

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de RELIZANE
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie
Département des Sciences Biologiques



MÉMOIRE
En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en :
Microbiologie & contrôle de qualité
Intitulé

**Étude de l'activité antibactérienne de quelques plantes médicinales
sur des souches hospitalières**

Présenté par :

Mlle : BOUKHENNOUNA Bochra
Mlle : BRAHMINE Amel
Mlle : ELHANKOURI Amira

Devant les membres de jury :

Président : Mr. BACHIR BOUIADJRA Mohamed
Encadreur : Mr. DJELLOULI Mustapha
Examineur : Mr. SI MOHAMMED Abdesselem

Maître de conférence (B) (U. Relizane)
Maître de conférence (A) (U. Relizane)
Maître de conférence (A) (U. Relizane)

Année universitaire : 2024/2025

REMERCIEMENTS

Nous exprimons toute notre gratitude et sincère dévouement à Dieu
Le Tout puissant qui grâce à son aide nous avons terminé ce modeste
Travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre encadrant **Mr.**
DJELLOULI Mustapha

Pour son aide et son encadrement, ses encouragements et surtout sa
Compréhension durant toute la période de préparation de ce
mémoire.

Nous remercions également l'honorable jury qui a bien voulu
Examiner notre travail.

Je tiens également à remercier tous mes amis et tous les étudiants de
Biologie

Nos professeurs qui nous ont enrichis de connaissances et tout le
Département de biologie

Je saisis également cette opportunité pour remercier **Mme. TABOURI**
et **Mr. BOUELAME** qui nous a beaucoup aidés pour élaborer ce
travail.

Enfin, à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la
réalisation

De ce projet de fin d'étude.

Dédicace

Je rends grâce à Dieu, source de toute réussite et de toute
bénédiction.

Ce succès n'est pas uniquement le mien, il est aussi le vôtre,
Vous qui avez été la lumière sur mon chemin.

Je Dédie ce modeste travail :

À ma chère mère et à mon cher père,
Dont l'amour inconditionnel, les sacrifices et les prières ont soutenu
chaque pas de mon parcours.

À mes sœurs adorées : Halima, Sarah et Roufaïda,
Dont la tendresse, le soutien et les encouragements ont été une
source de réconfort et d'élan.

À mes frères : Sidi Ahmed et Ibrahim,
À notre encadrant **Mr. DJELLOULI Mustapha** qui mérite tout mon
respect.

À tous mes amis et tous ceux qui me sont chers

Bochra

Dédicace

Au nom de Dieu, le Tout-Puissant, le Très Miséricordieux. Louange à Dieu qui a facilité mon parcours.

Je dédie ce modeste travail :

À tous ceux qui m'ont soutenu, particulièrement à ma chère mère qui a été ma lumière tout au long de ce chemin,

À ma sœur qui a partagé avec moi chaque moment, et à mon encadrant **Mr. DJELLOULI Mustapha** qui a éclairé mon parcours de ses connaissances et de son expérience.

Je tiens également à exprimer ma sincère gratitude aux ingénieurs du laboratoire pour leur contribution précieuse et leur expertise qui ont permis la réussite de ce travail. Merci à vous tous pour votre soutien et votre amour.

Amel

Dédicace

Au nom de Dieu, le tout puissant qui m'a inspiré et guidé dans le bon chemin, je vous dois ce que je suis devenue louanges et remerciements pour votre clémence et miséricorde.

Je dédie ce travail :

À mon cher papa :

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, 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. Que Dieu vous apporte santé, bonheur et longue vie.

À ma très chère mère : A la plus douce et la plus merveilleuse de toutes les mamans. Tu n'as pas cessé de me soutenir et de m'encourager, ton amour et ta présence constante ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Puisse Dieu tout puissant te protéger du mal, te procurer longue vie, santé et bonheur afin que je puisse te rendre un minimum de ce que je te dois.

À mes frères : Bahaa et Abdeljalil.

À mes sœurs : Nour et Rajaa

Et bien sûr, à notre Encadrant **Mr. DJELLOULI Mustapha** pour sa précieuse aide et ses précieux conseils, ainsi qu'à tous les enseignants qui m'ont accompagné durant mon parcours universitaire.

Amira

Liste des abréviations

°C : Degré Celsius
% : Pourcentage
µg : Microgramme
µL : Microlitre
A.herba alba : *Artemisia herba alba*
BHI : Brain heart infusion
C. albicans : *Candida albicans*
C₄H : Cinnamate 4-hydroxylase
CMI : Concentration minimale inhibitrice
CO₂ : Dioxyde de carbone
Cu² : Ion cuivre
DMSO : Diméthylsulfoxyde.
EAG : Equivalents en acide gallique
E.coli : *Echerischia coli*
EFS : Extraction par fluide supercritique
E.globulus : *Eucalyptus globulus*
ELP : Extraction par liquide pressurisé
GN : Gélose nutritive
h : Heures
HE : Huile essentielle
H₃PMo₁₂O₄₀ : Acide phosphomolybdique
H₃PW₁₂O₄₀ : Acide phosphotungstique
Kg : Kilogramme
kHz : Kilohertz
m : Mètre
MAE : Microwave Assisted Extraction
Mo₈O₂₃ : Molybdène
Ms : Matière sèche
MPa : Mégapascal
NaCl : Chlore de sodium
Na₂CO₃ : Carbonate de sodium
Na₂SO₄ : Sulfate de sodium
ng : Nanogramme
nm : Nanomètre
OH : Oxyde hydrogène
P : Pression
P.aeruginosa : *Pseudomonas aeruginosa*
PAL : Phénylalanine ammonia-lyase
pH : Potentiel d'hydrogène
phe : Phénylalanine
Pin : Pinorésinol
ROS : Réactifs oxygènes espèces
S. aureus : *Staphylococcus Aureus*
S. mutans : *Streptococcus Mutans*
T : Température
TCP : Composés polyphénols totaux
UFC : Units forming colony
W₈O₂₃ : Oxydes de tungstène

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition des huiles essentielles extraites de <i>Mentha pulegium</i> (en %)	8
Tableau 2 : Les principaux composant	14
Tableau 3 : Les différents groupes de tanins	15
Tableau 4 : Principales classes des composés phénoliques	27
Tableau 5 : Avantages et inconvénients des méthodes d'extraction	40
Tableau 6 : Rendement en extraits phénoliques des trois plantes	54
Tableau 7 : Teneur en composés phénoliques dans les trois plantes étudiées	56
Tableau 8 : Les valeurs de l'activité antibactérienne d' <i>E.coli</i> contre des trois extrait	58
Tableau 9 : Les valeurs de l'activité antibactérienne <i>S.aureus</i> contre trois extraits	59
Tableau 10 : Les valeurs de l'activité antibactérienne <i>streptococcus sp</i> contre trois extraits	60

Liste des figures

Figure 1 : Morphologie de <i>Mentha pulegium</i>	4
Figure 2 : Aire de répartitions de la Menthe par le monde	6
Figure 3 : Photographie de L'eucalyptus	11
Figure 4 : Illustration montre la description botanique d' <i>Eucalyptus</i>	13
Figure 5 : Plante d' <i>Artemisia herba-alba</i> de la région d'EL bayed	20
Figure 6 : Morphologie générale d' <i>Artemisia</i>	21
Figure 7 : Biosynthèse des composés phénoliques le plus largement distribués par la voie de shikimate.....	26
Figure 8 : Structure du 2-phényle chromane	28
Figure 9 : Structure générale des flavonoïdes	28
Figure 10 : Structures des squelettes de base des flavonoïdes	29
Figure 11 : structure des anthocyanosides	30
Figure 12 : Structure chimique des acides gallique (A) et ellagique (B)	31
Figure 13 : Représentation schématique du phénomène de cavitation acoustique	38
Figure 14 : Facteurs influant sur la qualité globale d'une extrait.....	42
Figure 15 : Aspect macroscopique d' <i>Echerischia coli</i> et <i>Staphylococcus aureus</i> sur milieu GN	44
Figure 16 : Aspect macroscopique de <i>streptocoque sp</i> sur milieu BHI	45
Figure 17 : Les trois filtrats obtenus par la filtration	46
Figure 18 : Rota vapeur utilisé pour l'extraction des extraits	46
Figure 19 : Protocole expérimentale d'extraction des polyphénols	47
Figure 20 : Structure de l'acide gallique	48
Figure 21 : Schéma illustratif de la méthode de dosage des polyphénols	50
Figure 22 : Microplaque de <i>Staphylococcus aureus</i>	52
Figure 23 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique (µg/mL)	55

Sommaire

LISTE DES ABREVIATIONS	I
LISTE DES TABLEAUX	II
LISTE DES FIGURES	III
INTRODUCTION.....	1
1. LA SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	
1.1. MENTHE POULIOT (MENTHA PULEGIUM).....	4
1.1.1 Définition.....	4
1.1.2 Taxonomie et classification.....	4
1.1.3 Description botanique	5
1.1.3.1 Tige	5
1.1.3.2 Feuilles.....	5
1.1.3.3 Fleur	6
1.1.3.4 Calice	6
1.1.3.5 Corolle	6
1.1.4 Origine et distribution	6
1.1.5 Utilisation en médecine traditionnelle	6
1.1.6 Composition chimique	7
1.1.6.1 Principes chimiques.....	8
1.1.7 Propriétés et emplois.....	8
1.1.8 Activités biologiques de Menthe pouliot.....	9
1.1.9 La toxicité.....	10
1.2 EUCALYPTUS GLOBULUS	11
1.2.1 Définition.....	11
1.2.2 Description botanique de l' <i>Eucalyptus</i>	11
1.2.2.1 Racines.....	12
1.2.2.2 L'écorce	12
1.2.2.3 Les fleurs	12
1.2.2.4 Feuille	12
1.2.2.5 Fruits	12
1.2.2.6 Graine.....	13
1.2.3 Taxonomie et classification.....	13
1.2.4 Composition chimique	14
1.2.4.1 Eucalyptol	14
1.2.4.2 Les tanins	15
1.2.4.3 Les flavonoïdes.....	16
1.2.5 Activité biologique d' <i>Eucalyptus</i>	16
1.2.5.1 Activité insecticide	16
1.2.5.2 Activité antifongique	16
1.2.5.3 Activité antibactérienne	17
1.2.5.3.1 Spectre d'action	17
1.2.5.3.2 Mécanismes d'action	17
1.2.5.4 Effet synergique.....	17
1.2.6 Activité antioxydante	18
1.2.7 Activité anti biofilm.....	18
1.2.8 Activité anti-inflammatoire	18
1.2.9 Toxicité d' <i>Eucalyptus globulus</i>	19
1.2.9.1 Toxicité de l'huile essentielle (<i>Eucalyptus globulus</i> , principalement)	19
1.2.9.2 Dose toxique aiguë (chez l'adulte).....	19
1.2.9.3 Toxicité chez l'enfant.....	19
1.2.9.4 Toxicité cutanée	19
1.2.9.5 Toxicité respiratoire	19
1.2.10 Interaction médicamenteuse	19
1.3 ARTEMISIA HERBA ALBA	20

1.3.1	Définition.....	20
1.3.2	Description botanique	20
1.3.2.1	Partie aérienne	20
1.3.2.2	Partie souterraine ou racine	21
1.3.3	Taxonomie et classification.....	21
1.3.4	Composition chimique	22
1.3.5	Activités biologiques.....	22
1.3.6	Toxicité	23
1.4	LES COMPOSES PHENOLIQUES.....	24
1.4.1	Généralités	24
1.4.2	Biosynthèse des composés phénolique	25
1.4.2.1	La voie de Shikimate	25
1.4.2.2	La voie des phénylpropanoïdes.....	26
1.4.2.3	La voie de biosynthèse des flavonoïdes	26
1.4.3	Classes des polyphénols	27
1.4.3.1	Flavonoïdes.....	27
1.4.3.1.1	Biodisponibilité des flavonoïdes.....	29
1.4.3.1.2	Propriétés des flavonoïdes.....	29
1.4.3.1.3	Anthocyanosides	30
1.4.3.2	Tannins.....	30
1.4.3.2.1	Tannins hydrolysables.....	30
1.4.3.2.2	Tannins condensés ou tannins catechiques ou proanthocyanidols.....	31
1.4.3.3	Phénols simples et les acides phénoliques	31
1.4.3.3.1	Acide phénols dérivés de l'acide benzoïque	31
1.4.3.4	Acide phénols dérivés de l'acide cinnamique	31
1.4.3.4.1	Phénols simples	32
1.4.3.5	Coumarines	32
1.4.3.6	Quinones.....	32
1.4.3.7	Stilbene	32
1.4.3.8	Lignanés	32
1.4.4	Propriétés biologiques des polyphénols	32
1.4.4.1	Les anthocyanes.....	34
1.4.4.2	Les tanins	34
1.4.4.3	Les coumarines	34
1.4.4.4	Les acides phénols.....	34
1.4.5	La disponibilité biologique des composés phénoliques.....	35
1.4.6	Techniques d'extraction des composés phénoliques.....	35
1.4.6.1	Méthodes conventionnelles	36
1.4.6.1.1	Extraction par macération.....	36
1.4.6.1.2	Extraction par décoction.....	36
1.4.6.1.3	Infusion.....	36
1.4.6.1.4	Extraction par Soxhlet.....	36
1.4.6.2	Nouvelles méthodes	37
1.4.6.2.1	Extraction assistée par micro-ondes.....	37
1.4.6.2.2	Extraction assistée par ultrason (EAU).....	37
1.4.6.2.3	Extraction par fluide supercritique (EFS).....	38
1.4.6.2.4	Extraction par liquide pressurisé (ELP)	39
1.4.6.3	Les avantages et les inconvénients des méthodes d'extraction.....	40
1.4.6.4	Facteurs influant sur la qualité globale d'un extrait.....	42
2.	MATERIEL ET METHODES	
2.1.	PRODUITS CHIMIQUES ET PLANTES UTILISEES	44
2.2	MICROORGANISMES UTILISES.....	44
2.3	PREPARATION DES EXTRAITS PHENOLIQUES	45
2.3.1	Mode d'opération	45
2.3.2	Rendement des extraits.....	48
2.4	DOSAGE DES COMPOSES POLYPHENOLS TOTAUX (TCP) DES EXTRAITS	48
2.4.1	Le principe	48
2.4.2	Le protocole	49
2.5	ACTIVITE ANTIBACTERIENNE.....	51

2.5.1	Etude de l'activité antibactérienne par la méthode de microplaque	51
3.	RESULTATS ET DISCUSSION	
3.1.	RENDEMENT DE TROIS PLANTES	54
3.2.	TENEUR EN COMPOSES PHENOLIQUES DANS LES TROIS EXTRAITS DE PLANTES.....	55
3.2	ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DES EXTRAITS METHANOLIQUES	56
	CONCLUSION ET PERSPECTIVE	
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
	ANNEXE	
	RESUME	

Introduction

L'histoire des plantes médicinales est associée à l'évolution des civilisations. Dans toutes les régions du monde, les plantes médicinales sont considérées comme une source majeure des produits utilisés en médecine alternative **(Tyler, 1999)**. Le traitement par les plantes est reconnu pour sa facilité d'utilisation, son efficacité ainsi que ses bienfaits incontestables. Ainsi, on peut se soigner par les plantes, et mettre au service ses propriétés préventives et curatives. D'après l'organisation mondiale de la santé (OMS), près de 65% de la population a recours à la médecine traditionnelle **(Nunes et al, 2020)**.

De nos jours, nous comprenons de plus en plus, que les principes actifs sont souvent liés aux composés phénoliques des plantes médicinales, qui sont largement utilisés en thérapeutique, comme des agents préventifs, anti-inflammatoires, antimicrobiens, antiseptiques, diurétiques, mais essentiellement comme des antioxydants pour la lutte contre le stress oxydatif.

L'Algérie possède un patrimoine végétal très riche avec 3000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques, reste peu étudié et très peu explorée sur le plan pharmacologique. La valorisation des plantes médicinales de la flore nationale sera d'un grand apport pour l'industrie pharmaceutique Algérienne et aura un impact économique certain.

La résistance aux antibiotiques chez les micro-organismes pathogènes est devenue un problème de santé publique de plus en plus important dans le monde. Les composés antimicrobiens issus des plantes sont capables d'inhiber la croissance bactérienne, en agissant sur des cibles cellulaires différentes de celles visées par les antibiotiques actuellement utilisés tels que les pénicillines, macrolides ou tétracyclines. Ils pourraient également présenter une valeur clinique significative dans le traitement des infections aux souches microbiennes résistantes **(Abedini, 2013)** donc, il est impossible d'éliminer l'utilisation traditionnelle des plantes médicinales malgré le développement des médicaments de synthèse.

L'objectif de notre étude est de tester le pouvoir antibactérien des extraits méthanoliques des feuilles de trois plantes médicinales d'*Eucalyptus globulus*, d'*Artemisia herba-alba* et de *Mentha pulegium*, récoltées de la région ouest de l'Algérie sur des souches bactériennes hospitalières.

1. La Synthèse Bibliographique

1.1. *Menthe pouliot (Mentha pulegium)*

1.1.1 Définition

Mentha pulegium le nom de « pouliot » vient du latin *pulegium*, qui dérive de *pulex* : la puce ; est une plante odorante qui appartient à la famille des Lamiacées, est Très répandue dans le nord de l'Europe, dans la région méditerranéenne et dans l'Asie. (Bouchikhi Tani, 2011 ; Marottim et al., 1994).

C'est une plante fertile dont la descendance semble assez homogène, se distingue des Autres menthes par son port étiré, ses tiges en partie couchées sur le sol, ses fleurs rosées Disposées au long de la tige et des rameaux, et son calice obturé. (Benayad, 2008)

C'est une plante de 10 -30 cm à inflorescence formée de nombreux verticilles denses, feuillés et distants (Bouchikhi Tani, 2011 ; Quezel et al., 1963). Sa saveur est fortement aromatique et son odeur est intense, fraîche et pénétrante. La *menthe* est utilisée dans les produits cosmétiques et dans les préparations culinaires pour aromatiser les sauces, les desserts et les boissons. (Bekhechi, 2008).

La *menthe* est considérée bénéfique pour la santé. (Bouchikhi Tani , 2011).



Figure 1 : Morphologie de *Mentha pulegium* (Bencheikh, 2012 ; Gerenutti, 2014)

1.1.2 Taxonomie et classification

Selon Quezel et Santa (1963) ; (Guignard et Dupont 2004), la classification qu'occupe *Mentha pulegium* L. dans la systématique est la suivante :

Règne : Végétale

Sous-règne : Cormophyte

Embranchement : Phanérogames ou Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Eudicots

Sous-classe : Astéridées

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiacées

Sous- famille : Satureinees

Genre : *Mentha* L.

Espèce : *Mentha pulegium* L.

Mentha pulegium est connue dans le monde sous les noms vernaculaires suivants :

- ❖ **Nom scientifique** : *Menthe pouliot*. (Lahrech, 2010 ; Lemordant et al., 1977).
- ❖ **En arabe** : Fliou. (Bouchikhi Tani, 2011 ; Bellakhdar, 1978).

1.1.3 Description botanique

La famille des lamiacées connue également sous le nom des labiées, comporte environ 258 genres pour 6900 espèces plus ou moins cosmopolites ; mais dont la plus part se concentrent dans le bassin méditerranéen (Botineau, 2010). Le genre *Mentha* comprend 25- 30 espèces présentes dans le monde (Dorman et al., 2003).

Les *Menthes* sont des plantes vivaces, herbacées indigènes et très odorantes appartenant à la famille des labiacées (Jahandiez et Marie, 1934). Elles conservent depuis l'antiquité une infinie diversité d'emplois et occupent une large place dans la thérapeutique (Il Edrissi, 1982).

