



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث 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

Département des Sciences Biologiques

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Thème

Étude du pouvoir antibactérien des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la steppe Algérienne : synthèse bibliographique

Présenté par : BEN CHERIET Sara
DJEHA Abir Aicha

Devant le jury composé de :

Présidente : Mme BRAHIMI S.

Promoteur : Mr KHALED KHODJA Y.

Co-promoteur : Mr BELMAHDI M.

Examineur : Mr KHIARI M.

Examineur : Mr CHIEB T.

Grade

MCA

Univ. de Djelfa

MCB

Univ. de Djelfa

MCB

Univ. de Djelfa

MCB

Univ. de Djelfa

MCB

Univ. de Djelfa

2020/2021



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

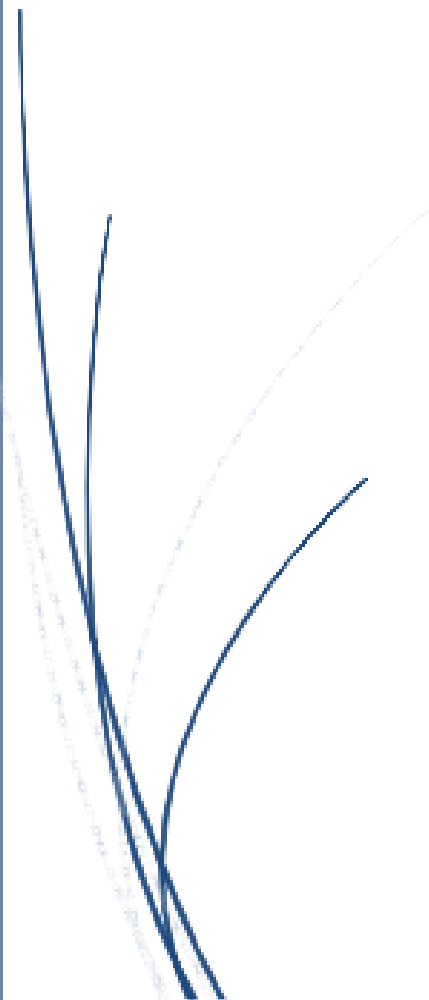
سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا
إنك أنت العليم الحكيم

سورة البقرة: الآية 31.





REMERCIEMENTS



Remerciements

Au nom de Dieu le Miséricordieux

Avant tous nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir accordé la force et les moyens afin de pouvoir réaliser ce travail.

Tout d'abord, nous adressons nos sincères remerciements à :

Notre encadreur Mr KHALED KHODJA Y. pour ses précieuses observations constructives, sa patience, sa disponibilité et surtout ses conseils. Veuillez accepter notre expression de gratitude et d'appréciation.

Mr BELMAHDI M., pour avoir co-encadrer ce travail, pour ses conseils et son aide précieuse.

Mme BRAHIMI S. d'avoir accepté la présidence du jury.

Mr KHIARI M. et Mr CHIEB T. d'avoir accepté l'examen du présent travail.

Je remercie également l'ensemble des enseignants du département de Biologie qui ont contribué à notre formation.



Dédicaces

Dédicaces

A mes chers parents,

A mon très cher père, merci pour votre amour, pour tout l'enseignement que vous m'avez transmis, pour avoir toujours cru en moi et m'avoir toujours soutenu, pour vos sacrifices, vos prières et pour l'encouragement sans limites que vous ne cessez de m'offrir...

A ma très chère mère, merci pour vos sacrifices, merci pour vos prières, votre soutien dans les moments difficiles, pour votre courage et patience...

A mes chers frères Imad et Mokhtar

A ma chère sœur Widad

Votre soutien, votre dévouement et votre amour ont été une grande source de motivation pour moi, votre aide m'a toujours été précieuse. Je vous souhaite tout le bonheur que vous méritez.

Pour toute ma famille

A ma chère amie et collègue Sara

A mes chères amies et sœurs : Sarah, Dalila, Iman

Merci pour votre soutien tout au long de ces années de travail et de ces moments de joie ou de tristesse.

*Tous les étudiants de Master 2ème année Microbiologie appliquée
(Promotion 2020-2021)*

A tous ceux qui me sont trop chers et que j'ai omis de citer.

ABIR

Dédicaces

A mes chers parents,

Je dédie ce travail à ...

A l'esprit de ma mère Allah yarhmha ;

Ma très chère mère, tu m'as donné la tendresse et le courage pour réussir. Aucune dédicace ne saurait exprimer mon amour. Merci pour vos sacrifices, votre soutien dans les moments difficiles, pour votre courage et patience...

Mon très cher père, l'épaule solide. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Puisse dieu, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mes chers sœurs : Nacira, Ahlem et Maria.

Je vous dédie cet humble travail, merci pour votre affection, votre patience, vos conseils et vos encouragements qui m'ont toujours motivé à donner le meilleur de moi-même.

A mes chers frères : Salem, Fathi, Bilal et Ayoub.

Je vous dédie ce modeste travail en guise de remerciement pour vos conseils et encouragements..

Aux chers petits-enfants de la famille: Youcef, Zeineb et Younes.

Je demande à Dieu de vous accorder santé, bonheur et réussite dans votre vie

A mes amies avec lesquelles j'ai vécu de beaux moments au cours de mon cursus l'universitaire ABIR, DALILA et IMEN

A tous ma Famille

A mes collègues de promotion Master 2 Microbiologie Appliquée 2021

A toutes les personnes qui m'ont soutenue de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

SARA



Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction1

Chapitre I : Plantes médicinales de la steppe Algérienne

I. Historique.....	2
II. La steppe Algérienne	3
1. Définition	3
2. Délimitation géographique et superficie	3
III Steppes et plantes médicinales	4
1. Steppes à alfa (<i>Stipa tenacissima</i>)	4
2. Steppes à armoise blanche : Chih (<i>Artemisia herba alba</i>).....	5
3. Steppes à spart (<i>Lygeumspartum</i>)	5
4. Les steppes à remth (<i>Arthrophytum scoparium</i>).....	6
5. Steppes à psammophites.....	7
6. Les steppes à halophytes	7
IV. Utilisations traditionnelles et effets thérapeutiques	7
1. Utilisations médicinales	7
2. Utilisations pharmacologiques	9

Chapitre II : Huiles essentielles

I. Généralités	10
II. Répartition, localisation et biosynthèse des huiles essentielles.....	10
1. Répartition.....	10
2. Localisation.....	10
3. La biosynthèse des huiles essentielles	11
III. Composition chimique des huiles essentielles	12
1. Les composés terpéniques	13
2. Les monoterpènes.....	13
3. Les sesquiterpènes.....	14
4. Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane	14
5. Les composés d'origines diverses	14
IV. Méthodes d'extraction des huiles essentielles	15
1. Distillation à vapeur saturée.....	15
A. Critères d'une bonne distillation.....	16

B. Méthodes d'extraction par hydro distillation	17
C. Hydro-diffusion	17
2. Méthodes d'extraction par expression.....	18
3. Méthodes d'extraction par solvants organiques	18
4. Méthodes d'extraction innovantes	19
A. L'extraction par micro-ondes	19
B. Extraction par fluide à l'état supercritique	20
C. Extraction au CO ₂ supercritique	21
V. Applications et activités	21
1. Applications	21
A. En pharmacie	22
B. En industrie alimentaire.....	22
C. Cosmétologie et parfumerie	22
2. Activités	22
A. Activités biologique	22
B. Activités antimicrobiennes	23
C. Activités antibactérienne	23
D. Activités antifongique	23
E. Activités antioxydante	23
F. Activités anticancéreuse.....	24
G. Activités anti-inflammatoires.....	24
H. Activités physiques et chimiques des huiles essentielles	24

Chapitre III : Pouvoir antibactérien des huiles essentielles de quelques plantes steppiques

I. Définition	26
II. Mode d'action antibactérienne des huiles essentielles	27
1. Action sur la membrane cellulaire	28
2. Action sur les acides gras membranaires	28
3. Action sur les protéines	29
4. Mode d'action contre l'ATP	29
III. Facteurs influençant l'activité antimicrobienne des huiles essentielles.....	31
1. Activité liée à la composition chimique	31
2. Activité liée aux microorganismes.....	32
IV. Méthodes de détermination du pouvoir antibactérien des huiles essentielles	33
1. Technique de diffusion en disque ou aromatoگرامme	33

2. Technique de diffusion en puits	35
3. Technique des micro-atmosphères	35

CHAPITRE IV :Travaux de recherche antérieurs

I. Travaux de recherche antérieurs sur Artemisia herba alba.....	37
1. Les huiles essentielles d'Artemisiaherba alba.....	37
2.L'étude de l'activité antibactérienne	38
II. Travaux de recherche antérieurs surArtemisiacampestris L	40
1. Les huiles essentielles d'Artemisiacampestris	40
2.L'étude de l'activité antibactérienne	40
III. Travaux de recherche antérieurs surTeucriumpolium	42
1. Les huiles essentielles deTeucriumpolium.....	42
2.L'étude de l'activité antibactérienne	43
IV . Travaux de recherche antérieurs sur Marrubiumvulgar.....	44
1. Les huiles essentielles deMarrubiumvulgar	44
2.L'étude de l'activité antimicrobienne de Marrubiumvulgar	44

Conclusion.....46

Références bibliographiques47

Résumé

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Délimitation des steppes algériennes	4
2	Steppes à alfa (<i>Stipa Tenacissima</i>)	5
3	<i>Artemisia herba alba</i>	6
4	<i>Lygeum spartum</i>	7
5	<i>Arthrophytum scoparium</i>	7
6	Schéma de biosynthèse des précurseurs des terpènes	15
7	Structure de l'isoprène (C ₅ H ₈)	17
8	Structure de mono terpène (C ₁₀ H ₁₆)	17
9	Structure de sesquiterpènes (C ₁₅ H ₂₄)	18
10	Distillation entraînement à la vapeur d'eau	19
11	Hydrodistillation simple.	21
12	Schéma du procédé d'extraction par hydro- diffusion	22
13	Principe schématisé de l'appareillage d'hydrodistillation sous micro-ondes	26
14	Extraction au CO ₂ supercritique	28
15	Mécanismes d'action des huiles essentielles sur la cellule bactérienne	37
16	Exemple d'aromatogramme réalisé avec l'huile essentielle	43
17	Illustration de la méthode d'aromatogramme sur milieu solide	44
18	Illustration de la méthode des micro-atmosphères	45
19	La morphologie d' <i>Artemisia herba- alba</i>	47
20	<i>Artemisia herba-alba</i> effiat contre <i>Bacillus clausii</i> 2226 à la concentration de 20, 15, 10, et 5 µL (dons 1 à 4 respective)	50
21	<i>Artemisia campestris</i> L	51
22	<i>Teucrium polium</i>	54
23	Le marrubium vulgare	57

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
I	Classement de quelques plantes steppiques selon leurs familles, leurs parties utilisées et leurs utilisations thérapeutiques	9-10
II	Mécanismes d'action antibactérienne des HE et de leurs composés majoritaires	39-40
III	Composition chimique de l'HE d' <i>Artemisia Herba Alba Asso</i> d'Algérie	48



Liste des abreviations

%: Pourcentage

°C : Degré Celsius

A.F.N.O.R : Association Française de Normalisation

ADN : Acide DésoxyriboNucléique

BGN : Bacille à Gram Négatif

BGP : Bacille à Gram Positif

CMB : Concentration Minimale Bactéricide

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice.

CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse

CPG-SM : Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse

DIZ : Diamètre des Zones d'Inhibition

DMAPP : Pyrophosphate de Diméthyl-Allyle

FID : Détecteur à Ionisation de Flamme.

FPP : Farnésyl Pyro Phosphate

GGPP : Géranyl Géranyl Pyrophosphate

GPP : GéranylPyroPhosphate

Ha: Hectare

HE: Huile Essentielle

HV: Huile Végitale

IK : Indice de Kovats

IPP : Pyrophosphate d'IsoPentényle

IR : Indices de Rétention

ISO : International Standards Organization on Essential Oils

Kg: Kilogramme

MM: Millimètre

MS: Matière Sèche

ORL : Oto-Rhino- Laryngologiques

PM : Plante Médecinale

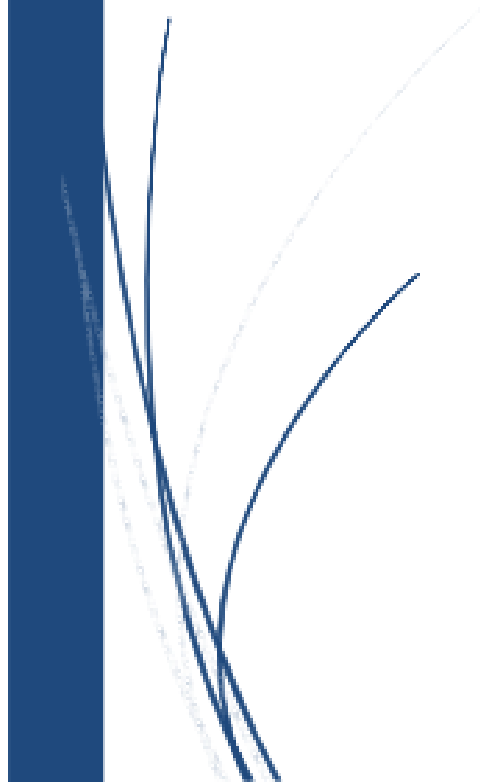
RIFM: The Reasearch Institute for Fragrance Materials

SFE: Extraction par Fluide Supercritique

UF: Unité Fouragère



Introduction



Introduction

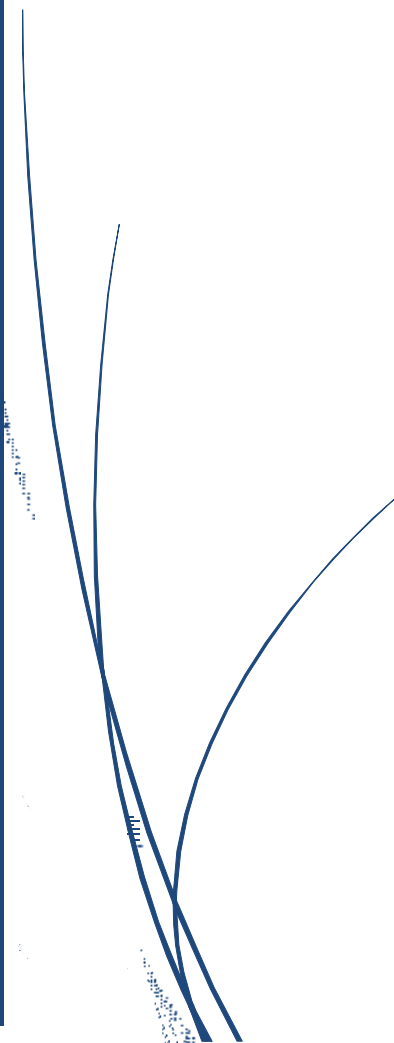
Depuis des milliers d'années, l'homme utilise les plantes médicinales trouvées dans la nature, pour traiter et soigner des maladies (Sanag, 2006). L'utilisation des plantes en phytothérapie est très ancienne et connaît actuellement un regain d'intérêt auprès du public, les médecins, ont trouvé des milliers de remède dans les plantes médicinales. Les médecins arabes du moyen âge, soignaient tous leurs malades par les plantes médicinales (Jean-Claude Roland, 2002)

L'Algérie est dotée d'un patrimoine floristique très diversifié, notamment dans le domaine des plantes médicinales (Bouzabta , 2015). Les plantes médicinales constituent un patrimoine précieux pour l'humanité, elles sont des usines chimiques naturelles, produisant des substances actives biochimiques : alcaloïdes, huiles essentielles, flavones, tanins,... et les mettent à la disposition de l'homme qui peut en faire usage pour sa santé et satisfaire ses besoins vitaux (Derfalou et Ghadri, 2017) plus particulièrement pour la majorité des communautés démunies des pays en voie de développement qui en dépendent pour assurer leurs soins de santé primaires et leurs subsistances (Salhi *et al.* , 2010) .

Au cours de ces dernières années, le secteur des huiles essentielles a bénéficié d'une croissance rapide, soutenue en particulier par l'étendue et la diversité des secteurs d'application de ces extraits naturels. Les huiles essentielles disposent de nombreux atouts. Elles sont utilisées, pendant de nombreux siècles dans la plupart des civilisations, à des fins religieuses, cosmétiques et médicales ou agroalimentaire (Bessah et Benyoussef, 2015).

Dans le but de faire synthèse bibliographique et d'étudier le pouvoir antibactérien des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la steppe Algérienne, le présent travail est scindé en trois parties. La première partie décrit les plantes médicinales de la steppe Algérienne en citant les utilisations traditionnelles et les effets thérapeutiques. La deuxième partie est consacrée à l'étude des huiles essentielles ainsi la composition chimique et les méthodes d'extraction, et le dernier chapitre est dédié à l'étude du pouvoir antibactérien des huiles essentielles de quelques plantes steppiques en citant les travaux de recherche antérieurs.

*Chapitre I Plantes médicinales de la steppe
Algérienne*



I. Historique

Depuis très longtemps, les plantes médicinales jouent un rôle déterminant dans la conservation de la santé des hommes et la survie de l'humanité. Elles sont un patrimoine sacré et précieux et constituent une réponse de choix pour fournir à l'organisme de façon naturelle, les substances nécessaires pour maintenir son équilibre vital (Beloued., 2009).

En Algérie l'usage des plantes médicinales est une tradition de mille ans. Les premiers écrits sur les plantes médicinales ont été faits au IX^{ème} siècle par Isnâ-ben-Amar et Abdallah-ben-Lounés né à Oran, et qui décrit l'usage de beaucoup des plantes médicinales, durant des siècles et même des millénaires (Benhouhou. 2015), malgré le progrès de la pharmacologie, l'usage thérapeutique des plantes médicinales est très présent dans certains pays du monde et surtout les pays en voie de développement, en l'absence d'un système médical moderne En effet, il existe environ 500.000 espèces de plantes sur terre, dont 80.000 possèdent des propriétés médicinales (Benhouhou, 2015).

Même pendant le colonialisme Français de 1830 à 1962, les botanistes ont réussi à cataloguer un grand nombre d'espèces comme médicinales et un livre sur les plantes médicinales et aromatiques d'Algérie a été publié en 1942 par Fourment et Roques ou ils ont mentionné décrit et étudié 200 espèces (Ouis et Bakhtaoui,2017). La plupart d'entre elles étaient du nord de l'Algérie et seulement 06 espèces sont été localisées au Sahara (Derfalou et Ghadri, 2017). La richesse de la flore algérienne est donc incontestable, elle recèle un grand nombre des espèces classées en fonction de leur degré de rareté : 289 espèces assez rares, 647 espèces rares, 640 espèces très rares, 35 espèces rarissimes et 168 espèces endémiques (FAO,2012). Ces plantes sont certes abondantes, mais dispersées géographiquement et ont des potentialités de rendement faible, leur contrôle est difficile, leur exploitation ne suffit pas à couvrir les besoins nationaux de la médecine, la pharmacie et herboristerie (Sahi ,2016).

