*, 2008).

I.3. Composition chimique :

Les HE sont des mélanges complexes de constituants, elles contiennent 20 à 60 composants avec des concentrations différentes et sont caractérisées, généralement, par deux ou trois composants majoritaires représentant 20 à 70 % de l'HE totale, alors que les autres composés se trouvent sous forme des traces. Les constituants des HE appartiennent à deux principaux groupes: les terpènes et les composés aromatiques. Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (voir figure 13) (BRUNETON., 1999; BAKKALI *et al.*, 2008).

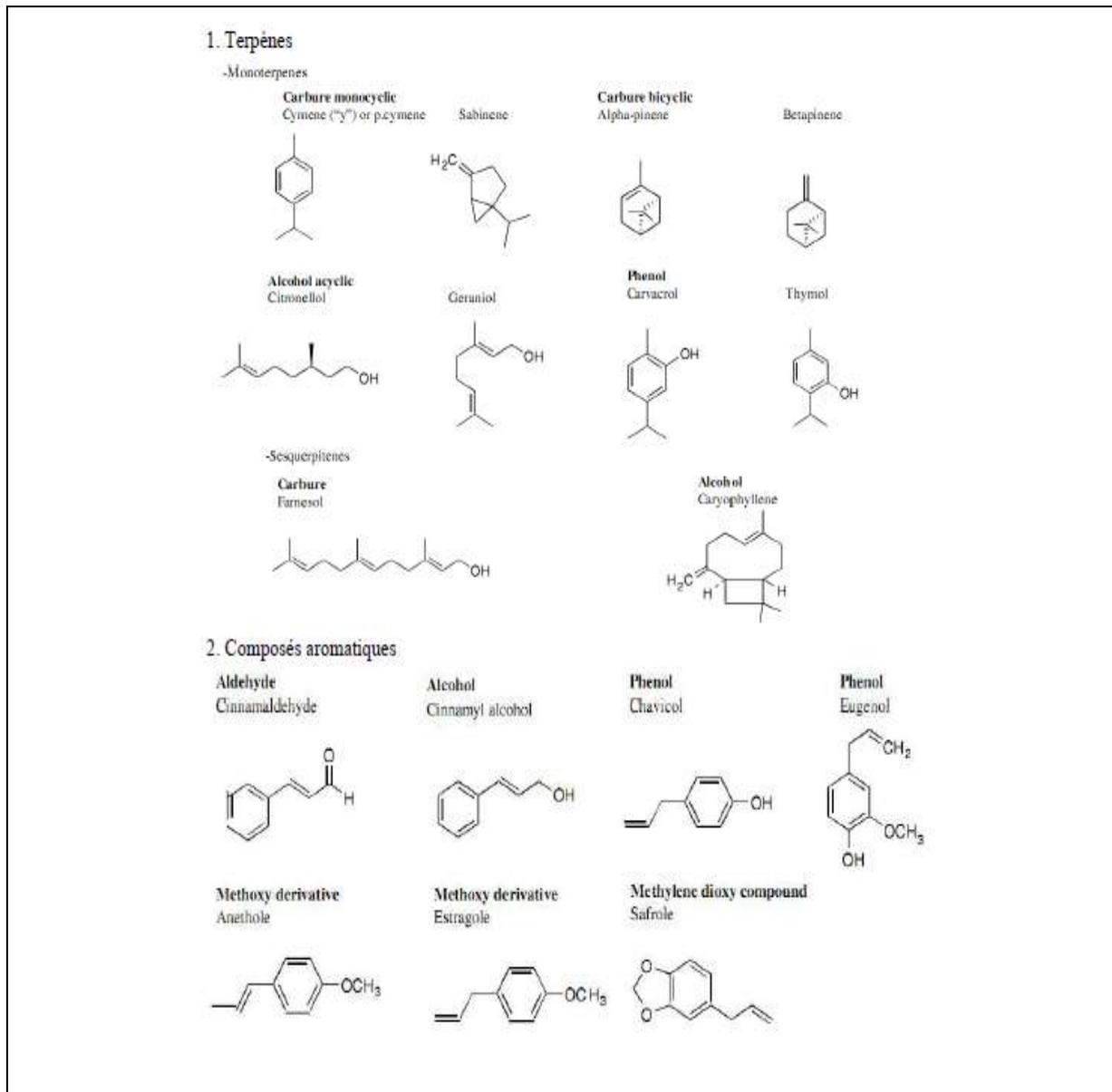


Figure 13: Structure chimique de quelques composés rencontrés dans les huiles essentielles (BAKKALI *et al.*, 2008).

II. Les méthodes traditionnelles :

L'extraction de polyphénols, d'acides phénoliques et d'autres ingrédients bioactifs à partir de plantes a été étudiée par de nombreux chercheurs. Les méthodes conventionnelles sont basées sur l'extraction solide-liquide avec divers solvants. Les principes de ces méthodes et les paramètres qui les affectent, ainsi qu'une comparaison relative entre eux, ont été enregistrés dans plusieurs revues. Les méthodes classiques présentent des inconvénients importants, notamment en termes de temps d'extraction long et de quantités relativement importantes de solvants organiques utilisés. Cependant, ils sont encore plus utilisés, tant qu'ils ont été étudiés, en termes d'optimisation de leurs conditions et en termes d'application à l'échelle industrielle (WANG et WELLER, 2006; AZWANIDA, 2015).

II.1. L'infusion :

Une infusion est préparée en versant de l'eau bouillante sur une quantité spécifique de matière végétale, en laissant reposer la mixture pendant 10-15 minutes (SOFOWORA, 2010).

II.2. La décoction :

Elle convient pour l'extraction de matières végétales dur ou des plantes avec des constituants peu solubles (ex : l'acide silicique) (BABA-AÏSSA, 2000; KRAFT et HOBBS, 2004).

Les plantes sont versées dans l'eau froide et portées à ébullition un temps plus ou moins long, deux ou trois minutes pour les feuilles, les tiges et les fruits ; cinq minutes ou plus pour les écorces et les racines (PIERRE et LIS, 2007).

II.3. La macération :

La macération est devenue populaire car c'est un moyen simple et peu coûteux d'extraire les composés phénoliques. Ce sont les premières extractions par solvant (ANTIGONI et *al.*, 2019).

Dans ce processus, les plantes doivent être versées dans le liquide froid ou tiède pendant quelques heures (10 ou 12 heures). On laisse séjourner, à froid, le matériel végétal dans un liquide pour en extraire les constituants solubles. L'extraction s'arrête finalement lorsque l'équilibre est atteint entre la concentration en métabolites dans l'extrait et que dans le matériel végétal. Les macérations à l'eau ne doivent pas dépasser une douzaine d'heures par risque d'oxydation et de fermentation du liquide. Le mélange est ensuite filtré mais le marc

(résidu solide) est pressé pour récupérer une grande partie des solutions occluses. Le liquide obtenu filtré et pressé est mélangé et séparé des impuretés par filtration. Le liquide filtré final est évaporé et concentré (PIERRE et LIS, 2007 ; MAIDI, 2014).

II.4. La distillation :

La distillation peut être définie comme étant un procédé de séparation des composés d'un mélange de deux ou plusieurs constituants liquides, elle est basée sur la différence virtuelle des pressions de vapeur de ces constituants. La distillation comporte l'hydrodistillation et la distillation à la vapeur d'eau ou les deux à la fois (voir figure 14) (MAMOUNI, 1994).