Mentha pulegium L. est une plante à tiges dressées, Sa saveur est fortement aromatique et son odeur est intense.

1.1.3.1 Tige

Les tiges à section carrée, sont plus ou moins dressées, verdâtres ou grisâtres, très ramifiées.

1.1.3.2 Feuilles

Les feuilles opposées et petites, sont ovales ou oblongues presque entières (légèrement dentelées ou crénelées) et munies d'un court pétiole. C'est une plante glabre de 10 - 30cm à

inflorescences formées de nombreux verticilles denses, feuillés et distants (Quezel et Santa, 1963).

1.1.3.3 Fleur

Les fleurs, qui apparaissent l'été, de Mai à fin Septembre, sont rose lilas, parfois blanches, et sont groupées à l'aisselle des feuilles en glomérules largement espacés le long de la tige (Quezel et Santa, 1963).

1.1.3.4 Calice

Le calice est à cinq dents pileuses, à gorge obstruée de poils à la maturation.

1.1.3.5 Corolle

La corolle est à gorge pileuse, bossée d'un côté à la gorge (Raybaud, 1985).

1.1.4 Origine et distribution

Pouliot (*Mentha pulegium*) est une plante vivace aromatique et sauvage ou plante jardin. C'est une espèce spontanée dans l'ensemble de l'Europe, est trouvée dans des sols humides autour de la méditerranée et à l'ouest de l'Asie (de Chypre au Turkménistan) et au nord de l'Afrique (du Maroc à l'Egypte). En France, cette plante est très répandue jusqu'à 1800m d'altitude. (Bencheikh, 2011)

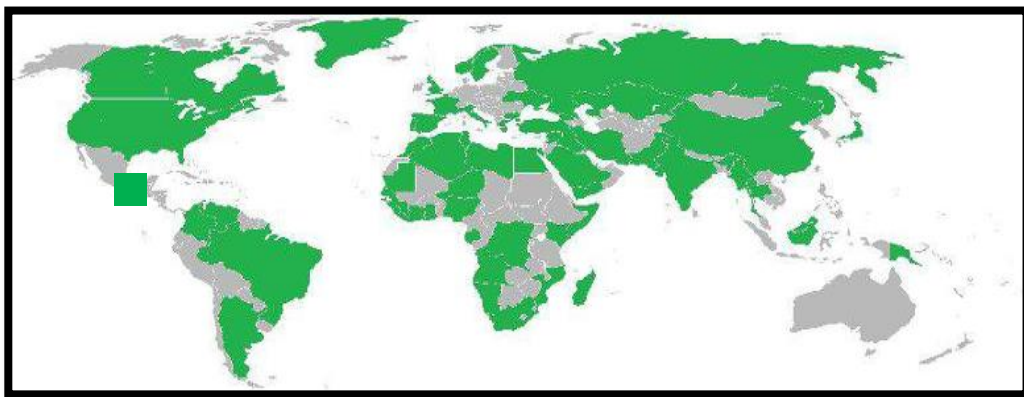


Figure 2 : ■ Aire de répartition de la Menthe par le monde (Tucker et al., 2007).

1.1.5 Utilisation en médecine traditionnelle

Il semble que dans le temps des enceintes elle était méconnue, utilisée uniquement pour former des couronnes qu'ils portaient lors des cérémonies religieuses, par contre les chinois connaissaient ses propriétés calmantes antispasmodiques, Hippocrate la considérait comme excitante alors que Pline à constater son effet antalgique (Kebissi, 2004).

Ingestion (troubles digestif) et insuffisance biliaire : La menthe pouliot combat l'ingestion et rétablit les troubles gastriques comme les crampes et les gaz intestinaux, elle est carminative excellents contre les ballonnements, elle est également cholagogue : efficace contre les brulements d'estomac (stomachique). **(Baba Aissa, 2000).**

Les parties aériennes fleuries de cette plante sont traditionnellement utilisées pour leurs propriétés antimicrobiennes, expectorantes, carminatives et antispasmodiques dans le traitement du rhume, la bronchite, la tuberculose, la sinusite, le choléra, les intoxications alimentaires, les flatulences et les coliques intestinales **(Zargari, 1990 ; Delille, 2007).**

Cette plante a aussi la particularité d'être insecticide puisqu'elle a été déjà utilisée dans ce sens pour faire éloigner les insectes. **(Bremness, 2001).**

En usage externe, la menthe pouliot fraîche est appliquée sur les contusions, les enflures, les engorgements laiteux, les points douloureux des rhumatismes et en compresses contre la névralgie faciale et la migraine **(Hyerisam, 2013).**

La plante entière, s'utilise en inhalation, en infusion ou en décoction dans du lait ou du thé, est conseillé en cas de refroidissements, de rhume, de grippe, de bronchite, de toux et de douleurs abdominales **(Gardès et al., 2003).**

1.1.6 Composition chimique

Les diverses variétés de Menthe montrent des composants relativement identiques. À côté de leur huile essentielle, en grande quantité, on trouve des polyphénols avec des flavonoïdes (diosmine, hespéridine, lutéoline...), des acides phénols dont l'acide rosmarinique et également des triterpènes comme l'acide ursolique et des tétraterpènes avec des caroténoïdes.

La différence entre les différentes variétés de Menthes provient surtout de la composition de l'huile essentielle qu'elles renferment.

Ces huiles essentielles sont assez proches pour la *Menthe poivrée* et la *Menthe* des champs. Elles sont toutes les deux riches en monoterpénols avec essentiellement le menthol. Le menthol est la substance recherchée dans la Menthe. Elles contiennent également des cétones avec la menthone, son dérivé l'isomenthone et la pulégone, et d'autres composants comme des monoterpènes avec le limonène et le bêta-caryophyllène et, en quantité minoritaire, des esters avec l'acétate de menthyle et de l'oxyde 1,8-cinéole dans l'huile essentielle de *Menthe poivrée*.

Tableau 1 : Composition des huiles essentielles extraites de *Mentha pulegium* (en %)
(Bouchikhi Tani, 2011).

Composés	(Lawrence, 1978) Espagne	(Sivropoulou et al., 1995) Grèce	(Beghidja et al., 2007) Jijel (route de Bejaia)	(Bekhechi, 2008) Région de Pierre du chat
α -pinène	0.3	–	0.18	0.3
β -pinène	0.4	–	0.4	0.2
Sabinène	0.3	–	0.14	–
Myrcène	0.1	–	0.12	–
Limonene	0.7	–	1.17	0.7
1,8-cinèole	0.4	–	0.18	0.2
p-cymène	0.2	–	0.04	0.1
isomenthone	8.6	4.5	0.02	0.4
Pipéritone	0.2	1.9	0.3	0.5
Pipériténone	2.5	–	0.28	3.9
Menthone	16	1.0	0.6	10.9
Pulégone	79.4	44.7	87.3	75.8

1.1.6.1 Principes chimiques

La *Menthe pouliot* contient une huile essentielle. C'est un liquide rouge jaunâtre, d'odeurs très fortes, solubles dans l'alcool, composées de 75 à 80 % de pulégone liquide incolore d'odeur aromatique et de menthol de limonène lévogyre de dipentène, la menthe pouliot contient également du tanin, des matières celluloses et pectiques, du sucre etc. **(Beloued, 1998)**. L'huile essentielle de *Mentha pulegium* est caractérisée par la prépondérance de la pulégone 70 – 90 % accompagnée d'autres cétones mono terpéniques : Isomenthone, Méthone, Piperténone. **(Bremness, 2001)**.

1.1.7 Propriétés et emplois

Cette espèce est une plante à propriétés antispasmodiques et toniques. Elle stimule le système nerveux à faible dose et à forte dose elle devient convulsivante.

La *Menthe pouliot* figure parmi les plantes les plus communément utilisées en médecine traditionnelle. Elle stimule les sécrétions gastriques, réduit les flatulences et les coliques, et combat les fermentations. C'est l'une des meilleures boissons digestives, bénéfiques en particulier à ceux qui souffrent d'insuffisance hépatique, et élimine les vers intestinaux. Elle fait baisser la fièvre, favorise la sécrétion des muqueuses et constitue un bon remède contre maux de tête et les infections respiratoires bénignes. En infusion, la menthe pouliot apaise les démangeaisons et la sensation de picotement, les inflammations cutanées, tel l'eczéma, et le rhumatisme et la goutte. En plus elle est utilisée contre les maladies des yeux (éclaircir la vue), et contre les taches de rousseur. **(Talahagcha et Kassa, 2008).**

Cette plante a un pouvoir insecticide, elle lutte contre les poux, les moustiques et les puces. Elle protège, rafraichit et nettoie la peau (lorsqu'elle est ajoutée à l'eau du bain) **(Guy, 2005).**

Les feuilles de la menthe pouliot confites ou séchées sont particulièrement appropriées pour parfumer et décorer les plats, les sauces et les soupes, Elle est aussi utilisée pour préparer les tisanes. Le pouliot est surtout employé pour parfumer les savons, les détergents, ainsi que les dentifrices. **(Boukenna et Bouzidi, 2007)**

1.1.8 Activités biologiques de *Menthe pouliot*

Spécifiquement la *Menthe pouliot* constitue un des principaux moyens de lutte contre la vermine **(Leclerc, 1976)**. On en met dans les niches ou paniers des chiens, près des réserves à gains, de salaison et de fromages car l'odeur déplaît aux puces et aux petits rongeurs. On en brûle dans les locaux infestés par les puces, et on l'utilise aussi sous forme de lotion, sur le pelage des animaux domestiques pour les débarrasser de ces nuisibles parasites **(Baba Aissa, 2000)**. Son huile essentielle diffusée une pièce éloigne de nombreuses parasites et insectes piqueurs **(Le Comte, 1972)**.

Cette plante purifie l'eau dans les pays arabes. L'eau devient plus ou moins fraîche car elle est conservée dans des jarres parfois pendant plusieurs jours après avoir introduit une poignée de feuilles de menthe pour enrayer le développement des bactéries, en plus de rendre l'eau plus désaltérante **(Noudin et Grumbach, 2000)**.

Menthe pouliot (en huile essentielle ou en teinture). Il est important de souligner qu'il ne faut jamais utiliser son huile essentielle ni sa teinture par voie interne **(Nogaret Ehrhart, 2003)**.

L'huile essentielle extraite de parties aériennes de *Mentha pulegium* L. possède un excellent pouvoir antifongique **(Amalich, 2016)**.

Ainsi, par ces propriétés, l'huile essentielle pourrait donc servir d'agent conservateur des denrées alimentaires. Dans ce contexte, de nombreuses études ont montré que les extraits de certaines plantes aromatiques ont une action inhibitrice sur la croissance et la toxigenèse de plusieurs bactéries et champignons responsables des altérations alimentaires (**Bhaskara et al., 1997 ; Nielsen et Rios, 2000 ; Amarti et al., 2010**). **Sivropoulou et al., (1995)**, ont étudié le pouvoir antimicrobien des produits naturels de cette espèce, par la méthode de diffusion sur disques, contre *E.coli*, *P.aeruginosa*, *S.aureus*. Ils ont prouvé une faible activité contre l'ensemble des souches testées. De même, (**Daferera et al. 2003**), ont confirmé également une faible activité antifongique de l'huile essentielle de cette même plante. Aussi, (**Teixeira Duarte et al., 2005**), ont déterminé le pouvoir antifongique de cette huile contre *C. albicans* qui se révèle moyennement sensible. Cette huile essentielle manifeste donc des activités antibactériennes et antioxydantes.

1.1.9 La toxicité

L'emploi des parties aériennes de la *Menthe pouliot* en qualité de condiment et aux doses usuelles, ne présente aucun risque de toxicité ni aigue, ni chronique. (**Anton, 2005**).

L'huile essentielle se compose de 62 à 97 % de pulégone (**Grundschober, 1979**) et est consommée depuis des siècles par l'être humain, principalement pour ses prétendues propriétés abortives (**Gunby, 1979**), bien que son efficacité, du moins sans causer de graves effets toxiques, soit remise en question (**Centers for Disease Control, 1978**). Dans plusieurs cas, l'ingestion de plus de 10 ml d'huile de *menthe pouliot* a entraîné une toxicité allant de modérée à grave, et l'ingestion de plus de 15 ml (environ 250 mg/kg de poids corporel pour une femme de 60 kg) a entraîné la mort (**Anderson et al., 1996**). L'ingestion de fortes doses d'huile de menthe pouliot par l'être humain entraîne une nécrose Centro lobulaire massive, un œdème pulmonaire, des hémorragies internes et une perte de poids (**Sullivan et al., 1979**). Ces effets ont été attribués à la teneur en pulégone présente dans l'huile ; des effets similaires ont été causés par une injection intrapéritonéale soit d'huile de menthe pouliot, soit de pulégone chez les souris (**Gordon et al., 1982**). Dans un seul cas d'empoisonnement mortel, le sang du patient à l'autopsie contenait à la fois de la pulégone (18 ng/mL) et du menthofurane, une substance toxique apparentée (1 ng/mL) (**Anderson et al., 1996**).

L'huile essentielle est hépatotoxique à cause de sa teneur en pulégone. Des intoxications ont en effet été observées après ingestion de 5 g d'essence et des cas mortel sont signalés après absorption de 30 mL.

25 mL d'huile essentielle de *Menthe pouliot* provoquent une nécrose hépatocellulaire, une atteinte rénale et pulmonaire due à la pulégone et à son métabolite toxique.

1.2 *Eucalyptus globulus*

1.2.1 Définition

L'Eucalyptus est l'un des divers genres de plantes à fleurs dans le monde, appartenant à la famille des Myrtacées. Le mot « Eucalyptus » vient du grec « eu » c'est-à-dire bon et le mot « kalypto » signifie couvrir. Appelé aussi Gommier bleu de Tasmanie, Arbre au koala, Arbre à la fièvre (**Lobstein et al., 2018**).

Originaires d'Australie et de Tasmanie, les eucalyptus se sont bien acclimatés dans un grand nombre de pays du pourtour méditerranéen (**Bhar et Balouk, 2011**).

L'Eucalyptus fournit la nourriture exclusive du koala, un de leurs animaux fétiches. Mais il est par ailleurs utilisé depuis des milliers d'années, pour de nombreux usages, dont des usages médicaux (**Bhar et Balouk, 2011**).

Les espèces les plus connues sont : *Eucalyptus camaldulensis* ; *Eucalyptus citriodora* ; *Eucalyptus cordata* ; *Eucalyptus deglupta* ; *Eucalyptus globulus* ; *Eucalyptus gundal* ; *Eucalyptus gunnii* ; *ucalyptus pauciflora* ; *Eucalyptus radiata* ; *Eucalyptus regnans* ; *Eucalyptus sideroxylon* ; *Eucalyptus smithii*. (**Tom, 2011**).



Figure 3 : Photographie de *L'eucalyptus*

1.2.2 Description botanique de l'*Eucalyptus*

Eucalyptus globulus est un arbre aromatique et médicinal, mesure 30 à 60 mètres de haut mais dans des conditions favorables, il peut parfois atteindre 100 mètres.

Le plus grand spécimen actuellement connu en Tasmanie mesure 90,7 m jusqu'à 200 cm de diamètre.

Le gommier bleu possède un système racinaire profond et étalé (**Raho et al., 2017 ; Lobstein et al., 2018**).

1.2.2.1 Racines

Le système racinaire comprend deux parties :

Un pivot central important s'enfonçant jusqu'à 2,20 m et mesurant à 80 cm de profondeur, 35 cm de diamètre (**Giordano, 1968**).

Une grande concentration de racines à la base du tronc d'où partent 8 racines latérales. Dans les 40 premiers centimètres du sol, se trouve un réseau latéral dense avec un maximum de racines en surface (**Bisset et Shaw 1964 ; Jacob 1955**).

1.2.2.2 L'écorce

L'écorce est de couleur et de texture variable selon les espèces. Souvent elle présente plusieurs couleurs, comme un platane, et se détache en lambeaux qui tombent au sol, mais l'écorce peut être aussi dure, fibreuse, floconneuse et lisse (**Giordano 1968**).

1.2.2.3 Les fleurs

Bisexuées, régulières, blanchâtres, pédicelle jusqu'à 8 mm de long, boutons floraux en forme de sommet, visibles au printemps, naissent à l'aisselle des feuilles. (**Raho et al., 2017 ; Lobstein et al., 2018**).

1.2.2.4 Feuille

Les Eucalyptus portent des feuilles persistantes, glabres mais différentes en fonction de l'âge des rameaux :

Les jeunes rameaux possèdent des feuilles larges, courtes, avec un vrai limbe nervure (vignette).

Les rameaux plus âgés possèdent des feuilles aromatiques, épaisses, vert foncé, courtement pétiolées (**Goetz, 2008**).

1.2.2.5 Fruits

Les fruits à maturité ont la forme d'un cône, ils sont secs, et de couleur brune.

Les fruits ligneux mesurent de 1,5 à 2,5 cm de diamètre ont une capsule très dure (**Goetz, 2008**).

1.2.2.6 Graine

Les graines sont à placentation axile, et en grand nombre. Elles sont petites, dépourvues d'endosperme. Elles sont fertiles ou stériles (Taillotte, 1872).

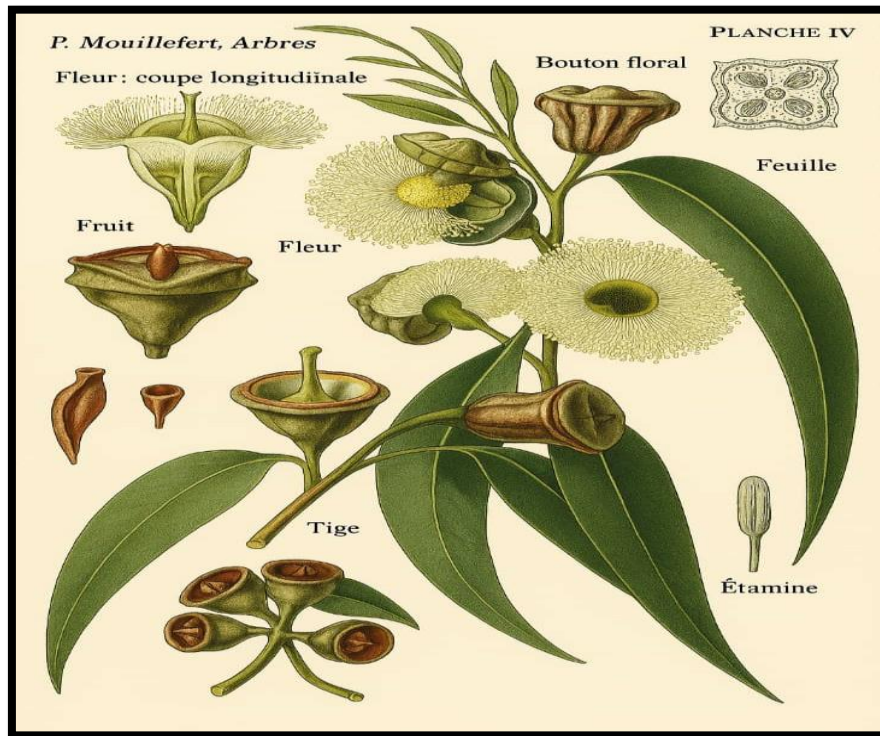


Figure 4 : Illustration montre la description botanique d'*Eucalyptus*

1.2.3 Taxonomie et classification

La classification d'*Eucalyptus globulus* selon Ghedira, (2008) est donnée par la classification suivante :

Règne : *Plantae*

Sous Règne : *Trachaobionta*

Embranchement : *Phanérogames*

Classe : *Magnoliopsida*

Sous Classe : *Roside*

Ordre : *Myrtales*

Famille : *Myrtacees*

Genre : *Eucalyptus*

Espèce : *Eucalyptus globulus*

Eucalyptus globulus est connu dans le monde sous les noms vernaculaires suivants :

- ❖ **Nom scientifique :** *Eucalyptus*
- ❖ **En arabe :** Calibtus, calitous.