II. La steppe Algérienne

1. Définition

La steppe est une formation végétale, primaire ou secondaire; basse et ouverte dans sa physionomie typique et inféodée surtout aux étages bioclimatiques, arides et désertiques dont elle est l'expression naturelle. Le terme steppe c'est un écosystème caractérisé par une formation végétale hétérogène discontinue plus au moins dense, composée de plantes herbacées et arbustives xérophiles de hauteur limitée, et par des sols généralement maigres à faible taux en matière organique (Rekik, 2015).

2. Délimitation géographique et superficie

Les steppes algériennes, situées entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud séparent l'Algérie en 3 types de milieu qui se distinguent par leur relief et leur morphologie et donnant une importante diversité biologique, Les steppes algériennes couvrent une superficie globale de 20 millions d'hectares. Elles sont limitées au Nord par l'isohyète 400mm qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec et au Sud, par l'isohyète 100mm qui représente la limite méridionale de l'extension de l'alfa (*Stipa tenacissima*) (Nedjraoui, 2003).

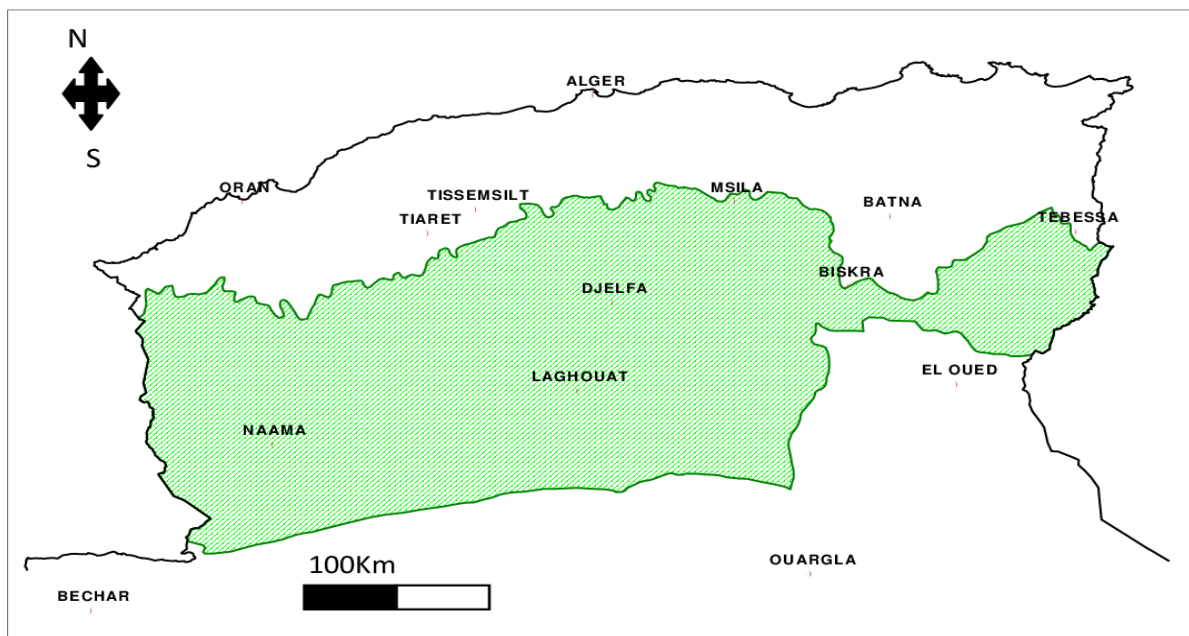


Figure 1 : Délimitation des steppes algériennes (Nedjraoui, 2003).

III. Steppes et plantes médicinales

En Algérie, le terme de steppe est adopté pour qualifier du point de vue physiologique la végétation des milieux arides et sahariens. Cette appellation globale est souvent complétée par le nom de l'espèce dominante, (steppe à *Stipa tenacissima*, steppe à *Lygeum spartum*), (steppe à *Artemisia herba-alba*). La végétation steppique est caractérisée par un ensemble de communautés qui doivent leur physiologie à caractère herbacé et ou plus ou moins arbustif, à l'abondance soit de graminées cespitose (alfa, sparte), soit des chamaephytes (armoises, remth) croissant en touffes espacées, mais aussi à la fréquence et au mode de distribution le plus souvent irréguliers des espèces annuelles. (Anonyme1). Actuellement, on trouve en Algérie plusieurs catégories de steppes dont les principales sont:

1. Steppes à alfa (*Stipa tenacissima*)

L'alfa (*Stipa tenacissima*) est une plante pérenne qui est capable de résister aux aléas climatiques et aux conditions sévères de sécheresse, tout en maintenant une activité physiologique même au ralenti. Les steppes à Alfa investissent les espaces à bioclimat semi-aride. La steppe à Alfa qui recouvre 04 millions d'hectares, représente une forte amplitude écologique avec une productivité pastorale moyenne qui varie de 60 à 150 UF/ Ha selon le recouvrement et le cortège floristique. La valeur pastorale est peu importante permettant une charge d'un mouton par 4 à 6 hectares (Nedjraoui, 2003).



Figure 2 : Steppes à alfa (*Stipa tenacissima*) (Chaouch,2018).

2. Steppes à armoise blanche : Chih (*Artemisia herba alba*)

L'armoise blanche présente une vaste répartition géographique en Algérie, recouvrent 3 millions d'hectares (en aire potentielle). L'armoise ayant une valeur fourragère importante de 0,45 à 0,70 UF/kg MS, les steppes à armoise blanche sont souvent considérées comme les meilleurs parcours, 1à 3 ha/mouton (Nedjraoui, 2003).



Figure 3: *Artemisia herba alba* (Messai, 2011).

3. Steppes à spart (*Lygeum spartum*)

La steppe à Sparte « Sennagh » (*Lygeum spartum*) qui couvre 02 millions d'hectares. Mais vu que cette espèce représente un faible intérêt pastoral (0.3 à 0.4 UF/ Kg de MS) la productivité est souvent élevée avec des espèces annuelles et petites vivaces qui confère à ce type de parcours donnant une production pastorale importante de 100 à 190 UF/ Ha / an et une charge d'un mouton par 2 à 5 hectares (Nedjraoui, 2003).



Figure 4 : *Lygeum spartum* (www.teline.fr).

4. Les steppes à remth (*Arthrophytum scoparium*)

La steppe à remth occupe les habitats caractérisés par des croûtes calcaires et pierreaux encroûtés en surface. Limitée aux zones comprises entre 100 et 50 mm de précipitations annuelles, en Algérie elle recouvre de vastes superficies. La steppe à Remt (*Arthrophytum scoparium*) forme des parcours qui représentent un intérêt assez faible sur le plan pastoral. La valeur énergétique du Remt est de 0.2 UF/ Kg de MS. La production moyenne annuelle varie de 40 et 80 Kg de MS par hectare et la productivité pastorale est comprise entre 25 et 50 UF/ Ha / an avec une charge pastorale d'un mouton par 10 à 12 hectares ([Nedjraoui, 2003](#)).



Figure 5: *Arthrophytum scoparium* (www.teline.fr).

5. Steppes à psammophytes

Elles se développent sur des terrains à texture sableuse et aux apports d'origine éolienne. Ces formations sont inégalement réparties et occupent une surface estimée à 200.000 hectares. Elles suivent les couloirs d'ensablement et se répartissent également dans les dépressions constituées par les chotts. Elles sont plus fréquentes en zones arides et présaharienne. Ces formations psammophytes sont généralement des steppes graminéennes à *Stipagostis pungens* et *Thymelea microphylla* ou encore des steppes arbustives à *Retama retam* et leurs valeurs pastorales varient de 200 à 250 UF/ha (Rekik, 2015).

6. Les steppes à halophytes

Les steppes à halophytes couvrent environ 01 millions d'hectares et occupent les terrains salés à proximité des chotts et des dépressions. Ce sont surtout les *Salsola* et aussi les *Atriplex* qui constituent d'excellents pâturages dont la permanence pendant la saison sèche assure l'alimentation de nombreux troupeaux des hautes plaines (Rekik, 2015).

IV. Utilisations traditionnelles et effets thérapeutiques

1. Utilisations médicinales

Les plantes ont constitué le premier et principal outil thérapeutique à la disposition de l'homme et ce, pendant de nombreux siècles. De tout temps, nos lointains ancêtres ont cherché auprès des plantes, le remède à leur souffrance. Les pharmacopées végétales se sont développées et ont été enrichies grâce à la connaissance issue de l'expérience les médicaments à base de plantes comprennent des matières végétales, des préparations à base de plantes et des produits finis qui contiennent comme principes actifs des parties de plantes, par utilisation traditionnelle, on entend une utilisation de fort longue date de ces médicaments à base de plantes dont l'innocuité et l'efficacité ont été bien établies et qui sont même agréés par certaines autorités nationales. (Anonyme2).

On appelle plante médicinale tout plantes renfermant un ou plusieurs principes actifs capables de prévenir, soulager ou guérir des maladies. Les plantes médicinales sont des plantes dont un des organes (écorce, feuille) plante, possède des vertus curatives et parfois toxiques selon son dosage. Les plantes médicinales sont les plantes utilisées en phytothérapie pour leurs principes actifs .elles peuvent être vendues en herboristerie, en pharmacie, avec ou sans prescription selon la réglementation du pays (Ramli, 2013).

Le mot phytothérapie provient de deux mots grecs qui signifient essentiellement « soigner avec les plantes ». la phytothérapie désigne la médecine basée sur les extraits des plantes et les principes actifs naturels (Fetayah, 2015). En Algérie les plantes occupent une place importante dans la médecine traditionnelle, qui elle-même est largement employée dans divers domaines de la santé. Dans les dernières années, la phytothérapie est très répandue, des herboristes sont partout et sans aucune formation spécialisée ou connaissance scientifique sur la phytothérapie, ils prescrivent des plantes et des mélanges pour toutes les maladies : diabète, rhumatisme, minceur et même les maladies incurables (Derfalou et Ghadri, 2017).

Tableau I : Classement de quelques plantes steppiques selon leurs familles, leurs parties utilisées et leurs utilisations thérapeutiques (Derfalou et Ghadri, 2017).

Famille	Nom scientifique	Nom local	Nom français	Parties utilisées	Utilisation thérapeutique
Rhamnacées	<i>Zizyphus lotus</i> L	السدرية	Jujubier	-feuilles -fruits -racines	Diurétique, anti- inflammatoire émollient, sédatifs, tonique.
Cucurbitacées	<i>Ecballium elaterium</i> Rich	ققوس لحمير	Momordique	Fruits	Tonique, anti hémorroïdale, la cure de l'obésité
Labiées	<i>Teucrium poluim</i> L	الجعيدة	Germandrée	-feuilles - sommités fleuries	anti- inflammatoire, détersif, fébrifuge, hypoglycémiant
Astéracées	<i>Artemisia herba alba</i>	الشيح	Armoise blanche	- feuilles -toute -la plante - tige	Stomachique, vermifuge, apéritif
Lamiacées	<i>Thymus ciliatus</i>	جرتيل	Thym	-racine -feuilles -tige	Hypotensive
Lamiacées	<i>Marrubium vulgare</i> L	ثيمريوت	Marrube blanc	-Toute -La plante -feuilles -fruits	contre rhume, refroidissement.
Malvacées	<i>Malva silvestris</i> L	الخبيز	Mauve	-feuilles -tige	Antiseptique, calmante

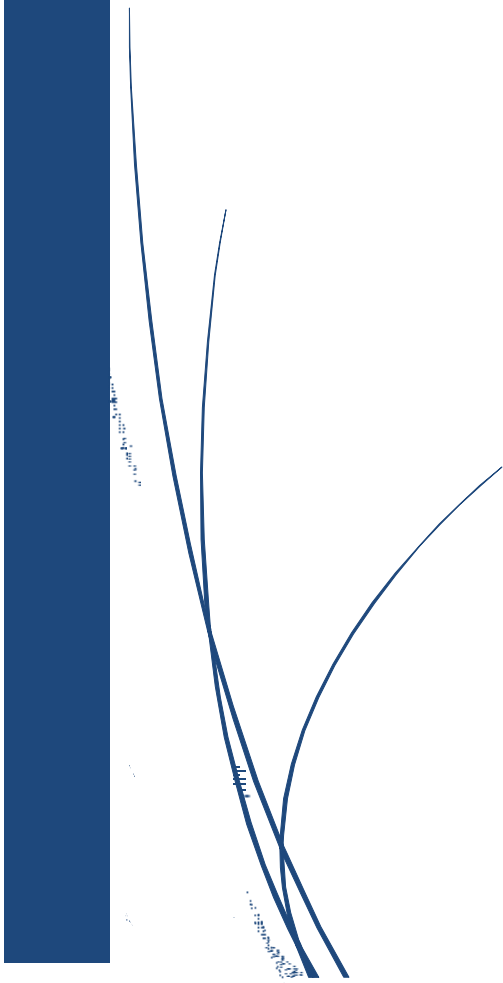
Lamiacées	<i>Ajuga iva (L) Schreb</i>	شندقورة	Ivette musquée	Toute la plante	hypoglycémiant, hypotenseur, antidiabétique
Zygophyllacées	<i>Peganum harmala</i>	الحرمل	Harmel	-feuilles - tige	vermifuge, diurétique
Poacées	<i>Stipa tenacissima L</i>	حلفة	Alfa	- feuilles	-Stomachique - régulariser l'hypertension.
Chénopodiacés	<i>Arthrophytum scoparium L</i>	الرمث	Saligne à balai.	- feuilles	-L'allergie de la peau. -Les hémorroïdes. -La gale.

2. Utilisations pharmacologiques

Malgré les énormes progrès réalisés par la médecine moderne, la phytothérapie offre des multiples avantages (Derfalou et Ghadri, 2017). Depuis plusieurs années, l'utilisation des plantes médicinales ou de préparations à base de plantes connaît un succès croissant. Aujourd'hui, plus de la moitié de la population mondiale pratique la phytothérapie (Sheng-Ji, 2001). Les plantes médicinales servent pour les productions de produits pharmaceutiques, onguents, crèmes et autres produits naturels.

L'industrie pharmaceutique utilise principalement les plantes médicinales qui contiennent des substances chimiques à effet médicamenteux connu, qui ne peuvent pas être produites synthétiquement si ce n'est par un processus coûteux et difficile. Les composants actifs sont d'abord isolés puis utilisés dans la fabrication des médicaments. En plus des plantes médicinales qui fournissent une importante matière première pour l'industrie pharmaceutique, beaucoup d'autres sont utilisées telles quelles, sous diverses formes dont les tisanes, extraits et teintures (Belguitar, 2015).

Parmi les derniers médicaments obtenus à partir des plantes, on trouve le taxol, isolé de l'if (*Taxus baccata*, *Taxaceae*) qui a sa place dans le traitement des cancers gynécologiques. L'artémisinine, substance isolée d'une armoise chinoise (*Artemisia annua*, *Asteraceae*) est utilisée dans le traitement des formes résistantes de la malaria (Mouchet *et al.*, 2004). On peut encore citer la galanthamine, obtenue de la perce-neige (*Galanthus nivalis*, *Amaryllidaceae*), utilisée depuis peu dans le traitement de la maladie d'Alzheimer. (Belguitar, 2015).



I.

I. Généralités

Le terme huiles essentielles dérive de « quinta essentia », un nom donné par le médecin suisse Paracelsien aux extraits des plantes obtenues par distillation, il signifie la fragrance et la quintessence de la plante .(Kacimi , 2012). Selon la norme AFNOR ISO 9235, l'huile essentielle est définie comme un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, après séparation de la phase aqueuse par des procédés physique : soit par l'entraînement, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus, soit par distillation sèche (Duval, 2012).

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels très complexes qui peuvent contenir plusieurs composés à des concentrations différentes. (Abad *et al*, 2012), une substance, non grasse, extraite d'un végétal sous forme liquide. L'HE a une composition moléculaire complexe, lui confère des vertus uniques, elle ne contient ni protéines, ni lipides, ni glucides, ne contient pas de minéraux ni de vitamines, elle n'a donc aucune valeur nutritionnelle (Couic *et al* , 2013). Ce sont des molécules à noyau aromatique et caractère volatil affront à la plante une odeur caractéristique et on les trouve dans les organes sécréteurs, elles jouent un rôle de protection des plante contre excès de la lumière et attirer des insectes pollinisateurs (Djeddi , 2012).

II. Répartition, localisation et biosynthèse des huiles essentielles

1. Répartition

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Les huiles essentielles sont réparties dans une cinquantaine de familles dont beaucoup sont des Lamiaceae, des Myrtaceae, des Rutaceae, des Asteraceae, mais aussi des Apiaceae. Les HE peuvent être stockés dans tous les organes végétaux: sommités fleuries des Lamiacées, graines, racines, rhizome, fruits, bois et feuille (Franchomme *et Péroël*, 1990).

2. Localisation

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence de structures histologiques, spécialisées selon trois principales catégories d'appareils sécréteurs: les poils glandulaires épidermiques, les poches et les canaux glandulaires schizogènes ou schizolysigènes (Bouzabta , 2015).

3. La biosynthèse des huiles essentielles

Les précurseurs des principales classes des terpènes, formés par des réactions enzymocatalysées, sont des esters pyrophosphoriques d'alcools en (C5 n), issus de l'addition séquentielle d'une unité en C5, le pyrophosphate d'isopentényle (IPP) ou isoprène actif :

- ❖ géranylpyrophosphate (GPP), précurseur des monoterpènes à C10;
- ❖ farnésylpyrophosphate (FPP), précurseur des sesquiterpènes à C15;
- ❖ géranylgéranylpyrophosphate (GGPP), précurseur des diterpènes à C20.

Le pyrophosphate d'isopentényle (IPP) constitue l'unité isoprénique d'enchaînement, il s'isomérisé en pyrophosphate de diméthyl-allyle (DMAPP) par l'isopentényl diphosphate isomérase, le pyrophosphate de diméthylallyle formé se condense avec une nouvelle molécule d'IPP. Le mécanisme a été élucidé par Croteau (Croteau, 1999). La réaction du couplage est catalysée par une GPP synthase, implique le centre nucléophile du méthylène de l'isopenténylpyrophosphate (tête) et le centre électrophile du groupement allylique CH₂ du DMAPP (queue), cette réaction de couplage «tête à queue» donnera naissance au géranylpyrophosphate (GPP) à C10.

Nous décrivons les étapes de la réaction :

- ❖ La réaction d'ionisation du pyrophosphate d'allyle implique le départ du groupe pyrophosphate.
- ❖ La réaction de carbocation donne naissance à l'ion carbonium allylique qui est attaqué par les électrons de la double liaison du pyrophosphate d'isopentényle, la condensation s'accompagne de l'élimination d'un proton sur le C2 de l'IPP, cette réaction donne naissance au géranyle de pyrophosphate.

Une addition similaire d'IPP sur le pyrophosphate de géranyle (GPP) conduit au farnésyle de pyrophosphate (FPP) à C15, puis au géranylgéranyle de pyrophosphate (GGPP) à C20. Ces différents composés sont à l'origine des monoterpènes, sesquiterpènes, et diterpènes (Guignard, 1979).