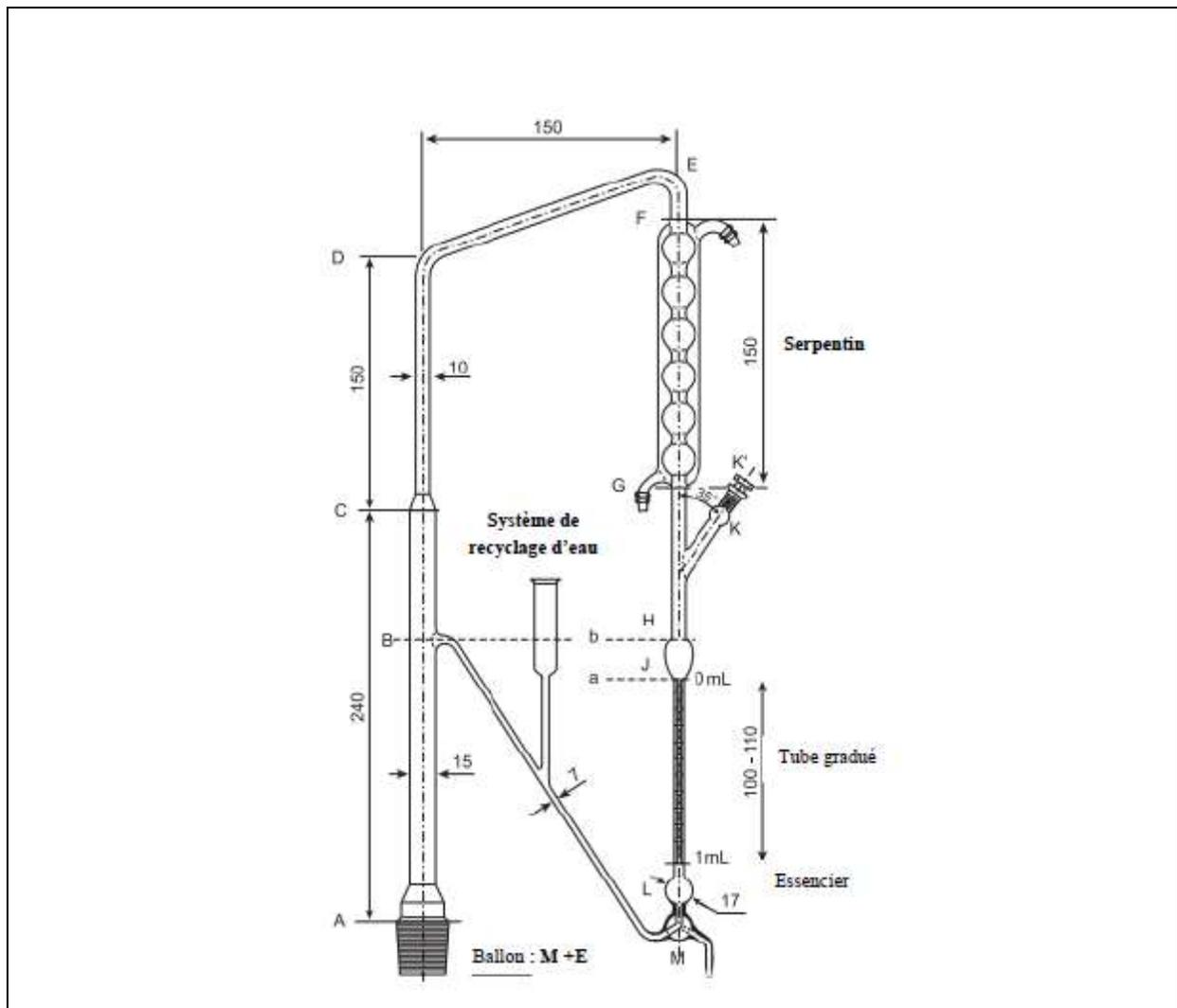


Figure 14 : Appareil de Clevenger pour la détermination des huiles essentielles dans les drogues végétales (AMEL, 2015).

II.4.a. Hydrodistillation:

L'hydrodistillation proprement dite, est la méthode normée pour l'extraction d'une huile essentielle (AFNOR, 1992). C'est la méthode la plus employée pour extraire les HE. La plante est mise en contact avec l'eau dans un ballon lors d'une extraction au laboratoire, le tout est ensuite porté à l'ébullition. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et les huiles se séparent de l'eau par différence de densité (voir figure 15) (BRUNETON, 1993).

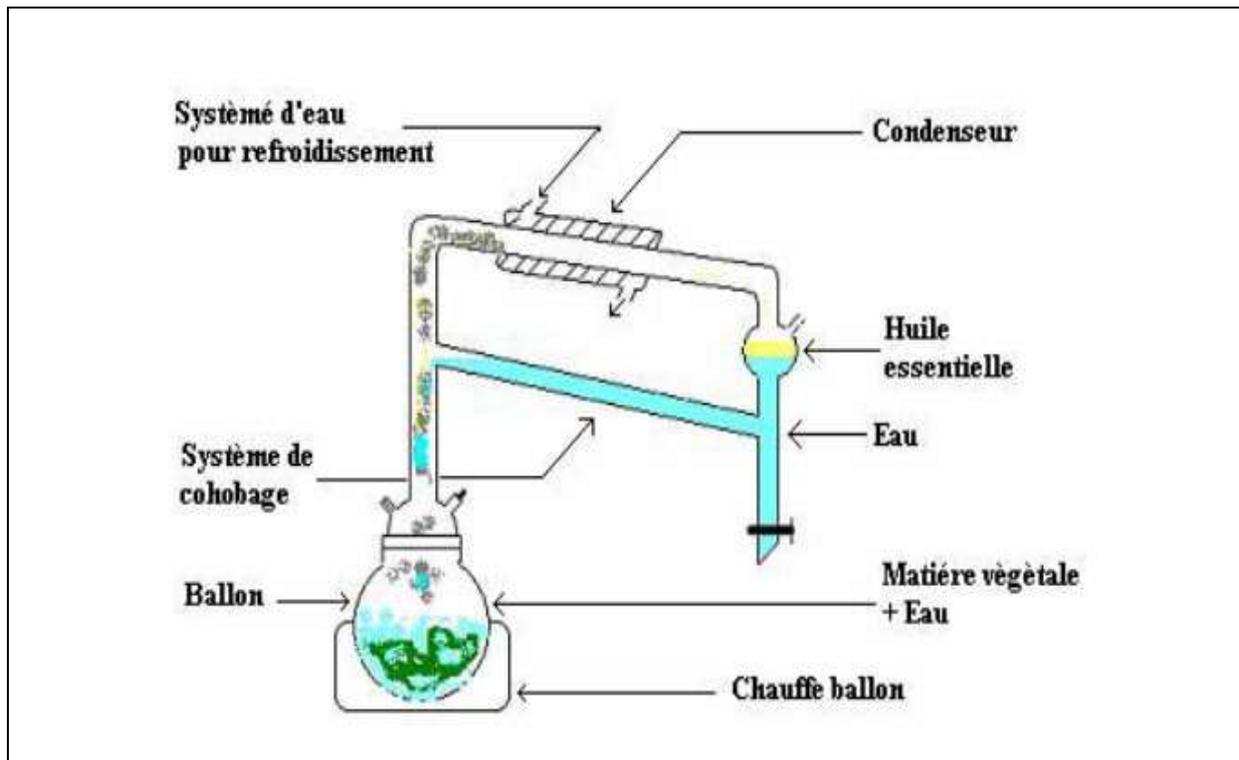


Figure 15 : Appareillage utilisé pour l'hydrodistillation de l'huile (HERNANDEZ OCHOA, 2005).

II.4.b. Entraînement à la vapeur d'eau :

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielle pour l'obtention des HEs. A la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. Le principe de la distillation à la vapeur d'eau consiste à faire passer la vapeur d'eau à travers la plante à une température adéquate pour détruire les cellules végétales, libérer les molécules aromatiques et les entraîner dans un serpentin de refroidissement. Là, les vapeurs refroidies retournent à l'état liquide formant un mélange «eau + HE». Recueillies dans un essencier, l'HE et l'eau florale se séparent par simple différence de densité (voir figure 16) (LUCCHESI, 2005; NEFFATI, 2010).

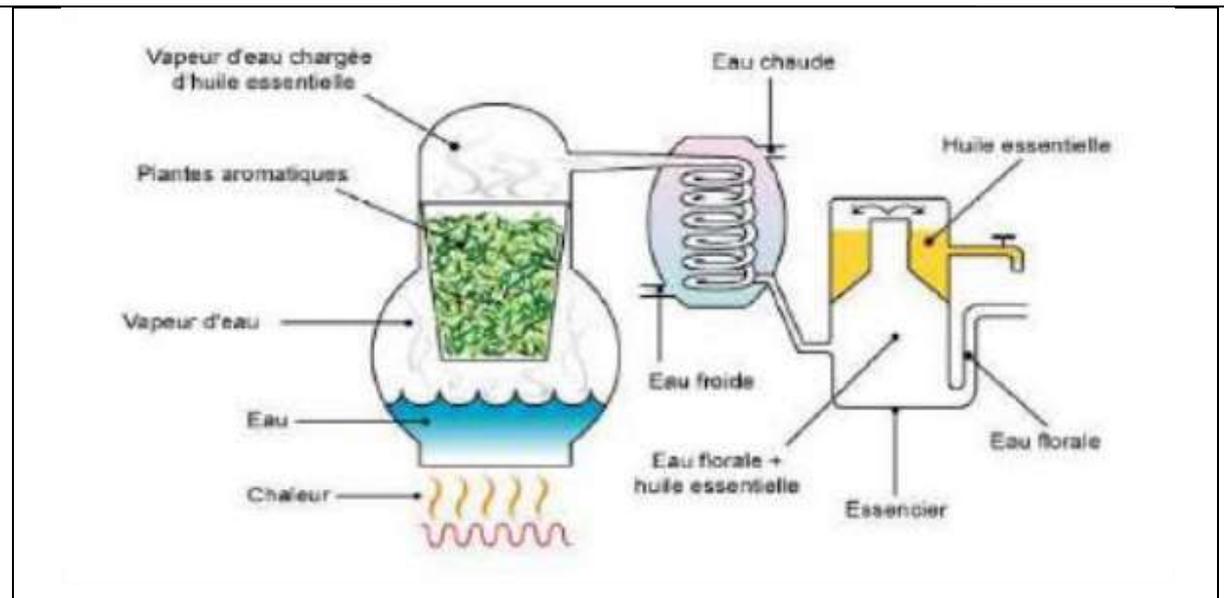


Figure 16 : La distillation par entraînement à la vapeur d'eau (BRUNETON, 1999).

III. Les méthodes modernes :

Récemment, il y a eu une demande croissante pour de nouvelles techniques d'extraction respectueuses de l'environnement, plus rapides et plus efficaces que les méthodes d'extraction traditionnelles. Il existe de nombreuses publications et revues qui commentent et comparent des méthodes innovantes d'extraction de plantes médicinales et aromatiques entre elles ou avec des méthodes conventionnelles. Bien que ces méthodes présentent de nombreux avantages pour l'extraction de biomolécules de différentes plantes, principalement en ce qui concerne le temps d'extraction, la consommation de solvant, les rendements d'extraction et la reproductibilité (ANTIGONI *et al.*, 2019).

III.1. Extraction Soxhlet :

L'appareil d'extraction Soxhlet a été inventé en 1879 par FRANZ VON SOXHLET. Cet appareil a sa principale application en chimie pour dissoudre des espèces faiblement solubles à partir de matrices solides. Il permet un fonctionnement non surveillé et non géré tout en recyclant efficacement une petite quantité de solvant pour dissoudre une plus grande quantité de matériau (ANTIGONI *et al.*, 2019).

Le principe de cette méthode consiste à faire tremper les plantes dans un solvant organique volatil à chaud, soit pour obtenir des produits que l'on ne peut extraire par un autre procédé, soit en vue de rendement plus élevés. Dans l'appareillage Soxhlet un système de régénération interne du solvant permet de mettre en contact en permanence le végétale avec

du solvant pur. Le choix du solvant est influencé par des paramètres technique et économique (MARROUF, 2009).