1.2.4 Composition chimique

Il existe plusieurs variétés d'eucalyptus, et toutes ne possèdent pas les mêmes composants. Cependant, il y a certains composants qui sont présents dans la majorité des cas, et ceux-ci sont bien souvent ceux qui sont à l'origine des bienfaits thérapeutiques que l'on attribue à *l'eucalyptus*.

Parmi ces composés, le 1,8-cinéole ou eucalyptol (70 à 80 %) est sans doute le plus connu, car il est un expectorant, peut soulager la toux et lutter contre les problèmes des voies respiratoires.

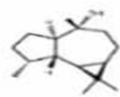
Les autres constituants de cette HE sont très divers, nombreux et minoritaires. Pinène, limonène, et au moins 250 autres composés, dont citronellal, cryptone, pipéritone, viendront étoffer la liste des nombreux composés aux vertus médicinales de l'eucalyptus.

Les feuilles renferment du tanin, un pigment flavonoïde, eucalyptine, des huiles essentielles, balsamique contenant surtout du cinéol ou eucalyptol et une résine amère (**Beloned, 2009**).

Dans la littérature, la teneur en HE de la feuille séchée d'*eucalyptus* (principalement *E. globulus*) varie entre 0,5 et 3,5%, l'eucalyptol (1-8 cinéole) est le constituant majoritaire (60 à 80%), on trouve aussi d'autres composés terpéniques, phénoliques (des tanins), des flavonoïdes et de la cire.

1.2.4.1 Eucalyptol

Tableau 2 : Les principaux composants

Mono terpènes -Limonène	Oxyde terpénique -1 ,8-cinéole	Mono terpinols -alpha-terpinéol	Sesquiterpènes -Globulol
			

L'eucalyptol 1,8-cinéol est un composé naturel organique incolore. C'est un éther cyclique et un mono terpène. Les propriétés médicinales de l'eucalyptus sont surtout attribuables à l'eucalyptol (1,8-cinéole) que renferment ses feuilles. Pour que l'huile essentielle ou extrait soit efficace, il faut qu'elle renferme 70% à 85% de cette substance m

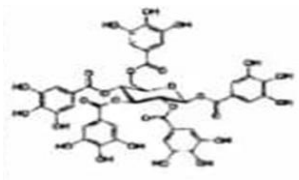
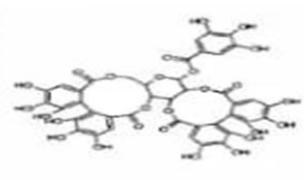
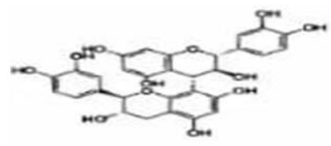
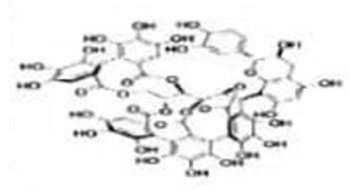
1.2.4.2 Les tanins

Les tanins sont des substances naturelles phénoliques. Ce sont des métabolites secondaires très répandue dans le bois, l'écorce, les feuilles, les fruits, les graines et/ou les racines de nombreux végétaux. Ils jouent le rôle d'armes chimiques défensives contre certains parasites. Ils favorisent la régénération des tissus et la régulation de la circulation veineuse, tonifient la peau dans le cas des rides.

Deux groupes de tanins différents sont distingués : les tanins hydrolysables et les tanins non hydrolysables.

- Les tanins hydrolysables sont des esters du glucose et d'acides phénols.
- Les tanins non hydrolysables sont des polymères de flavonols (catéchols) et de pro anthocyanidols.

Tableau 3 : Les différents groupes de tanins.

	Les tannins gallique	Les tannins ellagiques
Tannins hydrolysables		
Tannin non hydrolysables	Procyanidin B3 	Acutissime A 

1.2.4.3 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes désignent une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols, ils sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. Ils existent le plus souvent à l'état naturel sous forme d'hétérosides.

-La classe des flavonoïdes comporte à elle seule plus de 4000 substances qui ont été isolées et identifiées à partir des milliers de plante. (Antioxydant naturel).

1.2.5 Activité biologique d'*Eucalyptus*

1.2.5.1 Activité insecticide

Batish et al (2008) La présence de 1,8-cinéole dans l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* va lui conférer des propriétés répulsives et insecticides. On pourra l'utiliser par exemple en diffusion pour éloigner les moustiques en été (bien qu'on lui préfère *Eucalyptus citriodora* qui est beaucoup plus efficace pour cette indication).

Dans une autre étude, ont travaillé sur l'activité insecticide d'huile *Eucalyptus* a été évaluée contre les larves et les pupes de la mouche domestique. La Concentration létale, LC50, se situe entre 2,73 et 0,60 l/cm² pour différents jours d'observation tandis que le temps létal, LT50, varie entre 6,0 et 1,7 jours. Les larves traitées à l'huile ont montré un rétrécissement de la surface, une prolifération des cellules épineuses et la formation de bulles au microscope électronique à balayage (MEB). L'activité considérable de l'huile d'*E.globulus* contre les larves et les pupes de la mouche domestique démontre sa potentialité comme option viable pour le développement d'un produit écologique pour le contrôle de la mouche domestique (**Kumar et al., 2012**).

- Très efficace contre les moustiques, mouches, tiques et autres insectes.
- Utilisé dans la fabrication de répulsifs naturels.

1.2.5.2 Activité antifongique

Vilela et al. (2009), ont travaillé suractivité antifongique d'HE de feuilles *Eucalyptus* son composé majeur 1,8-cinéole, inhibition complète de la croissance fongique des deux espèces a été obtenue avec l'huile essentielle par les essais de contact et volatils. L'exposition aux volatiles a montré une inhibition totale au niveau le plus bas testé, **Mekonnen et al., (2016)**, ont étudié l'activité antifongique in vitro de l'huile essentielle de plante d'*E.globulus* contre des champignons. Les études ont été réalisées en utilisant la méthode de diffusion en gélose pour sélectionner l'huile essentielle et la dilution en gélose pour déterminer la concentration

minimale inhibitrice d'huile essentielle. Le résultat de Cette étude a révélé que l'huile essentielle d'*E.globulus* était active contre certains champignons.

1.2.5.3 Activité antibactérienne

1.2.5.3.1 Spectre d'action

Les huiles essentielles d'eucalyptus ont montré une efficacité contre une large gamme de bactéries, notamment : Bactéries Gram-positive ; Bactéries Gram-négative.

Les bactéries Gram-positives sont généralement plus sensibles à l'huile essentielle d'eucalyptus, car leur paroi cellulaire est plus facilement pénétrable par les composés lipophiles comme le 1,8-cinéole.

Eucalyptus globulus est largement reconnu pour ses propriétés antibactériennes puissantes, principalement grâce à la présence de 1,8-cinéole (eucalyptol), un composé majeur de son huile essentielle. D'autres composants comme l'alpha-pinène, le limonène et le camphène jouent également un rôle important dans cette activité.

1.2.5.3.2 Mécanismes d'action

L'huile essentielle agit à plusieurs niveaux pour inhiber ou tuer les bactéries :

Perturbation de la membrane cellulaire :

Les composants volatils altèrent la perméabilité de la membrane bactérienne, provoquant une fuite des constituants cellulaires (ions, protéines, etc.).

Inhibition des enzymes bactériennes :

Certains composés inhibent les enzymes essentielles au métabolisme bactérien.

1.2.5.4 Effet synergique

L'action combinée de plusieurs molécules dans l'huile renforce l'effet antibactérien, notamment lorsqu'elles sont utilisées avec des antibiotiques (effet additif ou synergique).

Fisher & Phillips (2008) : ont montré que l'huile essentielle d'eucalyptus inhibe fortement la croissance de *Listeria monocytogenes* à des concentrations faibles (MIC : 0.1-0.3%).

Elaissi et al., (2012) : ont étudié 18 huiles d'*eucalyptus* et ont observé une forte activité contre *Staphylococcus aureus* et *E. coli*, avec des valeurs de concentration minimale inhibitrice (CMI) entre 0,5 à 2 mg/mL.

Lahlou (2004) : a démontré que le 1,8-cinéole peut désorganiser la membrane cytoplasmique des bactéries, en particulier chez *P. aeruginosa*.

1.2.6 Activité antioxydante

Le pouvoir antioxydant de ces HE est développé comme substitut dans la conservation alimentaire. Ce sont surtout les phénols et les poly phénols qui sont responsables de ce pouvoir (**Richard et al., 1992**). Un antioxydant est défini comme étant toute substance qui peut retarder ou empêcher l'oxydation des substrats biologiques (**Boyd et al., 2003**). Ce sont des composés capables de minimiser efficacement les rancissements, retarder la peroxydation lipidique, sans effet sur les propriétés sensorielle et nutritionnelle du produit alimentaire. Ils permettent le maintien de la qualité et d'augmenter la durée de conservation du produit. L'activité antioxydante peut être primaire ou préventive (indirecte). Les composés qui ont une activité primaire sont capables de donner des électrons à l'oxygène radicalaire afin qu'ils puissent le piéger, empêchant ainsi la destruction des structures biologiques. Ils peuvent agir comme agents réducteurs capables de passer leurs électrons aux Réactifs oxygènes espèces (ROS) et les éliminer (**Kohen et al., 2002**).

1.2.7 Activité anti biofilm

Coswig Goldbeck et al., (2014), ont travaillé sur l'activité anti biofilm d'huile essentielle d'*E.globulus* contre les cellules du biofilm de *S. mutans* en utilisant l'essai de diffusion en gélose et en déterminant le degré de toxicité de cette huile. L'effet synergique des huiles combinées a également été testé (1:1). Les films d'amidon biodégradable ont été préparés, et leur bio activité a été testée en utilisant la technique de macro dilution. Cette huile essentielle étaient active contre *S. mutans*, et elle présentait des zones d'inhibition d'un diamètre compris entre $14,7 \pm 1,2$ mm et $35,3 \pm 0,34$ mm. *E. globulus* a donné les meilleurs résultats ne nécessitant que 15 min de contact pour provoquer la mort des microorganismes.

1.2.8 Activité anti-inflammatoire

Les constituants aromatiques de l'huile sont utilisés comme remèdes analgésiques, anti-inflammatoires et antipyrétiques (**Silva et al., 2003 ; Juergens et al., 2003**).

ont examiné le rôle de l'eucalyptol comme inhibiteur de la production et de la synthèse du facteur de nécrose tumorale- α , l'interleukine- 1β , le leucotriène B₄ et le thromboxane B₂ dans les monocytes du sang humain, suggérant que l'eucalyptol est un puissant inhibiteur de cytokines qui pourrait convenir au traitement à long terme de l'inflammation des voies

respiratoires dans l'asthme bronchique et d'autres troubles sensibles aux stéroïdes (**Juergens et al.,1998**).

De plus, dans un essai en double aveugle contrôlé par placebo, l'anti inflammatoire l'activité de l'eucalyptol a été évaluée chez des patients asthmatiques sévères suggérant l'efficacité de cette molécule et une nouvelle rationnel pour son utilisation comme agent mucolytique dans les maladies des voies aériennes supérieures et inférieures (**Juergens et al.,2003**).Ces résultats devraient aider à clarifier applications fonctionnelles pour l'avenir de la plante d'eucalyptus et de ses HE dans les traitements anti-inflammatoires.

1.2.9 Toxicité d'*Eucalyptus globulus*

La liste complète des toxicités connues du plant *d'eucalyptus*, en particulier liées à son huile essentielle et à une consommation inappropriée :

1.2.9.1 Toxicité de l'huile essentielle (*Eucalyptus globulus*, principalement)

Composant principal toxique : 1,8-cinéole à forte dose.

1.2.9.2 Dose toxique aiguë (chez l'adulte)

À partir de 3,5 ml d'huile essentielle (en ingestion), des effets graves peuvent apparaître.

Effets secondaires possibles, Nausées, vomissements, Douleurs abdominales, Étourdissements, somnolence, Difficultés respiratoires, Convulsions (en cas de surdosage), Coma (rare mais possible chez l'enfant).

1.2.9.3 Toxicité chez l'enfant

-Très sensible à l'huile essentielle, même à faibles doses, Une dose de 1 mL peut entraîner des symptômes graves, Ne jamais administrer par voie orale sans avis médical.

1.2.9.4 Toxicité cutanée

Irritation possible de la peau et des muqueuses, surtout à l'état pur, Risque de réactions allergiques (eczéma de contact).

1.2.9.5 Toxicité respiratoire

Inhalation excessive (diffuseurs, vapeur) peut causer, Irritation des voies respiratoires, Bronchospasme (surtout chez les asthmatiques). Gêne respiratoire chez les jeunes enfants.

1.2.10 Interaction médicamenteuse

Peut interagir avec certains médicaments (notamment ceux métabolisés par le foie, car l'eucalyptol est un inducteur enzymatique hépatique).

1.3 *Artemisia herba alba*

1.3.1 Définition

Le genre *Artemisia* (famille des Asteraceae) comprend un nombre variable d'espèce (de 200 à 400) localisées à travers le monde. L'armoïse blanche connue sous le nom de d'absinthe du désert (en arabe : Chih).



Figure 5 : Plante d'*Artemisia herba-alba*. (Cliché, Romane;Djamai, 2021).

Artemisia herba alba est un arbuste nain vivace verdâtre-argente poussant dans les climats arides et semi arides et dans les steppes, Il se rencontre dans la région méditerranéenne en Afrique du nord, en Espagne et dans les déserts de la péninsule du Sinaï. Au Moyen-Orient dans l'Himalaya du nord-ouest et en Inde (Mounir et al., 2015).

En Algérie, il existe 4 espèces du genre *Artemisia*, et parmi les espèces les plus importantes on trouve *Artemisia herba-alba*, qui est essentiellement une plante fourragère très appréciée par les pâturages d'hiver et qui a une valeur dans les domaines de la médecine et de la pharmacologie.

1.3.2 Description botanique

L'espèce d'*Artemisia herba alba* est une plante herbacée, vivace, de couleur verdâtre-argenté, de 30 - 60 cm de long (Chaabna, 2014).

1.3.2.1 Partie aérienne

Les tiges sont rigides et dressées, très feuillées avec une couche épaisse, la touffe des tiges est plus importante selon la pluviométrie.

Les feuilles sont petites, sessiles, pubescentes et à aspect argenté, divisées en languettes fines, blanches et laineuses (Lamari, 2018).

Les fleurs sont groupées en grappes, à capitules très petites et ovoïdes de 1,5 à 3 mm de diamètre, de couleur jaune à rougeâtre (**Bezza et al., 2010**).

1.3.2.2 Partie souterraine ou racine

Elle se présente sous forme d'une racine principale, ligneuse et épaisse, bien distincte des racines secondaires et qui s'enfonce dans le sol tel un pivot. La racine pénètre profondément jusqu'à 40 à 50 cm et ne se ramifie qu'à cette profondeur (**Bechiri et Tahar, 2018**).

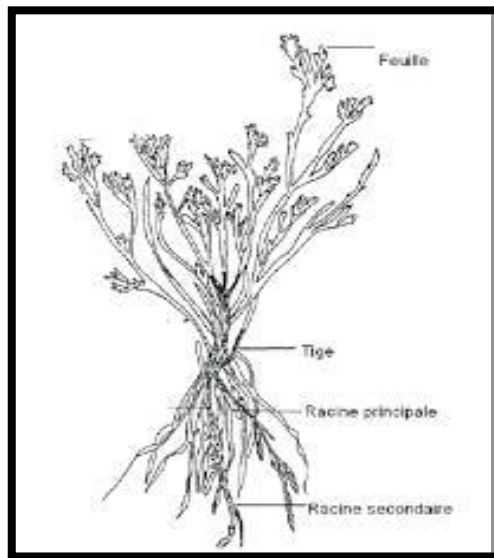


Figure 6 : Morphologie générale d'*Artemisia*. (**Eloukili, 2013**).

1.3.3 Taxonomie et classification

La taxonomie de la plante *Artemisia herba-alba* selon (**Valles et al., 2001**). Est donnée par la classification suivante :

Règne : Plantae

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Asterales

Famille : Asteraceae

Sous- famille : Asteroideae

Genre : *Artemisia L*

Espèce : *Artemisia herba alba*.

1.3.4 Composition chimique

La plante présente un taux de cellulose beaucoup moins élevé que ne laisse préjuger son aspect (17 à 33%). la matière sèche (MS) apporte entre 6 et 11% de matière protéique brute dont 72% est constituée d'acides aminés. Le taux de β -carotène varie entre 1,3 et 7 mg/kg selon la saison (**Fenardji et al 1974**). la valeur énergétique de l'armoise herbe blanche, très faible en hiver (0,2 à 0,4 UF/ kg ms), augmente rapidement au printemps (0,92UF/ kg ms). En automne, les pluies de septembre provoquent une nouvelle période de croissance et la valeur énergétique augmente de nouveau (0,8 UF/kg ms). (**Aidoud et al., 2016**).

1.3.5 Activités biologiques

L'*Artemisia herba alba* est très utilisée en médecine traditionnelle, Elle est utilisée pour traiter les troubles inflammatoires (rhume, toux, bronchite, diarrhée), les maladies infectieuses (maladies de la peau, gale, syphilis) et autres (diabète, névralgies), (**Abu-Darwish et al., 2015**).

Et lors d'un désordre gastrique tel que la diarrhée et les douleurs abdominales. Elle est aussi utilisée en tant que remède de l'inflammation du tractus gastro-intestinal (**Gharabi et al., 2008**).

L'*Artemisia herba alba* est utilisé dans le traitement du diabète Sucré (**Twaij et Al-Badr, 1998**).

Plusieurs études scientifiques ont également prouvées l'efficacité de l'armoise blanche en tant qu'agent antidiabétique, antiparasitaire, antibactérien, antiviral, antioxydant,

Anti malarien, antipyrétique, antispasmodique et antihémorragique (**Boudjelal, 2013**).

D'autres études réalisées sur certaines plantes médicinales algériennes, y compris *A. herba alba*, montrent que ces plantes possèdent une forte activité antioxydante et une teneur élevée en composés phénoliques plus importante que les plantes alimentaires courantes. Il a été également noté dans ces études, que ces plantes algériennes ont été également notées dans ces études, que ces plantes algériennes sont de forts piègeurs des radicaux libres et peuvent être considérés comme une bonne source d'antioxydants naturels à des fins médicinales et commerciale (**Mansour, 2015**).

L'armoise (Chih) est connue en Algérie comme un remède très populaire auquel on a souvent recours pour faciliter la digestion, calmer les douleurs abdominales et certains, Malaises du foie.

Ses racines sont indiquées contre certains troubles nerveux (**Baba Aissa, 2000**). L'extrait de cette plante est potentiellement efficace contre les plaques et les caries et peut être utilisé dans

les pâtes dentifrices ou bain de bouche (**Mohammed et al., 2018 ; Régammi et al., 2019**) ont montré les effets thérapeutiques de l'extrait aqueux de l'*Artemisia herba alba* contre la résistance à l'insuline induite par le fructose, la dyslipidémie athérogène, la stéatose hépatique et le stress oxydatif chez les rongeurs ayant un syndrome métabolique. Aussi cet extrait réduit la génération des radicaux libres par l'alloxane, potentialise le système de défense antioxydant et atténue la sensibilité rénale au stress oxydatif (**Sekiou et al., 2021**).

1.3.6 Toxicité

L'armoise blanche est peu broutée au printemps, elle est comme légèrement toxique à cette époque.