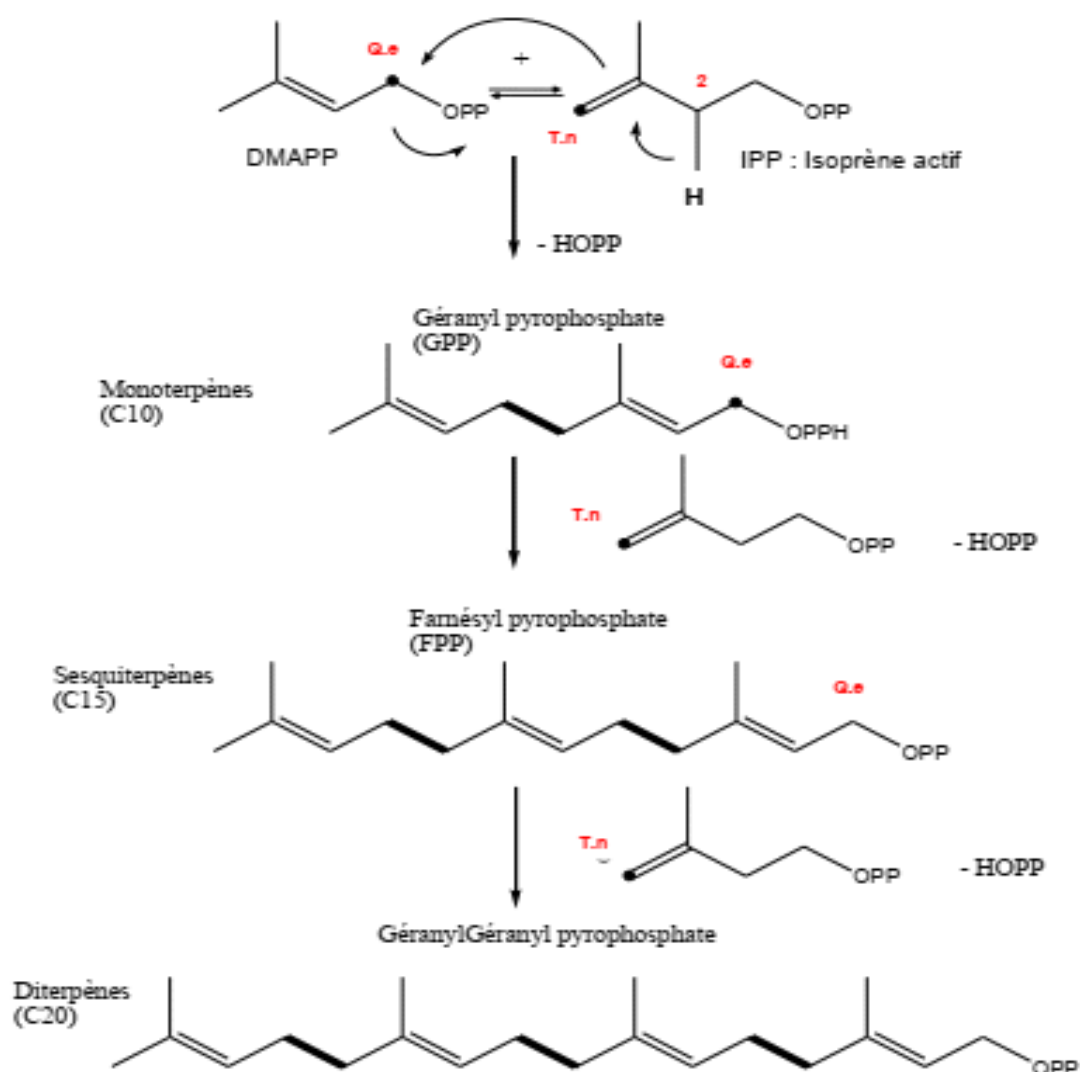


Figure 6: Schéma de biosynthèse des précurseurs des terpènes (Bouzabta, 2015).

III. Composition chimique des huiles essentielles

La composition d'une huile essentielle est souvent très complexe, la plupart du temps, une HE comporte un ou deux composants majoritaires qui vont jouer un rôle central dans ses propriétés thérapeutiques. D'une façon générale, les constituants appartiennent principalement à deux types chimiques. Les HE sont classés usuellement selon la nature chimique de leurs principes actifs majoritaires, plus rarement selon leur mode d'extraction, ou leurs effets biologiques (pharmaceutique/cosmétologique ou phytosanitaire) (Laurent, 2017).

1. Les composés terpéniques

Les terpènes constituent largement répandus dans le règne végétal, leur particularité structurale la plus importante est la présence dans leur squelette d'une unité isoprénique à 5 atomes de carbone (C₅H₈) reconnue par Wallach dès 1887. Cet isoprène est à la base du concept de la «règle isoprénique» (Lamarti *et al*, 1994). Cette règle considère le diphosphate d'isopentényle (IPP), désigné sous le nom d'isoprène actif comme le véritable précurseur de la molécule terpénique. Le système enzymatique responsable de cette conversion (IPP) en composés terpéniques dans les trois compartiments: cytoplasmes, mitochondries et plastes). (Lamarti *et al*, 1994).

Seuls les terpènes dont la masse moléculaire est relativement faible (mono et sesquiterpènes) (Bruneton, 1999) et leur confère un caractère volatil et est à la base de leurs propriétés olfactives (Pibiri, 2006). Les terpènes sont constitués d'un mélange d'hydrocarbures et de composés oxygénés dérivés de ces hydrocarbures, dans certaines huiles essentielles, les hydrocarbures prédominent (ex. L'essence de Térébenthine) dans d'autres, la majeure partie de l'essence est constituée de composés oxygénés. Il est à noter que l'odeur et le goût des huiles essentielles sont donnés par ces composés oxygénés. (Paris et Hurabielle, 1981).

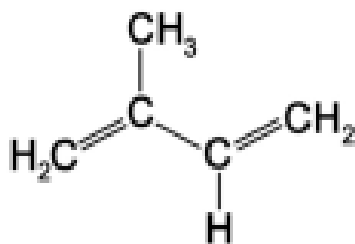


Figure 7 : Structure de l'isoprène (C₅H₈) (Laurent, 2017).

2. Les monoterpènes

Les composés monoterpéniques sont constitués de deux unités d'isoprène, leur formule chimique brute est C₁₀H₁₆ (Rahal, 2004). Ces composés peuvent être: monoterpènes acycliques, monoterpènes monocyclique et monoterpènes bicycliques, la réactivité des cations intermédiaires justifie l'existence de nombreuses molécules caractérisées par différentes fonctions: alcools, cétones, esters, aldéhydes, éthers, peroxydes, phénols (Bruneton, 1999).

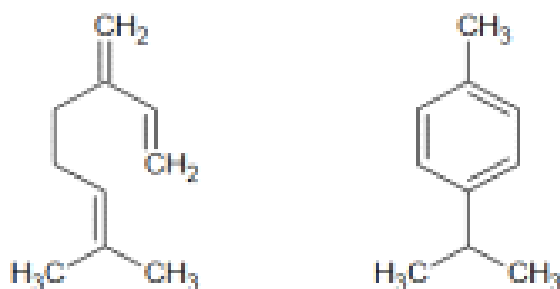


Figure 8 : Structure de monoterpène ($C_{10}H_{16}$) (Laurent, 2017).

3. Les sesquiterpènes

Ils comportent trois unités d'isoprène, leur formule est $C_{15}H_{24}$, ils présentent une grande variété dans les structures conduisant à un nombre élevé de possibilités, ce qui a retardé l'élucidation de leurs structures (Rahal. , 2004). Les sesquiterpènes peuvent être également, comme les monoterpènes, acycliques (farnésol), monocycliques (humulène, α -zingibèrene) ou polycycliques (matricine, artéannuine, β ,artémisinine). Ils renferment aussi des fonctions comme alcools, cétones, aldéhydes et esters (Laouer, 2004).

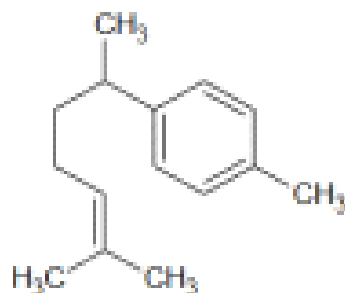


Figure 9 : Structure de sesquiterpènes ($C_{15}H_{24}$) (Laurent, 2017).

4. Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane

Les huiles essentielles renferment aussi des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C_6-C_3), mais qui sont beaucoup moins fréquents que les terpènes et dont la biogenèse est totalement différente (Lamamra, 2017). Bruneton (1999) considère que ces composés sont très souvent des allyl- et propenyl phénols, parfois des aldéhydes .

5 . Les composés d'origines diverses :

Ce sont des produits résultant de la transformation des molécules non volatiles entraînés par la vapeur d'eau, ils'agit des composés issus de la dégradation d'acides gras, de terpènes. D'autres composés azotés ou soufrés peuvent subsister mais sont rares

(Bruneton., 1999), le composé soufré le plus rencontré est l'allylithiocyanate issu de la dégradation d'un glucoside sinigraside qui se trouve dans les graines de moutarde noire, ce composé est incolore, fluide et de saveur piquante. (Franchomme et Penoel, 2001).

IV. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Les techniques sont différentes selon la matière première, la qualité souhaitée et l'emploi destiné, les produits obtenus après extraction ont une appellation et composition dépendante du procédé utilisé. Une fois la matière première végétale identifiée, il convient d'utiliser une méthode d'extraction adaptée pour son obtention (Lakhdar, 2015).

1. Distillation à vapeur saturée

C'est la technique la plus couramment utilisée pour la fabrication des HE. Dans cette méthode, la matière végétale n'est pas en contact avec l'eau, cette opération s'accomplit dans un alambic, un flux de vapeur d'eau traverse une cuve remplie des plantes aromatiques disposées sur des plaques perforées. La vapeur détruit la structure des cellules végétales et libère les molécules volatiles. Cette vapeur doit être juste assez chaude pour permettre le relâchement de l'HE, à la sortie de la cuve, cette vapeur traverse un serpentin pour être refroidie (Roux, 2008).

On obtient après refroidissement de l'eau liquide surmontée d'une couche d'huile essentielle insoluble dans l'eau, (Les HE ont une densité inférieure à l'eau donc elles flottent à la surface). Pour que la vapeur soit produite, la pression doit dépasser celle de l'atmosphère. Dans ces conditions, le point d'ébullition se situe au-dessus de 100°C, ce qui permet d'extraire plus vite l'HE tout en empêchant sa dégradation. (Bruneton, 2016).

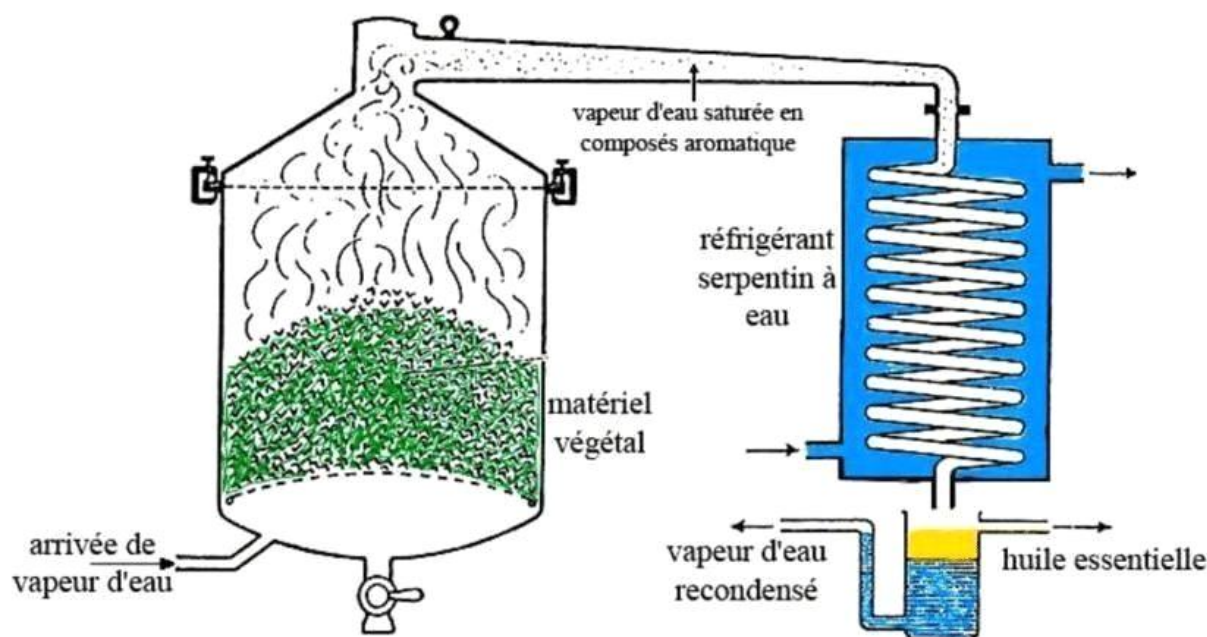


Figure 10 : Distillation entraînement à la vapeur d'eau (Bruneton, 2016).

A. Critères d'une bonne distillation

La distillation est un procédé délicat, exigeant de l'expérience et une surveillance constante, pour obtenir une HE de première qualité les critères suivants doivent être respectés :

- ❖ L'alambic : il doit être en acier inoxydable, le cuivre et le fer pouvant former des oxydes.
- ❖ Basse pression : la distillation doit s'effectuer à basse pression (Raynoud, 2006)
- ❖ Durée de la distillation : elle doit être prolongée. (Par exemple, les trois quarts de l'HE de thym vulgaire sont extraits durant les 30 premières minutes, mais il faut de 60 à 80 minutes supplémentaires pour extraire la totalité des phénols longs à passer).
- ❖ L'eau : l'eau employée sera une eau distillée, peu ou non calcaire pour éviter de recourir aux détartrants chimiques.
- ❖ Stockage et conservation : après distillation, les huiles essentielles doivent être filtrées, puis stockées dans des cuves hermétiques, leur conservation à l'abri de la lumière et de l'oxygène (Laurent, 2017).

B . Méthodes d'extraction par hydro distillation

La matière végétale est immergée dans un bain d'eau, puis l'ensemble est porté à ébullition sous pression atmosphérique, le chauffage de l'ensemble est effectué à la base de l'alambic, à l'aide d'un combustible : bois (alambic à feu nu) ou par la vapeur injectée dans la double enveloppe entourant l'alambic. La chaleur permet l'éclatement des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales. Le mélange est ensuite refroidi, La différence de densité entre la phase aqueuse et la phase organique permet la séparation (Charles, 2014).

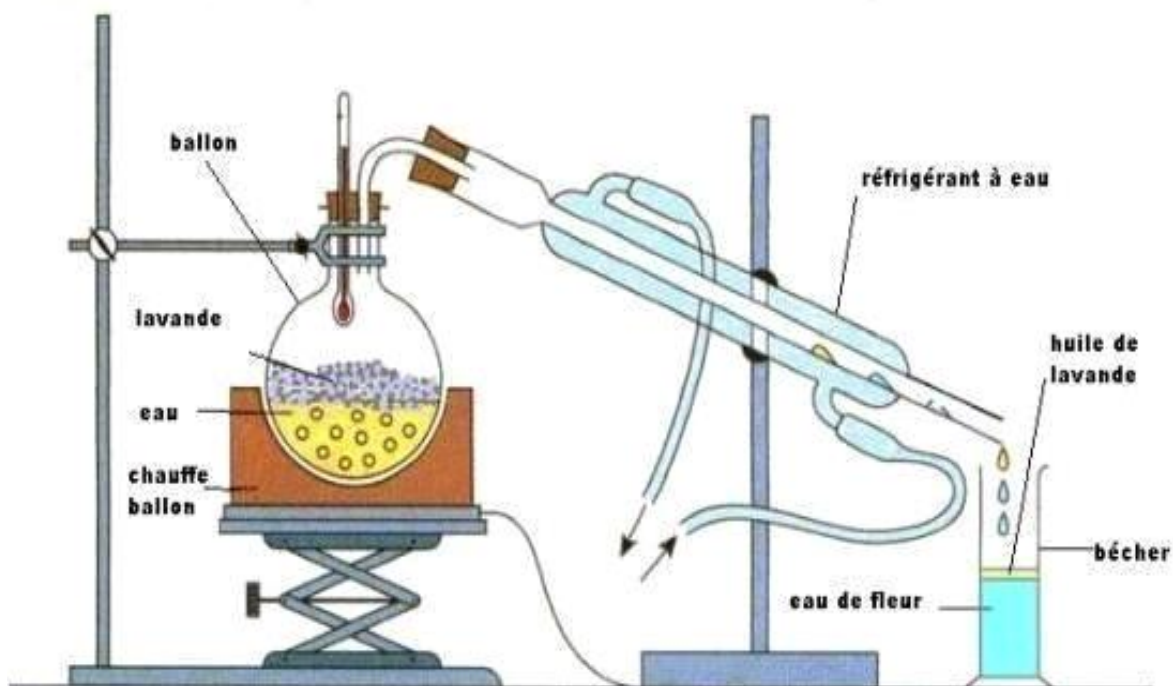


Figure 11 : Hydrodistillation simple (Anonyme3).

C . Hydro diffusion

L'hydro diffusion est une co-distillation descendante, La différence tient dans la façon dont la vapeur entre dans l'alambic. Pour l'hydro diffusion c'est par le haut que la vapeur est pulsée à très faible pression (0.02-0.15 bar) pour passer à travers la matière végétale, plutôt que par le bas comme dans les systèmes de distillation habituels (Raynaud, 2006).



Figure 12 : Schéma du procédé d'extraction par hydro-diffusion (Ghriga, 2020).

2. Méthodes d'extraction par expression

Il s'agit du procédé d'extraction le plus simple et le plus limité. C'est une méthode qui est totalement abandonnée, les plantes sont pressées à froid (Benjlali, 2004). Cette technique consiste à briser Mécaniquement les poches oléifères de zestes frais d'agrumes pour libérer leur contenu aromatique.

La rupture de la paroi des poches oléifères fait intervenir trois procédés :

- ✓ Une technique qui agit sur le fruit entier, elle utilise des machines exerçant une action abrasive.
- ✓ Une technique qui agit sur le fruit sans endocarpe, elle utilise des machines exerçant une pression suffisante pour libérer l'essence.
- ✓ Un troisième procédé permet d'extraire en une seule opération l'essence et le jus sans mélanger les deux produits (Ghriga et Cherif, 2020).

Le produit obtenu se nomme « essence » et non huile essentielle, car aucune modification chimique liée à des solvants ou à la vapeur d'eau n'a lieu. (Couic, 2013).

3. Méthodes d'extraction par solvants organiques

Cette méthode est utilisée pour les organes végétaux présentant une concentration en essence relativement faible, les essences sont solubles dans les solvants organiques. Le traitement de cette concrète par l'alcool absolu conduit à « l'absolue » (GHRIGA et

CHERIF, 2020). On utilise comme solvant organique volatil l'hexane, qui est le plus utilisé actuellement (Stagliano, 1992).