L'extracteur de Soxhlet permet le traitement des solides (matière végétale) avec des solvants en phase liquide ou partiellement vaporisés. Le schéma de principe du dispositif Soxhlet est présenté à la figure 17. Il est composé d'un corps en verre avec une cartouche en cellulose (matière pénétrable pour le solvant) remplie de matière végétale. Cette cartouche est fixée sur un réservoir de solvant (ballon) et est surmontée d'un réfrigérant (OUOTMANI et MERTOUSSE, 2017).

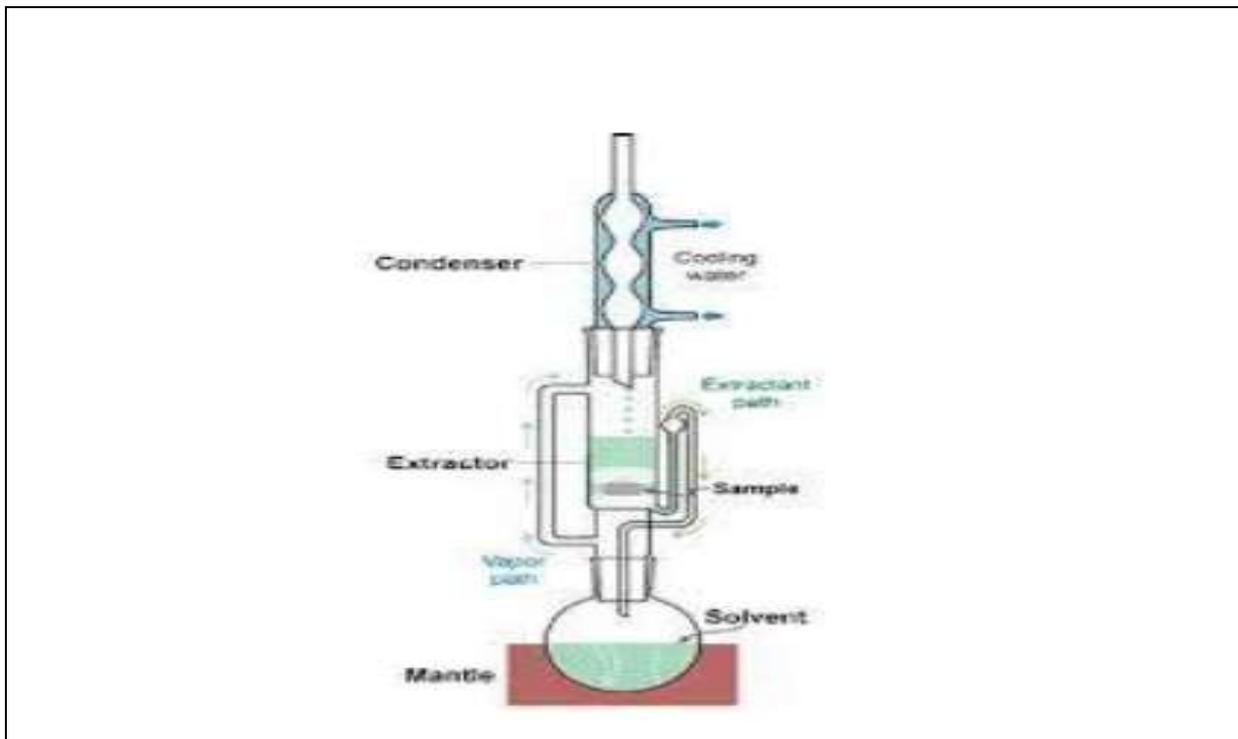


Figure 17: Extraction par Soxhlet (FERHAT, 2016).

III.2. Extraction par micro-ondes :

En 1990, PARE et *al.*, ont déposé un premier brevet européen, sur « l'extraction de produits naturels assistée par micro-ondes » .

C'est une technique récente développée dans le but d'extraire des produits naturels comparables aux HEs et aux extraits aromatiques. L'avantage de ce procédé est de réduire considérablement la durée de distillation et incrémenter le rendement. La distillation assistée par micro-ondes fait aujourd'hui l'objet de beaucoup d'études et ne cesse d'être améliorée

parce qu'elle présente beaucoup d'avantages (LUCCHESI et *al.*, 2004; OLIVERO-VERBEL et *al.*, 2010).

C'est un procédé utilisant les micro-ondes et les solvants transparents aux micro-ondes pour extraire de façon rapide et sélective des produits chimiques de diverses substances. Le matériel végétal est immergé dans un réacteur au sein d'un four micro-ondes sans ajout d'eau ou de solvant. Le chauffage interne de l'eau contenue dans la plante permet d'en dilater ses cellules et conduit à la rupture des glandes et des récipients oléifères. L'HE ainsi libérée est évaporée avec l'eau de la plante (PARE, 1997 ; WANG et *al.*, 2006).

L'extraction par micro-ondes a le grand avantage de réduire le temps d'extraction à quelques secondes. Ce procédé (voir figure 18), très rapide et peu consommateur d'énergie de qualité supérieure à celle du produit d'hydrodistillation traditionnelle (FRANCE IDA, 1996 ; BRUNETON, 1999).

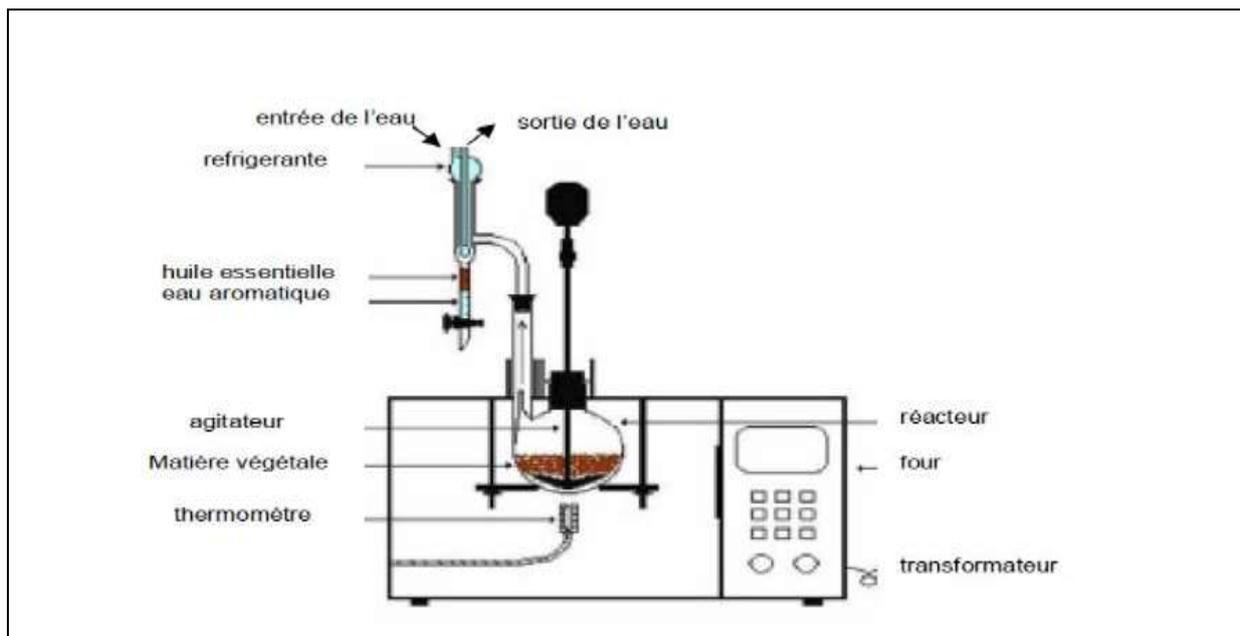


Figure 18: Principe schématisé de l'appareillage d'extraction sous micro-ondes (LAGUNEZ-RIVERA, 2006).

Le mécanisme d'extraction assistée par micro-ondes (EAM) implique trois étapes séquentielles: premièrement, la séparation des solutés des sites actifs de la matrice solide sous une température et une pression accrues ; deuxièmement, diffusion du solvant à travers la matrice solide ; et troisièmement, la libération des solutés de la matrice vers le solvant. Pour chauffer rapidement sous rayonnement micro-ondes, le solvant doit avoir un constant

diélectrique élevée (qui mesure l'efficacité avec laquelle l'énergie micro-ondes absorbée peut être convertie en chaleur à l'intérieur d'un matériau lorsqu'un champ électrique est appliqué). Les constantes diélectriques des solvants les plus couramment utilisés dans le EAM sont présentées dans le tableau 4 (Mandal et *al.*, 2007; Alupului et *al.*, 2012).

Tableau 4 : Le point d'ébullition (PE) et le constant diélectrique (ϵ) des solvants les plus couramment utilisés en extraction assistée par micro-ondes (EAM) (ANTIGONI et *al.*, 2019).

Solvant	PE (°C)	ϵ (20°C)
L'eau	100.0	80.1
Acétonitrile	82.0	37.5
Méthanol	64.7	32.7
Éthanol	78.3	24.5
Acétone	56	20.7
Isopropanol	82.6	17.9
Hexane	68	1.89

III.3. Extraction assistée par ultrasons :

L'extraction par les ultrasons est une technique de choix, pour les solvants de faible point d'ébullition, à des températures d'extraction inférieures au point d'ébullition. Les micro-cavitations, générées par ultrasons, désorganisent la structure des parois végétales, notamment les zones cristallines cellulose. Ces changements favorisent la diffusion de l'eau dans les tissus cellulaires, ce qui peut également influencer sur la cinétique d'extraction des molécules aromatiques des HEs (voir figure 19). L'avantage essentiel de ce procédé est de réduire considérablement la durée d'extraction, d'augmenter le rendement en extrait et de faciliter l'extraction de molécules thermosensibles (LAGUNEZ-RIVERA, 2006).