L'armoise à forte dose est abortive, neurotoxique et hémorragique la tuyone constitue la substance toxique et bioactive dans l'armoise et sa forme la plus toxique est l'alpha-tuyone.

Elle a des effets convulsivantes (**Aidoud, 1983**).

Elle est Interdite aux femmes enceintes car elle est toxique à dose élevée on doit respecter les doses. Son pollen provoque des diarrhées. (**Hatier, 1989**).

1.4 Les composés phénoliques

1.4.1 Généralités

Les composés phénoliques, ou polyphénols sont des phyto micronutriments synthétisés par les végétaux et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire. Ils participent à la défense des plantes contre les agressions environnementales (**Gee et Johnson, 2001**). Ces molécules jouent un rôle majeur au niveau de la croissance des végétaux et dans la lutte contre des agents pathogènes et des infections. La couleur des fruits, des fleurs et des feuilles est une des caractéristiques d'une sous-classe des flavonoïdes (**El Gharras, 2009**).

Les polyphénols, qui forment une immense famille de plus de 8000 composés naturels, sont divisés en plusieurs catégories : les flavonoïdes qui représentent plus de la moitié des polyphénols ; les tanins qui sont des produits de la polymérisation des flavonoïdes ; les acides phénoliques, les coumarines, les lignanes et d'autres classes existent en nombres considérables (**Dacosta, 2003**).

De nombreuses études sont en faveur d'un impact positif de leur consommation sur la santé.

En effet, les polyphénols pourraient permettre de prévenir de nombreuses pathologies comme le cancer (**Brown et al., 1999**), les maladies dégénératives et cardio-vasculaires (**Paganga et al., 1999**). Un encouragement à la consommation d'aliments d'origine végétale riches en composés phénoliques constitue désormais une des principales recommandations en santé publique. Parmi les antioxydants végétaux, les composés phénoliques apparaissent parmi les plus efficaces quant à leurs effets protecteurs dans l'organisme (**Gee et Johnson, 2001**).

L'élément structural fondamental qui caractérise les composés phénoliques est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupement hydroxyle ainsi que des groupes fonctionnels (ester, méthyle ester, glycoside...) (**Bruneton, 1999**). Les composés phénoliques sont commodément classés selon le nombre d'atomes de carbone dans le squelette de base (**Dacosta, 2003**).

Ils sont divisés en plusieurs catégories: anthocyanes, coumarines, lignanes, flavonoïdes, tannins, quinones, acides phénols, xanthones et autres phloroglucinols où les flavonoïdes représentent le groupe le plus commun et largement distribué (**Figure 7**). La grande diversité structurale des composés phénoliques rend difficile une présentation globale des méthodes qui permettent leur extraction et leur isolement, des processus mis en jeu au cours de leur biosynthèse, de leurs propriétés physico-chimiques et biologiques (**Bruneton, 1993**).

Les polyphénols sont présents partout dans les racines, les tiges, les fleurs, les feuilles de tous les végétaux. Les principales sources alimentaires sont les fruits et légumes, les boissons (vin rouge, thé, café, jus de fruits), les céréales, les graines oléagineuses et les légumes secs. Les fruits et légumes contribuent environ pour moitié à notre apport en polyphénols, les boissons telles que jus de fruits et surtout café, thé ou vin apportant le reste (**Middleton et al., 2000**).

Les recherches des dix à quinze dernières années ont démontré que les composés phénoliques ne sont nullement des produits inertes du métabolisme. Ils subissent dans les tissus végétaux d'importantes variations quantitatives et qualitatives et interviennent dans de processus vitaux les plus divers. Le mode de leur action et sa signification physiologique ne sont pas encore toujours claires. Un rôle important est attribué aux phénols dans la résistance des plantes aux maladies, comme c'est le cas de la résistance du cotonnier à la maladie de flétrissement, la verticilliose. Le phénomène d'accumulation des substances phénoliques dans les tissus végétaux infectés ou dans les zones proximales est également observé à la suite de blessures causées par des facteurs mécaniques (**Brzozowska et al., 1973**) et dans le cas de carence en certains éléments minéraux comme l'azote et le soufre (**Loche, 1966**).

Des travaux plus anciens **Nitsch et Nitsch, (1961)** ; **Alibert et al., (1977)** ont montré que les polyphénols sont aussi connus pour leurs effets protecteurs contre le rayonnement UV, l'effet attracteur sur les insectes et les oiseaux pollinisateurs et pour ces propriétés antifongique et antibactérienne (**Heimeur et al., 2004**). Ils interviennent dans la qualité alimentaire des fruits. En déterminant la saveur, nous citons : les flavanones sont responsables de l'amertume des Cistus et peuvent donner naissance par transformation chimique à des dihydrochalcones à saveur sucrée (**Dubois et al., 1977**), les anthocyanes, composés de couleur rouge à violet, participent à la coloration des fruits mûrs et les tannins sont à l'origine de la sensation d'astringence des fruits non mûrs.

A partir des années quatre-vingt, c'est la découverte du rôle des radicaux libres dans les processus pathologiques qui a relancé l'intérêt des polyphénols en particulier les flavonoïdes dont les propriétés antioxydantes sont très marquées.

1.4.2 Biosynthèse des composés phénolique

1.4.2.1 La voie de Shikimate

C'est souvent la voie de biosynthèse des composés aromatiques, elle joue un rôle critique pour contrôler le métabolisme de la voie de phénylpropanoïde (**Yao et al., 1995**).

1.4.2.2 La voie des phénylpropanoïdes

La voie de phénylpropanoïde commence par la phénylalanine (Phe) qui fournit en plus des principaux acides phénoliques simples, coumarines, iso flavonoïdes, flavonoïdes, acide salicylique, des précurseurs de lignine, qui est quantitativement le second bi polymère le plus important après la cellulose.

1.4.2.3 La voie de biosynthèse des flavonoïdes

Tous les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune et, de ce fait, possèdent le même élément structural de base, L'étape clé de la formation des flavonoïdes est la condensation, catalysée par la chalcone synthase, d'une unité phényle proanoïde avec trois unités malonyl-CoA. Cette chalcone est l'intermédiaire caractéristique de la synthèse des divers flavonoïdes (Bruneton, 1999).

L'origine biosynthétique des composés phénoliques des végétaux est proche, tous dérivant de l'acide shikimique (Figure 7). Cette voie shikimate conduit à la formation des oses aux acides aminés aromatiques (phénylalanine et tyrosine) puis par désamination de ces derniers, aux acides cinnamiques et à leurs très nombreux dérivés acide benzoïques, acétophénones, lignanes et lignines, coumarines (Bruneton, 1993).

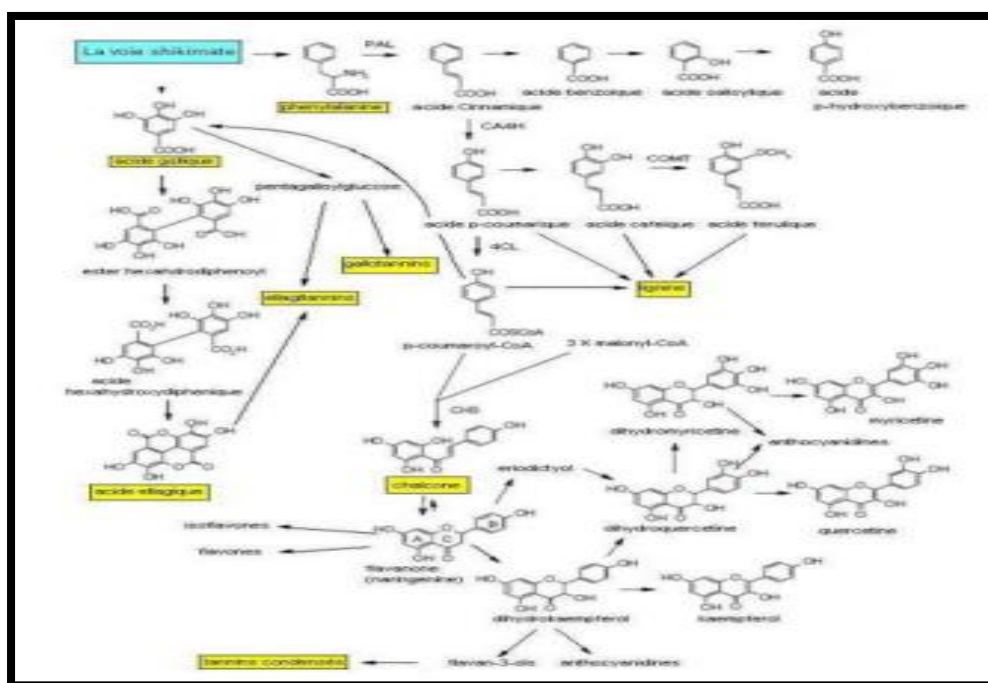


Figure 7 : Biosynthèse des composés phénoliques le plus largement distribués par la voie de shikimate (Crozier et al., 2006).

1.4.3 Classes des polyphénols

Les polyphénols forment un très vaste ensemble de substances chimiques, ils peuvent être classifiés selon le nombre et l'arrangement de leurs atomes de carbones (**Tableau 4**). Ces molécules sont généralement trouvés conjuguées aux sucres et les acides organiques.

Tableau 4 : Principales classes des composés phénoliques (**Merghem R, 2009**).

Nombre de C	Classe	Exemple/origine
C6	Phénols simples	Hydroquinine, catéchol
C6-C1	Acide phénols	Acide salicylique, acide p (OH) benzoïque
C6-C3	Acide cinnamique Coumarines	Acide caféique, férulique (Café, pomme) Esculétine, Scopolétine
(C6-C3)2	Lignanes	Pinorésinol (Pin)
(C6-C3)n	Lignanes	Bois, noyau des fruits.
C6-C3-C6	Flavonoïdes Iso flavonoïdes .Anthocyanes	Apigénine, lutéoline, quercétine. Génistéine (Soja) Pélargonidine
(C6-C3-C6)2	Biflavonoïdes	Amentoflavone
(C6-C3-C6)n	Proanthocyane (tanins)	Procyanidines, Prodelphinidines (Raisin rouge)

1.4.3.1 Flavonoïdes

C'est le groupe le plus représentatif des composés phénoliques. Ces molécules ont des structures chimiques variées et des caractéristiques propres. Elles sont omniprésentes dans les fruits, les légumes, les graines, les boissons tels le thé et le vin rouge et d'autres parties de la plante **Tsimogiannins et Oreopoulou, (2006)**. Elles sont considérées comme des pigments quasi universels des végétaux qui peuvent participer dans les processus photosynthétiques (**Mukohata et al., 1978**), dans la régulation de gène et dans le métabolisme de croissance (**Havsteen, 2002**). Actuellement, environ de 4000 composés flavoniques sont connus

(Edenharder et Grünhage, 2003) et ont tous le même squelette de base à quinze atomes de carbones qui sont arrangés à une configuration C-C3-C de type phényl-2-benzopyrane ce qui est synonyme avec la structure 2-phényl chromane (Yao et al., 2004) (Figures 8 et 9).

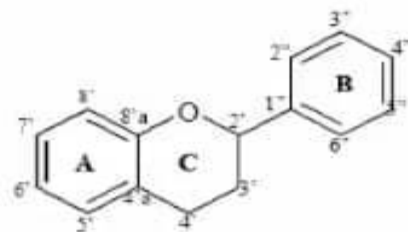
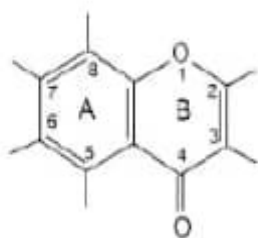
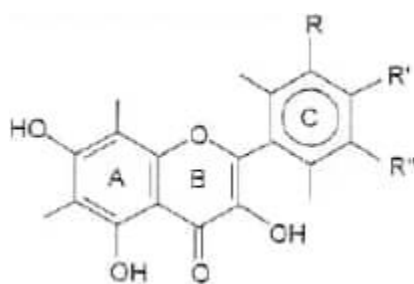
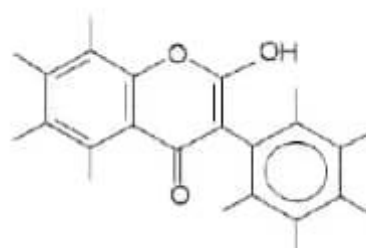


Figure 8 : Structure du 2-phényl chromane **Figure 9 :** Structure générale des flavonoïdes

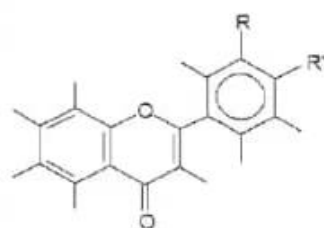
La nature chimique des flavonoïdes dépend de leur classe structurale, de degré d'hydroxylation et de méthylation, de degré de polymérisation, des substitutions et des conjugaisons sur le cycle C c'est-à-dire la présence : de double liaison C2-C3, du groupe 3-Oet la fonction 4-oxo (Yao et al., 2004; Tsimogiannins et Oreopoulou, 2006). En basant sur leur squelette, les flavonoïdes peuvent être divisés en différentes classes: anthocyanidines; flavonoles; isoflavonoles; flavones; isoflavones; flavanes; isoflavanes; flavanols; isoflavanols; flavanones; isoflavanones; auronnes (Havsteen, 2002; Edenharder et Grünhage, 2003) (Figure 10).



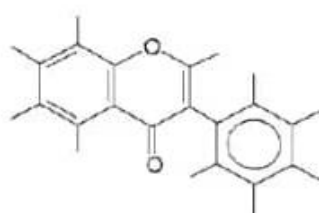
Flavonoles.



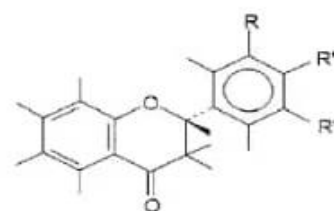
Iso flavonoles



Flavones.



Iso flavones.



Flavanones

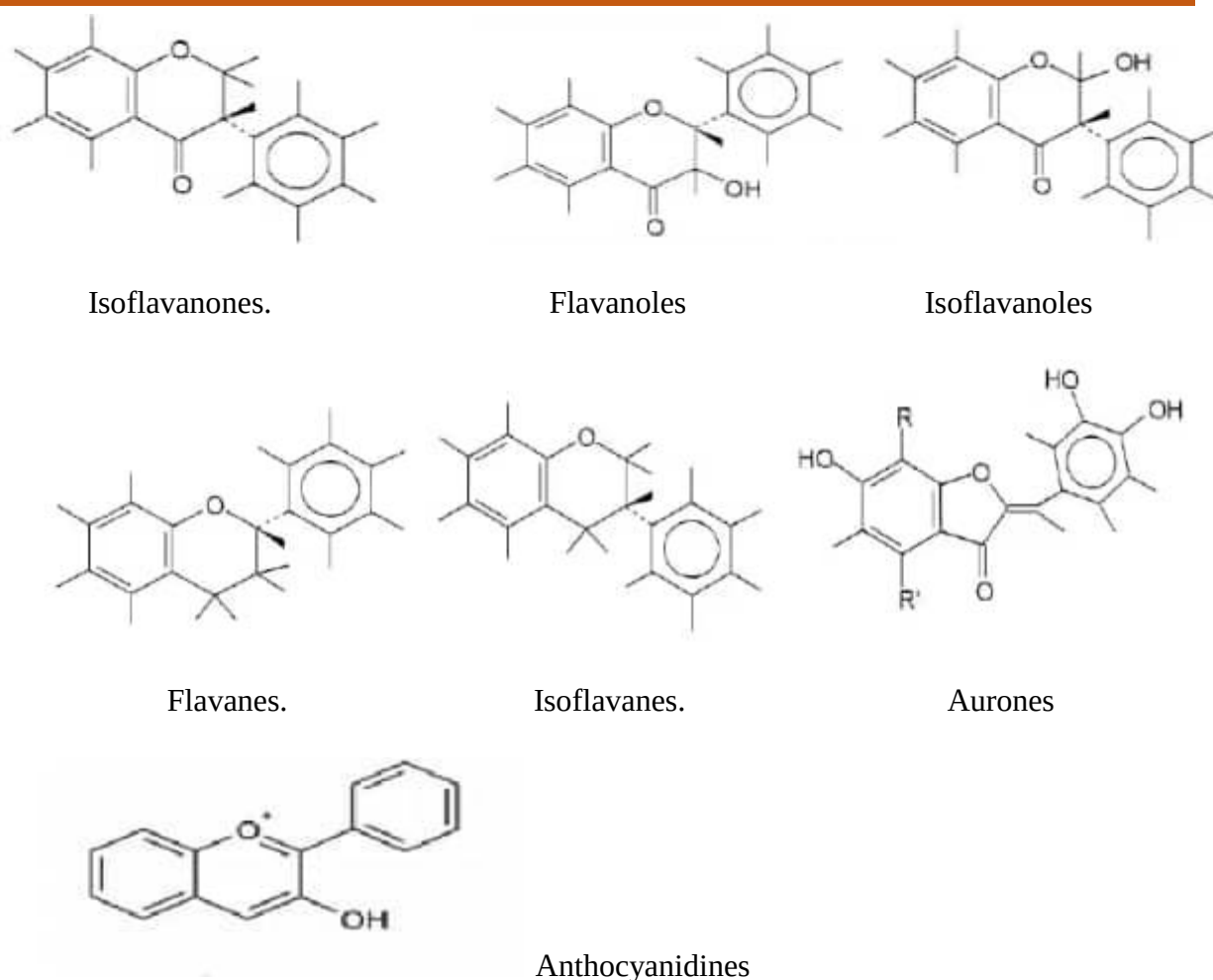


Figure 10 : Structures des squelettes de base des flavonoïdes (**Havsteen, 2002**)

1.4.3.1.1 Biodisponibilité des flavonoïdes

Les effets des flavonoïdes sur la santé ne dépendent pas seulement de leurs niveaux de consommation mais aussi de leur biodisponibilité. Peu d'études systématiques ont été menées sur la pharmacocinétique des flavonoïdes chez l'homme. Toutefois, d'après des expériences menées sur des flavonoïdes provenant de l'alimentation, il apparaît que seuls les flavonoïdes sous forme de génines (ou aglycones) sont susceptibles d'être absorbés. L'hydrolyse des liaisons hétérosidiques (reliant la génine à la chaîne sucrée) n'intervient que dans le côlon où les micro-organismes dégradent simultanément les flavonoïdes d'origine alimentaire. Le foie est largement impliqué dans le métabolisme des flavonoïdes absorbés, Une meilleure connaissance de la biodisponibilité des flavonoïdes est indispensable pour expliquer leurs effets protecteurs sur la santé (**Walle, 2004**).

1.4.3.1.2 Propriétés des flavonoïdes

Les flavonoïdes protègent les plantes contre les radiations UV, elles sont également impliquées dans les processus de défense de la plante contre les infections bactériennes et

virales. Agissent comme des pigments ou des co-pigments. Peuvent moduler la distribution d'auxine, comme elles fonctionnent comme des signaux moléculaires de reconnaissance entre les bactéries symbiotiques et les légumineuses afin de faciliter la fixation de l'azote moléculaire. Agis sur la régulation de l'élongation des tiges et interviennent dans la maturité des fruits. Sont à l'origine des goûts amers et astringents afin de repousser les animaux herbivores (**Subramanian et al., 2007**).

1.4.3.1.3 Anthocyanosides

Ce sont des pigments vacuolaires rouges, roses, mauves, pourpres, bleus ou violets de la plupart des fleurs et des fruits (**Bruneton, 1993**). Ils sont caractérisés par l'engagement de l'hydroxyle en position 3 dans une liaison hétérosidique (les anthocyanosides). Leurs génines (les anthocyanidols) sont des dérivés du cation 2-phenyl-benzopyrylium plus communément appelé cation flavylum. Ces pigments représentent des signaux visuels qui attirent les animaux pollinisateurs (insectes, oiseaux) (**Brouillard et al., 1997 in Bahorum, 1997**).