On doit laver la matière avec le solvant deux à trois fois, Il semble que la presque totalité des produits odorants passe en solution dès la première extraction. Mais, étant donné que la matière traitée retient une forte proportion de la solution, il est nécessaire de pratiquer des dilutions successives avec de nouvelles charges de solvant (lavages). Il faut donc concentrer la solution en évaporant. Le solvant qui est recyclé pour d'autres lavages. La récupération du solvant atteint couramment 94 à 96 % de la quantité retenue (Georges, 1979). De ce fait une proportion résiduelle de solvants reste dans les concrètes d'où un risque de toxicité non négligeable (Bruneton, 1999), pour cette raison, cette technique est limitée à l'industrie des parfums.

3.1. Le choix du solvant

Le choix du solvant obéit à trois critères et nécessite la connaissance d'un paramètre physique caractéristique de ce solvant.

- ❖ Etat physique du solvant : Le solvant doit être liquide à la température et à la pression où l'on réalise l'extraction.
- ❖ Miscibilité du solvant : Le solvant doit être non miscible à la phase qui contient initialement le composé à extraire.
- ❖ Solubilité : Le composé à extraire doit être très soluble dans le solvant.
 - Densité du solvant : Il est nécessaire de connaître ce paramètre car c'est lui qui détermine si la phase organique (Mikhail, 1906.)

4. Méthodes d'extraction innovantes

Les composés volatils sont connus comme étant thermosensibles et vulnérables aux réactions chimiques. La perte de certains constituants, ainsi que la présence de résidus de solvant organique plus ou moins toxique peuvent être engendrés par ces techniques d'extraction. Ces désavantages ont incité les chercheurs à découvrir et la mise au point de nouvelles techniques d'extraction des huiles essentielles (Bertella, 2019).

A . L'extraction par micro-ondes

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 solvant transparent aux micro-ondes. Il vont chauffer l'eau présente dans le système glandulaire et vasculaire de la plante, libérant ainsi les produits volatils qui passent dans le solvant (non chauffé). On filtre et on récupère ensuite l'extrait. L'extraction par micro-ondes a le grand avantage de réduire le temps d'extraction à quelques secondes. (GHRIGA et CHERIF, 2020).

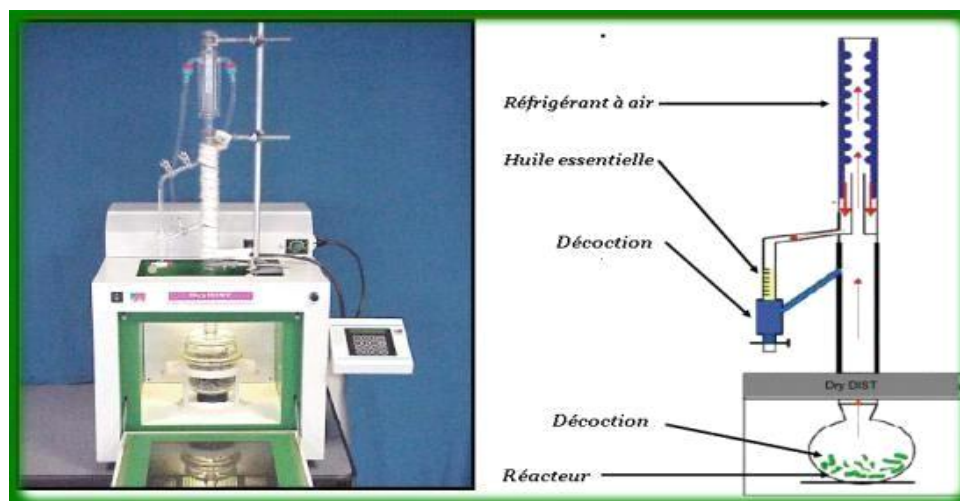


Figure 13: Principe schématisé de l'appareillage d'hydrodistillation sous micro-ondes (Ghriga, 2020).

B . Extraction par fluide à l'état supercritique

L'originalité de la technique d'extraction par fluide supercritique dite SFE, provient de l'utilisation de solvants dans leur état supercritique, c'est-à-dire dans des conditions de températures et de pressions où le solvant se trouve dans un état intermédiaire aux phases liquide et gazeuse et présente des propriétés physico-chimiques différentes. 90% des SFE sont réalisées avec le dioxyde de carbone (CO_2), principalement pour des raisons pratiques. En plus de sa facilité d'obtention due à ses pression et température critiques relativement basses, le CO_2 est relativement non toxique, disponible à haute pureté et à faible prix, et il possède l'avantage d'être éliminé aisément de l'extrait (Leszczynska , 2007).

La SFE est une technique dite « verte » utilisant pas ou peu de solvant organique et présentant l'avantage d'être bien plus rapide que les méthodes traditionnelles. Les compositions chimiques des HE ainsi obtenues peuvent présenter des différences, qualitatives et quantitatives, avec celles issues de l'hydrodistillation (Peterson *et al*, 2006) (Pereira *et al*, 2010) (Gomes *et al.*, 2007).

C. Extraction au CO₂ supercritique

L'originalité de cette technique d'extraction réside dans le type de solvant employé le CO₂ supercritique ($P = 73,8$ bars et $T = 31,1$ °C), le CO₂ possède des propriétés intermédiaires entre celles des liquides et celles des gaz ce qui lui confère un bon pouvoir d'extraction, qui plus est, facilement en jouant sur les conditions de température et de pression la température et la pression à ne pas dépasser pour extraire uniquement les principes volatils est 60 °C et 60 bars (Marianne, 2008). Cette technique est aujourd'hui considérée comme la plus prometteuse car elle fournit des extraits volatils de très haute qualité (Wenqiang *et al* , 2007).

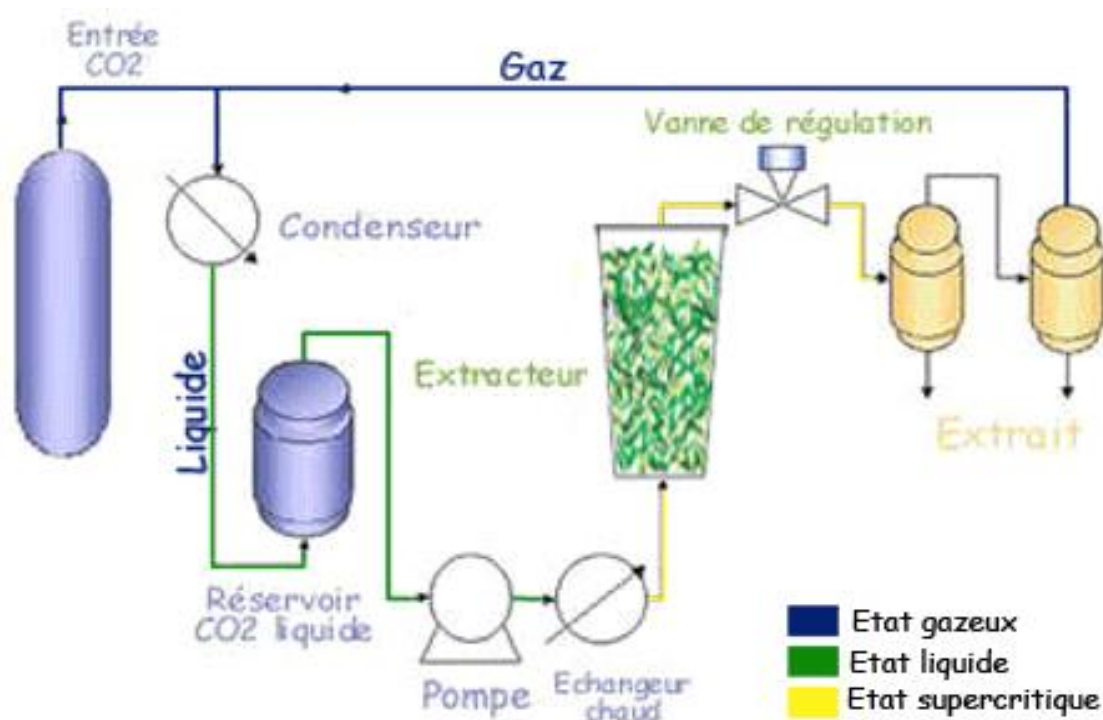


Figure 14 : Extraction au CO₂ supercritique (Ghriga, 2020).

VI. Applications et activités

1. Applications

Les huiles essentielles sont aujourd'hui présentes dans notre quotidien : dans des produits cosmétiques, dans des produits d'hygiène ou dans des parfums, Elles trouvent un intérêt grandissant auprès de l'agroalimentaire. On estime à environ 3000 le nombre

d'huiles essentielles connues et autour de 300 celles ayant un intérêt commercial, principalement pour l'industrie du parfum et des arômes (Burt , 2004).

A . En pharmacie

Depuis des milliers d'années, l'Homme utilise les HE et plus généralement les plantes aromatiques pour se soigner. Aujourd'hui, les médecines dites naturelles rencontrent un succès grandissant auprès du public (Garneau, 2005). L'industrie pharmaceutique emploie également les huiles essentielles sous de nombreuses formes, les HEs peuvent également être des simples excipients dans d'autres médicaments plus de 40% de médicaments sont à base de composants actifs de plante (Kaloustian et Minaglou, 2012).

B . En industrie alimentaire

En industrie alimentaire, on cherche toujours à avoir une conservation saine et de longue durée pour les produits consommés ainsi qu'une qualité organoleptique meilleure. Les HEs sont utilisés dans la conservation des denrées alimentaires. Parmi le groupe diversifié des constituants chimiques des HEs, le carvacrol, qui exerce une action antimicrobienne. Ils y sont ajoutés pour empêcher le développement des contaminants alimentaires (Rhayour , 2002) , sont très utilisées dans les arômes alimentaires, que ce soit dans le secteur des arômes sucré ou salés (Fernandez et Chemat , 2012) , et sont devenus dans de nombreux domaines de l'agroalimentaire : boissons, confiseries, plats cuisinés. (Garneau, 2005).

C . Cosmétologie et parfumerie

Les HEs sont recherchées dans l'industrie des parfums et des cosmétiques en raison de leurs propriétés odoriférantes , ils sont classées comme des matières premières par excellence des parfumeurs (Fernandez et Chemat , 2012), généralement ils sont utilisé dans les dentifrices, les shampoings les crèmes, les rouges lèvres, les savons , les gels grâce à leur activité antiseptique et antioxydant(Rhayour , 2002).

2. Activités

A . Activités biologique

En dépit de leur antécédents d'être considérés comme des métabolites secondaire, il est devenu clair que les huiles essentielles et leurs composantes ont des fonctions biologiques spécifiques (Pichersky *et al.*, 2006). Parmi ces activités biologiques, les HEs ont montré plusieurs activités biologiques et médicinales telles que des activités antimicrobiennes (Elgayyar *et al.*, 2001), anti-inflammatoire, antioxydant, anticancéreuse, insecticide. (Anis, 2020).

B. Activités antimicrobienne

Les activités antimicrobiennes incluent l'activité sur les bactéries, champignons et protozoaires, et sont généralement liées aux composés majoritaires que contiennent les huiles essentielles, comme les monoterpènes et les sesquiterpènes. (Carson et Hammer, 2011).

C. Activités antibactérienne

C'est l'activité la mieux étudiée par les scientifiques, des biologistes et des chercheurs qui travaillent sur les propriétés des huiles essentielles et l'intérêt s'est porté tout particulièrement sur leur activité antimicrobienne, travaux de Deans et Ritchie 1987 qui ont étudié l'activité antibactérienne de 50 huiles essentielles sur 25 genres de bactéries, avec 4 concentrations différentes en huiles. Sous leur forme non diluée, toutes les huiles essentielles inhibent au moins un genre bactérien (Lamamra, 2017).

D. Activités antifongique

Les champignons, organismes saprophytes, se classent généralement en deux catégories: les levures et les champignons filamenteux (Lupi *et al.*, 2006). Les infections fongiques sont très fréquentes dans notre société. Beaucoup d'articles scientifiques sont publiés chaque année par des médecins et des pharmaciens qui travaillent sur les propriétés antifongiques des huiles essentielles (Janssen *et al.*, 1988).

E. Activités antioxydante

Les activités antioxydantes des huiles essentielles sont depuis peu massivement étudiées. Les huiles essentielles de cannelle, muscade et clou de girofle possèdent de puissants composés antioxydants (Edris, 2007). Le thymol et le carvacrol sont les composés les plus actifs (Bouhdid *et al.*, 2006). L'activité antioxydante des huiles

essentielles est également attribuée à certains alcools, éthers, cétones et aldéhydes monoterpéniques (Omidbeygi *et al* , 2007).

F . Activités anticancéreuse

Les huiles essentielles et leurs constituants volatils font l'objet d'étude dans la recherche de nouveaux produits naturels anticancéreux (Martins *et al.*, 2008). L'huile essentielle d'ail est une bonne source de composés sulfurés reconnus pour leur effet contre le cancer (Milner, 2006). Ils existent d'autres composés volatils qui ont montré une activité cytotoxique contre les cellules cancéreuses (gliomes, cancer du côlon, du poumon, du foie, du sein, etc.) (Edris, 2007). Le géraniol diminue la résistance des cellules cancéreuses du côlon, De ce fait le géraniol potentialise l'effet inhibiteur vis à vis de la croissance tumorale (Carnesecchi, 2004). L'huile essentielle de sapin ont montré une activité anticancéreuse significative sur plusieurs lignées cellulaires (Legault *et al.*, 2003).

G. Activités anti-inflammatoires

Les huiles essentielles sont également utilisées en milieu clinique pour soigner des maladies inflammatoires, ces dernières années les huiles essentielles et leurs constituants volatils font dorénavant l'objet d'études dans la recherche de nouveaux produits naturels anti-inflamatoire (Inouye et Abe, 2007).

H . Activités physiques et chimiques des huiles essentielles

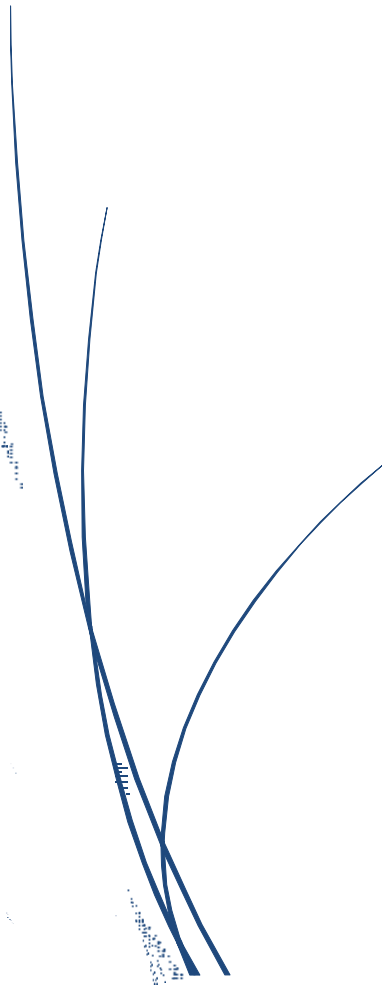
Malgré leurs différences de constituants, les huiles essentielles possèdent en commun un certain nombre de propriétés physiques (Duraffourd *et al.* 1990) (Bruneton, 1999).

- ❖ Liquide à température ambiante (ordinaire).
- ❖ Elles sont généralement incolores ou jaune pale quand elles viennent d'être préparées.
- ❖ Leur densité est généralement inférieure à 1.
- ❖ Les huiles essentielles sont volatiles, elles s'opposent par ce caractère aux huiles fixes.
- ❖ A cette volatilité sont liés leurs caractères odorants et la possibilité de les obtenir par entraînement à la vapeur d'eau.

- ❖ Elles possèdent un indice de réfraction souvent élevé et sont douées d'un pouvoir rotatoire.
 - Peu solubles dans l'eau, elles lui communiquent cependant leur odeur (eaux distillées aromatiques appelées aussi eaux distillées florales ; elles sont solubles dans les alcools de titre élevé (différence avec les lipides) ; solubles dans les huiles fixes « liposoluble » et dans la plupart des solvants organiques.
- ❖ Elles sont très altérables, sensibles à l'oxydation (mais ne rancissent pas).
 - Elles ont tendance à se polymériser en donnant lieu à la formation de produits résineux, ce qui conduit à la modification de leur odeur, leur point d'ébullition augmente.
- ❖ Elles sont donc de conservation limitée.

Chapitre III

*Pouvoir antibactérien des huiles essentielles
de quelques plantes steppiques*



I. Définition

Les propriétés médicinales des huiles essentielles sont nombreuses: antispasmodique, expectorant, rafraîchissant, diurétique, antiseptique. Cependant, dans ce travail, nous allons nous limiter à leurs propriétés antimicrobiennes qui constitueront l'essentiel de notre étude de recherche. Les vertus antimicrobiennes des huiles essentielles sont bien connues et bien documentées. En effet, de nombreux travaux de recherche ont mis en évidence leur puissante activité antiseptique agissant aussi bien sur les bactéries, les champignons pathogènes que les virus leur conférant ainsi diverses indications thérapeutiques. (De Billerbeck, 2007).

L'activité antibactérienne des huiles essentielles a été la plus étudiée. On distingue deux sortes d'effets des huiles essentielles sur ces microorganismes : Effet bactéricide (bactéricide) exerçant une activité létale et Effet bactériostatique (bactériostase) entraînant une inhibition de la croissance. L'activité bactériostatique est souvent plus assimilable aux huiles essentielles que l'activité bactéricide. Cependant il a été démontré que certains constituants chimiques des huiles essentielles ont des propriétés bactéricides (Kunle *et al* .2003).

En effet, des dommages au niveau des cellules de différents microorganismes ont été rapportés, illustrés par microscopie électronique. Citons l'effet bactéricide des huiles essentielles riches en monoterpénols et en phénols sur *S.aureus*, ou encore celui de l'*Origanum compactum* sur *E.coli* (Burt *et Reinders*, 2003). Toutefois, cette action bactéricide des huiles essentielles sur la cellule bactérienne demeure encore insuffisamment élucidée (El Amri , 2014).

Plusieurs mécanismes seraient mis en jeu ; précipitation des protéines et des acides nucléiques, inhibition de la synthèse des macromolécules (AND, ARN, protéines et peptidoglycanes, inhibition de la perméabilité membranaire sélective et détérioration membranaire, inhibition de la glycolyse et déplétion potassique, modification de la morphologie de la cellule bactérienne et absorption et formation d'un film autour de la cellule bactérienne avec inhibition des processus de respiration, d'absorption et d'excrétion (Lakhdar, 2015).

II. Mode d'action antibactérienne des huiles essentielles

La première mise en évidence de l'action des huiles essentielles contre les bactéries a été réalisée en 1881 par Delacroix, depuis, de nombreuses huiles ont été définies comme antibactériennes (Burt, 2004). Plus récemment, certaines études ont commencé à décortiquer spécifiquement l'action des HE et leurs composants majoritaires sur les cibles bactériennes. Cependant, les mécanismes restent moins clairs, et leur complexité vient de la composition chimique des HE qui présente une diversité de molécules pouvant agir chacune sur une cible différente (Tiwari *et al.* 2009).