L'extraction assistée par ultrasons (EAU) peut profiter au processus d'extraction de plusieurs manières (TIWARI, 2015):

- _ Améliorer le rendement d'extraction ;
- _ Accroître les taux d'extraction avec ou sans solvants ;

- _ Offrir la possibilité d'utiliser des solvants alternatifs, généralement reconnus comme sûrs (GRCS) en améliorant leurs performances d'extraction ;
- _ Amélioration de l'extraction des composants sensibles à la chaleur dans des conditions qui auraient autrement de faibles rendements.

L'EAU semble être une technique efficace pour l'extraction de composés phénoliques à partir de plantes. De nombreuses études ont été menées sur l'extraction d'acides phénoliques, comme l'acide carnosique et rosmarinique de *Rosmarinus officinalis*. Toutes ces études ont conclu à une augmentation de la teneur en phénols lorsque l'EAU était réalisée à l'éthanol et à des intervalles de 15 à 45 min, c'est-à-dire beaucoup plus rapidement que dans les méthodes d'extraction conventionnelles (ALBU *et al.*, 2004; BERNATONIENE *et al.*, 2016).

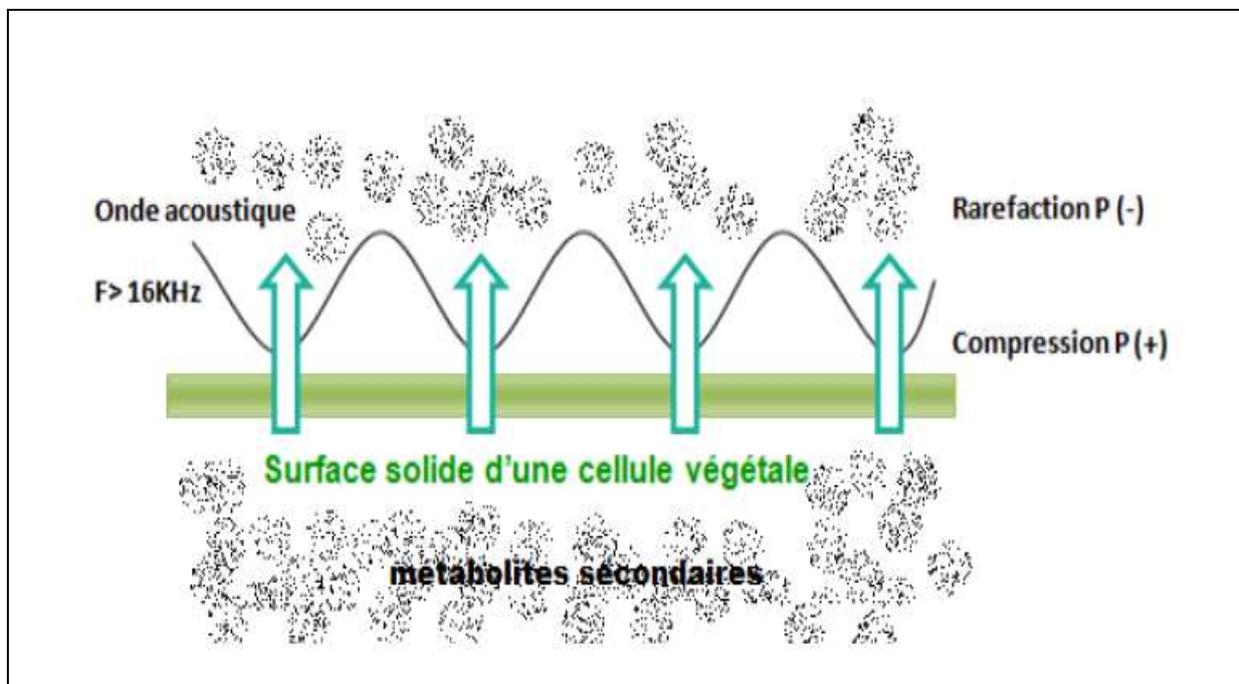


Figure 19 : Stress membranaire généré lors de passage d'une onde ultrasonique (AMINA, 2012).

III.4. Extraction au CO_2 supercritique :

Le terme supercritique signifie que le CO_2 , sous pression et à une température de 31°C , se trouve entre l'état liquide et l'état gazeux. Lorsqu'il est dans cet état, le CO_2 est capable de dissoudre de nombreux composés organiques et c'est cette même propriété dont les fabricants se servent pour extraire les HEs. La matière végétale est chargée dans l'extracteur où est ensuite introduit le CO_2 supercritique (sous pression et réfrigéré). Le mélange est

ensuite recueilli dans un vase d'expansion A des densités de gaz élevées, dans une plage de pression de 90 à 5000 bars, le dioxyde de carbone met en solution les substances à extraire. Aux faibles densités de gaz, correspondant à des pressions de 40 à 70 bars, ce pouvoir dissolvant est perdu, où la pression est considérablement réduite. Le CO₂ s'évapore et il ne reste plus que l'HE. L'intérêt s'est porté tout particulièrement sur le dioxyde de carbone CO₂ car, celui-ci présente d'incontestables atouts: produit naturel, inerte chimiquement, ininflammable, non toxique, facile à éliminer totalement, sélectif, aisément disponible et peu coûteux (BRUNETON, 1999; WICHTEL et ANTON, 1999 ; GROSSO et *al.*, 2008 ;SAFARALIE et *al.*, 2008 et ANTIGONI et *al.*, 2019).

III.5. Extraction assistée par enzyme :

Certains composés photochimiques des matrices végétales sont dispersés dans le cytoplasme cellulaire et certains composés sont retenus dans le réseau polysaccharide-lignine par liaison hydrogène ou hydrophobe, qui ne sont pas accessibles avec un solvant dans un processus d'extraction de routine. La libération de ces composés bioactifs à partir des cellules végétales en brisant la paroi cellulaire et en hydrolysant les polysaccharides structurels et les corps lipidiques et, par conséquent, leur extraction à travers la paroi cellulaire peut être améliorée à l'aide d'enzymes, telles que la pectinase ou la cellulose, seules ou en mélanges (ROSENTHAL et *al.*, 1996).

Il existe deux approches pour l'extraction assistée par enzyme (EAE): la pression à froid assistée par enzyme et l'extraction aqueuse assistée par enzyme. La capacité sélective des enzymes à catalyser des réactions et leur adaptabilité à des conditions aqueuses douces les rendent, malgré leur coût élevé, très prometteuses dans l'extraction de composants bioactifs à partir de plantes. Des études sur l'amélioration des méthodes d'extraction connues à ce jour avec des enzymes démontrent que leur utilisation peut conduire à des rendements plus élevés, à une minimisation du temps de traitement et à une consommation de solvant plus faible (LATIF et ANWAR, 2009).

IV. Solvant d'extraction :

Plusieurs solvants ont été utilisés pour l'extraction des polyphénols de différentes plantes. L'efficacité d'un solvant dépend principalement de sa capacité à dissoudre des groupes phénoliques spécifiques (voir tableau 5). De plus, le solvant peut influencer la perméabilité des cellules végétales par une altération chimique ou biophysique. Par exemple,

l'éthanol augmente la perméabilité cellulaire en affectant la bicouche phospholipidique de la membrane. Le méthanol et l'éthanol sont les solvants les plus utilisés pour l'extraction quantitative des polyphénols des plantes aromatiques. Des mélanges de méthanol ou d'éthanol avec de l'eau ont été utilisés avec succès. Comme l'éthanol présente des rendements similaires au méthanol dans la plupart des cas, il peut être utilisé à la place de ce dernier pour des utilisations alimentaires ou cosmétiques des polyphénols récupérés car il est moins toxique. Des mélanges d'acétone avec de l'eau ont également été suggérés (ANTIGONI *et al.*, 2019).

Tableau 5 : Principaux groupes phénoliques dissous par divers solvants (ANTIGONI *et al.*, 2019).

Eau	Méthanol	Éthanol	Acétone	Acétate d'éthyle
Anthocyanes	Anthocyanes	Anthocyanes	Diterpènes phénoliques	Diterpènes phénoliques
Glycosides d'acide phénolique	Acides phénoliques (AR)	Acides phénoliques (AC)	Flavonoïdes	Aglycones flavonoïdes
Acide rosmarinique	Flavonoïdes (flavones)	Flavonoïdes (flavonols)	Tanins	
Saponines	Glucosides flavonoïdes	Glucosides flavonoïdes		
Terpénoïdes	Tanins	Tanins		
	Saponines	Terpénoïdes		
	Terpénoïdes	Alcaloïdes		

Chapitre IV :

Les activités biologique

Les vertus des HE et l'utilisation des plantes médicinales ont été consacrées pour traiter différentes maladies chez l'homme et les animaux depuis longtemps. Mais cette utilisation se basait sur des pratiques traditionnelles. De nos jours, leur emploi se fait sur des bases scientifiques et rationnelles puisque de nombreux travaux de recherche ont porté sur les activités biologiques des HE des plantes aromatiques. Les HE possèdent de nombreuses activités biologiques tels que : l'activité antibactérienne, l'activité antioxydant, l'activité antifongique... (BOUGUERRA, 2012 ; BOURGOU et *al.*, 2016).

I. L'activité antibactérienne des HEs:

Les qualités antibactériennes des plantes aromatiques et médicinales sont connues depuis l'antiquité. Ces propriétés sont dues à la fraction des HEs contenues dans les plantes. En considérant les profils des composants des HEs et de la diversité de leurs quantités, le principe d'action des HEs sur les cellules bactériennes n'est pas clairement compris, il est probable que leur activité antimicrobienne soit attribuée à plusieurs sites d'action au niveau cellulaire et non à un seul mécanisme (CARSON et *al.*, 2002 ; KALIMBA et KONICA, 2003 et EL KALAMOUNI, 2010).