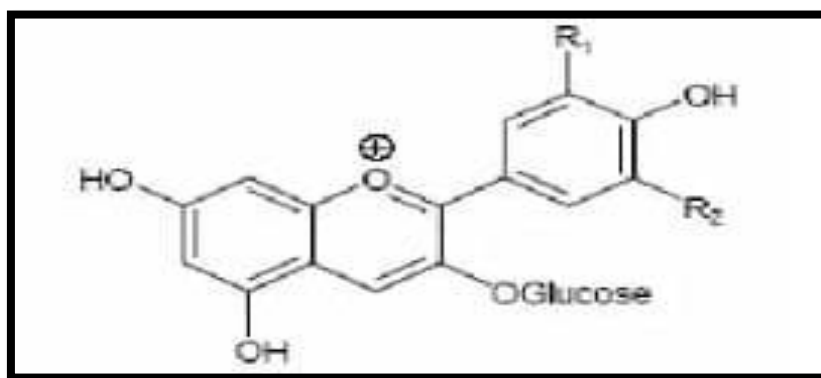


Figure 11 : Structure des anthocyanosides (**Collin, et al., 2011**).

1.4.3.2 Tannins

Cette classe désigne le nom général descriptif du groupe des substances phénoliques polymériques, ayant une masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 qui présente, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines (**Haslam, 1996 : Cowan, 1999**). Les tannins sont caractérisés par une saveur astringente et sont trouvés dans toutes les parties de la plante : l'écorce, le bois, les feuilles, les fruits et les racines (**Scalbert, 1991**). On distingue deux groupes de tannins différents par leur structure et par leur origine biogénétique :

1.4.3.2.1 Tannins hydrolysables

Qui sont des oligo ou des polyesters d'un sucre et d'un nombre variable d'acide phénol. Le sucre est très généralement le D-glucose et l'acide phénol est soit l'acide gallique dans le cas

des gallotannins soit l'acide ellagique dans le cas des tannins classiquement dénommés ellagitannins (**Figure 12**) (**Bruneton, 1993 ; Cowan, 1999**).

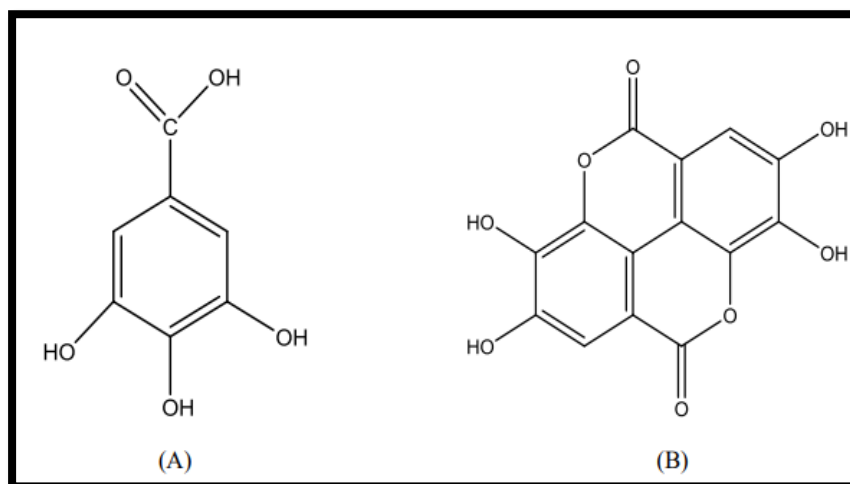


Figure 12 : Structure chimique des acides gallique (A) et ellagique (B) (**Macheix, 2005**).

1.4.3.2.2 Tannins condensés ou tannins catechiques ou proanthocyanidols

Qui se différencient fondamentalement des tannins hydrolysables car ils ne possèdent pas de sucre dans leur molécule et leur structure est voisine de celle des flavonoïdes. Il s'agit de polymères flavaniques constitués d'unités de flavan-3-ols liées entre elles par des liaisons carbone-carbone. Les proanthocyanidols ont été isolés ou identifiés dans tous les groupes végétaux, Gymnospermes et Fougères (**Bruneton, 1999**).

1.4.3.3 Phénols simples et les acides phénoliques

Le terme d'acide phénol peut s'appliquer à tous les composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. En phytochimie, l'emploi de cette dénomination est réservé aux seuls dérivés des acides benzoïque et cinnamique.

1.4.3.3.1 Acide phénols dérivés de l'acide benzoïque

Les acides phénols en Co-C₁, dérivés hydroxylés de l'acide benzoïque, sont très communs, aussi bien sous forme libre que combinés à l'état d'ester ou d'hétéroside. L'acide gallique et son dimère (l'acide hexahydroxydiphénique) sont les éléments constitutifs des tannins hydrolysables. D'autres aldéhydes correspondants à ces acides, comme la vanilline, est très utilisé dans le secteur pharmaceutique (**Bruneton, 1993**).

1.4.3.4 Acide phénols dérivés de l'acide cinnamique

La plupart des acides phénols en C-C (acides p-coumarique, caféique, férulique, sinapique) ont une distribution très large ; les autres (acides o-coumarique, o-férulique) sont peu

fréquents (**Bruneton, 1993**). Les acides cinnamiques et caféique sont des représentants communs du groupe de dérivés phénylpropaniques qui diffère par son degré d'hydroxylation et de méthylation (**Cowan, 1999**).

1.4.3.4.1 Phénols simples

Tels que le catéchol, guaiacol, phloroglucinol... sont plutôt rares dans la nature à l'exception de l'hydroquinone qui existe dans plusieurs familles (Ericaceae, Rosaceae...). Les deux phénols hydroxylés, le catéchol avec deux groupes OH et le pyrogallol avec trois, ont été montré pour sa toxicité vis-à-vis des microorganismes (**Cowan, 1999**).

1.4.3.5 Coumarines

Les coumarines qui sont aussi les dérivés de C₆-C₃. Appartiennent au groupe des composés connus par des benzo-a-pyrone (**O'Kennedy et Thornes, 1997**) et toutes sont substituées en 7 par un hydroxyle. Elles se trouvent dans la nature soit à l'état libre ou bien combiné avec des sucres. Elles sont responsables de l'odeur caractéristique du foin (**Cowan, 1999**).

1.4.3.6 Quinones

Ce sont des composés oxygénés qui correspondent à l'oxydation de dérivés aromatiques avec deux substitutions cétoniques. Elles sont caractérisées par un motif 1,4-dicéto cyclohexa-2,5-diéniq (para-quinones) ou, éventuellement, par un motif 1,2-dicéto cyclohexa-3,5-diéniq (ortho-quinones) (**Bruneton, 1993**). Elles sont ubiquitaires dans la nature principalement dans le règne végétal et sont fortement réactifs (**Cowan, 1999**).

1.4.3.7 Stilbène

Les membres de cette famille possèdent la structure C-C₂-C comme les flavonoïdes, ce sont des phytoalexines, composés produits par les plantes en réponse à l'attaque par les microbes pathogènes fongiques, bactériens et viraux. Les sources principales des stilbènes sont les raisins, les vins, le soja et les arachides (**Crozier et al., 2006**).

1.4.3.8 Lignanes

Ce sont des composés dont la formation implique la condensation d'unités phénylpropaniques (C₆-C₃). Leur distribution botanique est large, plusieurs centaines de composés ont été isolés dans environ soixante-dix familles.

1.4.4 Propriétés biologiques des polyphénols

Les recherches récentes sur les composés phénoliques en générale et les flavonoïdes en particulier sont très poussées en raison de leurs diverses propriétés physiologiques comme les

activités antiallergique, anti-atherogénique, anti-inflammatoire, hépatoprotective, antimicrobienne, antivirale, antibactérienne, anticarcinogénique, anti-thrombotique, cardioprotective et vasodilatatrice (**Middleton et al., 2000; Ksouri et al., 2007**). Ces actions sont attribuées à leur effet antioxydant qui est due à leurs propriétés redox en jouant un rôle important dans la destruction oxydative par la neutralisation des radicaux libres, piégeage de l'oxygène, ou décomposition des peroxydes (**Nijveldt et al., 2001**).

Les effets bénéfiques des polyphénols intéressent particulièrement deux domaines : la phytothérapie et l'hygiène alimentaire (**Leong et Shui, 2002**). D'après les études multiples attestant de l'impact positif de la consommation de polyphénols sur la santé et la prévention des maladies, les industriels commercialisent maintenant des aliments enrichis en polyphénols ou des suppléments alimentaires. De plus, leur activité antioxydante assure une meilleure conservation des denrées alimentaires en empêchant la peroxydation lipidique. Dans l'industrie cosmétique, les composés phénoliques trouvent leur application pratique en luttant contre la production des radicaux libres néfastes dans la santé et la beauté de la peau. En phytothérapie, même si certaines indications sont communes à plusieurs classes (les propriétés vasculoprotectrices, sont par exemple aussi bien attribuées aux flavonoïdes qu'aux anthocyanes, tanins et autres coumarines), chaque classe chimique semble être utilisée pour des bénéfices spécifiques (**Hennebelle et al., 2004**).

En ce qui concerne les flavonoïdes, ces composés peuvent empêcher les dommages oxydatifs par différentes mécanismes d'actions soit par capture des radicaux hydroxyles, superoxydes, alkoxydes et peroxydes (**Hodek et al., 2002**); soit par chélation des métaux (le fer et le cuivre) qui sont d'importance majeure dans l'initiation des réactions radicalaires; soit l'inhibition des enzymes responsables de la génération des radicaux libres (**Van Acker et al., 1996; Benavente-Garcia et al., 1997**). Ils jouent un rôle très important dans le traitement du diabète (inhibant l'aldose réductase), de la goutte (inhibant la xanthine oxydase), des inflammations (inhibant la lipoxygénase, la phospholipase et la cyclooxygénase), des hépatites, des tumeurs, de l'hypertension (quercétine), des thromboses (flavonols), des allergies et des affections bactériennes et viraux (anti-HIV) (**Anderson et al., 1996 ; Cowan, 1999 ; Yao et al., 2004**). Mais, on attribue également aux flavonoïdes des propriétés neurosédatives, antispasmodiques, diurétiques, anti-estrogènes (isoflavones), contre la sénescence cérébrale et ses conséquences telle l'altération de la mémoire et la confusion. D'autre part, les citroflavonoïdes (flavonoïdes provenant de divers Citrus) et la fragilité capillaire (insuffisance veino-lymphatique, crise hémorroïdaire) (**Hennebelle et al., 2004**).

1.4.4.1 Les anthocyanes

Sont également utilisés dans les troubles de la fragilité capillaire (vigne rouge, *Vitis vinifera* L.), mais aussi comme diurétiques, voire même antiseptiques urinaires. Leur plus grande spécificité reste cependant leur propriété d'améliorer la vision nocturne en facilitant la régénération du pourpre rétinien (myrtille, *Vaccinium myrtillus* L.; cassis, *Ribes nigrum* L.) (**Hennebelle et al., 2004**). Présente comme des couleurs brillant dans les fruits et les légumes, les anthocyanidines ont montré leur effet inhibiteur de la croissance des lignées cellulaires humaines (**Zhang et al., 2005**).

1.4.4.2 Les tanins

sont considérés comme des anti-nutriments grâce aux divers effets nuisibles à savoir la digestion réduite des aliments, la faible biodisponibilité des micronutriments et les dommages du foie (**Chung et al., 1998**). Ils sont dotés d'un certain pouvoir astringent, par lequel on explique leurs propriétés vasculoprotectrices, cicatrisantes et anti-diarrhéiques (chêne, *Quercus* spp.). Les proanthocyanidines dimères de l'aubépine (*Crataegus* spp.) seraient de bons sédatifs cardiaques (**Hennebelle et al., 2004**). Concernant le pouvoir antioxydant des tanins, cette propriété est très remarquable due à leurs noyaux phénols et la présence des groupes di- ou trihydroxyles sur le cycle B et les groupes méta 5, 7 dihydroxyles sur le cycle A. Les tanins catéchiques du thé vert gallate d'épicatéchine, gallate d'épigallocatechine et l'épicatéchine sont des puissants extracteurs des radicaux libres (**Rahman et al., 2006**), ils inhibent les ions Cu^{2+} qui catalysent l'oxydation des lipoprotéines dans les macrophages in vitro (**Yoshida et al., 1999**).

1.4.4.3 Les coumarines

sont utilisées pour leurs propriétés vasculoprotectrices, neurosédatives, diurétiques, stomachiques et carminatives (**Hennebelle et al., 2004**). Ils ont la capacité de capter les radicaux hydroxyles, superoxydes, et peroxydes. Ils préviennent également la peroxydation des lipides membranaires (**Anderson et al., 1996**).

1.4.4.4 Les acides phénols

est ces dérivés sont considérés comme responsables de l'activité cholérétique de l'artichaut et les propriétés antipyrétiques et anti-inflammatoires des dérivés salicylés (**Hennebelle et al., 2004**). Les composés possédant les activités antioxydantes et antiradicalaires sont l'acide caféique, l'acide gallique et l'acide chlorogénique (**Bossokpi, 2002**). Pour l'acide caféique, il se montre très efficace contre les virus, bactéries et champignons (**Cowan, 1999**). Alors, l'acide gallique a pour pouvoir de réduire la viabilité des cellules cancéreuse du poumon chez

les souris in vitro et que la combinaison de cet acide avec les médicaments anticancéreux tels la cisplatine peut être un traitement efficace pour ce type de cancer (**Kawada et al., 2001 in Rangkadilok et al., 2007**). Il peut aussi prévenir les dommages oxydatifs d'ADN cellulaire à une faible concentration et exerce une forte activité antiproliférative tels que la quercétine sur les cellules humaines cancéreuses du colon et les cellules épithéliales du foie chez les rats normaux (**Lee et al., 2005**).

Certaines quinones, dérivant de l'anthraquinone, sont des laxatifs stimulants. Elles sont rencontrées dans la bourdaine (*Rhamnus frangula* L.), les séné (Cassia spp.) et les aloès (*Aloe* spp.). D'autres activités antidépressives (hypericin), anti-protozoaires, antivirales, antibactériennes, fongicides et antiallergiques ont été décrites et plusieurs molécules du groupe ont une toxicité non négligeable. (**Bruneton, 1993 ; Hennebelle et al., 2004**).

1.4.5 La disponibilité biologique des composés phénoliques

Il y'a eu des avancées ces dernières années concernant l'absorption et le métabolisme des polyphénols, il est évident que la plupart des classes en sont absorbées suffisamment pour offrir des possibilités intéressantes d'exercer des effets biologiques (**Williamson et Manach, 2005**).

Le taux d'absorption intestinale est déterminé par la structure des polyphénols qui dépend de certains facteurs comme le degré de glycosylation/acylation, leur structure, le poids moléculaire, le degré de polymérisation et de leur solubilité (**Scalbert et Williamson, 2000**).

1.4.6 Techniques d'extraction des composés phénoliques

L'extraction est une soustraction des parties actives de tissus végétaux ou animaux des composants inactifs ou inertes à l'aide de solvants sélectifs, traditionnellement l'eau, les huiles végétales ou les graisses animales. Les produits ainsi obtenus sont relativement impures sous forme de liquides, semi-solides ou poudres exclusivement destinés à un usage oral ou externe.

Plusieurs techniques sont utilisées pour extraire les composés phénoliques. Ces techniques sont soit conventionnelles, telles que l'extraction par macération, par infusion et au soxhlet, ou nouvelles comme l'extraction assistée par micro-ondes, par ultrasons, ou par fluide supercritique.

1.4.6.1 Méthodes conventionnelles

1.4.6.1.1 Extraction par macération

La macération est la méthode d'extraction solide-liquide la plus simple. Elle consiste en la mise en contact du matériel végétal avec le solvant sans ou avec agitation, habituellement à température ambiante. L'opération bien que généralement longue et à rendement souvent médiocre, est utilisée dans le cas d'extraction de molécules thermosensibles. Pour être efficace, une macération sans agitation, peut durer de 4 à 10 jours environ ; ceci peut présenter quelques inconvénients. En termes de fermentation, ou de contamination bactérienne notamment si le solvant utilisé est de l'eau. Ces phénomènes peuvent entraîner une dégradation des molécules actives. En vue d'éviter ou de réduire ces inconvénients, la macération peut être opérée dans un récipient couvert, le tout à l'abri de la lumière et dans certains cas, maintenue dans un réfrigérateur (**Groubert, 1984 ; Leybros et Frémeaux, 1990**).

1.4.6.1.2 Extraction par décoction

Cette méthode s'applique essentiellement aux parties souterraines de la plante, comme les racines, et aux écorces, qui libèrent difficilement leurs principes actifs lors d'une infusion. La réglisse, les racines de ginseng, sont fréquemment utilisées en décoction. Cette méthode consiste à extraire les propriétés des plantes en les laissant << infuser >> dans de l'eau portée ensuite à ébullition. Comptez une cuillerée à soupe de plantes par tasse. Il faut déposer les plantes dans une casserole, Portez ensuite à ébullition, et laissez le tout mijoter sur le feu pendant une vingtaine de minutes jusqu'à ce que le liquide ait réduit d'un tiers. Retirez du feu, puis laissez infuser (et refroidir) pendant une heure, avant de filtrer. Vous pouvez conserver une décoction pendant trois jours au réfrigérateur (**Anne et Nogaret, 2008**).

1.4.6.1.3 Infusion

L'extraction par infusion consiste à utiliser l'eau chaude pour extraire les polyphénols dans les plantes pour leurs propriétés anti-oxydantes ou anti-inflammatoires (**Diouf et al., 2009**). Cette méthode est simple, n'utilise pas de solvant, limite le développement bactérien mais elle permet d'extraire une quantité importante de sucres et nécessite un temps d'extraction long (3h). (**Makino et al., 2009**).

1.4.6.1.4 Extraction par Soxhlet

L'extraction par soxhlet est utilisée dans les études de comparaison des méthodes d'extraction comme témoin. Elle est utilisée pour l'extraction des polyphénols à partir des fruits et des végétaux (**Ignat et al., 2011**). Son principe est basé sur l'échange entre la

matière à extraire et le solvant pur. La matière est placée dans une cartouche de cellulose, puis dans le corps d'extracteur, le solvant est placé dans le ballon. Lorsque le solvant est à ébullition, il s'évapore passant par le tube adducteur, se condense dans le réfrigérant et retombe dans cartouche, faisant solubiliser la matière à extraire.

Une fois le corps d'extracteur est plein, le solvant retourne dans le ballon accompagné des substances à extraire. Le solvant contenu dans le ballon s'enrichit progressivement en composés solubles. Cette technique présente l'intérêt d'être simple, peu coûteuse, permettant l'épuisement de la matière en extractibles mais d'un autre côté, elle nécessite un temps d'extraction long et une quantité de solvant importante (**Diouf et al., 2009**).

Les techniques d'extraction traditionnelles, ont certes démontré leurs efficacités mais aussi leurs limites en termes de productivité, de rentabilité et de qualité des extraits. La nécessité de dépasser ces limites a favorisé l'émergence de nouvelles technologies, telles que l'extraction assistée par micro-ondes, par fluide supercritique et aussi par ultrasons. Mais le choix de la méthode d'extraction reste toujours en fonction des composés recherchés, et du coût de mise en œuvre qu'on vise investir.