Par ailleurs, divers mécanismes antibactériens des HE ont été décrits, elles peuvent affecter des niveaux morphologiques jusqu'à des niveaux de régulation en passant par des cibles structurales. Certaines études suggèrent qu'une HE peut simplement agir sur l'enveloppe externe de la cellule et le cytoplasme, vu son caractère hydrophobe spécifique, ce qui va induire une perturbation des structures bactériennes entraînant une augmentation de la perméabilité due à une incapacité à séparer les HE de la membrane bactérienne (Bouhdid *et al.* 2010).

Les principales cibles d'action des HE et de leurs composés sont indiquées d'une manière générale sur la Figure 15. Elles peuvent agir sur la membrane cellulaire perturbant ainsi le maintien du statut énergétique de la cellule, le processus de transduction d'énergie couplé à la membrane et le transport de soluté, et la régulation métabolique. (Bouyahya *et al.* 2017).

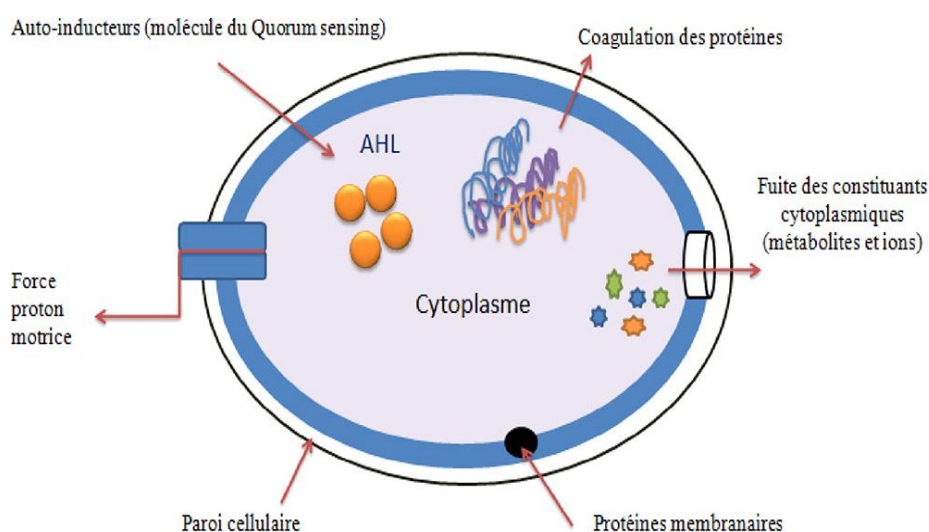


Figure 15 : Mécanismes d'action des huiles essentielles sur la cellule bactérienne (Bouyahya *et al.* 2017).

Il existe plusieurs cibles des huiles essentielles pour inhiber les bactéries. Elles peuvent induire la coagulation, agir sur la paroi, induire la fuite des ions à travers la membrane, agir sur des protéines et les acides gras membranaires, et agir sur les médiateurs du quorum sensing. Ces mécanismes peuvent être appliqués en même temps, générant ainsi une action amplificatrice (Bouyahya *et al.* 2017).

1. Action sur la membrane cellulaire

Beaucoup de mécanismes d'action sont attribués à l'interaction de composants des HE avec les constituants de la membrane cellulaire (Benchaar *et al.* 2008). En effet, le caractère lipophile des molécules constituant les HE les rend capables de pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane cellulaire et de s'accumuler entre les phospholipides, entraînant des changements de conformation et éventuellement un manque de régulation de la membrane cellulaire, ce qui perturbe ainsi le transport membranaire des substances nutritives, le transport membranaire peut aussi dysréguler via la perturbation du gradient ionique de deux côtés de la membrane cytoplasmique (Cox *et al.* 2001).

2. Action sur les acides gras membranaires

Les huiles essentielles, grâce à leur caractéristique hydrophobe, affecter la biosynthèse des lipides, y compris les acides gras insaturés et modifier ainsi la structure de la membrane cellulaire.

La présence des HE dans la cellule bactérienne diminue le taux des acides gras insaturés qui sont généralement responsables de la fluidité membranaire. Cela cause légèrement des perturbations au niveau de l'enveloppe externe de la cellule, traduisant ainsi des modifications structurales de la membrane. L'action des HE n'est pas restreinte aux acides gras eux-mêmes, mais peut également affecter des enzymes responsables de la biosynthèse de ces derniers. Par exemple, certaines études ont montré que quelques HE inhibent par différents mécanismes les enzymes impliquées dans l'anabolisme et la conversion des acides gras (Bouyahya *et al.* 2017).

3. Action sur les protéines

Les différents composants des HE peuvent agir sur les protéines présentes dans les bactéries et peuvent affecter la division cellulaire. Le cinnamaldéhyde, par exemple, inhibe les ATP synthétases bactériennes et provoque une diminution de la production d'ATP intracellulaire (Gill et Holley, 2004). L'action de cinnamaldéhyde sur la division cellulaire réside dans l'inhibition de l'assemblage du complexe FtsZ (un régulateur de division cellulaire chez les procaryotes) avec les anneaux-Z localisés sur les sites de division cellulaire. Ce composé peut encore perturber la morphologie des anneaux-Z et inhiber la polymérisation des FtsZ GTP dépendante (Gill et Holley, 2006).

4. Mode d'action contre l'ATP

La production d'ATP se produit dans la paroi cellulaire au niveau de la membrane, par la chaîne respiratoire, et dans le cytosol par la glycolyse. La modification dans la membrane cellulaire affecte légèrement le processus du couplage énergétique conduisant à une perturbation entre l'équilibre du pool d'ATP intra- et extracellulaire, par exemple, l'utilisation de l'HE d'origan contre *Staphylococcus aureus* a réduit significativement le taux d'ATP intracellulaire via la perturbation de la chaîne respiratoire au niveau membranaire (Bouyahya et al. 2017).

Tableau II : Mécanismes d'action antibactérienne des HE et de leurs composés majoritaires (Bouyahya et al .2017).

Huiles essentielles ou leurs composés	Souches bactériennes	Mécanismes d'action
Origanum compactum	<i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Effondrement du potentiel membranaire, fuite de potassium et inhibition de l'activité respiratoire
Cinnamomum verum	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> et <i>Staphylococcus aureus</i>	Effondrement du potentiel membranaire, fuite de potassium et inhibition de l'activité respiratoire
Carvacrol et eugénol	<i>Escherichia coli</i> et <i>Listeria monocytogenes</i>	Inhibition de la mobilité Rupture de la membrane
Carvacrol	<i>Bacillus cereus</i>	Déstabilisation de la membrane cellulaire Effondrement des forces proton-motrice Abaissement du pool d'ATP
Carvacrol	<i>Bacillus cereus</i>	Inhibition des toxines
Melaleuca alternifolia	<i>Escherichia coli</i>	Coagulation du matériel cytoplasmique
Carvacrol et thymol	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> et <i>Staphylococcus aureus</i>	Augmentation de la perméabilité cellulaire aux colorants nucléaires, dissipation du gradient pH, fuite des ions inorganiques
Eugénol, thymol et carvacrol	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	Altérations dans les compositions des acides gras et la morphologie cellulaire
Thymol	<i>Salmonella</i>	L'effet sur les protéines impliquées dans la division cellulaire
Cinnamaldéhyde	<i>Vibrio harveyi</i> BB886	Réduction de la bioluminescence (un effet anti-quorum sensing)
Carvacrol	<i>Escherichia coli</i>	Déviations du cycle de Krebs vers la fermentation et fuite de potassium
Citrus reticulata	<i>aeruginosa Pseudomonas</i>	Inhibition de la formation de biofilm

		à la concentration de 0,1 mg/ml, une inhibition de viabilité cellulaire de biofilm (41 %) et une inhibition de production du système HLA (33 %)
Eucalyptus globulus et Eucalyptus radiata	<i>Acinetobacter baumannii</i>	Inhibition de la formation du quorum sensing
Thymus vulgare	<i>Pseudomonas fluorescens KM121</i>	Réduction significative dans la production de HLA, dans la formation de biofilm et dans la motilité des flagelles
Eugénol	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> et <i>Chromobacterium violaceum</i>	Inhibition de la production des facteurs de virulence tels que le violacéine, l'élastase, la pyocyanine et le biofilm
Carvacrol et Thymol	<i>Escherichia coli O157:H7</i> et <i>Salmonella typhimurium</i> <i>Escherichia coli O157:H7</i> et <i>Salmonella typhimurium</i>	Désintégration de la membrane externe et libération du matériel cellulaire à l'extérieur Diminution de l'ATP intracellulaire

III. Facteurs influençant l'activité antimicrobienne des huiles essentielles

L'efficacité antimicrobienne des huiles essentielles dépend de deux principaux paramètres ; l'huile essentielle et sa composition chimique d'une part, et le microorganisme (type, structure) d'autre part (El-Amri *et al.* 2014).

1. Activité liée à la composition chimique

L'activité des huiles essentielles est souvent influencée par les différents composants, en particulier leur propriété hydrophobe qui leur permet de pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane de la cellule bactérienne (Kalemba *et Kunicka*, 2003). De nombreuses études ont mis en évidence une activité antimicrobienne qualitativement similaire entre les huiles essentielles et leurs composés chimiques testés isolément. Cependant il existe des différences quantitatives. En effet, il a été prouvé que

l'effet antimicrobien des huiles essentielles est supérieur à celui de ses composés majoritaires testés séparément (Lahlou, 2004).

Selon l'étude de Lambert et al. 2001 (114), l'association des principaux composés actifs agirait de façon synergique en potentialisant l'action antimicrobienne de l'huile essentielle (Lambert *et al*, 2001). Les composés chimiques connus pour leur efficacité antimicrobienne et leur large spectre sont les phénols (thymol, carvacrol et eugénol), les alcools, (α -terpineol, terpinen-4-ol, linalol), les aldéhydes, les cétones et plus rarement les carbures (Lakhdar .2015).

Les phénols, dont le thymol et l'eugénol, sont responsables de l'activité bactéricide des huiles essentielles qui en contiennent. Ils produisent des dégâts irréversibles au niveau de la membrane. Cependant, il est à signaler que les phénols seuls ne sont pas responsables de l'intégralité de l'activité des huiles essentielles; les autres composés chimiques doivent également être pris en compte (Dorman *et Deans* , 2000). Les alcools sont généralement plus connus pour leur activité létale que bactériostatique sur les cellules végétatives, en dénaturant les protéines (Dorman *et Deans*, 2000). Les aldéhydes, fortement électro-négatif à double liaison, deviennent de puissants agents antimicrobiens en réagissant avec les composés nitrés vitaux (protéines et acides nucléiques) des bactéries (Dorman *et Deans* , 2000).

2. Activité liée aux microorganismes

Une huile essentielle peut être biocide vis-à-vis de certaines souches, biostatique vis-à-vis d'autres ou encore n'avoir aucun effet Ceci peut être lié au type de microorganisme ciblés (à Gram positif ou à Gram négatif) (Lakhdar .2015). En général, les différents microorganismes n'ont pas une sensibilité similaire vis à vis des huiles essentielles. Parmi les microorganismes, *Bacillus subtilis* et *Staphylococcus aureus* (Gram positif), *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* (Gram négatif), *Candida albicans* (Levures) et *Aspergillus niger* (champignons) ont été les plus étudiés (Cox *et al.*, 2000).

En effet, les BGN sont plus résistantes que les BGP grâce à la structure de leur membrane externe. Par ailleurs, l'activité antimicrobienne des huiles essentielles diffère selon que la bactérie croît en forme planctonique ou au sein d'un biofilm bactérien. La résistance bactérienne aux HE, comme pour tout agent antimicrobien, semble être liée à la

formation du biofilm. En effet, un isolat clinique récent peut montrer une résistance augmentée, pouvant provenir des interactions avec les cellules de l'hôte (Alviano.2009).

IV. Méthodes de détermination du pouvoir antibactérien des huiles essentielles

La détermination du pouvoir antibactérien des huiles essentielles fait appel à plusieurs techniques expérimentales. Cependant, ces méthodes utilisées donnent parfois des résultats différents selon les conditions opératoires expérimentales pour chaque manipulateur (Surk., 2003). L'insolubilité des huiles essentielles dans l'eau et d'une manière générale dans les milieux aqueux largement utilisée en microbiologie, est une des explications de la variété des techniques d'évaluation, selon la souche bactérienne, l'huile essentielle et l'application choisie, divers techniques peuvent être mis en œuvre, Les différents techniques peuvent ainsi être classés selon le milieu dans lequel se fait la diffusion de l'huile essentielle, soit liquide, solide ou gazeux, et la nature du contact de l'huile essentielle avec le germe : diffusion sur disque, en puits, en solution alcoolique ou dispersion dans un émulsifiant (Lakhdar, 2015).

Une première étape consiste à faire un « screening » ou une sélection des huiles ayant un effet antimicrobien potentiel. Il s'agit d'une étude préliminaire qualitative. Une seconde étape consiste à calculer quantitativement le degré d'activité antimicrobienne des huiles essentielles sélectionnées, et ce en déterminant la Concentration Minimal Inhibitrice (CMI) et la Concentration Minimale Bactéricide (CMB) de ces huiles. La CMI est définie comme étant la concentration la plus faible d'un agent antimicrobien qui inhibe la croissance visible d'un micro-organisme après incubation, et la CMB comme la plus faible concentration d'antimicrobien qui tue 99,9% des microorganismes après sous-culture sur milieu sans antibiotique (Andrews, 2001).

1. Technique de diffusion en disque ou aromatogramme

1.1. Aromatogramme

L'aromatogramme est basée sur une technique utilisée en bactériologie médicale, appelée antibiogramme ou méthode par diffusion en milieu gélosé ou encore méthode des disques. Cette méthode a l'avantage d'être d'une grande souplesse dans le choix des H.E. testées, de s'appliquer à un très grand nombre d'espèces bactériennes (Boudjema *et* Benguega, 2010).

Principe

L'aromatogramme est une méthode qui permet de déterminer l'activité inhibitrice de croissance des huiles essentielles par la mesure du diamètre d'inhibition autour d'un disque de cellulose imprégné d'huile essentielle (Figure 43). Une suspension de chaque germe est préparée en eau distillée stérile et ajustée à 10⁸ bactéries/ml. Chaque suspension (100 ml) est étalée sur une boîte de Pétri de 90 mm de diamètre. La surface des boîtes est séchée sous hotte à flux laminaire avec le couvercle des boîtes légèrement ouvert. Des disques de papier buvard stériles de 6 mm de diamètre sont ensuite déposés sur les géloses (un disque par boîte). Ils sont imprégnés d'huile essentielle. La lecture des diamètres d'inhibition D se fait après 48 heures d'incubation à l'étuve à 30 °C (Boudjema *et Benguega*, 2010). Les résultats sont exprimés selon trois niveaux d'activité :

Ø Bactérie résistante : $D < 6$ mm;

Ø Bactérie moins résistante (intermédiaire) : $13 \text{ mm} < D > 6$ mm;

Ø Bactérie sensible : $D > 13$ mm .

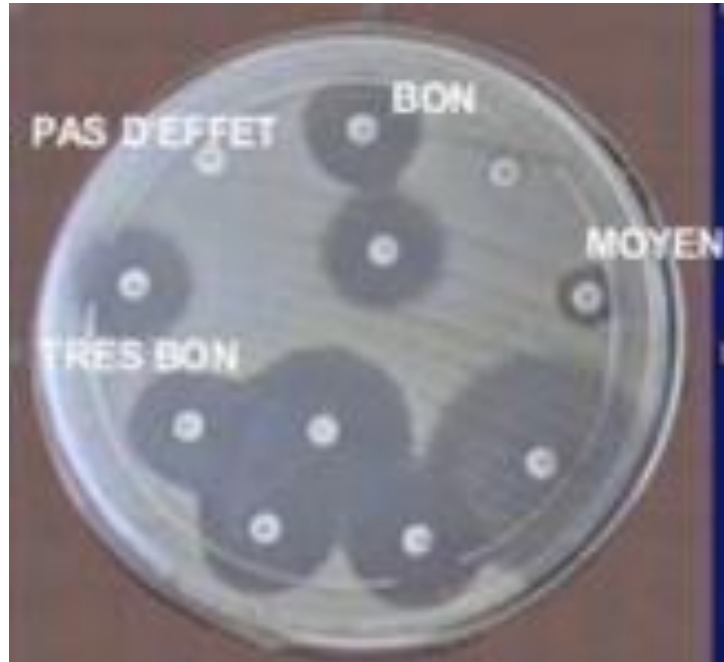


Figure 16: Exemple d'aromatogramme réalisé avec l'huile essentielle (www.aromatherapieveterinaire.com).

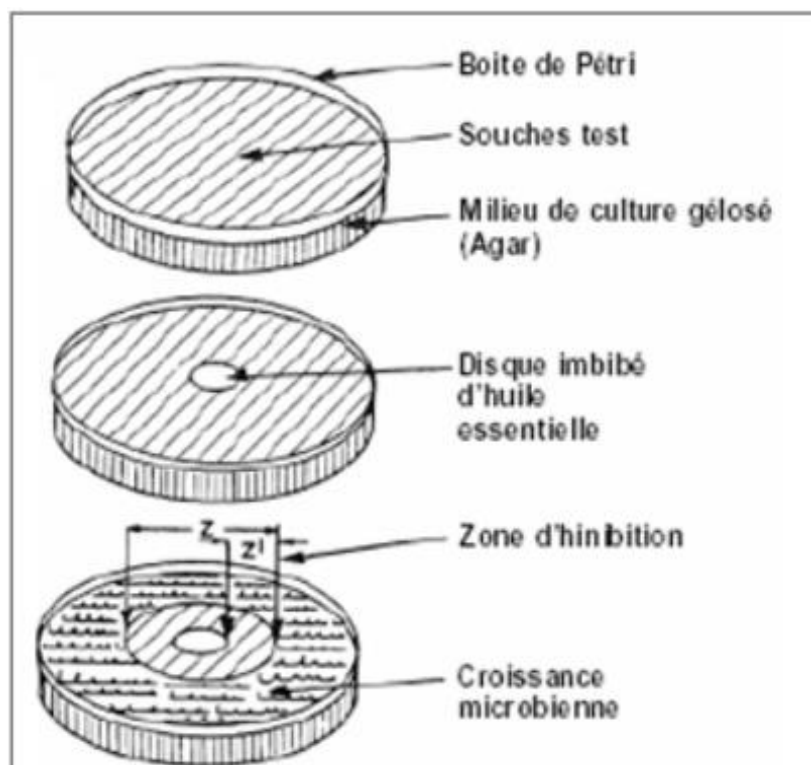


Figure 17 : Illustration de la méthode d'aromatogramme sur milieu solide (Pibiri, 2005)

2. Technique de diffusion en puits

Un puits (d'environ 6mm) est creusé au centre de la gélose dans lequel sera coulée une quantité d'huile essentielle pure ou diluée. Après incubation, des zones d'inhibition de croissance bactérienne sont obtenues (pour les huiles actives) et mesurées (Dorman, 2000). Pour ces 2 techniques, la sensibilité du germe testé peut être évaluée selon le diamètre d'inhibition obtenu. En effet, la sensibilité d'un germe est nulle pour un diamètre inférieur ou égal à 8 mm, elle est limitée pour un diamètre compris entre 8 et 14 mm, et moyenne pour un diamètre entre 14 et 20 mm. Pour un diamètre supérieur ou égale à 20 mm le germe est très sensible (Dorman , 2000).