L'HE a été testée contre neuf bactéries : sept(7) bactéries à Gram négatif (-):*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Enterobacter cloacae*, *Salmonella typhi*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Citrobacter freundii*, deux (2) bactéries à Gram positif (+) : *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 et *Staphylococcus aureus* ATCC 601 (voir tableau 6).

Le mode d'action des HE repose sur les propriétés des composants hydrophobes actifs qui leur permettent de pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane cellulaire bactérienne selon trois étapes (COX et *al.*, 2000 ; CARSON et *al.*, 2002 et DAFERERA et *al.*, 2003):

- Attaque de la paroi bactérienne par l'HE;
- Acidification de l'intérieur de la cellule;
- Destruction du matériel génétique.

L'étude de l'activité antibactérienne des HE peut être réalisée par la méthode de diffusion sur disque. Ces disques imprégnés d'HE sont déposés sur la surface de milieu de culture Mueller-Hinton (MH) . Les boîtes de Pétri seront incubées à 37°C pendant 18 à 24h.

Après ce délai, les diamètres des zones d'inhibition sont mesurés autour de chaque disque (RAHAL, 2005).

Tableau 6 : Activité antibactérienne de l'HE de *Ziziphora hispanica* L. (BEKHECHI et al., 2007).

Micro-organisme	Zones d'inhibition (mm)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (-) ATCC 27853	R
<i>Klebsiella. pneumoneae</i> (-) ATCC 700603	8
<i>Listeria monocytogenes</i> (+)	8,3
<i>Proteus mirabilis</i> (-)	9
<i>Citrobacter frundii</i> (-)	9,7
<i>Escherichia. coli</i> (-) ATCC 25922	10,3
<i>Enterobacter cloaceae</i> (-)	10
<i>Staphylococcus aureus</i> (+) ATCC 601	12,7
<i>Salmonella typhii</i> (-)	13,3

Les activités antibactériennes de l'HE de *Ziziphora hispanica* ont montré une meilleure activité antibactérienne, ce qui s'explique par la présence de pulégone présent à 77,53% dans l'huile volatile, de sorte que la sensibilité des bactéries Gram-positives à l'HE de *Z. hispanica* est supérieure à celle de Gram-négatives. Les parties aériennes de *Z. hispanica* ont un large spectre d'activité antimicrobienne. Bien que cette HE ait significativement inhibé la croissance de toutes les bactéries testées, y compris les pathogènes d'intérêt médical *Staphylococcus aureus* ATCC 6538. Ainsi, l'activité antibactérienne de l'HE de *Z. hispanica* pourrait être corrélée à la présence d'un polygone (BEKHECHI et al., 2007;BOUNAR et al., 2013).

II. L'activité antioxydante des HEs:

Les antioxydants peuvent être définis comme toute substance qui est capable de rivaliser avec d'autres substrats oxydants, malgré sa faible concentration, et ainsi d'empêcher ou de retarder significativement l'initiation du processus d'oxydation le rôle de l'antioxydant c'est trouver un réactif qui ralentit l'oxydation .Ce sont des composés très réactifs comportant un électron célibataire et nécessaire à des mécanismes vitaux, mais, ils deviennent nocifs quand ils sont en excès et induisent certains dommages au niveau de la structure des

protéines, des lipides, des acides nucléiques en entraînant un stress oxydant (MOLL, 1998; BARTOSZ et FAVIER, 2003 ; JEANTET et *al.*, 2006 et POURRUT, 2008).

Les activités antioxydantes *in-vitro* des HE doivent être évaluées par plusieurs méthodes, car un seul essai ne peut pas déterminer tous les différents mécanismes de certains antioxydants (SINGH et *al.*, 2010).

MERATATE et *al.*, (2015) ont évalués l'activité antioxydante des extraits étudiés de *Ziziphora hispanica* L. par la méthode du DPPH tout en la comparant avec un antioxydant de référence au contraste d'absorption par spectrophotométrie de 517 nm de longueur ils ont pu déterminer l' IC50 (concentration du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité de DPPH) et leurs résultats ont montré que les huiles essentielles sont plutôt des antimicrobiennes alors que les flavonoïdes sont des agents antioxydants de première classe.

Enfin, MERAL et *al.*, (2002); SALEHI et *al.*, (2005), rapportent que cette plante a plusieurs utilisations en phytothérapie et possède une activité antioxydante approprié.

III. L'activité antifongique :

L'étude de l'effet antifongique et inné des HES contre les champignons pathogènes a fait l'objet de nombreuses études. Cet effet est causé par une augmentation de la perméabilité de la membrane plasmique suivie d'une rupture de la membrane qui conduit à une extravasation du contenu cytoplasmique et donc à la mort de la levure. En effet, les composés terpéniques des HES tels que les phénols et les aldéhydes interagissent avec les enzymes transmembranaires et dégradent la membrane plasmique des levures. Les alcools sesquiterpéniques et les lactones ont une activité antifongique (KNOBLOCH et *al.*, 1989 ;COX et *al.*, 2000; KARAMAN et *al.*, 2001; RASOOLI et ABYANEH, 2004 et TEIXEIRA DUARTE et *al.*, 2005).

D'après RAHAL (2005), en ce qui concerne les champignons, des suspensions de cellules fongiques et de moisissures doivent êtreensemencés sur gélose Sabouraud simple et incubé à une température de 28 °C pour les moisissures et à une température de 37 °C pour les levures.

Selon BOUNAR et *al.*, (2013), L'HE de *Ziziphora hispanica* a faiblement inhibé la croissance d'*Aspergelus flavus* LBVM20 et d'*Aspergelus niger*LBBM62, tandis que son action sur *Candida alliciants* ATCC 24433 est très active (voir tableau 7).

Tableau 7 : Activité antifongique de l'HE de *Ziziphora hispanica* L (BOUNAR et al., 2013).

Souches des Champignons	Zone d'inhibition (mm)			Contrôler
	1	1/2	1/4	
<i>Aspergillus flavus</i> LVM20	8	8	12	25
<i>Aspergillus niger</i> LBBM62	9	8	8	20
<i>Candida albicans</i> ATCC 24433	33	34	35	22

IV. Activité anti-inflammatoire :

De nombreuses personnes et principalement ceux des zones rurales dépendent des médicaments à base de plantes pour traiter les affections liées à l'inflammation telles que les rhumatismes, les gonflements musculaires, les coupures, les fractures osseuses accidentelles et les piqûres d'insectes (GONZALEZ-RAMIREZ et al., 2012 ; SAHU et SAXENA, 2013).

Les espèces de la famille des Lamiacées sont une grande source de composés phénoliques d'activité biologique multidirectionnelle, y compris anti-inflammatoire. Les polyphénols sont responsables d'activités anti-inflammatoires ; Ainsi, les huiles essentielles représentent une nouvelle option dans le traitement des maladies inflammatoires (GONZALEZ-RAMIREZ et al., 2012 ; SAHU et SAXENA, 2013).

Conclusion

Environ 80 % de la population mondiale dépend essentiellement de la médecine traditionnelle et de l'utilisation d'extraits végétaux. Toutes les plantes médicinales sont dotées de propriétés curatives et contiennent un ou plusieurs principes actifs capables de prévenir, de soulager ou de guérir des maladies. Dans notre travail nous avons choisi d'étudier l'activité biologique des huiles essentielles de *Ziziphora hispanica* L. qui appartient à la famille des lamiacées.

La famille des Lamiacées est l'une des premières familles à être distinguées par les botanistes. C'est une famille exceptionnellement homogène et très facile à reconnaître dont l'aire de répartition est extrêmement étendue et surtout dans le pourtour méditerranéen. Les Lamiacées sont des herbacées ayant la consistance et la couleur de l'herbe, parfois sous-arbrisseaux ou ligneuses.

En L'Algérie, les Lamiacées sont représentées par 28 genres et 146 espèces. Ce sont des angiospermes dicotylédones appartenant à l'ordre des Lamiales sont des plantes à fleurs herbacées ou arborescentes très parfumées «cette famille contiennent des composés qui possèdent des propriétés aromatiques.

Les huiles essentielles du genre *Ziziphora* sont très riches en pulégone. Les métabolites primaires sont essentiels à la survie cellulaire de *Ziziphora hispanica* L. En plus des métabolites secondaires, ils aident à la synthèse d'une variété de substances pour l'autodéfense. Les méthodes d'extraction de l'huile essentielle sont divisées en traditionnelles et modernes. L'activité antibactérienne des huiles essentielles repose sur les propriétés des composants hydrophobes actifs qui leur permettent de pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane cellulaire bactérienne. Les antioxydants peuvent être empêché ou de retarder le processus d'oxydation, elles sont divisé en antioxydants endogènes (enzymatiques), et antioxydants exogènes (non enzymatiques), ce groupe est utilisé dans les aliments comme additifs pour prévenir le rancissement. Ainsi que l'activité antifongique qui suivie de la mort des levures. Et n'oubliez pas la propriété des huiles essentielles dans le traitement des maladies inflammatoires car elles sont une excellente source de composés phénoliques avec une activité biologique pour traiter les affections inflammatoires.