1.4.6.2 Nouvelles méthodes

1.4.6.2.1 Extraction assistée par micro-ondes

L'extraction par solvant assistée par micro-ondes ou «MAE : Microwave Assisted Extraction» consiste à irradier par micro-ondes la matière végétale broyée, en présence d'un solvant, absorbant fortement les micro-ondes (méthanol) pour l'extraction de composés polaires ou bien en présence d'un solvant n'absorbant pas les microondes (hexane) pour l'extraction de composés apolaires. L'ensemble est chauffé sans atteindre l'ébullition durant de courtes périodes entrecoupées par des étapes de refroidissement (**Pan et al., 2003 ; Lucchesi, 2006**).

1.4.6.2.2 Extraction assistée par ultrason (EAU)

Cette technique présente l'intérêt de faire des extractions à température ambiante, 20-25°C et pour des durées très courtes de 3-30 min, ce qui permet de préserver les composés thermolabiles (acide gras, polyphénols), des colorants, des antioxydants, des arômes ou aussi des caroténoïdes (**Routray, et Orsat, 2012**).

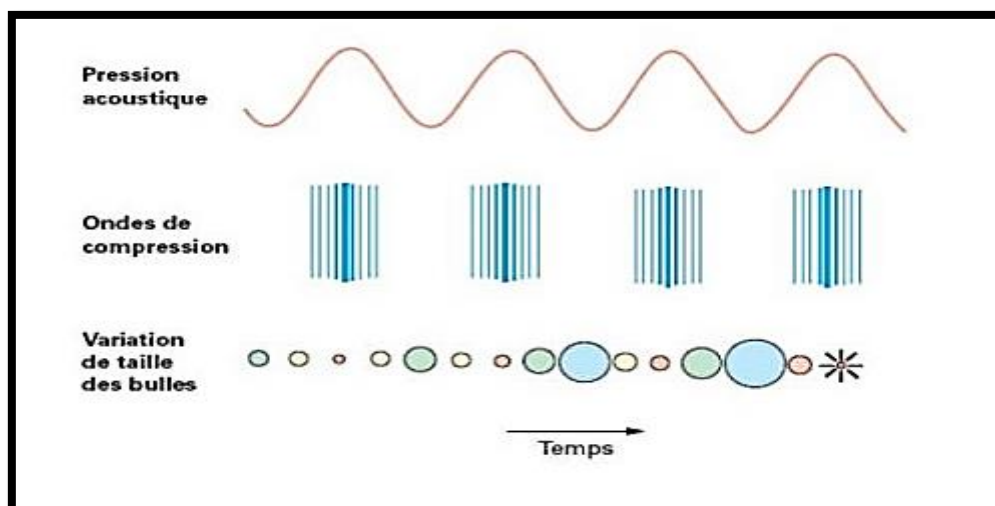


Figure 13 : Représentation schématique du phénomène de cavitation acoustique (**Draye et al., 2009**).

Son principe consiste à la destruction des parois cellulaires par des fréquences d’ultrasons, ce qui permet une meilleure pénétration du solvant au cœur de la matière, et par conséquent un meilleur rendement d’extraction. Les fréquences utilisées sont généralement supérieurs à 20 kHz. En milieu liquide, les ultrasons provoquent des cycles d’expansion et de compression des cellules formant ainsi des bulles. Le développement excessif des bulles microscopiques à proximité des parois cellulaires, entraîne une élévation de température et de pression, ce qui provoque l’explosion des bulles et la destruction des parois cellulaires (**Wang, et Weller, 2006**).

L’ultrason fait référence aux ondes sonores qui génèrent des vibrations mécaniques dans un solide, un liquide ou un gaz. À la différence des ondes électromagnétiques, les ondes sonores peuvent se propager dans une matière et elles impliquent des cycles d’expansion et de compression lors de la propagation dans le milieu. L’expansion peut créer des bulles qui se forment, se développent et s’effondrent dans un liquide. Près d’une surface solide, l’effondrement de cavité est asymétrique et produit un jet de liquide à grande vitesse

(**Benamor, 2008**). Ce phénomène est appelé la cavitation acoustique.

1.4.6.2.3 Extraction par fluide supercritique (EFS)

L’extraction par fluide supercritique est une technique relativement récente qui présente divers avantages par rapport aux méthodes conventionnelles. Elle se fait à de basses

températures favorables à l'extraction des composés thermosensibles. Elle permet aussi d'augmenter le rendement d'extraction de ces composés (**Garcia-Salas et al., 2010**).

Le point critique d'une substance pure est le plus haut point de température et de pression auquel la substance est à l'état d'équilibre liquide-vapeur. Au-dessus de ce point, un fluide se forme et cet état est appelé état supercritique. Le fluide supercritique possède à la fois les caractéristiques du gaz et du liquide. Ce fluide de faible viscosité, de faible tension de surface et de fort coefficient de diffusion peut pénétrer les micropores des cellules végétales afin d'extraire au mieux les biomolécules (**Michel, 2011**). Il peut ainsi permettre l'extraction d'une large variété de composés organiques.

Vu sa grande disponibilité, sa non-toxicité, son caractère non-inflammable et sa stabilité chimique, le CO₂ est le solvant le plus utilisé à l'état supercritique pour l'extraction des biomolécules : T = 31,1 °C et P = 73,3 MPa (**Garcia-Salas et al., 2010**). Cependant, les polyphénols ne sont pas totalement extraits par le CO₂ supercritique à cause de leur forte polarité. L'extraction des polyphénols par cette technique nécessite l'ajout des modificateurs organiques tels que le méthanol (**Stalikas, 2007**).

1.4.6.2.4 Extraction par liquide pressurisé (ELP)

Cette technique alternative d'extraction est réalisée à pression élevée. Cela permet d'augmenter la température d'ébullition du solvant et de réaliser l'extraction à températures plus élevées qu'à pression ambiante. La haute pression appliquée, le plus souvent comprise entre 4 et 20 MPa, assure que le solvant se maintient à l'état liquide à la température appliquée (**Ramos et al., 2002**). Les températures élevées d'extraction favorisent le transfert de matière et augmentent les taux d'extraction, parce qu'elles impliquent généralement : une augmentation de la capacité des solvants pour la solubilisation de solutés, une augmentation des taux de diffusion, une meilleure rupture des liaisons soluté-matrice, une diminution de la viscosité du solvant et une diminution de la tension superficielle (**Ramos et al., 2002 ; Richter et al., 1996**).

L'extraction par liquide pressurisé est également connue comme extraction par solvant sous pression, extraction par solvant sous critique ou extraction accélérée par solvant. Lorsque l'eau est utilisée comme solvant, l'ELP est généralement appelée extraction à l'eau surchauffée, extraction avec de l'eau sous-critique, extraction avec de l'eau pressurisée ou extraction avec de l'eau chaude sous pression (**Pronyk et Mazza, 2009**).

L'ELP nécessite généralement moins de temps et une plus faible consommation de solvant organique par rapport aux techniques conventionnelles (**Mendiola et al., 2007**). L'utilisation de l'ELP pour l'extraction de polyphénols à partir de co-produits de fruits et légumes a été brevetée (**King et Grabiell, 2007**).

1.4.6.3 Les avantages et les inconvénients des méthodes d'extraction

Tableau 5 : Avantages et inconvénients des méthodes d'extraction (Rajbhar et al., 2014 ; Kashif et al., 2017)

La méthode	Les avantages	Les inconvénients
La macération	-La macération est une extraction à froid et par conséquent elle limite la libération (et la perte) d'espèces chimiques dans l'air. -La macération ne nécessite pas de dispositif de chauffage, elle est donc plus simple et moins coûteuse.	-La macération est souvent longue (plusieurs heures voir plusieurs jours). -En raison du temps qu'elle prend il y a risque de prolifération bactérienne. -A froid la solubilité est moins bonne.
EAM	- Elle utilise de plus petites quantités de solvant. - n'est pas coûteuse et est considérablement rapide. -Des températures plus élevées peuvent être utilisées. -A un temps d'extraction plus court. -Une charge environnementale réduite grâce à moins de rejets de CO₂ dans l'atmosphère.	- Manipulation et traitement de volumes d'échantillons limités. - Exigence d'une étape de refroidissement après chaque traitement pour un traitement ultérieur. - Incapacité de traiter plusieurs échantillons simultanément en raison du faible débit de l'équipement.
ELP	- Extraction dès l'analyse cibles de manière efficace et plus rapide à partir de matrices végétales solides. - Augmente l'hydratation des particules de la matrice en pénétrant les solvants	-Besoin d'équipements automatisés sophistiqués et spécialisés. - Considération économique due aux exigences de diverses

	améliorés. - Réduire la viscosité du solvant utilisé à température et pression élevées, ce qui augmente la solubilité. - Réduction du temps et de l'utilisation des solvants avec l'avantage du couplage en ligne avec les techniques de séparation instrumentale et l'automatisation.	colonnes (gel de silice) pour l'élimination des échantillons d'aliments de manière destructrice - Taux de récupération plus faibles des polyphénols potentiellement thermosensibles à des températures élevées. - Extraction incomplète sous position stable en raison d'un volume d'extraction limité.
EFS	Réduction de l'utilisation de solvants organiques et des risques potentiels de stockage. -Réduction du temps d'extraction pour permettre l'achèvement du processus en environ 20 min en raison de la rétrodiffusion de l'analyse d'intérêt dans le processus EFS. -Possède une excellente aptitude à l'extraction de composés solides / liquides à faible volatilité. -Les exigences des conditions opératoires sont relativement plus faibles. -Permet un degré maximal de séparation du solvant de l'extrait cible. -Processus continu sans Interruption. -Traitement rentable.	- Une modélisation imprécise peut affecter l'efficacité d'EFS. -Des variations peuvent être apportées en termes de cohérence et de reproductibilité du processus continu d'extraction. -Cette technologie exige une Consommation.

1.4.6.4 Facteurs influant sur la qualité globale d'un extrait

Plusieurs facteurs peuvent influencer de manière significative la procédure d'extraction, notamment l'extraction solide-liquide. Parmi ces facteurs on citera : la nature chimique des composés à séparer, la méthode d'extraction utilisée, la dimension des particules d'échantillon, le pH et la température et le temps d'extraction (Telli *et al.*, 2010 ; Dent *et al.*, 2013).

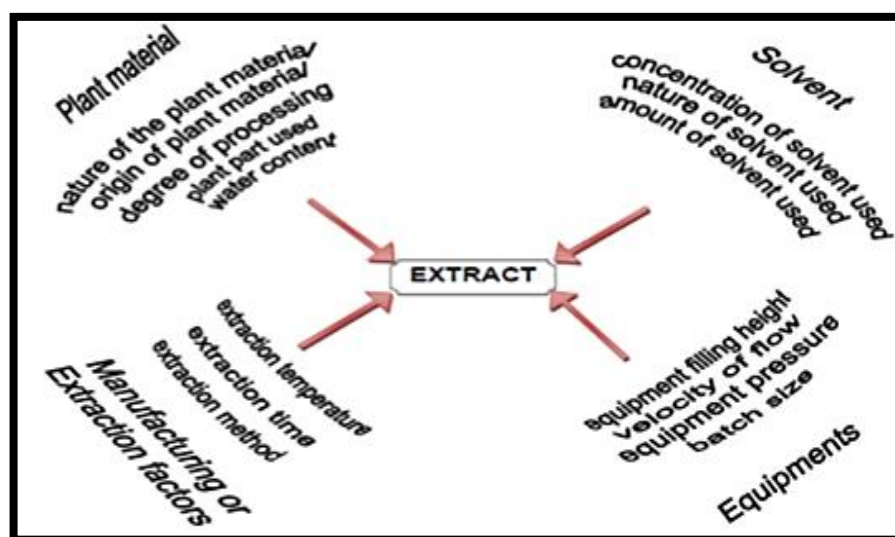


Figure 14 : facteurs influant sur la qualité globale d'un extrait (subhashe *et al.*, 2015)

2. Matériel Et Méthodes

2.1. Produits chimiques et plantes utilisées

Les produits chimiques et réactifs utilisés dans cette étude sont comme suit : carbonate de sodium (Na_2CO_3), réactif de Folin-Ciocalteu, acide gallique, méthanol, hexane, acétate d'éthyle, sulfate de sodium et le DMSO.

Les plantes qui ont fait l'objet de notre étude ont été choisies sur la base d'une recherche bibliographique méticuleuse, qui a montré que ces espèces végétales ont été très peu étudiées jusqu'à présent.

Dans cette étude, on utilise des feuilles d'*Eucalyptus globulus*, d'*Artemisia herba-alba* et de *Mentha pulegium*.

Les plantes ont été récoltées en mars 2024 dans la région de Mostaganem. Elles ont été séparées. Elles ont été séchées à l'abri du soleil et stockées dans des sacs en polypropylène à 24°C pendant 15 jours jusqu'à l'extraction.

2.2 Microorganismes utilisés

Les souches bactériennes utilisées dans cette étude sont : *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Nous les avons obtenues du laboratoire d'analyses médicales de Mostaganem. Le *Streptocoque sp* a été obtenu d'une carie dentaire car il s'agit d'une souche pathogène.



Figure 15 : Aspect macroscopique d'*Echerischia coli* et *Staphylococcus aureus* sur milieu GN (Photo original).



Figure 16 : Aspect macroscopique de *streptocoque sp* sur milieu BHI (Photo original).

2.3 Préparation des extraits phénoliques

L'extraction des polyphénols est basée sur leur degré de solubilité des polyphénols dans les solvants organiques. Cette méthode comprend trois grandes étapes : la première phase d'extraction se fait avec le méthanol pour solubiliser les polyphénols, la deuxième est réalisée avec l'hexane et la troisième est réalisée avec l'acétate d'éthyle.

2.3.1 Mode d'opération

Le matériel végétal séché à l'air, comprenant les parties aériennes des trois plantes a été broyé en une fine poudre à l'aide d'un moulin à café. Les composés phénoliques ont été extraits selon une version modifiée de la méthode décrite par (Djeridane et al., 2006 ; Ghiaba et al., 2012). Cinq grammes de poudre d'échantillon ont été soumis à une extraction par macération pendant 24 heures avec 100 mL de méthanol aqueux à 80 % (v/v) à température ambiante. L'extrait a ensuite été filtré à l'aide d'un papier filtre Whatman n°4 pour éliminer les particules végétales, et le résidu a été ré extrait deux fois avec 50 mL du même solvant hydrométhanolique pendant 24 heures, puis filtré. Les trois filtrats ont été combinés.

Après élimination du méthanol à l'aide d'un évaporateur sous vide à 45 °C, la fraction aqueuse restante a été traitée deux fois avec de l'hexane afin d'éliminer les lipides et les pigments. L'extraction a été poursuivie par l'ajout de deux volumes d'acétate d'éthyle afin d'obtenir les fractions organiques. Les deux fractions organiques de l'acétate d'éthyle ont été réunies, séchées avec du sulfate de sodium anhydre (Na₂SO₄), puis évaporées à sec sous vide à 45 °C. Le résidu sec obtenu a été pesé et conservé à +4 °C jusqu'à l'analyse.

On répété les même étapes pour les autres plantes.



Figure 17 : Les trois filtrats obtenus par la filtration (photo original).



Figure 18 : Rota vapeur utilisé pour l'extraction des extraits (Photo original).

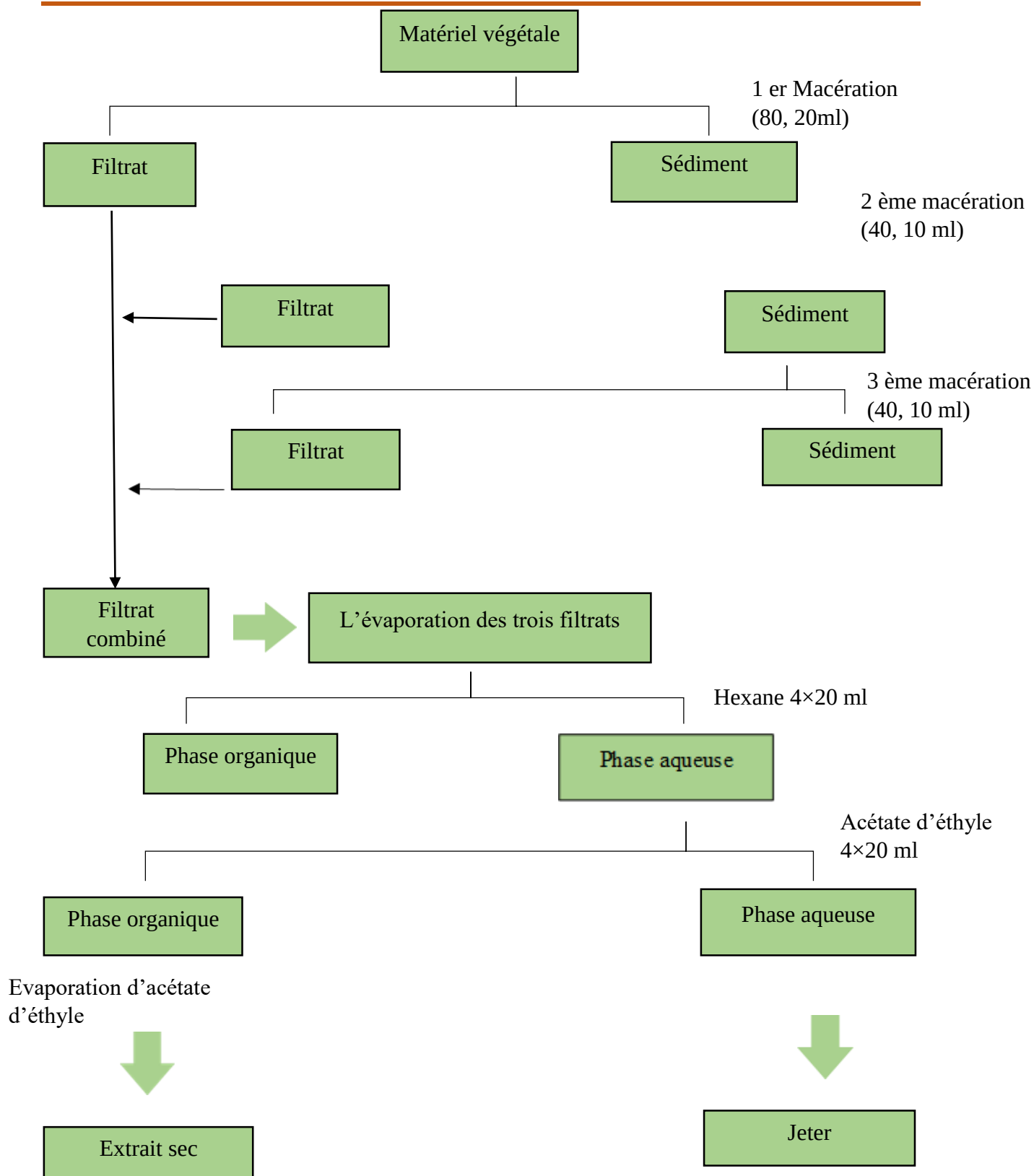


Figure 19 : Protocole expérimentale d'extraction des polyphénols.

2.3.2 Rendement des extraits

Le calcul de rendement est défini comme étant le rapport entre la masse de l'extrait obtenu et la masse de matière végétale à traiter (Belyagoubi, 2006) :

$$R = (m/m_0) \times 100$$

R : Rendement en extrait fixe en g/100g.

m : Quantité d'extrait récupéré en g.

m₀ : Quantité de la matière végétale utilisée pour l'extraction exprimée en g.

2.4 Dosage des Composés polyphénols totaux (TCP) des extraits

2.4.1 Le principe

Les polyphénols totaux des trois extraits méthanoliques de *Mentha pulegium*, *Artemisia herba alba* et *L'Eucalyptus globulus* ont été déterminés par spectrophotométrie en utilisant la méthode de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999). Cette technique est basée principalement sur la réduction du réactif de Folin.