3- Technique des micro-atmosphères:

Cette méthode consiste à déposer un disque de papier filtre imprégné de l'huile essentielle au centre du couvercle d'une boîte de Pétri, sans que l'huile essentielle entre en contact avec la géloseensemencée par les bactéries. La boîte est hermétiquement fermée et placée couvercle en bas à l'étuve à 37°C. Il se produit une évaporation des substances volatiles dans l'enceinte de la boîte et les cellules sensibles de l'inoculum sont inhibées, donc l'essence n'agit qu'à l'état des vapeurs qu'elle développe à 37°C. La lecture des résultats de ce test porte sur la croissance ou non de l'inoculum, se traduisant par un halot

qui sera mesuré par un pied à coulisse. Cette méthode ne quantifie pas l'activité antimicrobienne réelle des huiles essentielles, elle met en évidence seulement la sensibilité du microorganisme testé aux constituants volatils à la température d'incubation (Lakhdar, 2015).

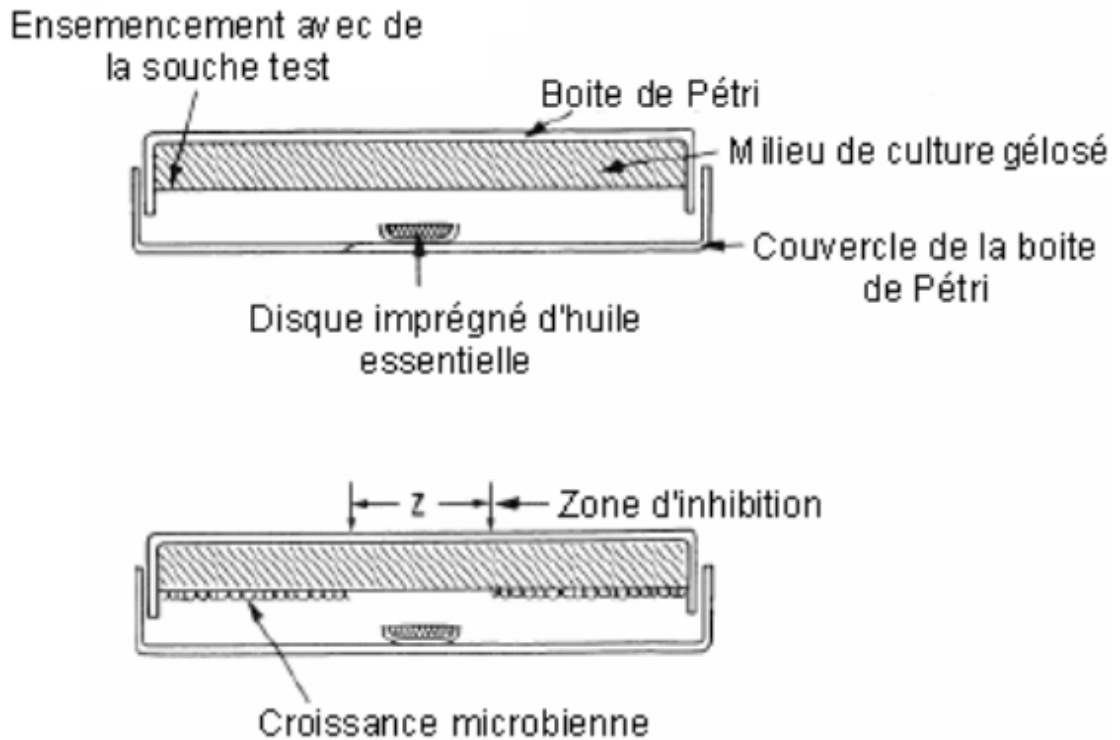
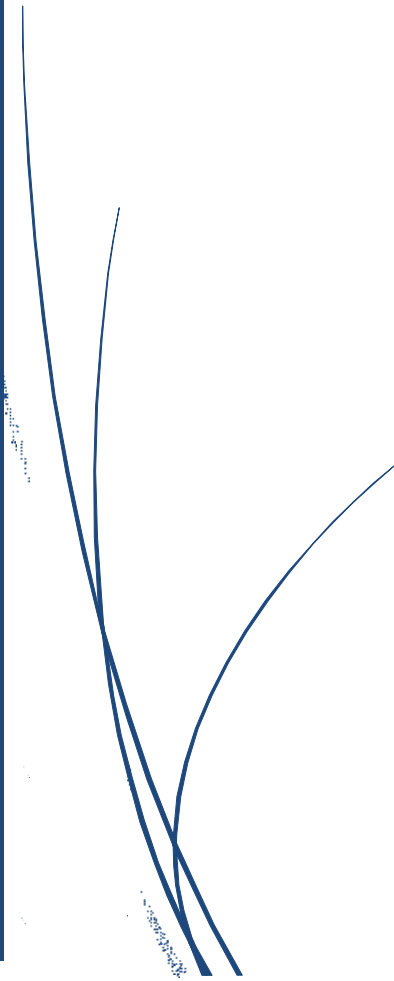


Figure 18 : Illustration de la méthode des micro-atmosphères (Pibiri, 2005).



Un grand nombre des plantes médicinales de la steppe Algérienne, possèdent des propriétés biologiques très intéressantes. (Kacimi , 2012), qui trouvent des applications dans divers domaines à savoir en médecine, en pharmacie, en cosmétologie et dans le domaine de l'agriculture, ces plantes représentent une nouvelle source des composés actifs (Bouras,2019) . En effet, les métabolites secondaires font et restent l'objet de nombreuses recherches aussi bien in vivo et in vitro, beaucoup d'ouvrages décrivent des préparations à base d'huiles essentielles diverses prescrites pour le traitement des plusieurs maladies d'origine antibactérien (Bouzabta , 2015).

I. Travaux de recherche antérieurs sur *Artemisia herba alba*



Figure 19: La morphologie d'*Artemisia herba- alba* (www.teline.fr).

1. Les huiles essentielles d'*Artemisia herba alba*

Des nombreux travaux ont porté sur la détermination de la composition chimique, les propriétés antibactériennes, et les différents effets de la partie aérienne de l'armoise blanche. L'analyse de l'huile essentielle d'*A herba alba* Asso collectée, en avril, à Boukhil (Djelfa) a fait dévoiler trente-trois constituants qui représentent environ 97,5 % de l'huile (Goudjil, 2016). L'analyse de l'HE d'A. herba-alba, provenant de la région de Biskra a permis d'identifier 93 % des constituants, ce qui représente 46 composés (Bezza *et al.*, 2010). Les principaux constituants de l'HE sont présentés dans le [Tableau III](#)

Tableau III : Composition chimique de l'HE d'Artemisia Herba Alba Asso d'Algérie (Bezza *et al.*, 2010).

	Djelfa	Biskra
Composés	IK	Aire(%)
Acétate de cis chrysanthényle	/	25,12
Chrysanthenone	/	/
Tricyclene	/	/
α-Pinène	715	0,33
Sabinène	762	0,55
β-myrcène	929	0,72
1,8-cinéol ou Eucalyptol	1020	2,36
γ-Terpinène	1219	0,68
Thujone	1365	7,85
β-Thujone	1650	1,53
Camphor	1708	1,51
Pinocarvone	1983	0,40
L-4-terpineol	2085	1,66
Trans-Chrisanthenylacetate	2617	0,57
α-Terpinène	3172	0,38
Davanaether	4176	0,84
Caryophylleneoxide	4524	0,97
Davanone	4646	0,41

2. L'étude de l'activité antibactérienne

L'étude de l'activité antimicrobienne de l'armoise blanche a fait l'objet de nombreuses recherches à raison de sa composition chimique différente de ses huiles essentielles donc ce cas on va citer plusieurs article on fait l'objectif de l'étude de pouvoir antibactériennes de HE .

Selon (Mighri *et al* 2010) une étude de l'activité antibactérienne de quatre types d'huiles essentielles extraites par hydrodistillation de la partie aérienne d'*Artemisia herba-*

alba Asso cultivée dans le Sud de la Tunisie a été évaluée sur des bactéries de gram positif et négatif. Les résultats ont montré que toutes les huiles examinées ont une importante activité antimicrobienne vis-à-vis des souches testées

Sellon (Zouari *et al* 2010), l'études des huiles essentielles de l'armoise blanche ont été testées sur 6 souches de bactéries, les résultats ont montré que cette huile a une activité variable contre toutes les souches testées avec des zones d'inhibitions variables de 8-23 mm, la plus sensible est *Bacillus cereus*, cette dernière huile n'a pas totalement active sur *Pseudomonas aeruginosa*.

(Ghita *et al* 2019). Ce groupe des recherches étudie l'activité antimicrobiennes de *A. Herba -alba* avec différentes concentrations de HE et avec 20 types des microorganismes Gram-positifs et Gram-négatifs. L'huile essentielle de *A. Herba -alba* montre un effet significatif contre 15 types des bactéries qui sont *Brochothrix thermosphacta* 7R1, *Bacillus clausii* 2226 et *Salmonella Typhimurium*

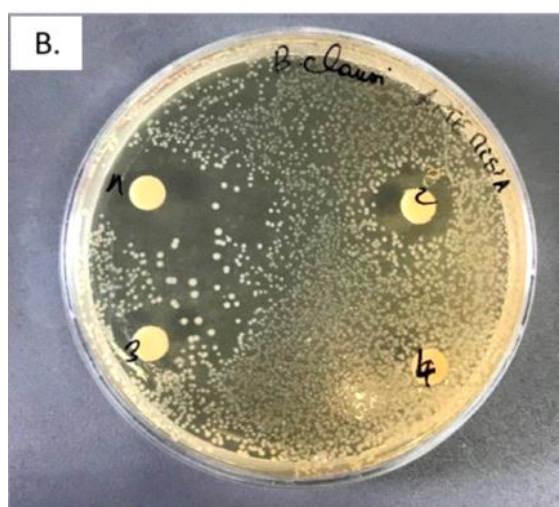


Figure 20 : *Artemisia herba-alba* effiat contre *Bacillus clausii* 2226 a la concentrations de 20, 15, 10, et 5 μ L (dons 1 to4, respective) (Ghita *et al* 2019).

Dans cet article (Lakehal *et al.*, 2017), l'objectif de la recherche est de trouver une alternative aux antibiotiques en raison de la résistance aux médicaments de *Artemisia herba-alba Asso* de Djelfa, en tant que source majeure de nouvelles molécules bioactives naturelles. Des parties aériennes de la plante herbacée *Artemisia-Alba aso* ont été récoltées en avril 2012 à Djelfa, et des feuilles séchées ont été soumises à une hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger

La composition de l'huile essentielle a été analysée par GC-MS, l'activité antibactérienne a été évaluée par la méthode de diffusion dans l'agar contre six souches microbiennes, La concentration minimale inhibitrice (MIC) a été déterminée en utilisant la méthode de dilution en gélose : L'huile essentielle a été caractérisée comme ayant un important contenu de camphre (37, 5%), suivi par la chrysanthénone (10, 38%), 1, 8-cinéole (8,6%) et l' α -thujone (7,03%). Cette dernière a montré une bonne activité contre toutes les bactéries testées, à l'exception de *Pseudomonas aeruginosa* qui s'est révélée résistante. Les valeurs minimales de la concentration inhibitrice (MIC) varié entre 0,10 mg. ml⁻¹ et 0,84mg. ml⁻¹

(Benchakroun *et al.*, 2010). Dans ce article on étudier l'effet de la date de récolte sur le rendement, la composition chimique et la bio activité des huiles essentielles de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*). Les rendements en HE de l'armoise blanche récoltée en avril, juin et en septembre sont respectivement de 0,86, 1,23 et 0,56 %, les HE issues des échantillons de l'armoise blanche des trois périodes des récoltes se sont montrées actives contre toutes les souches de bactéries et de moisissures testées, mais c'est celle du mois de septembre qui a manifesté la plus grande efficacité antimicrobienne

III. Travaux de recherche antérieurs sur *Artemisia campestris* L

1. Les huiles essentielles d'*Artemisia campestris*

Il existe des nombreux travaux ont porté sur la détermination de la composition chimique, les propriétés antibactériennes, et les différents effets de la plante médicinale ont révélé que la partie aérienne d'*Artemisia campestris* est riche en métabolites secondaires tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins (Juteau *et al.*, 2002). La composition chimique de l'huile essentielle varie selon les conditions géographiques et climatiques (température, altitude, précipitation, hauteur, direction du vent, heures de soleil.....etc.) et selon la phase de développement de la plante (Jerkovic *et al.*., 2003).

2. L'étude de l'activité antibactérienne

Parmi des nombreuse recherches scientifiques on va citer quelques article : (Abdellah *et al.*., 2016) études l'activité antibactériennes de l'huile essentiel de plante *Artemisia campestris in vitro* qui est teste avec trois bactérie de Gram-positive *S. epidermidis* (ATCC 12228), *S. aureus* (ATCC 25923) et *B. anthracis* (ATCC 14578) et trois bactérie de Gram-négative *P. aeruginosa* (ATCC 27853), *E. coli* (ATCC 25922) et

B.vesicularis (ATCC 11426) , les souches sont obtenir à partir de laboratoire de microbiologie.



Figure 21 : *Artemisia campestris* L (www.teline.fr).

Naili *et al.*, (2010) ont testé l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique des feuilles d'*Artemisia campestris*, ils ont trouvé que l'activité de cet extrait a été plus efficace contre les bactéries gram positif (*Staphylococcus aureus*) que les bactéries gram négatif (*Escherichia coli*) .

(Ben Sassi *et al.*, 2007) ont étudié l'activité antibactérienne de quatre extraits organiques (méthanol, acétate d'éthyle, acétone, chloroforme) constitués de 23 plantes médicinales dont *Artemisia campestris* contre 14 grammes de bactéries Gram-positives et Gram-négatives. Les résultats ont montré qu'un seul type d'extrait acétonique présentait un effet inhibiteur contre trois types de bactéries : *S. epidermidis*, *S. saprophyticus* et *S. aureus*.

Selon (Donrop *et Day* ,2007). Ont étudiés Le plante du genre *Artemisia* qui contiennent un sesquiterpène lactone appelé: Artemisinine, ce composant constitue le métabolite secondaire le plus important chez toutes les espèces *Artemisia*, il est considéré comme une anti-malaria très efficace contre le parasite qui cause la malaria: le *Plasmodium falciparum*.

selon (Megdiche *et al.*, 2015). une étude été réalisée sur trois extraits d'*Artemisia campestris* ; extrait brut méthanoïque et deux fractions solubles; fraction d'acétate d'éthyle

et fraction aqueuse, en utilisant la méthode de micro dilution sur des bactéries à Gram+ *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus thuringiens* et bactéries à Gram- *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Aeromona shydrophila*. ont trouvé que la fraction d'acétate d'éthyle a montré une fort activité antibactérienne avec des zones d'inhibition de l'ordre de 18,3 mm contre la souche de *B.Thuringiens IsDH 106* et 13 mm la souche de *L. monocryogènes ATCC 1911*

Dans une autre étude de Al-Snafi (2015) afin de tester l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la partie aérienne d'*Artemisia campestris* par la méthode de diffusion sur disque sur la bactérie à Gram- *Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853*. Il a trouvé une zone d'inhibition de la croissance bactérienne de 23 mm (Al-Snafi, 2015).

IV .Travaux de recherche antérieurs sur *Teucrium polium*



Figure 22 : *Teucrium polium* (Jardat, 2015).

1. Les huiles essentielles de *Teucrium polium*

Il existe des nombreux travaux ont porté sur la détermination de la composition chimique, les propriétés antibactériennes , et les différents effets de la plante médicinale , (HE) est obtenue par la méthode la plus appliquée au laboratoire de chimie organique, Par l'entraînement à la vapeur d'eau (100 g de la poudre végétale) et l'extraction liquide-liquide par un solvant organique de dichlorométhane (CH_2Cl_2), après décantation, séchage par le sulfate de sodium Na_2SO_4 , filtration et évaporation, on obtient un extrait

huileux.(FETTAH.;2018).Les composition obtenir abartir *T. polium* sont : a-pinene, thujene, b-pinene, b-phellandrene, myrcene, limonene, (Z)-b-farnesene, germacrene D,b-bisabolene, d-cadinene, a-farnesene, b-gurjunene, ledene et b-selinene. Il ya des composent on gronde concentration sont The compound (Z)-b-farnesene (15.49%),b-phellandrene (10.77%) et a-farnesene (10.71%).

Selon (Touaibia *et al.* , 2020) l'espèce *Teucrium polium*, a été récoltée au mois de décembre 2019, dans le mont Haouas (à 1359 m d'altitude dans le forez Snalba : latitude: 34°39'57" N, longitude: 3°4'34"E), de la wilaya de Djelfa, Ce matériel végétal a été soigneusement nettoyé et séché à l'étuve (à 70 °C pendant 72 heures), puis soumis à une extraction par hydro distillation de sa fraction volatile à l'aide d'un montage de type Clevenger. L'huile essentielle obtenue est traitée avec le sulfate de sodium anhydre et stockée à 4 °C, dans un flacon de verre teinté et hermétiquement fermé pour la suite des tests

L'analyse de la composition de l'huile essentielle (HE) est effectuée avec un chromatographe en phase gazeuse Quarante composés ont été identifiés par CG/SM, les constituants majoritaires sont : β -pinène (13,26%), limonène (12,65%), carvacrol (9,25%), Camphene (5,3%), eucarvone (4,5%), thymol (4,2%), cadinène (4,1%), germacrène (3,5%) et myrcène (3,1%). La composition chimique de l'HE de de *T. polium* est caractérisé par un taux élevé en hydrocarbures monoterpéniques (42,50%), alcools monoterpéniques (25%) et hydrocarbures sesquiterpéniques. Les cétones et les aldéhydes monoterpéniques ont enregistrés respectivement des taux de 5,50% et 2,50% (Touaibia *et al.* , 2020)

2. L'étude de l'activité antibactérienne

L'étude de l'activité antimicrobienne de *Teucrium polium* a fait l'objet de nombreuses recherches à raison de sa composition chimique différente de ses huiles essentielles donc ce cas on va citer plusieurs article on font de l'objectif de l'étude de pouvoir antibactériennes de huile essentiel de (PM) *Teucrium polium*.

Khazaei *et al.*, 2018 ont étudié l'activité des extraits de *Tucrium polium*, avec la concentration de 3-5 μ l/ml de huile essentielle *in vitro*. Ils ont trouvé une activité significative contre les bactéries : *Bacillus cereus* , *Enterococcus faecalis* et *Escherichia coli*.

(ZERROUG *et al.*, 2011) étudiés L'activité antibactérienne d'huile essentielle extraite par hydro distillation de la partie aérienne de *Teucrium polium* contre des types des bactéries sont :E. coli MC 4100, *Bacillus subtilise*, *Pseudomonas diminutus*, *Paracoccus paratrophus* et *Micrococcus luteus*, après incubation les zones des inhibition sont mesuré respectivement de *Bacillus subtilise*, *Micrococcus luteus* et *Paracoccus paratrophus* entre 3.7, 2.0 and 2.0 mm , l'activité antibactérien de d'huile essentielle de *T. polium* sont spécifiquement dans le composant de (HE) flavonoids, qui inhibée la croissance des souches bactériennes pathogènes.