Références Bibliographiques

A

- ABDERRAZAK M. et JOËL R., 2007- *La botanique de A à Z*. Ed. Dunod, Paris, 177 p.
- ABDERREZAK R. et AIB S., 2019- *Analyse phytochimique et activités biologiques des extraits aqueux de Saturejacalamintha des monts de Maadid (région de Hodna)*. Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique, Univ MOHAMED BOUDIAF - M'SILA. p 5.
- AFNOR., 1992- *Recueil des normes françaises, Huiles essentielles*, Paris.
- ALBU S., JOYCE E., PANIWNKY L., LORIMER JP. et MASON TJ., 2004- *Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from Rosmarinus officinalis for the food and pharmaceutical industry*. Ultrason Sonochem;11(3):261–5.
- AMINA NSA., 2012- *Mise en place d'un procédé d'extraction et de pré-purification de molécules bioactives à partir d'une culture énergétique « Salix miyabeana SX67»*. Mémoire de maîtrise. génie chimique .p25.
- AMEL B., 2015 -*Contribution A L'étude D'une Plante Médicinale Et Aromatique Myrtus Communis L*. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba p 10.
- ANTHOULA A., 2003- *Plantes Aromatiques & Médicinales. Stratégie et politique agricole, direction des études et de la coordination*, Ministère de l'agriculture république libanaise.
- ANTIGONI O., DIMITRIOS T., VASSO O., 2019- *Extraction of Polyphenols from Aromatic and Medicinal Plants: An Overview of the Methods and the Effect of Extraction Parameters*. Laboratory of Food Chemistry and Technology, School of Chemical Engineering, National Technical University of Athens (NTUA), Athens, Greece. Chapitre 15, p 244-245.
- ALUPULUI A., CALINESCU I., LAVRIC V., 2012- *Microwave extraction of active principles from medicinal plants*. UPB Sci Bull B; 74(2):130–42.
- AZWANIDA NN., 2015- *A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation*. Med Aromatic Plants;4(3):196.

B

- BABA AISSA, F., 2000- *Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb, Substances végétales d'Afrique d'Orient et d'Occident*. Ed Librairie moderne-Rouïba, 46p.
- BADIAGA M., 2011- *Etude ethanobotanique phytochimique et l'activité biologique de Nauclea latifoliasmith une plante médicinale africaine récoltée au Mali*. Thèse de doctorat, Univ. Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes ,137p .
- BAKKALI F., AVERBECK S., AVERBECK D. et IDAOMAR M., 2008- *Biological effects of essential oils—A review*. Food and Chemical Toxicology 46: 446–475.

- BALASUNDRAM N.,SUNDRAM K., SAMMAR S., 2006-*Phenolic compounds in plants and agri-industrial by products. Antioxidant activity, occurrence, and potential uses*, Food Chem. 1 .191–203.
- BASER K. H. C., 2002- *Aromatic biodiversity among the flowering plant taxa from Turkey*. Pure Appli .Chem, 74: 527— 545.
- BAYTOP T., 1999-*Therapy with medicinal plants in Turkey (Past and present)*.2meéd Nobel Medical Publishers.
- BEKHECHI C., BEKKARA F A., ABDELOUAHID D E., LIU K., CASANOVA J.et TOMI A., 2007-*Composition and antibacterial activity of the essential oil of Ziziphora hispanica L. from Algeria*. Journal of essential Oil Bearing Pl. 10(4): 318–323.
- BENDIF, H., 2017- *Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques Lamiaceae: Ajugaiva (L.) Schreb., Teucriumpolium L., Thymus munbyanussubsp. Coloratus (Boiss. &Reut.) Greuter et Burdet et Rosmarinuseriocalyx Jord et Fourr*. Thèse de doctorat, Ecole Normale Supérieure de KOUBA-Alger, département des sciences naturelles, biotechnologie végétale, pp. 26.
- BENDIF H., BOUDJENIBA M., DJAMEL MIARA M., BIQIKU L., BRAMUCCI M., CAPRIOLIG., LUPIDI G., QUASSINTI L., SAGRATINI G., VITALI L.A., VITTORI S., MAGGI F., 2017-*Rosmarinus eriocalyx: an alternative to Rosmarinus officinalis asa source of antioxidant compounds*. Food Chemistry. 218: 78–88.
- BENSLAMA A., 2016 - *Substances d'origine végétale*. Uni. Mohamed Khider-Biskra, pp3.
- BERNATONIENE J., CIZAUSKAITE U., IVANAUSKAS L., JAKSTAS V., KALVENIENE Z., KOPUSTINSKIENE DM., 2016-*Novel approaches to optimize extraction processes of ursolic, oleanolic and rosmarinic acids from Rosmarinus officinalis leaves*. Ind Crop Prod; 84:72–9.
- BEVERLY C.D.ET SUDARSANAM G., 2011- *Ethno medicinal plant knowledge and practice of people of Javadhu hills in Tamilnadu*. Journal of Tropical Biomedicine, 1, 79-81.
- BLOIS M.S., 1958- Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature, 181, 1199–1200.
- BOJIĆ M., DEBELJAK T., TOMIČIĆ M., MEDIĆ-ŠARIĆ M. et TOMIĆ S., 2011- *Evaluation of anti aggregatory activity of flavonoid aglycone series*. Nutrition Journal.10:1-8.
- BOTINEAU, M., 2010-*Systematic and applied botany of flowering plants: Technique et Documentation Lavoisier*.

BOUGUERRA A., 2012- *Etude des activités biologiques de l'huile essentielle extraite des graines de Foeniculumvulgare Mill. En vue de son utilisation comme conservateur alimentaire* .Thèse de Magister. Université Mentouri Constantine.

BOULLARD B., 2001-*Dictionnaire: plantes médicinales du monde. (Réalités et Croyances)* Ed, ESTEM, pp 348.

BOUNAR R., LOGRADA T., RAMDANI M., CHALARD P., FIGUERDO G., 2013- *Chemical composition and antibacterial activities of essential oils of Ziziphora hispanica L. Global J. Res. Med. Plants et Indigen. Med.*, 2(2), 73-80.

BOURGOU S., SERAIRI BEJI R., MEDINI F., KSOURI R., 2016- *Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d'Euphorbia helioscopia*. Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology. 28 (12): 1649-1655.

BRUNETON J., 1993- *Pharmacognosie, phytochimie, plantes Médicinales*. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris. P. 241, 310.

BRUNETON J., 2009- *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. Tec & Doc Lavoisier (ed.). Paris. P. 1240-1243.

BRUNETON J., 2015- *Pharmacognosie (5^o Éd.) Phytochimie - Plantes médicinales*, Tec and Doc, Lavoisier, Paris. 1504pp.

BRUNETON J., 1999- *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 3ème édition, Ed. TEC et DOC, Paris. pp : 461 – 769.

C

CHARAMI M., LAZARI D., KARIOTI A., SKAL TSA H., HADJIPAVLOU- LITINA D., SOULELES C., 2008- *Antioxydant and anti-inflammatory activities of Sideritisperfoliata subsp. Perfoliata (Lamiaceae)*. Phytotherapy Research, 22: 450–454.

COX S. D., MANN C. M., MARKHAM J. L., BELL H. C., GUSTAFSON J. E., WARMINGTON J. R., WYLLIE S. G., 2000-*The mode of antimicrobial action of essential oil of Melaleucaalterniflora(tea tree oil)*.J of Applied Microbiology, 88: 170 - 175.

D

DESMIER T., 2016-*Les antioxydants de nos jours: Définition et application*. Thèse Doct-Pharmacies, Univ.de limoges,63p.

DJERIDANE A., YOUSFI M., NADJEMI B., BOUTASSOUNA D., STOCKER P.et VIDAL N., 2006- *Antioxydant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds*. Food Chemistry.97, 654–660.

DUPONT F., GUIGNARD J. L., 2004- *Botanique systématique moléculaire*. Elsevier Masson (ed.). Paris. P. 234.

E

EL GHARRAS H., 2009- *Polyphenols: Food sources, properties and applications- A review*. Int. J. Food Sci. Technol. 44(12):2512-2518.

EL KALAMOUNI C., 2010-*Caractérisation chimiques et biologiques d'extraits de plantes Aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées*. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse. 263p.

F

FERHAT M., 2016-*Étude phytochimique et évaluation des activités biologiques des espèces: Menthaaquatica, Stachysguyoniana et Thymus dreatensis (Lamiaceae)*. Thèse Doct-science., Univ. Des frères Mentouri-Constantine, 212p.

FRANCE-IDA J., 1996- *Bref survol de diverses méthodes d'extraction d'huiles essentielles*. Info essence. 3 : 5-6.

G

GARNERO J., 1996-*Huiles essentielles. Dossier : K345*. Base documentaire: Constantes physicochimiques.vol. Papier n°: K2.

GONZALEZ-RAMIREZ A., GONZALEZ-TRUJANO M.E., PELLICER F., LOPEZ MUNOZ F.J., 2012-*Anti-nociceptive and anti-inflammatory activities of the Agasta chemexicana extracts by using several experimental models in rodents*. Journal of Ethnopharmacology, 142: 700–705.

GROSSO C., FERRARO V., FIGUEIREDO A. C., BARROSO J. G., COELHO J. A. AND PALAVRA, A.M., 2008-*Supercritical carbon dioxide extraction of volatile oil from Italian coriander seeds*, Food chemistry. 111 (1): 197-203.

GRUNWALD J., JANICKE C.,2004- *Guide de la phytothérapie*. édition MARABOUT . p293.

GUIGNARD J. L., DUPONT F., 2004- *Botanique: Systématique moléculaire*. 13ème éd. Masson, pp237.

H

HANIFI, N., 1991- *Importance des ressources phytogénétiques et leur utilisation en Algérie. In conservation des ressources végétales*. Publication des Actes éditions, p47 49.

HOSSEINZADEH S., JAFARIKUKHDAN A., HOSSEINI A.et ARMAND R., 2015- *The Application of Medicinal Plants in Traditional and Modern Medicine: A Review of Thymus vulgaris*. International Journal of Clinical Medicine, 6, 635-642.

HURABIELLE M., 1981- *Abrégé de matière médicale*. Pharmacognosie. Tome I.éd. Masson .182-189.

I

INDGE, B., 2007- *La Biologie des A aZ* .DUNOD, paris. p 172-173.

ISERIN P., 2001-*Encyclopédie des plantes médicinales*, p.14.

J

JADOT G., 1994-*Antioxydante et vieillissement*, John Libby Eurotext, Paris, 300 P.

JANICSAK G. MATHE I. MIKLOSSY-VARY V. et BLUNDEN G., 1999-*Comparative studies of the rosmarinic and caffeic acid contents of lamiaceae species*. Biochemical systematics and Ecology. 733-738.