Le réactif de Folin-Ciocalteu est un acide de couleur jaune constitué d'un mélange de deux acides : Acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et Acide phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀). Il est réduit lors de l'oxydation des phénols pour former un complexe bleu stable d'oxydes de tungstène (W₈O₂₃) et de molybdène (Mo₈O₂₃). La coloration produite, dont l'absorption maximum est au voisinage de 760 nm, est proportionnelle à la quantité des composés phénoliques présents dans les extraits végétaux.

La quantification des polyphénols totaux a été faite à l'aide d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y = ax$), réalisée dans les mêmes conditions que celles de l'échantillon, en utilisant l'acide gallique comme standard.

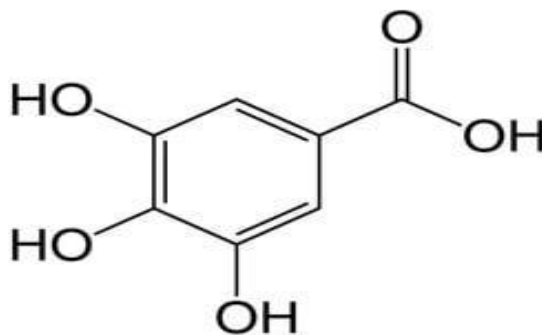


Figure 20 : Structure de l'acide gallique.

2.4.2 Le protocole

Une solution mère d'acide gallique a été préparée avec une concentration de 1 mg/mL (1000 µg/mL) à partir de laquelle on a préparé une série de solutions filles de 1 ml de concentrations (0.05, 0.10, 0.15, et 0.20 µg/mL).

Un volume de 200 µL de chaque extrait (dissous dans le méthanol) a été mélangé avec 1000 µL de réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois. Les solutions sont mélangées et incubées pendant 5 minutes à 25 °C.

Après incubation, 800 µL de la solution de carbonate de sodium Na_2CO_3 à 7,5% (p/v) a été ajouté dans les tubes. Le mélange final est secoué puis incubé pendant 2 heures à l'obscurité à température ambiante. L'absorbance des extraits est mesurée par spectrophotomètre à 760 nm.

La teneur en polyphénols est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage, établie avec le standard étalon, l'acide gallique (5-200 µg/mL).

Les résultats sont exprimés en microgrammes d'équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg).

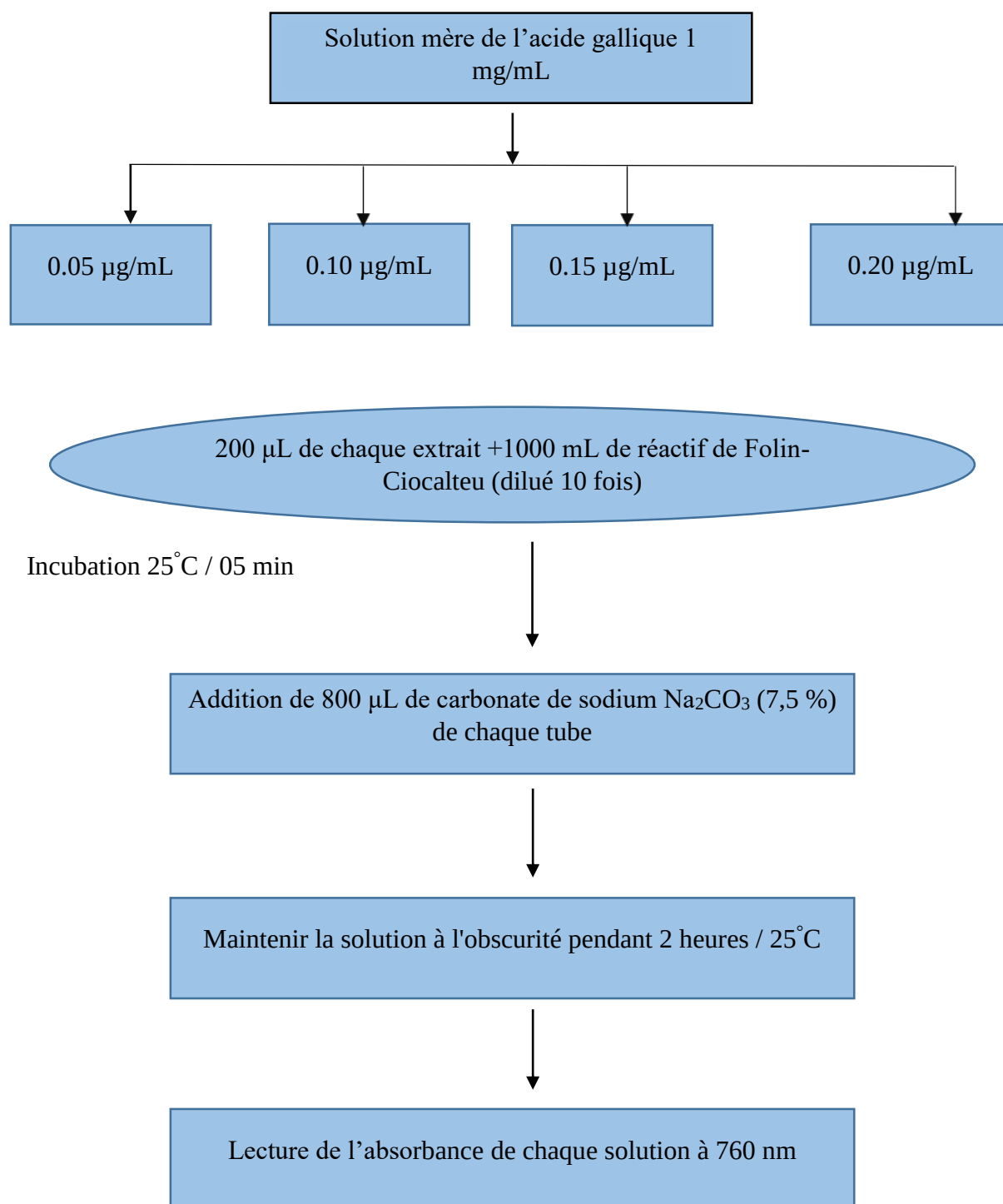


Figure 21 : Schéma illustratif de la méthode de dosage des polyphénols.

2.5 Activité antibactérienne

2.5.1 Etude de l'activité antibactérienne par la méthode de microplaque

L'activité antimicrobienne des trois extraits phénoliques de plantes (*Eucalyptus globulus*, d'*Artemisia herba-alba* et de *Mentha pulegium*) a été évaluée contre trois souches bactériennes, dont deux à Gram positif (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Streptococcus* sp.) et une à Gram négatif (*Escherichia coli* ATCC 25922). Les suspensions bactériennes ont été préparées dans une solution saline stérile (0,9% de NaCl) à partir d'une culture jeune (24h). Les cultures ont ensuite été cultivées sur du bouillon Cœur-Cervelle (BHI) jusqu'à ce qu'elles atteignent une densité finale de 0,5 McFarland ($1,0 \times 10^7$ UFC/mL). Les extraits de plantes ont été dissous dans 10% de DMSO (diméthylsulfoxyde) pour préparer 40 mg/mL de solutions mères.

Les Concentrations Minimales Inhibitrices (CMI) ont été évaluées en utilisant la méthode de micro-dilution sur bouillon Cœur-Cervelle (BHI), dans des microplaques à 96 puits, selon le protocole décrit par (Dieye et al., 2022). Pour chaque test, 50 µL de milieu bouillon Cœur-Cervelle (BHI) liquide ont été introduit dans chaque puit de la microplaque. Ensuite, 100 µL de la solution initiale de chaque extrait, ayant une concentration de départ de 40 mg/mL ont été ajoutés dans le premier puit. Après mélange, 50 µL de ce mélange ont été transférés dans le puit suivant et ainsi de suite, permettant d'obtenir une gamme de concentrations allant de 40 mg/mL à 0,075 mg/mL. Par la suite, 50 µL des différentes suspensions bactériennes ont été ajoutés dans chaque puits. Cette procédure a été répétée deux fois (Figure 22). Les deux derniers puits contiennent un contrôle positif (suspension bactérienne) et un contrôle négatif (bouillon BHI neuf). Les microplaques ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 heures. La CMI d'un extrait vis-à-vis une souche est définie comme la concentration de cet extrait dans le dernier puits où aucune croissance microbienne n'a été observée. Et on a fait la lecture d'absorbance dans le spectrophotomètre dans une longueur d'onde estimé de 630nm.

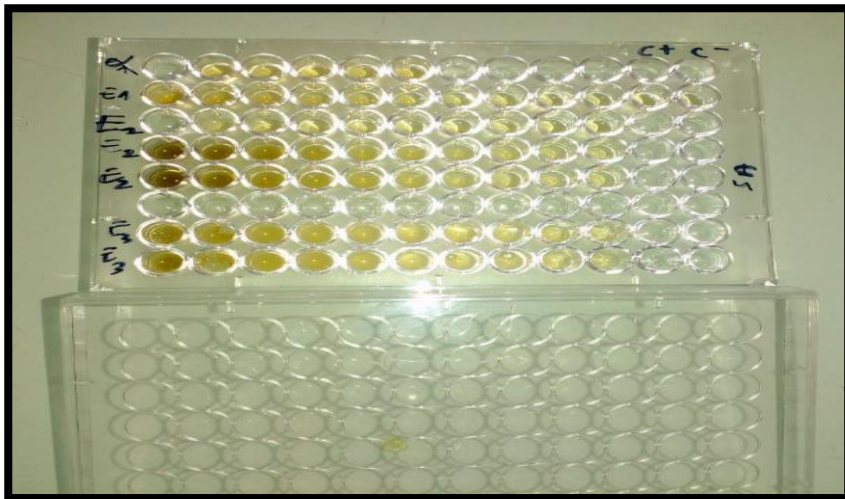


Figure 22 : Microplaque de *Staphylococcus aureus* (photo originale)

3. Résultats Et Discussion

3.1. Rendement de trois plantes

L'extraction des composés phénoliques par macération a permis d'obtenir des rendements variables selon les espèces végétales étudiées. Les rendements phénoliques obtenus sont les suivants : *Eucalyptus* (2,92 %), *Armoise* (1,98 %) et *Menthe* (1,52 %) (**Tableau 6**). Ces différences traduisent la variabilité intrinsèque du contenu phénolique entre les espèces ainsi que l'efficacité de l'extraction selon la matrice végétale.

Tableau 6 : Rendement en extraits phénoliques des trois plantes

Les plantes	LA MASE	Le rendement%
<i>Mentha pulegium</i>	5 g	1.52
<i>Eucalyptus globulus</i>	5g	2.92
<i>Artemisia herba alba</i>	5g	1.98

L'*Eucalyptus globulus* a fourni le rendement le plus élevé (2,92 %), suivi de l'*Artemisia herba alba* (1,98 %) et enfin de *Mentha pulegium* (1,52 %). Cette différence peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment la composition chimique intrinsèque des plantes, la nature des composés phénoliques qu'elles contiennent et les conditions d'extraction (solvant, temps, température).

En effet, les feuilles d'*Eucalyptus globulus* sont particulièrement riches en flavonoïdes, acides phénoliques et tanins condensés, des métabolites secondaires responsables de la forte activité antioxydante et antimicrobienne rapportée dans plusieurs études (**Boulekbache-Makhlouf et al., 2013 ; Djerdane et al., 2006**). Par ailleurs, *Artemisia herba alba* est reconnue pour sa richesse en acides phénoliques et lactones sesquiterpéniques, bien que leur concentration puisse varier selon l'espèce, l'origine géographique et les conditions de culture (**Boudjelal et al., 2013**).

Pour *Mentha pulegium*, le rendement plus faible peut s'expliquer par la prédominance de composés volatils (menthone, pulegone) dans cette plante, alors que la teneur en phénols totaux est généralement inférieure à celle des *Eucalyptus* (Brahmi et al., 2022). Néanmoins, plusieurs travaux ont montré que *Mentha pulegium* reste une source non négligeable d'acide rosmarinique et de flavonoïdes aux propriétés biologiques intéressantes (Kahkonen et al., 1999).

Les différences observées confirment les résultats de Djeridane et al., (2006) et Boulekbache-Makhlouf et al., (2013) qui soulignent que la teneur en polyphénols dépend non seulement de l'espèce végétale, mais aussi du type d'extraction, de la partie de la plante utilisée et des conditions environnementales de culture.

3.2. Teneur en composés phénoliques dans les trois extraits de plantes

Les résultats de la teneur en composés phénoliques sont présentés dans le **tableau 7**. La teneur totale en polyphénols d'*Eucalyptus globulus*, d'*Artemisia herba-alba* et de *Mentha pulegium* est déterminée à partir de l'équation de régression linéaire de la courbe d'étalonnage utilisant différentes concentrations d'acide gallique. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent acide gallique (EAG) / g de poids sec (**Figure 23**).

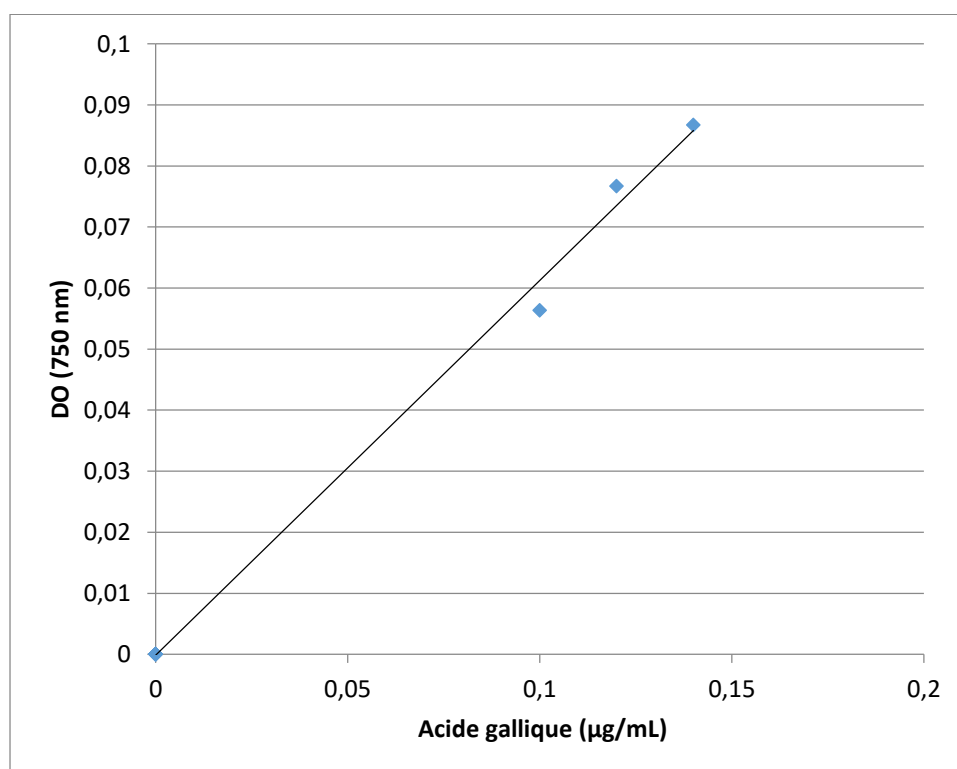


Figure 23 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique (µg/mL)

La teneur totale en phénol était équivalente à $362,21 \pm 0,004$, $219,71 \pm 0,005$ et $105,05 \pm 0,002$ mEq d'acide gallique/g de matière sèche dans les trois plantes étudiées : *Eucalyptus globulus*, *Artemisia herba-alba* et *Mentha pulegium* respectivement. L'exposition de la plante aux rayons UV, l'adaptation à la sécheresse et la salinité du sol influencent la concentration de polyphénols dans chaque plante (Sánchez-Faure et al., 2020). Les résultats obtenus dans cette étude Elles sont supérieurs à ceux rapportés la plante de criste marine (environ 10 mg GAE/g DW) récoltées sur les falaises en automne (Meot-Duros et Magne, 2009), Néanmoins, il ne faut pas négliger que les variations entre la teneur en polyphénols rapportée sont également affectées par la combinaison spécifique de solvants utilisée, en raison de la large gamme de polarité présentée par ces composés.

Tableau 7 : Teneur en composés phénoliques dans les trois plantes étudiées

Extrait de plante	Teneur en polyphénols (mg EAG/g de matière sèche)
<i>Eucalyptus globulus</i>	$362,21 \pm 0,004$
<i>Mentha pulegium</i>	$105,05 \pm 0,002$
<i>Artemisia herba-alba</i>	$219,71 \pm 0,005$

3.2 Activité antibactérienne des extraits méthanoliques

L'activité antibactérienne des trois extraits phénoliques de plantes (*Eucalyptus globulus*, d'*Artemisia herba-alba* et de *Mentha pulegium*) a été évaluée par la méthode des microplaques contre trois souches bactériennes, dont deux à Gram positif (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Streptococcus* sp) et une à Gram négatif (*Escherichia coli* ATCC 25922) et les résultats obtenus sont illustrés sur le (tableau 8, 9, 10). D'après ces résultats, l'extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba* s'est montré inhibiteur de la croissance d'*E.coli* ATCC 25922 et *Streptococcus* sp. Avec une CMI de 10 mg/mL et 5 mg/mL respectivement. De même, l'extrait aqueux de *Mentha pulegium* s'est révélé antibactérien uniquement contre *E.coli* ATCC 25922 avec une CMI de 10 mg/mL. Cependant, aucune activité antibactérienne n'a été observée pour l'extrait d'*Eucalyptus globulus* contre les trois souches bactériennes étudiées.

Eucalyptus globulus a été largement étudié pour ses propriétés antibactériennes, en particulier ses extraits aqueux. Des recherches indiquent que l'extrait aqueux de cette plante présente une

activité antibactérienne significative contre les bactéries à Gram positif et à Gram négatif, y compris *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*. Dans une étude, la concentration minimale inhibitrice (CMI) pour *E. coli* a été trouvée à 15,6 mg/mL, tandis que pour *Staphylococcus aureus*, elle était légèrement plus élevée, indiquant un effet antibactérien robuste (**Ewansiha, 2024**). La présence de composés tels que les tanins, les flavonoïdes et les composés phénoliques dans l'extrait aqueux contribue à son efficacité antibactérienne (**Pombal, 2014**).

Dans notre étude, l'absence d'activité inhibitrice de l'extrait méthanolique d'*Eucalyptus globulus* même à 40 mg/mL contre ces bactéries peut être attribuée à plusieurs raisons :

- Selon **Nortjie (2024)** et **Yuvneet (2017)**, ont rapporté une inhibition complète d'*E. coli* et de *Staphylococcus aureus* avec des concentrations supérieures à 500 µg/mL, ce qui suggère que la concentration utilisée peut ne pas être suffisante pour exercer un effet antimicrobien.
- L'efficacité de l'extrait est influencée par ses constituants phytochimiques. Bien que l'extrait méthanolique contienne divers composés bioactifs tels que des saponines, des tanins et des phénols, les concentrations et les types spécifiques de ces composés peuvent varier. **Yuvneet (2017)** et **Nigussie (2021)** ont montré que l'extrait méthanolique peut être plus efficace contre certaines bactéries Gram-positives que contre des bactéries Gram-négatives comme *E. coli*, ce qui pourrait expliquer l'absence d'activité observée dans notre cas.

Mentha pulegium a également démontré une activité antibactérienne significative grâce à ses extraits aqueux. Des études ont montré que l'extrait aqueux de cette plante aromatique présente de forts effets antibactériens contre *E. coli* et *Staphylococcus aureus*, avec des valeurs de CMI rapportées aussi basses que 25 µg/mL pour ces souches (**Kelkawi, 2017**). Les propriétés antibactériennes sont principalement attribuées à la présence de composés bioactifs tels que la pulégone et la menthone, qui ont été montrés pour perturber l'intégrité cellulaire bactérienne et inhiber la croissance (**Ghazghazi, 2013**).