Selon de cette travaux (Belmekki *et al.*, 2013) sur l'huile essentielle de *T. polium* ayant été testée sur deux des présentes souches : un diamètre d'inhibition plus important (15 mm) a été noté pour *E. feacallis* alors qu'un diamètre plus élevé dans la présente étude a été mesuré Pour *P. aeruginosa* (15 mm).

(Hammoudi *et al.*, 2013) ce recherche basé sur l'étude de l'activité antimicrobienne et antioxydant de huile essentiel de *Teucrium polium*. Donc a mesuré une zone d'inhibition pour *S. aureus* de 12 mm, pour *E. coli* de 10 mm et pour *P. aeruginosa* de 9 mm.

(Fertout *et al.*, 2016) étude Activité antibactérienne de quatre extraits de *Teucrium polium* L l'extrait butanolique a présenté, pour une concentration de 100 µg/mL, un diamètre de 14.5 mm pour *S. aureus*, de 13 mm pour *E. coli*, de 12 mm pour *P. aeruginosa* et *P. mirabilis*.

V. Travaux de recherche antérieurs sur *Marrubium vulgare*

1. Les huiles essentielles de *Marrubium vulgare*

Une recherche bibliographique exhaustive faite sur l'espèce *Marrubium vulgare* a permis de révéler la présence des diterpènes et les phényléthanoides glucosidiques où elle contient un principe amer dû à la présence de γ -lactone (Novak., 1966) .Françoise et collaborateur ont pu isoler cinq composés phényléthanoides glucosidiques (Hill, 1991). Les mêmes résultats ont été obtenus par Sevser et collaborateur (Finar, 1994).

2. L'étude de l'activité antimicrobienne de *Marrubium vulgare*

L'étude de *Marrubium vulgare* fait l'objet de nombreuses recherches à raison de sa composition chimique différente de ses huiles essentielles dans ce cas on va citer

plusieurs articles ont pour objectif de l'étude de pouvoir antibactériennes de huile essentielle de (PM) *Marrubium vulgare*. [Al-Bakri et Afifi, \(2007\)](#) faire étude sur *Marrubium vulgare* avait donné des résultats sur l'extrait éthanolique de *Marrubium vulgare*. *Marrubium vulgare* en raison de sa propriété microbicide solide, peut se révéler être un protecteur à base de plantes efficaces contre un large spectre de bactéries et champignons pathogènes.

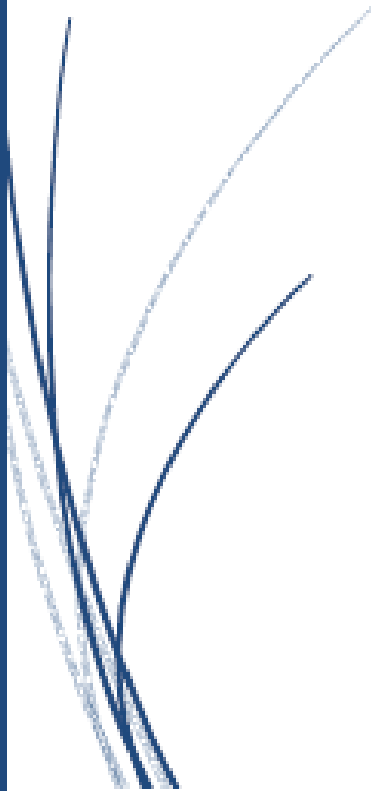
Les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles provenant de *Marrubium vulgare* sont soupçonnées d'être associées, en partie avec leur teneur élevée en composés oxygénés (46,21%). [Meyre et al., \(2005\)](#); ce groupe fait une recherche sur l'activité antibactérienne de la plante médicinale *Marrubium vulgare*. Est-ce due à la présence de terpénoïdes signalée pour cette plante, alors que les phénols sont responsables en grande partie de l'activité antimicrobienne et surtout antioxydant de ces extraits. [Oyedeji et al., \(2005\)](#) et [Cakir et al., \(2004\)](#); ces deux groupes de recherche signalent également que les principaux composants des huiles essentielles mono- et sesquiterpénoïdes sont de nature phénolique. Il est donc raisonnable de supposer que leur activité antimicrobienne pourrait être liée à l'abondance de composés phénoliques.



Figure 23 : Le *marrubium vulgare* ([Kahlouche,2013](#)).



Conclusion



Compte tenu de l'importance des substances d'origine naturelle, une nouvelle ère s'est développée dans laquelle les molécules bioactives issues de plantes gagnent de plus en plus d'importance dans les domaines de la médecine, de l'industrie pharmaceutique, de l'agroalimentaire et du cosmétique. Actuellement la problématique de la résistance aux antibiotiques interpelle les communautés scientifiques, car il est devenu très indispensable de trouver des nouveaux agents thérapeutiques, pour cela, les chercheurs ont été orientés vers le monde végétal et particulièrement les plantes médicinales pour la découverte de leur activité antibactérienne.

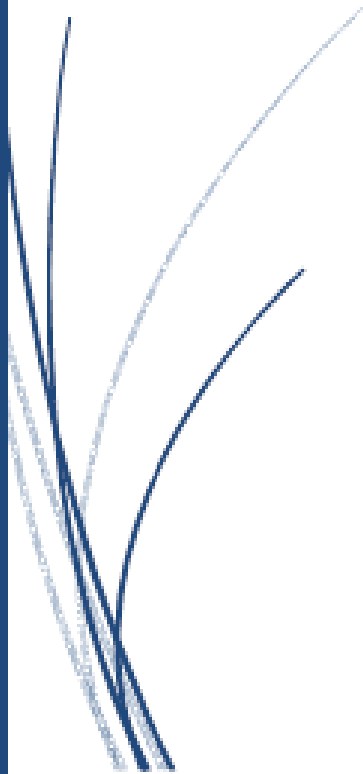
La steppe Algérienne par sa situation géographique, offre une végétation riche et diverse avec un grand nombre des plantes médicinales. Notre travail porte sur le pouvoir antibactérien des huiles essentielles de quelques plantes médicinales de la steppe Algérienne, de nombreuses études ont mis en évidence la présence de métabolites secondaires doués d'activités biologiques telles que les polyphénols, les alcaloïdes, les terpènes etc. Parmi les espèces les plus connues se trouve *Artemisia herba alba*. C'est une plante à différents usages. L'étude de l'activité antimicrobienne de l'armoise blanche a fait l'objet de nombreuses recherches qui ont montré une inhibition des souches bactériennes telles que *Bacillus cereus*, *Salmonella Typhimurium*, *Brochothrix thermosphacta 7R1* et *Bacillus clausii 2226*.

Une autre espèce steppique, *Artemisia campestris* qui est une plante utilisée dans le traitement de nombreuses infections a montré une activité plus efficace contre les bactéries telles que *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, et *S. saprophiticus*. Il existe des nombreux travaux qui ont porté sur la détermination de la propriété antibactérienne de *Teucrium polium* qui présente une inhibition de *P. aeruginosa* PAO1, *Staphylococcus aureus* et *Micrococcus luteus*.

L'étude de pouvoir antibactérien de l'espèce *Marrubium vulgare* a montré que les principaux composants chimiques de cette huile essentielle sont le support de leur activité antimicrobienne. L'exploration des huiles essentielles pour la recherche des molécules à activité antimicrobienne semble donc être une voie intéressante pour les chercheurs dans le futur.



*Références bibliographiques
et webographiques*



1. **Abad M.J., Bedoya L.M., Apaza L. and Bermejo P. 2012:** The Artemisia L. Genus: A review of bioactive essential oil. *Molecule*; 17: 2542-2566.
2. **Abdellah A, Sadik E, Abdelaziz E, Mohamed B ;& Jamal Jamal Eddine (2016)** Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Essential Oil and the Hydro- alcoholic Extract of Artemisia campestris L. Leaves from Southeastern Morocco, *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 6:5-6, 393-405.
3. **Al-Bakri AG, Afifi FU. 2007.** Evaluation of antimicrobial activity of selected plant extracts by rapid XTT colorimetry and bacterial enumeration. *J Microbiol Methods*. Jan;68(1):19-25.
4. **Al-Snafi, A. E. (2015).** The pharmacological importance of Artemisiacampestris-A review. *Asian Journal of Pharmaceutical Research*, 5(2), 88-92
5. **Alviano DS., Alviano CS.** Plant extracts: search for alternatives to treat microbial diseases. *Curr Pharm Biotech*. 2009; 10: 106-21.
6. **Amel Bouzabata (2015)** .CONTRIBUTION A L'ÉTUDE D'UNE PLANTE MÉDICINALE ET AROMATIQUE MYRTUS COMMUNIS L.. Sciences pharmaceutiques. Faculté de Médecine, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie., Français.p ;20 .
7. **Andrews J M.** Determination of minimum inhibitory concentrations. *J Antimicrob Chemother*.2001; 48 (suppl 1): 5-16.
8. **Anis Bertella .2020.** ; université Oran ; thèse de doctorat, Etude de l'activité antimicrobienne et antioxydant des l'huile essentielles d Artemisia herba-alba, Artemisia campestris et Romarinuse Turnefortii.
9. **Artemisia herba alba Asso.** *Journal of Medicinal Plants Research*. Vol. 4(10); p 871-880.
10. **ASMA FETTAH et M. DJOUAMAA et K. LAMARA,(2018)** ÉVALUATION IN-VITRO DE L'ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE DES EXTRAITS NATURELS D'UNE SOUS ESPECE DE TEUCRIUM POLIUM L. CULTIVÉE DANS LA RÉGION DE BENI SOUIK, BISKRA. *Courrier du Savoir – N°26, Mars 2018*, pp357-362.

11. **BARNES J, A ANDERSON L, PHILLIPSON JD.** Herbal Médecine, Third Edition. Pharmaceutical Press; 2007.
12. **BELGUITAR M, 2015-** Les plantes medicinales de la région de Ksar Chellala,Tiaret. Mem. Master. Université de Tiaret, 60p.
13. **Belmekki N., Bendimerad N., Bekhechi C., (2013),** Fernandez X, Chemical analysis and antimicrobial activity of Teucrium polium L. Essential oil from Western Algeria, Journal of Medicinal Plants Research , 7(14), 897-902.
14. **Beloued, A.** (2009). plantes médicinales d’algérie.5ème édition : office des publications universitaires,284p.
15. **Ben Sassi A., Harzallah-Skhiri F., et Aouni M. (2007).** Investigation of some medicinal plants from Tunisia for antimicrobial activities.J. Pharmaco. Bio. 45 (5): 421–428.
16. **Benchaar C, Calsamiglia S, Chaves AV, et al (2008)** A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. Anim Feed Sci Technol 145:209–28.
17. **Benhouhou S., (2015)** A brief over view on the historical use of médicinal aromatique d’Algeria consulté.Université Mohamed khider-Biskra Faculte des Sciences de la Nature et de la vie. Exacts et de la vie .Département des sciences Agronomique, Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région médicinale des Aurès.
18. **Bezza L, Mannarino A, Fattarsi K, Mikail C, Abou L, Hadji-Minaglou F, and Kaloustian J. (2010).** Composition chimique de l’huile essentielle d’Artemisia herba-alba provenant de la région de Biskra (Algérie). Phytothérapie. 8(5). p277-281.
19. **Boudjema N E,** et Benguega Hadjer. L’effet antibactérien de Nigella Sativa. Université Kasdi Merbah Ouargla. 2010.
20. **Bouhdid S, Abrini J, Amensour M, et al (2010)** Functional and ultrastructural changes in Pseudomonas aeruginosa and Staphylococcus aureus cells induced by Cinnamomum verum essential oil. J Applied Microbiol 109:1139–49.
21. **Bouhdid S, Idaomar M, Zhiri A, Baudoux D, Skali N.S And Abrini J.** Thymus essential oils: chemical composition and in vitro antioxidant and antibacterial activities. Congrès International de Biochimie. Agadir; Vol; 09; pp12. 2006

22. **Bouras Marwa, 2019.** UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABATHÈSE de Doctorat.Évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de certaines plantes de l'est algérien sur des souches résistantes aux antibiotiques.
23. **Bouyahya, A. Bakri, Y. Et-Touys, A. Talbaoui, A. Khouchlaa , A . Charfi, S. Abrini , J. Dakka, N. (2017),** Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries, *Phytothérapie* 12 :8-12.
24. **Bruneton J. (1999)** - Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition, Ed. TEC et DOC, Paris.
25. **BRUNETON J.(2016).** Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales - 5° Edition. Lavoisier .
26. **Burt S.** Essential oils : their antibacterial properties and potential applications in food –a review. *International journal of foodmicrobiology*, 94 : 223-253, 2004
27. **Burt, S. A. et Reinders R. D.** Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Lett Appl Microbiol.* 2003; 36(3):162-7.
28. **Cakir A, Kordali S, Zengin H, Izumi S, Hirata, (2004).** Composition and antifungal activity of essential oils isolated from *Hypericum hyssopifolium* and *Hypericum heterophyllum*. *Flavour Frag J*, 19:62-68.
29. **Carbon dioxide.** *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 81(2), 167-172.
30. **Couic-Marinier F, Lobstein A.** Mode d'utilisation des huiles essentielles. *Actual Pharm.* 2013;52(525):26-30.
31. **Couic-Marinier F. and Lobstein A. (2013).** Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine. *Actualités pharmaceutiques* 525: 12-21.
32. **Cox SD, Mann CM, Markham JL (2001)** Interactions between components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *J Appl Microbiol* 91:492–9.
33. **De Billerbeck V. G.** Huiles essentielles et bactéries résistantes aux antibiotiques. *Phytothérapie.* 2007;5(5):24953.
34. **DERFALOU A, GHADRI H S.(2017).**Etudes des plantes phytothérapeutique des

- nomades en Algérie Steppique « M'sila, Djelfa ».Mem. Master. Université MOHAMED BOUDIAF - M'SILA .
35. **Djeddi S., 2012** – Les huile essentielles «Des mystérieux métabolites secondaires » :Manuel de formation destiné aux étudiants de Mastre. ED.Presses Académiques Francophones Grece,64p.
36. **Donrop A.M., Day N.P. (2007)**. The treatment of severe malaria.Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg .101: 633-634.
37. **Dorman H. J. D, et Deans S. G.** Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. J Appl Microbiol. 2000;88(2):3081.
38. **Duval L. (2012)** Les huiles essentielles à l'officine. Thèse de Doctorat, Ufr de medecine et de pharmacie de ROUEN.
39. édition. Masson. Paris.
40. **Edris A.E**, Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: A review- Phytother. Res; Vol. 21; pp 308-323. 2007.
41. **El Amri J, Elbadaoui K, Zair T, Bouharb H, Chakir S, Alaoui T. I.** Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Teucrium capitatum* L et l'extrait de *Silène vulgaris* sur différentes souches testées. Journal of Applied Biosciences 2014: 82(1), 7481-92.
42. **F.A.O** : Food and Agriculture Organisation autre et de la vie, Université de M'sila.79p.
43. **Fernandez X. et Chemat F.2012**:La chimie des huiles essentielles.Ed.Vuibert.p: 274.288.
44. **Fertout MN., Latreche A., Mehdadi Z., Bengherraz Z., (2016)**, Activité antibactérienne de quatre extraits de *Teucrium polium* L. du mont de Tessala (Algerie occidentale), Bulletin de la Société royale des Sciences de Miége, 85, p ; 253-262.
45. **Fetayah, H. (2015)**. Étude ethnobotanique des plantes médicinales à effets cardiovasculaires de la daïra de M'sila. Mémoire de master académique : Gestion d'environnement. Université de M'sila.79 p.
46. **Finar, I 1994**.Organic chemistry-stereochemistry and the chemistry of natural products, 5éme edition, Great Britain, 518

47. **Fine DH., Furgang D., Barnet ML.** Comparative antimicrobial activities of antiseptic mouthrinses against isogenic planktonic and biofilm forms of actinobacillus actinomycetemcomitans. *J Clin Periodontol.* 2001; 28: 697-700.
48. **FRANCHOMME P, PENOEL D.** L'aromathérapie exactement - Encyclopédie de L'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. R. Jollois; 2001.p ;30.
49. **Franchomme P., Péroël, 1990.** "L'Aromathérapie Exactement" fondements démonstration illustration et applications d'une science médicale naturelle, édition Roger Jollois. ed. Limoges.
50. **Garneau F.-X. (2005).** Le matériel végétal et les huiles essentielles (Laseve-UQAC, Chicoutimi ed.).
51. **Georges Sens-Olive,** « Les huiles essentielles - généralités et définitions », dans *Traité de phytothérapie et d'aromathérapie*, éd. Maloine, 1979.
52. **Ghita A , Lucia C , Antonietta S , Vincenzo D, Gianluigi M, et Taoufiq F,(2019).** Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Artemisia herba-alba and Origanum majorana Essential Oils from Morocco , *molecules* ,24, 4021; Juteau F., Masotti V., Bessière J-M., Viano J. (2002). Compositional characteristics of the essential oil of Artemisia campestris var. glutinosa. *Bioch. Syst. Ecol.* (30): 1065-1070.
53. **GHRIGA Djemaa, CHERIF Nadjat, 2020.** THESE de MASTER, Faculté des Sciences et Technologies Université de Ghardaïa, ETUDE STATISTIQUE SUR L'INFLUENCE DE LA CULTURE DE QUELQUES PLANTES MEDICINALES SUR LA QUALITE DES HUILES ESSENTIELLES.
54. **Gill AO, Holley RA (2004)** Mechanisms of bactericidal action of cinnamaldehyde against *Listeria monocytogenes* and of eugenol against *L. monocytogenes* and *Lactobacillus sakei*. *Appl. Environ. Microbiol.* 70: 5750-5755.
55. **Gill AO, Holley RA (2006)** Inhibition of membrane bound ATPases of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* by plant oil aromatics. *Int. J. Food Microbiol.* 111: 170-174.
56. **Gomes, P. B., Mata, V. G., & Rodrigues, A. E. (2007).** Production of rose geranium oil using supercritical fluid extraction. *Journal of Supercritical Fluids*, 41(1), 50-60.