JOANNA, H., 2012- *Le guide des huiles essentielles et leurs applications thérapeutiques*. Le courrier du livres, Paris.

JONATHAN G et NATALIA D., 2007-*The function of terpene natural products in the natural world*. Nature Chemical Biology, vol. 3, n°7, pp 408- 414. Juillet.

JUDD W S., CAMPBELL C.S., KELLOGG E.A., STEVENS P.F., 2002-*Botanique systématique : Une perspective phylogénétique*.1ère Ed., Boeck université, Paris, 383p.

K

KABOUCHE Z., BOUTAGHANE N., LAGGOUNE S., KABOUCHE A., AIT-KAKI Z.B. et BENLABED K., 2005-*Comparative antibacterial activity of five Lamiaceae essential oils from Algeria*. International journal of aromatherapy, 15, 129-133.

KANSOLE M.M.R., 2009- *Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso: cas de Leucasmartinicansis (Jacquin) R. Brown, Hoslundia opposstavahl et Orthosiphon pallidus royle ex benth*. Mémoire pour obtenir un Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A) en Sciences Biologiques Appliquées, Burkina Faso, p40.

KARAMAN S., DIGRAK M., RAVID U., ILCIM A. (2001). *Antibacterial and antifungal activity of the essential oils of Thymus revolutus celak from Turkey*. J of Ethnopharmacology, 76: 183 -186.

KHADRAOUI A., HACHAMA K., KHODJA M., KHELIFA A., MEHDAOUI R., HARTI H., ABID S., AGNIESZKA NAJDA B. et CHAHBOUN N., 2015-*Extraction study and the antibacterial activity of phenol and flavonoid contents in Menthapulegium L. from Algeria*. Journal of Materials and Environmental Science.6(9), 2501-2508.

KHODDAMI A., WILKES M. A. et ROBERTS T. H., 2013- *Techniques for analysis of plant phenolic compounds*. Molecules 18: 2328-2375.

KNOBTOCH K., PAULI A., IBERI B., WEIGAND H., WEIS N., 1989-*Antibacterial and antifungal properties of essential oils components.* *J of Essential Oil Research*, 1: 119 - 128.

KOSHIHARA Y., NEICHI T., MUROTA S., LAO A., FUJIMOTO Y. et TATSUNO T., 1984- Caffeic acid is a selective inhibitor for leukotriene biosynthesis. *Biochimica et Biophysica Acta*. 792: 92-97.

KRIEF S., 2003-*Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (Pan troglodytes Schweinfurth) en Ouganda.* Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Thèse Doct- Ecologie et chimie, Muséum national d'histoire naturelle, MNHN, Paris, 346p.

L

LAGUNEZ RIVERA L., 2006- *Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffée par induction thermomagnétique directe.* Thèse Doctorat, institut national poly technique de Toulouse. 15-35.

LATIF S, ANWAR F., 2009- *Physicochemical studies of hemp (Cannabis sativa) seed oil using enzyme-assisted cold-pressing.* *EUR J Lipid Sci Technol* ; 111(10):1042–8.

LOPEZ-GONZALEZ G., BAYER E., 1988-*El Genero Ziziphora L. (Labiatae) En El Mediterraneo Occidental* Málaga, actabotánica malacitana, 13: 151-162.

LUCCHESI, M., 2005- *Extraction sans solvant assistée par Micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles* .Thèse de doctorat. Université de la réunion, pp : 134– 138.

LUCCHESI, M. E., CHEMAT, F., et SMADJA, J., 2004- *Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation.* *Journal of Chromatography A*, 1043(2), 323-327.

M

MAIDI L., 2014-*Mise en évidence des activités antimicrobienne et antioxydant des huiles essentielles et des extraits de Ocimum basilicum L (Lamiaceae) de la région d'El Assafia (W. de Laghouat) Algérie.* Thèse de Magister-Biologie, Université Ziane Achour, Djelfa.

MAMOUNI H., 1994- *Application des différents procédés d'extraction aux grains de craindre.* Mém. Génies chimique. Uni. Alger. 19-11.

MANACH C., SCALBERT A., MORAND C., REMESY C. et JIMENEZ L., 2004- *Polyphenols: Food sources and bioavailability.* *Am. J. Clin. Nutr.* 79(5):727-747.

MANDAL V, MOHAN Y, HEMALATHA S., 2007- *Microwave assisted extraction—an innovative and promising extraction tool for medicinal plant research.* *Pharmacogn Rev*;1(1):7–18.

- MARIJA, M., SENZANA, B., DUSICA, J., SONJA, D. ET MILICA, L., 2008- *Morphology, distribution, and histochemistry of trichomes of THYMUS LYKAE DEGEN et JAV. (LAMIACEAE)* Arch. Biol. Sci., Belgrade, 60 (4), 667-672.
- MAROUF, A., REYNAUD, J., 2007- *La botanique de A à Z*. Paris, Dunod, 352p.
- MARROUF, A., Tremblin, G., 2009- *Abrege de biochimie appliquée*, EDP science
- MARFAK A., 2003- *Radiolyse gamma des flavonoïdes, Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools: formation de depsides*, thèse de doctorat, Limoges.
- MARTIN P., 2014- *Les familles des plantes à fleurs d'Europe: botanique systématique et utilitaire*. Presses universitaires de Namur (ed.). P. 221.
- MEDINA-TORRES N., AYORA-TALAVERA T., ESPINOSA-ANDREWS H., SÁNCHEZ-CONTRERAS A. et PACHECO N., 2017- *Ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetable sources*. Agronomy. 7 (47): 1-19.
- MELTZER H.M. et MALTRU D., 1997- *Candetary falconoid influence the development of coronary heart disease*. Scand .J.Nuth.
- MERAL G. E., KONYALIOGLU S., OZTURK B., 2002- *Essential oil composition and antioxidant of endemic Ziziphora taurica subsp. Cleonioides* fitoterapia, 73: 716— 718.
- MERATATE F., LALAOUI A., REBBAS KH., BENMAKHBI L., OUALI, D., BOUNAB S., BOUHADDA A., LAOUER H., AKKAL S., 2015- *Antioxidant and antibacterial activities of essential oil and extract of Zizyphora hispanica L. of M'sila*. *Advances in Environmental Biology*, 9(14), 90-96
- MEYER, S., REEB, C., BOSDEVEIX, R., 2004- *Botanique, Biologie et Physiologie Végétales*. Editions Maloine .Paris.
- MOREL JEAN-MICHEL., 2017- *Traité pratique de phytothérapie*. Éditions Grancher. 623p.
- N**
- NEFFATI A., 2010- *Etude de la composition chimique et évaluation d'activités biologiques de l'huile essentielle d'une Apiaceae de Tunisie : Pituranthos chloranthus*. Thèse de doctorat en Sciences de l'université de Caen,
- NEWMANN D. et CRAGG G.M., 2007- *Natural products as sources of new drugs over the last 25 years*. Journal of Natural Products 70: 461-477.
- O**
- Olivero-Verbel, J., González-Cervera, T., Güette-Fernandez, J., Jaramillo-Colorado, B., & Stashenko, E., 2010- *Chemical composition and antioxidant activity of essential oils isolated From Colombian plants*. Revista Brasillera de Pharmacognosie, 20(4), 568-574.

OUOTMANI D., MERTOUSSE F., 2017-*Effet de la granulométrie et de solvant sur la composition phénolique et l'activité antioxydante des extraits de fleurs d'Opuntia Ficus indica*. Mémoire de Master-Sciences Biologique., Université A. Mira, Bejaia, p13.

ÔZEI M. Z., GÔGÜ5 F., HAMILTON J. F., LEWIS A. C., 2005- *Analysis of volatile components from Ziziphora taurica subsp. taurica by steam distillation, superheated-water extraction, and direct thermal desorption with GCXGC-TOFMS*. Anal .Bioanal. Chem., 382: 115 - 119.

OZTURK S., ERCISLI S., 2007- *Antibacterial activity and chemical constitutions of Ziziphora clinopodioides*. Food control. 18(5): 535–540

OZTURK Y., AYDIN S., TECIK B.et BASER K. H. C., 1995- *Effects of essential oils from certain Ziziphora species on swimming performance in mice*. Phytotherapy Reseach, 9: 225 - 227.

P

PARE J., SIGOUIN M., LAPOINTE J., 1990- *Extraction des produits naturels assistée par micro-ondes*. Brevet européen. EP 398798.

PARE J., 1997- *Procédé assisté par micro-ondes*. Info-essences, Bulletin sur les huiles essentielles, 4 :p.4.

PHILIPPE, M., 2014- *Les familles des Plantes à fleurs d'Europe*. Botanique ili.

PIERRE M., LIS .M., 2007-*Secrets des plantes*. Editions Artemis, Paris 1: 463

Q

QUEZEL P.et SANTA S., 1963- *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Tome II. Ed. CNRS, Paris.

R

RAHAL K., 2005- *Standardisation de L'antibiogramme en Médecine Humaine à l'Echelle Nationale selon les recommandations de l'OMS*. 4ème édition. éd Ministère de la Santé. de la Population et de la Réforme Hospitalière.

RAHAL S.et RAHAL L., 2019- *Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits végétaux (cas de Portulacaoleracea L.)*Mémoire de master, Sciences., Univ Biskra, p.11.

RASOOLI I., ABYANEH M. R., 2004-*Inhibitory effects of thyme oils on growth and aflatoxin production by Aspergillus parasiticus*. Food Control, 15: 479 - 483.

REBBAS Kh., 2006-*Cours et travaux dirigés du module de Taxonomie végétale (2eme année Biologie)*. Dép Biologie.Univ M'sila.

RECHINGER K. H., 1982- *Flora Iranica*. Ed. By Rechinger K H, AkademischeDruck-u.Verlagsanstalt, Graz Austria, vol. 150, pp 483 —485.

REGUIEG L., 2011- *Using medicinal plants in Algeria*. American journal of food and nutrition, 1, 126-127.

ROSENTHAL A., PYLE DL., NIRANJAN K., 1996- *Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction*. Enzym Microb Technol;19(6):402–20.

ROULIER G., 1990-*Les huiles essentielles pour votre santé : traité pratique d'aromathérapie. Propriétés et indications thérapeutiques des essences de plantes*. Editions D'angles.

S

SAFARALIEA., FATEMI S., et SEFIDKON F., 2008- *Essential oil composition of valeriana officinalis L. roots cultivated in Iran Comparative analysis between supercritical CO₂ extraction et hydrodistillation*. Journal of Chromatography A. 1180:159.

SAHLI R., 2017- *Etude phytochimique de quelques plantes extremophiles tunisiennnes et exploration de leurs activités biologiques*. Thés de doctorat. en Génie Biologique, pp 9.

SAHU R. et SAXENA J., 2013- *Screening of Total Phenolic and Flavonoid Content in Conventional and Non-Conventional Species of Curcuma*. Journal of Pharmacolognosy and Phytochemitry, 2(1): 176-179.

SALEHI P., SONBOLI A., EFTEKHAR F., NEJAD-EBRAHIMI S.et YOUSEFZADI M., 2005- *Essential ou composition, antibacterial and antioxidant activity of the oil and various extracts of Ziziphora clinopodioides subsp. rigida (Boiss.) Rech. F. from Iran* .Biol. Pharm. Bull., 28: 1892 - 1896.

ŠAPONJACV T., CANADANOVIC-BRUNET J., CETKOVIC G.et DJILAS S 2016- *Chapter 6: Detection of Bioactive Compounds in Plants and Food Products*. In: Nedovic, *Emerging and Traditional Technologies for Safe, Healthy and Quality Food*. Food Engineering Series. Springer International Publishing, Switzerland

SAXENA M., SAXENA J.et PRADHAN A., 2012- *Flavonoids and phenolicacids as antioxidants in plants and human health*. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research. 16 (2): 130-134.

SEREME A., MILLOGO-RASOLODIMBY J., GUINKO S. et NACRO M., 2010-*Anatomie et concentration des tannins des plantes stannifères du Burkina Faso*. Journal des Sciences. 10 (2): 24-32.

SEZIK E.et TIIMEN G., 1986. IN ÔZEI M. Z., G6GTI F., HAMILTON J. F., LEWIS A. C., 2005- *Analysis of volatile components from Ziziphora taurica subsp. taurica by steam distillation, superheated-water extraction, and direct thermal desorption with GCXGC-TOFMS*. Anal. Bioanal. Chem., 382: 115-119.

SILVANT C., 2014- *L'aromathérapie la nature au service de l'humanité*, Ed. Publibook, Paris.

SKAFIA-CRETE.com.,2018- site internet <http://www.sfakia-crete.com/sfakiacrete/herbsplantsfloracrete.html> , consulté le 9avril.

SOFOWORA A., 2010- *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique*. Ed. Karthala, 22p.

SPICHIGER R.E., VINCENT V.S., FIGEAT M.et JEANMONOD D., 2004- *Botanique systématique des plantes à fleurs « une approche poly génétique nouvelle des angiospermes des régions tempères et tropicales*. 3eme Ed. Press polytechniques et universitaire romandes Lausanne, Suisse, p.328.

T

TABTI M.E., TAHDJERIT O., 2017- *étude taxonomique de quelques populations de Salvia verbenaca ssp. Euverbenaca et ssp.clandestina (Lamiaceae) du golfe de Bejaia et de la vallée de la soummam*. Mémoire de l'obtention du diplôme master on taxo-génétique végétale et évolution. univ. Bejaia.

TAMERT A., 2016-*Labiées des monts de Tessala (wilaya de Sidi Bel Abbès): histologie et phytochimie*. Thèse Doct-Science, Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes, 158p.

TAPAS, A.R., SAKARKAR D.M., KAKDER R.B., 2008-*Flavonoids as nutraceuticals: a review*. Tropical journal of pharmaceutical research, N°7 (3), pp. 1089-1099.

TEIXEIRA DUARTE M. C., MARA FIGUEIRA G., SARTORATTO A., REHDER V. L. G., DELARMELENA C., 2005- *Anti-Candida activity of Brazilian medicinal plants*. *J of Ethnopharmacology*, 97: 305-311.

TERRA X., VALLS J., VITRAC X., MÉRRILLON J.-M., AROLA L., ARDÈVOL A., BLADÉ C., FERNÁNDEZ LARREA J., PUJADAS G., SALVADÓ J et BLAY M., 2007- *Grape-seed procyanidins act as antiinflammatory agents in endotoxin-stimulated RAW 264.7 macrophages by inhibiting NFkB signaling pathway*. *J. Agri. Food Chem.*, 55, 4357-4365.

TUTIN T. G., 2001- Flora europaea Website. Jardin Botanique Royal Edimbourg.

V

VALNET J., 1984- *Phytothérapie. Traitement des maladies par les plantes*.5ème éd. Maloine.258-601.

VELASCO-NEGUERELA A. et MATA RICO M., 1986-*Volatile oil of Ziziphora hispanica L.* *Flavour and Fragrance J.*, 1: 111— 113.

VERES K., 2007- *Variability and biologically active components of some Lamiaceae species*. Ph D. These, Départements of pharmacognosy. Univ. Szeged, Hunngary, p.3.

VIVEK KUMAR T., VISHALAKSHI M., GANGARAJU M., DAS P., ROY P., BANERJEE A. et DUTTA GUPTA S., 2017- *Evaluation of antibacterial, antioxidant and nootropic activities of Tiliacora racemosa Colebr. Leaves: In vitro and In vivo approach.* Biomedicine and Pharmacotherapy, 86,662–668.

VLADIMIR-KNEZEVIC, S., BLAZEKOVIC, B., KINDL, M., VLADIC, J., LOWER-NEDZA, A.D et W ERDMAN J., BALENTINE J D., ARAB L., BEECHER G., DWYER J T., FOLTS J., HARNLY., HOLLMAN J P ., L- KEEN C., MAZZA G., MESSINA M., EMERENCIANO V P., BARBOSA K O., SCOTTI M T et FERRIRO M J P ., 2007- *Self-organization maps in chemotaxonomic studies of asteraceae: a classification of tribes using flavonoid data.* Journal of Brazilian chemical society.18 (5), p891-899.

W

WANG L., WELLER CL., 2006- *Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants.* Trends Food Sci Technol; 17:300–12.

WANG Z., Ding L., Li T., Zhou X., Wang L., Zhang H., et He H., 2006- *Improved solvent-free microwave extraction of essential oil from dried Cuminumcyminum L. And Zanthoxylum bungeanum Maxim.* Journal of Chromatography A, 1102(1), 11-17.

WATSON R. R., 2014- *Polyphenols in Plants: Isolation, Purification and Extract Preparation.* Polyphenols in Plants: Isolation, Purification and Extract Preparation.

WEGRZYN R., LAMENDINH H., 2005- *Huiles essentielles et aromathérapie bucco-dentaire.* Chir. Dent. Fr; 1225 :62-66.

WICHTEL M et ANTON R., 1999- *Plantes thérapeutiques: tradition, pratiques officinales, science et thérapeutiques.* Ed. Tec et Doc.

WILLIAM G.H., 2003- *Molécules et métabolisme. Ch. 14. In : Physiologie végétale.* 1éd. Bruxelles. De Boeck. Pp. 367-384.

WONG C.-C., LI H.-B., CHENG K W.et CHEN F., 2006- *A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay.* Food Chemistry, 97, 705–711.

Z

ZARGARI A., 1995- *Iranian Medicinal Plants.* Tehran University Press, Tehran, vol. 4, pp103 104.

Résumé :

Notre travail consiste en une étude bibliographique sur l'activité biologique des huiles essentielles d'une plante appartenant à la famille des lamiacées: *Ziziphora hispanica* L. C'est une plante médicinale comestible à effets appétissant et antiseptique utilisés dans le traitement de diverses maladies et souvent utilisée comme additif alimentaire pour donner de la saveur. Les huiles essentielles de *Ziziphora hispanica* L. sont caractérisées par une grande proportion de polygone qui leur confèrent une bonne activité antimicrobienne, une capacité antioxydante élevée et une propriété anti-inflammatoire remarquable.

Mots clés : *Ziziphora hispanica* L., Huiles essentielles, Extraction, Activité biologique.

Abstract:

Our study consists of a bibliographical study on the biological activity of essential oils of a plant belonging to the Lamiaceae family: *Ziziphora hispanica* L. It is an edible medicinal plant with appetizing and antiseptic effects used in the treatment of various diseases and often used as a food additive to impart flavor. Essential oils of *Ziziphora hispanica* L. are characterized by a high proportion of polygon which gives them good antimicrobial activity, high antioxidant capacity and remarkable anti-inflammatory property.

Keywords: *Ziziphora hispanica* L, Essential oils, Extraction, Biological activity.

ملخص:

يتمثل عملنا في دراسة نظرية عن النشاط البيولوجي للزيوت الأساسية لنبات ينتمي إلى عائلة Lamiaceae: *Ziziphora hispanica* L. فهو يعتبر نبات طبي صالح للأكل وله تأثير فاتح للشهية ومطهر في علاج عدة أمراض وغالبًا ما يستخدم كمادة مضافة في الأطعمة لإضفاء النكهة. تتميز زيوت *Ziziphora hispanica* L. بنسبة عالية من البوليجون الذي يمنحها نشاطًا جيدًا كمضاد للميكروبات وقدرة عالية مضادة للأكسدة، ناهيك عن خاصية مضادة للالتهابات.

كلمات دلالية: *Ziziphora hispanica* L. ، زيوت أساسية ، استخلاص ، نشاط بيولوجي.