57. **Goudjil M.B. (2016)**. Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de trois plantes aromatiques. Thèse de Doctorat. Université Kasdi Merbah, Ouargl p-55.
58. **Guignard J.L. (2000)** – Biochimie végétale. 2ème Ed. De l'abrégé Dunod, Paris, pp.177-185.
59. **Guignard J.L., 1979**. Abrégé de Biochimie végétale. Préface du Pr J. Le Men. 2 ième
60. **Hameed Abood, Mohammed M. Mohammed, Tharieyt A. Mutlaq and Hayder Mudheher Abbas ;(2021)** ; Effect of Teucrium polium extract on Staphylococcus aureus bacteria isolated from wounds and burns. Biochem.Cell. Arch. 21, 1799-1804.
61. **Hammoudi R., Hadj M., Mahfoud I., Ould El Hadj M.D.,(2013)**, Chemical composition and antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil from Teucrium polium geyrii (Labiatae), academix journals,7, 897-902.
62. **Hill, R.S., Making,H.L.Jm Kirk,D.N.M:urphy,G.M. 1991**. Dictionary of steroids-chemical datastructures and bibliographies, London,Chapman&H
63. **Inouye S, Abe S** . Nouvelle approche de l'aromathérapie anti-infectieuse-Phytothérapie;Vol. 1; pp 2–4. 200 .
64. **Jerkovic J., Mastelic M. Milos., Juteau F., Masotti V and VianoJ. (2003)**. Chemical variability of Artemisia vulgaris L. essential oils originated from the Mediterranean area of France and Croatia Flavour. Fragr. J. (18): 436–440doi:10.3390/24224021
65. **Jukič M.et Miloš M.** Catalytic axidation and antioxidant propertic of thyme essential oils (Thymus vulgarae L.)- Croatica Chemica Acta ; Vol. 78; N°1; pp 105-110.2005.
66. **Kacimi elhassani mohamed. 2012** , thèse de magister, caractérisation chimique et évaluation des propriétés antimicrobiennes et antifongique « in vitro » des huiles essentielles des thymus fontanesii boiss. & reut .et de zyziphora hispanicia l. de la région de Djelfa .université ziane achour – djelfa .
67. **Kalemba D., Kunicka A.** Antibacterial and antifungal properties of essential oils. Current Med Chem 2003; 10(10): 813-29.
68. **Kaloustian J., Hadji-Minaglou F.** La connaissance des huiles essentielles. Qualitologieetaromathérapie. Springer (2012). 210p.

69. **Kunle O, Okogun J, Egamana E, Emojevwe E, Shok, M.** Antimicrobial activity of various extracts and carvacrol from *Lippia multiflora* leaf extract. *Phytomedicine*. 2003;10(1):5961.
70. **Lahlou, M.** Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytother Res* 2004; 18: 435-48.
71. **LAKEHAL S, CHAOUIA C et BENREBIHA F ;(2017),**CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF THE ESSENTIAL OIL OF ARTEMISIA HERBA–ALBA ASSO. FROM DJELFA,*Agrobiologia*.7(2): 491-501-491.
72. **Lakhdar L., (2015).** Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur *Aggregatibacter Actinomycetemcomitans* : Etude in vitro. Thèse de doctorat, Sciences Odontologiques, Université Mohammed V de Rabat, 6 ; 38-45p.
73. **Lakhdar L., (2015).** Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur *Aggregatibacter Actinomycetemcomitans* : Etude in vitro. Thèse de doctorat, Sciences Odontologiques, Université Mohammed V de Rabat, 6 ; 38-45p.
74. **LAMAMRA MEBARKA, 2017.** These de MAGISTER. Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Tinguarra sicula* (L.) Parl. et de *Filipendula hexapetala* Gibb.
75. **Lamarti A., Badoc A., Deffileux G., et Carde J .P. (1994)** - Biogénèse des monoterpènes I-localisation et sécrétion. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 133 :69-78.
76. **Lambert R. J. W, Skandamis P. N, et al.** A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *J App Microbiol*. 2001;91(3):45362.
77. **Laouer H. (2004)** -Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de Sétif, de Bejaia, de Msila et de Djelfa, composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Ammoides pusill* et de *Magydaris pastinacea*. Thèse de Doctorat d'état, Département de Biologie, Faculté des sciences, UFA de Sétif.
78. **LAURENT Julia.2017 ;** THESE DE DOCTEUR. CONSEILS ET UTILISATIONS DES HUILES ESSENTIELLES LES PLUS COURANTES EN OFFICINE. UNIVERSITE PAUL SABATIER TOULOUSE III.p.22.

79. **Lenotary, S.J., Hajslova, J. (2002)** Application of gaz chromatography in food analysis. Tends in analytical chemistry., 21 ,686-697.
80. **Leszczynska, D. (2007).** Management de l'innovation dans l'industrie aromatique: Cas des PME de la région de Grasse. Editions l'Harmattan, Paris, France.
81. **Lupi O., Tying S.K., McGinnis M.R., 2005.** Tropical dermatology: Fungal tropical diseases. Journal of the American Academy of Dermatology 53, 931–951.
82. **M. Ghanmi¹, B. Satrani, A. Aafi¹, M.R. Isamili H. Houti, H. El Monfalouti, K.H.Benchakroun, M. Aberchane¹, L. Harki A. Boukir, A. Chaouch, Z. Charrouf,(2010).**Effet de la date de récolte sur le rendement, la composition chimique et la bioactivité des huiles essentielles de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) de la région de Guerçif (Maroc oriental). ;Aromathérapie ;OI 10.1007/s10298-010-0578-1.
83. **Mann, J., Davidson, R.S., Hobbs, J.B.,Banthorpe, D.V., Harborne,J.B. 1994.** Natural products: Their chemistry and biological significance, 1ère édition, Longman, England, 331-343,
84. **MARIANNE PIOCHON ; 2008,** UNIVERSITE DU QUEBEC.ÉTUDE DES HUILES ESSENTIELLES D'ESPÈCES VÉGÉTALES DE LA FLORE LAURENTIENNE:COMPOSITIONCHIMIQUE, ACTIVITÉS PHARMACOLOGIQUES ET HÉMI-SYNTÈSE.
85. **Megdiche-Ksouri, W., Trabelsi, N., Mkadmini, K., Bourgou, S., Noumi, A., Snoussi, M., &Ksouri, R. (2015).** Artemisiacampestrisphenoliccompounds have antioxidant and antimicrobialactivity. IndustrialCrops and Products, 63, 104-113.
86. **Meriem Touaibia, Dhoha Abdelali, Faiza Raber Elmaizi & Fairouz Saidi .(2020).** Phytochemical characterization and evaluation of some biological activities of felty germander essential oil: *Teucrium polium* L. (LAMIACEAE) ; Green and Applied Chemistry, - 11, 2021, N°2, 97-107.
87. **MESSAI L., 2011.** Etude phytochimique d'une plante medicinale de l'Est algérien (*Artemisia herba alba*). Thèse de Doctorat. Université de Constantine.

88. **Meyre-Silva .C, Yunes RA, Schlemper. V, campos-Buzzi .F and Cechinel- Filho .V.(2005)**. Analgesic potential of Marrubiin derivatives, abioactive diterpen present in Marrubium vulgare (lamiaceae). *Il Farmaco*. 60: 321-326.
89. **Mighri H, Hajlaoui H, Akrouit A, Najjaa H, and Neffati M. (2010)**. Antimicrobial and antioxidant activities of Artemisia herba-alba essential oil cultivated in Tunisian arid zone. *Comptes Rendus Chimie*, 13(3): p380-386.
90. **Mikhail Tswett**, « Adsorption analysis and chromatographic method. Application on the chemistry of the Chlorophylls. », *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, vol. 24, 1906, p. 384-393.
91. **Mousa Alreshidi, Emira Noumi , Lamjed Bouslama , Ozgur Ceylan , Vajid N. Veettil Mohd Adnan , Corina Danciu , Salem Elkahoui , Riadh Badraoui , Khalid A. Al-Motair , Mitesh Patel , Vincenzo De Feo and Mejdi Snoussi.,(2020)**, Phytochemical Screening, Antibacterial, Antifungal, Antiviral, Cytotoxic, and Anti-Quorum-Sensing Properties of Teucrium polium L. Aerial Parts Methanolic Extract Mousa Alreshidi , *Plants*, - 9, 1418.
92. **Mozafar Khazaei, a Seyed Nouredin Nematollahi-Mahani, b Tahmineh Mokhtari, c Fatemeh Sheikhbaeib.,(2018)**. Teucrium polium biological activities and medical characteristics against different pathologic situations ; *ISSNJ Contemp Med Sci | Vol. 4, No. 1, Winter 2018*:p 1–6.
93. **Naili M.B., Alghazeer O.A., Saleh N.A., Al-Najjar A.Y. (2010)**. Evaluation of antibacterial and antioxidant activities of Artemisia campestris (Astraceae) and Ziziphus lotus (Rhamnaceae). *Arab. J. Chem*. 3: 79–84.
94. **Nedjraoui D. (2003)** – Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradations. 239 – 242.
95. **Novak, I. ; Buzas, G. ; Minker, E. ; Kolfai, M. et Szendrei, K. 1966**. *Planta med.*, 14, p: 57. Courtios, J.E., Perlés, R. 1971. *Précis de chimie biologique*, 2^{ème} édition, Masson et Cie, Paris, 424-437.
96. **Omidbeygi M, Barzegar M, Hamidi Z, Naghdibadi H**. Antifungal activity of thyme,

- summer savory and clove essential oils against *Aspergillus Xavus* in liquid medium and tomato paste- Food Control; Article in press. 2007.
97. **Omidbeygi M, Barzegar M, Hamidi Z, Naghdibadi H.** Antifungal activity of thyme, summer savory and clove essential oils against *Aspergillus Xavus* in liquid medium and tomato paste- Food Control; Article in press. 2007.
98. **OUIS NADIA , BAKHTAOUI HANANE.,**2017,L'étude phytothérapie des plantes médicinales dans la région Relizane,Mémoire de FIN d'études licence ,Université d'ABOU-BEKR BEL KAID Tlemcen ,p5-6.
99. **Oyedeji O, Afolayan A (2005).** Comparative study of the essential oil composition and antimicrobial activity of *Leonotis leonurus* and *L. ocyimifolia* in the Eastern Cape. African J Bot, 71:114-116.
100. **Paolini, J. (2005)** Thèse de doctorat : Caractérisation des huiles essentielles par CPG/Ir, CPG/MS (IE/IC) et RMN du carbone 13 de *Citrus albidus* et deux *Asteraceae* endémique de corce *Eupatorium subsp Corsicum* et *Doronicum corsicum*. Italy.
101. **Paris M.et Hurabielle M. (1981)** – Abrégé de matière médicale (pharmacognosie) Tome. Ed. Masson p.339.
102. **Pereira, C. G., & Meireles, M. A. A. (2010).**Supercritical fluid extraction of bioactive compounds: fundamentals, applications and economic perspectives. Food and Bioprocess Technology, 3(3), 340-372.
103. **Peterson, A., Machmudah, S., Roy, B. C., Goto, M., Sasaki, M., & Hirose, T. (2006).** Extraction of essential oil from geranium (*Pelargonium graveolens*) with supercritical.
104. **Pham Minh, D. (2006).** « Oxydation par voie humide catalytique des eaux usées de la production d'huile d'olives : catalyseurs métaux nobles supportés » (Doctoral dissertation, Lyon 1).
105. **Pibiri M. C. (2006)** - Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse Doctorat, EPFL Lausanne, p.161.

106. **Pichersky E .et Sharkey T.D., Gershenson J.(2006)** . plant volatiles :a lack of function .
107. **Priscilla C. Veggi, Julian Martinez et M. Angela A. Meireles**, Chapter 2 Fundamentals of Microwave Extraction, Microwave-assisted Extraction for Bioactive Compounds Theory and Practice, 2013.
108. **Rahal S. (2004)** - Chimie des produits naturels et des êtres vivants. O.P.U. Edition. p.162.
109. **Ramli, I. (2013)**.Etude, in vitro, de l'activité anti leishmanienne de certaines plantes médicinales locales : cas de la famille des lamiacées.Thèse du magister en Biologie appliquée : Université de Constantine.85p.
110. **RAYNAUD J.** Prescription et conseil en AROMATHERAPIE. Editions TEC & DOC - EM iCharles PIERRON : THESE pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, le 27 juin 2014, sur un sujet dédié à : Les huiles essentielles et leurs expérimentations dans les Services hospitaliers de France : exemples d'applications en gériatriegérontologie et soins Palliatifsnter - Lavoisier; 2006.
111. **RAYNAUD J.** Prescription et conseil en AROMATHERAPIE. Editions TEC & DOC - EM inter - Lavoisier; 2006 Benjlali B. Extraction des plantes aromatiques et médicinales cas particulier de l'entraînement à la vapeur d'eau et ses équipements. Manuel pratique. Huiles essentielles : de la plante à la commercialisation. 2004 : 17-59.
112. **REKIK FOUAD., 2015**-Contribution à l'évaluation des ressources fourragères des parcours steppiques de l'Est Algérien « Cas de la région de Tébessa ».Thèse de doctorat. INSTITUT DES SCIENCES VÉTÉRINAIRES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES., 120p.
113. **Rhayour K. 2002.** Etude du mécanisme de l'action bactéricide des huiles essentielles sur Esherichia coli, Bacillus subtilis et sur Mycobacteriumphlei et Mycobacteriumfortuitum. Thèsedoctorat en Biologie cellulaire et moléculaire appliquée à l'environnement et la santé UniversitéSidi Mohamed Ben Abdellah. p: 170.
114. **ROUX D.** Conseil en aromathérapie - 2e édition. Pro-Officina. 2008.

115. **Sahi, L. (2016).** La dynamique des plantes médicinales et aromatiques en Algérie [troisième partie].le marché des plantes aromatique et médicinales : analyse des tendances du marché mondiale et des stratégies économiques en Albanie et en Algérie .Montpellier : CIHEAM /FranceAgriMer2016, p.101-140.
116. **Stagliano M.** Actifs et additifs en cosmétologie, techniques et documentations Lavoisier 1992.
117. **Tiwari BK, Valdramidis VP, O'Donnell CP (2009)** Application of natural antimicrobials for food preservation. J Agric Food Chem 57:5987–6000
118. **Wenqtang, G.; Shufen, L.; Ruixiang, Y.; Shaokun, T.; Can, Q. 2007.** Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. Food chem. 1001,1558-1564.
119. **WICHTL M, ANTON R.** Plantes thérapeutiques - Tradition, pratique officinale, science et Thérapeutique - (2° Edition). Editions TEC & DOC-EM inter. 2003.
120. **Wise M.L., Croteau R., 1999.** Comprehensive Natural Products Chemistry, Isoprenoids Including Carotenoids and Steroids, vol. 2. pp. 97–135.
121. **ZERROUG M.M., ZOUAGHI M., BOUMERFEG S,BAGHIANI A, NICKLIN J et ARRAR L. ;(2011).**Advances in Environmental Biology, 5(2): 491-495, 2011 ;Antibacterial Activity of Extracts of Ajuga Iva, and Teucrium Polium ;Anis., Adv. Environ. Biol., 5(2): 491-495.
122. **Zouari S, Zouari N, Fakhfakh N, Bougatef A, Ayadi M.A, and Neffat M. (2010).**Chemical composition and biological activities of a new essential oil chemotype of Tunisian.

Autres :

1. https://naturevivante.org/index.php?option=com_content&view=article&id=117&Itemid=197#:~:text=La%20steppe%20C3%A0%20remth%20occupe,elle%20recouvre%20de%20vastes%20superficies.
2. <https://www.physicsforums.com/attachments/distillation>
3. <http://culturesciences.chimie.ens.fr/nodeimages/images/dossiers-experimentale-analyseart>

[icleExtraction](#)

4. <https://www.teline.fr/fr/photos>

Résumé

L'exploration des huiles essentielles pour rechercher des molécules à activité antimicrobienne apparaît comme une piste intéressante , lorsque l'on parle d'activité antimicrobienne, on peut distinguer deux types d'effets : l'activité létale ou bactéricide et l'activité bactériostatique ou inhibitrice de croissance.

Les huiles essentielles ont souvent une activité antibactérienne importante et peuvent remplacer avec succès les antibiotiques, ce qui nous amène à effectuer l'analyse chimique et l'activité antibactérienne des huiles essentielles de certaines plantes de steppe. L'extraction se fait par expansion aqueuse, l'analyse des HES est réalisée par GC/MS, et l'activité antibactérienne est montrée par la méthode de diffusion sur milieu gélosé.

Ce travail est une recherche bibliographique comporte trois parties dont la première consiste à décrire les caractéristiques et l'utilisations des plantes médicinales de la steppe Algérienne, et dans un second parties étudier les compositions chimique des huiles essentielles et les méthodes d'extraction de ces molécules en décrivant aussi les pouvoir antibactérien des huiles essentielles , et en citant les travaux de recherche de ces plantes médicinales et leur action antibactériens.

Ce travail vise à élargir les recherches sur l'étude d'activité antibactérienne des He des plantes médicinales de la steppe Algérienne.

Mots clés: plantes médicinales, propriétés antibactérienne, huile essentielle, steppe algérienne.

Abstract

The exploration of essential oils to search for molecules with antimicrobial activity appears as an interesting avenue, when we speak of antimicrobial activity, we can distinguish two types of effects: lethal or bactericidal activity and bacteriostatic activity or growth inhibitor.

Essential oils often have significant antibacterial activity and can successfully replace antibiotics, which leads us to perform the chemical analysis and antibacterial activity of essential oils of certain steppe plants. The extraction is carried out by aqueous expansion, the analysis of HES is carried out by GC / MS, and the antibacterial activity is shown by the method of diffusion on agar medium.

This work is a bibliographic research comprises three parts, the first of which consists in describing the characteristics and uses of medicinal plants of the Algerian steppe, and in a second part studying the chemical compositions of essential oils and the methods of extraction of these molecules. by also describing the antibacterial power of essential oils, and by citing the research work of these medicinal plants and their antibacterial action.

This work aims to expand research on the study of antibacterial activity of He of medicinal plants of the Algerian steppe.

Keywords : medicinal plants, antibacterial properties, essential oil, Algerian steppe.

ملخص

يبدو استكشاف الزيوت العطرية للبحث عن جزيئات ذات نشاط مضاد للميكروبات وسيلة مثيرة للاهتمام ، عندما نتحدث عن نشاط مضاد للميكروبات ، يمكننا التمييز بين نوعين من التأثيرات: النشاط المميت أو مبيد الجراثيم والنشاط الجراثيم أو مثبط النمو.

غالبًا ما يكون للزيوت الأساسية نشاط كبير مضاد للجراثيم ويمكن أن تحل محل المضادات الحيوية بنجاح ، مما يقودنا إلى إجراء التحليل الكيميائي والنشاط المضاد للبكتيريا للزيوت الأساسية لبعض نباتات السهوب. يتم الاستخراج عن طريق التمدد المائي ، ويتم تحليل HES بواسطة GC / MS ، ويظهر النشاط المضاد للبكتيريا من خلال طريقة الانتشار على وسط أجار.

هذا العمل عبارة عن بحث بيليوغرافي يتكون من ثلاثة أجزاء ، يتكون أولها من وصف خصائص واستخدامات النباتات الطبية في السهوب الجزائرية ، وفي الجزء الثاني دراسة التركيبات الكيميائية للزيوت الأساسية وطرق استخلاص هذه الجزيئات. من خلال وصف القوة المضادة للبكتيريا للزيوت الأساسية ، ومن خلال الاستشهاد بالأعمال البحثية لهذه النباتات الطبية وعملها المضاد للبكتيريا.

يهدف هذا العمل إلى توسيع نطاق البحث في دراسة النشاط المضاد للبكتيريا للنباتات الطبية في السهوب الجزائرية..

الكلمات المفتاحية : نباتات طبية ، خصائص مضادة للبكتيريا ، زيت عطري ، السهوب الجزائرية