Artemisia herba-alba, connue pour ses usages médicaux traditionnels, a également été évaluée pour ses propriétés antibactériennes. L'extrait aqueux de cette plante a également montré des résultats prometteurs contre *E. coli* et *Staphylococcus aureus* dans d'autres études. Dans une étude menée par **Dmour (2024)**, l'extrait a démontré une activité antibactérienne significative, avec des valeurs de CMI indiquant une inhibition efficace de la croissance

bactérienne. D'après **Mohammed. (2025)**, la présence de composés phytochimiques tels que les flavonoïdes et les acides phénoliques, contribue aux propriétés antimicrobiennes de cette plante.

Le mécanisme d'action de l'activité antibactérienne d'*Artemisia herba-alba* comme pour *Eucalyptus globulus* et *Mentha pulegium* est suggéré le résultat de la perturbation des membranes cellulaires bactériennes et l'interférence avec les voies métaboliques (**Mohammed, 2021**).

Tableau 8 : Les valeurs de l'activité antibactérienne d'*E.coli* contre trois extraits

<i>Artemisia herba alba</i>		<i>Mentha pulegium</i>	
Concentration des extraits mg/ml	L'absorbance (DO= 630)	Concentration des extraits mg/ml	L'absorbance (DO= 630)
40	0	40	0
20	0	20	0
10	0	10	0
05	0.233	5	0.509
2.5	0.213	2.5	0.384
1.25	0.186	1.25	0.319
0.625	0.298	0.625	0.254
0.31	0.242	0.31	0.229
0.15	0.231	0.15	0.309
0.075	0.230	0.075	0.266

<i>Eucalyptus globulus</i>	
Concentration des extraits mg/ml	L'absorbance (DO= 630)
40	0,953
20	0,746
10	0.699
5	0.506
2.5	0.377
1.25	0.360
0.625	0.110
0.31	0.111
0.15	0.128
0.075	0.083

Tableau 9 : Les valeurs de l'activité antibactérienne *S.aureus* contre trois extraits.

<i>Artimisia herba alba</i>		<i>Mentha pulegium</i>	
Concentration des extraits mg/ml	L'absorbance (DO= 630)	Concentration des extraits mg/ml	L'absorbance (DO= 630)
40	0	40	0.162
20	0	20	0.151
10	0	10	0.418
05	0.001	05	0.646
2.5	0.188	2.5	0.600
1.25	0.214	1.25	0.549
0.625	0.317	0.625	0.526
0.31	0.410	0.31	0.605
0.15	0.444	0.15	0.602
0.075	0.410	0.075	0.610

<i>Eucalyptus globulus</i>	
Concentration des extraits mg/ml	L'absorbance (DO= 630)
40	1.223
20	0.728
10	1.161
05	1.015
2.5	0.643
1.25	0.537
0.625	0.441
0.31	0.229
0.15	0.200
0.075	0.259

Tableau 10 : Les valeurs de l'activité antibactérienne de *Streptococcus* sp contre trois extraits.

<i>Artimisia herba alba</i>	
Concentration des extraits mg/ml	L'absorbance (DO= 630)
40	0
20	0
10	0
05	0
2.5	0.205
1.25	0.317
0.625	0.308
0.31	0.115
0.15	0.083
0.75	0.158

<i>Mentha pulegioides</i>	
Concentration des extraits mg/ml	L'absorbance (DO= 630)
40	0.060
20	0.049
10	0.054
05	0.109
2.5	0.287
1.25	0.474
0.625	0.417
0.31	0.416
0.15	0.469
0.075	0.223

<i>Eucalyptus globulus</i>	
Concentration des extraits mg/ml	L'absorbance (DO= 630)
40	1.2
20	0.729
10	0.727
05	0.735
2.5	0.567
1.25	0.641
0.625	0.710
0.31	0.665
0.15	0.306
0.075	0.238

Conclusion Et Perspective

Les plantes médicinales restent toujours la source fiable des principes actifs connus par leurs propriétés thérapeutiques. Les substances naturelles occupent de plus en plus une place de choix en thérapeutique. Les plantes médicinales restent de loin la source la plus abondante et largement disponible en molécules naturelles bioactives dotés d'activité antimicrobienne.

Notre étude a montré que :

Artemisia herba-alba a révélé une activité antibactérienne significative, inhibant la croissance d'*Escherichia coli* et de *Streptococcus sp.* Cela suggère que l'extrait aqueux de cette plante est efficace contre les bactéries à Gram négatif et à Gram positif. Ces résultats soulignent le potentiel d'*Artemisia herba-alba* en tant qu'alternative naturelle pour lutter contre les infections bactériennes, en particulier dans le contexte de la résistance croissante aux antibiotiques.

Mentha pulegium a présenté une activité antibactérienne uniquement contre *E. coli*. Cela indique que, bien qu'elle possède certaines propriétés antibactériennes, son efficacité peut être limitée à des souches bactériennes spécifiques,

En revanche, *Eucalyptus globulus* n'a présenté aucune activité antibactérienne contre les souches bactériennes testées, qui comprenaient à la fois des bactéries à Gram positif et à Gram négatif. Ce manque d'activité est remarquable, surtout compte tenu du fait que d'autres études ont rapporté des degrés d'efficacité antibactérienne variables de cette plante. L'absence d'activité dans cette étude pourrait être attribuée à des facteurs tels que la concentration de l'extrait utilisé ou la composition phytochimique spécifique.

En perspectives :

- ✓ Il serait intéressant de continuer ces travaux notamment sur d'autres bactéries pathogènes, afin de confirmer l'efficacité ou non des différents extraits.
- ✓ Il serait intéressant également de tester l'effet synergétique entre les extraits des trois plantes et d'en sélectionner la combinaison présentant une meilleure activité antibactérienne.

Références Bibliographiques

1. **Abedini A., (2013).** Evaluation biologique et phytochimique des substances naturelles d'*Hyptis atrorubens* Poit, (Lamiaceae), sélectionnée par un criblage d'extraits de 42 plantes. Thèse de Doctorat, Université de Lille Nord de France. 177 p.
2. **Abou Nabila, F. K. (2017).** Activité antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de *Mentha pulegium* L. Mémoire de Master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi, Bordj Bou Arreridj.
3. **Abu-Darwish MS., Cabral C., Gonçalves MJ., Cavaleiro C., Cruz MT., Efferth T., Salgueiro L.,(2015).** Huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* de Buseirah (South Jordan): Caractérisation chimique et évaluation des doses antifongiques et anti inflammatoires Ethnopharmacol ; 174: 153-60.
4. **Aidoud, A. (1983).** Toxicité de l'*Artemisia herba-alba* et effets pharmacologiques des thuyones. Algerian Journal of Pharmacology, 5(1), 12-18.
5. **Aidoud, A., Benyahia, K., & Bouchenafa, F. (2016).** Etude de la valeur énergétique et protéique de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*). Journal of Algerian Agricultural Sciences, 10(2), 55-63.
6. **Amarati F., Satrani B., Ghanmi M., Farah A., Aafi A., Lotfi Aarab, El Ajjouri M., Chaouch A., 2010.** Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. du Maroc. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 14 (1): 141-148.
7. **Anderson, C.M., Halleberg, A., Hogberg, T., (1996).** Advances in the development of pharmaceutical antioxidants. Adv. drug Res, vol (28), pp65-180.
8. **Anne-Sophie., Nogret-Ehrhart, ; (2003).** La Phytothérapie Se Soigner Par Les Plantes Groupe Eyrolles, ISBN 2-7081-3531-7, Suisse, p25-30.
9. **Anton R et Annelise L (2005).** plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles, lavoisier, édition Tec &Doc.
10. **Baba Aissa F., (2000).** Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb. Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. Edition librairie moderne. Rouiba 368.
11. **Batish, D. R., Singh, H. P., Kohli, R. K., Kaur, S. (2008).** « L'huile essentielle d'*Eucalyptus* comme pesticide naturel », Forest Ecology and Management, vol. 256, n°12, p. 2166-2174.
12. **Bechiri, O., & Tahar, B. (2018).** Étude des systèmes racinaires d'*Artemisia herba-alba* dans les steppes algériennes. African Journal of Plant Science, 12(6), 210-218
13. **Bekhechi, C. (2008).** Analyse les huiles essentielles de quelques espèce aromatique de la région de Tlemcen par (PG, CP), (S /I et RMN) et étude de leur pouvoir antibactérien. 258 p.
14. **Bellakhdar, J. (1978).** Médecine traditionnelle et toxicologique Ouest Saharienne, contribution à l'étude de la pharmacopée marocaine. Ed. Techniques Nord-africaines, Rabat.

15. **Beloued, A. (1998)** : Plantes médicinales d'Algérie. Département De Botanique A L'institut National agronomique d'El Harrach -Algérie .P277 .
16. **Beloued, A. (2009).** Plantes médicinales d'Algérie, 5 édition; Office des publications universitaires, Alger, ISBN/ 9961.0.0304.7.
17. **Belyagoubi, L. (2006).** Contribution à l'étude phytochimique et biologique de quelques plantes médicinales utilisées dans la région de Tébessa. Mémoire de Magister, Université de Annaba, Algérie.
18. **Benamor, B. (2008).** Maitrise de l'Aptitude Technologique de la Matière Végétale dans les Opérations d'Extraction de Principes Actifs ; Texturation par Détente Instantanée Contrôlée DIC. Thèse de Doctorat, Université de La Rochelle.
19. **Benayad, N. (2008).** les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. 63 p.
20. **Bencheikh, D. (2012).** Polyphenols and antioxidant properties of extracts from *Mentha pulegium*L. and *Matricariacamomilla*L., magister en biochimie. universite ferhat abbes setif. 89 p.
21. **Bezza L., Mannarino A., Fattarsi K., Mikail C., Abou L., Hadji-Minaglou F., Kaloustian J. (2010).** Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba-alba* issued from the district of Biskra (Algeria). Phytothérapie, 8, 5, 277-281.
22. **Bhar H et Balouk A.E.(2011).** les Plantes Médicinales et Aromatiques, l'espèce Marocain N°68/2" Trimestre, OOSIER P30.
23. **Bhaskara Reddy M.V., Angers P., Gosselin A., and Arul J. (1997).** Characterization and use of essential oil from *Thymus vulgaris* against *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer* in strawberry fruits. Phytochemistry, 47 (8): 1515-1520.
24. **Bisset W.J et Shaw N. H. (1954)** .A comparison of D.C.P.A., T.C.P.A. and Arsenic for killing Eucalypt regrowth in subtropical native pastures. J. Aust. Inst. Agric. Sci., 20, 177181.
25. **Bossokpi, L.P.L. (2002).** Etude des activités biologiques de *Fagara xanthoxyloides* LAM (Rutaceae), Thèse de pharmacie, Bamako, p 133.
26. **Botineau, M. (2010)** : botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Ed TEC&DOC, la voisier, paris .1021-1043p.
27. **Bouaine A.(1997).** Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles extraites des deux plantes aromatiques et médicinales : Lentisque et Myrte. Route d'imouzzar," Master, Faculté des sciences et techniques, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah. Fès, p. 44, 2017.

28. **Bouchikhi tani, Z. (2011).** Lutte contre le bruche du haricot *Acanthosceli des obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. 189p.
29. **Boudjelal, A. (2013) :** Extraction, identification et détermination des activités biologiques de quelques extraits actifs de plantes spontanées (*Ajuga iva*, *Artemisia herba Alba* et *Marrubium vulgare*) de la région de M'Sila, Algérie. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba., 61p.
30. **Boudjelal, A., Henchiri, C., Sari, M., Sarri, D., Hendel, N., Benkhaled, A., & Ruberto, G. (2013).** Herbalists and wild medicinal plants in M'Sila (North Algeria): An ethnopharmacology survey. *Journal of Ethnopharmacology*, 148(2), 395–402.
31. **Boukenna M et Bouzidi M (2007).** Extraction et analyse de l'huile essentielle de *Mentha viridis*L (menthe verte) et de la *Mentha pulegium* (menthe pouliot). Thèse d'Ingéniorat en Agronomie UMMTO.
32. **Boulekbache-Makhlouf, L., Slimani, S., & Madani, K. (2013).** Total phenolic content, antioxidant and antibacterial activities of *Eucalyptus globulus* essential oils and leaf extracts. *Industrial Crops and Products*, 41, 85–89.
33. **Boyd, B., C. Ford, C. Koepke Michael, K. Gary, E. Horn, S. Mc Anelley, and C. McAnelley.(2003) .** Etude pilote ouverte de l'effet antioxydant d'Ambrotose AOTM sur des personnes en bonne santé. *GlycoScience et Nutrition*, 4(6): p. 7.
34. **Brahmi, F., Khodir, M., Mohamed, C., & Pierre, D. (2022).** Chemical composition and biological activities of *Mentha pulegium* L. essential oil: A review. *Journal of Essential Oil Research*, 34(1), 1–14.
35. **Bremness L. (2001) :** plantes aromatiques et médicinales. BORDAS, France, 303.
36. **Brouillard W., Cuvelier, M.E., Berset, C. (1997).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food. Sci. Technol.*, 28: 25-30.
37. **Bruneton, J. (1993).** Pharmacognosie: Phytochimie, Plantes médicinales. 2ème édition, Lavoisier Techniques & Documentation, Paris.
38. **Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie: Phytochimie, Plantes Médicinales. 3ème édition, Lavoisier Techniques & Documentation, Paris.
39. **Bruneton, J. (2009).** Pharmacognosie Phytochimie, plantes médicinales, 4^o éd., revue et augmentée, Paris, Tec & Doc Éditions médicales internationales,. 1288 p.
40. **Brzozowska, J., Hanower, P., Tanguy, J. (1973).** Polyphenols des feuilles de cotonniers et influence sur leur composition d'un choc hydrique ou nutritionnel. *Phytochemistry*, 12: 2353-2357.
41. **Chaabna N. (2014).** Activité anticoccidienne des extraits *d'Artemisia herba alba*. Mémoire de Magister en Biologie et physiologie végétale, Université Ferhat Abbas Sétif, 51-52 p.

42. **Chang, K., Wong, T.Y., Wei, C., Huang, Y., Lin, Y. (1998).** Tannins and human health. *Cnt. Rev. Feud Sci. Naty*, 38:421-4164.
43. **Collin, S., Crouzet, J., (2011).** Polyphénols et procédés, éd Lavoisier, pp6-11.
44. **Coswig Goldbeck, J., Edmilson do Nascimento, J., Jacob, R. G., Fiorentini, Â. M., & Da Silva, W. P. (2014).** Activité biologique des huiles essentielles de *Eucalyptus globulus* et *Eucalyptus urograndis* contre les cellules planctoniques et les biofilms de *Streptococcus mutans*. *Industrial Crops and Products*, 6, 304-309.
45. **Cowan, M.M. (1999).** Produits végétaux comme agents antimicrobiens. *Clin. Microbiol Re*, 12(4) : 564-582.
46. **Cruzier, A., Clifford, M.N., Ashihara, H. (2009).** Métabolites secondaires des plantes : occurrence, structure et rôle dans l'alimentation humaine. Édité par Blackwell Publishing Ltd.
47. **Dacosta, Y. (2003).** Les phytonutriments bioactifs, édition Yves Dacosta, paris, p133.
48. **Diouf, P.N., Stevanovic, T., Cloutier, A. (2009).** Study on chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of hot water extract from *Picea mariana* bark and its proanthocyanidin-rich fractions. *Food chemistry*, vol(113), pp897-902.
49. **Djemai Zoughlache, S. (2008).** Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de *Zizyphus lotus L.*
50. **Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., & Vidal, N. (2006).** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97(4), 654–660.
51. **Dmour, S. M., Mohammed Saghir, S. A., Abushattal, S., Qaralleh, H., Alnaimat, S. M., Al-Jaafreh, A. M., ... & Almajali, I. S. (2024).** Biological activities and chemical composition of essential oil isolated from *Artemisia herba-alba*. *Electronic Journal of General Medicine*, 21(1).
52. **Dorman HJ., Kosar M., Kahlos K. et al. (2003).** Antioxidant prosperities and composition of aqueous extracts from *Mentha* species, hybrids, varieties and cultivars. *J Agric Food Chem* 51:4563– 9654 .
53. **Draye M., Estager J., Malacria M., Goddard J. P. et Ollivier C. (2009).** Sonochimie Oganique (K1250). Edition Techniques de l'Ingénieur, France.
54. **Dubois, G. E., Grosbay, G. A., Saffron, P. (1977).** Édulcorants non nutritifs : relations entre la structure et la saveur de quelques nouvelles dihydrochalcones simples. *Science*, 195: 197-39.
55. **Dupont, F., Guignard, 1.1. (2007).** Abréges hotanique systématique moléculaire, 14 édition révisée, Masson

56. **Edenharder, R., et Grünhage, D. (2003).** Capacités piégeuses de radicaux libres des flavonoïdes comme mécanisme de protection contre la mutagénicité induite par le tert-butyl hydroperoxyde ou le cumène hydroperoxyde chez *Salmonella typhimurium* TA102. *Mutation Research*, vol. 540, p. 1-18.
57. **Elaissi, Shin S.-C., et Park I.-K.,(2012).** Activité antifongique fumigante des huiles essentielles végétales et des composants du laurier des Antilles (*Pimenta racemosa*) et du thym (*Thymus vulgaris*) contre deux champignons phytopathogènes », *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 23, p. 272–277.
58. **Eloukili M. (2013).** Valeur nutritive de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) comparée à l'unité fourragère de l'orge. Mémoire de master II. Département Des sciences de la terre et de l'univers.
59. **Ewansiha, J. U., Fori, A., Dahiru, U., & Ijabani, E. (2024).** Antibacterial Potentials and Phytochemical Screening of Eucalyptus globulus Leaves Extract against Selected Isolates. *Sahel Journal of Life Sciences FUDMA*, 2(3), 98–103.
60. **Fisher, A., Phillips, C., et Conchello, P. (2008).** Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis*, *Eucalyptus globulus* et *Rosmarinus officinalis* du Maroc. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 91, p. 2643–2651.
61. **Garcia-Salas, P., Morales-Soto, A., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2010).** Phenolic-compound-extraction systems for fruit and vegetable samples. *Molecules*, 15(12), 8813–8826.
62. **Gardès-Albert M., Bonnefont-Rousselot D., Abedinzadeh Z. et Jore D. (2003).** Espèces réactives de l'oxygène : Comment l'oxygène peut-il devenir toxique ? Mécanismes biochimiques, p 91-96.
63. **Gerenutti, M., Modesto, L ., Valessandra carrara, V., Alves magalhães, S. (2014).** Full Length Research Paper Maternal exposure to aqueous extract of *Mentha pulegium* L. inducing toxicity to embryo development in rats. 6p.
64. **Gharabi Z. Sand RI., (2008).** *Artemisia herba Alba* Asso. A guide to Medicinal Plants in North Africa: **49-49**.
65. **Ghazghazi, H., Chedia, A., Weslati, M., Trakhna, F., Houssine, S., Abderrazak, M., & Brahim, H. (2013).** Chemical Composition and in vitro Antimicrobial Activities of *Mentha pulegium* Leaves Extracts against Foodborne Pathogens. *Journal of Food Safety*, 33(3), 239-246.
66. **Ghedira K; Goetz P; Jeune R . (2008).** *Eucalyptus Globulus* Labill. *Phytothérapie*, 6: 197 20.

67. **Ghiaba, Z., Boukouada, M., Saïdi, M., Yousfi, M., Ghiaba, N. & Kendour, Z. (2012).** Comparison of antioxidant activity and phenolic content of three varieties of Algerian dates. *Algerian Journal of Arid Environment*, 2(1), 42–48.
68. **Giordano, E. (1968).** Osservazioni sull'apparato radicale *dell'Eucalyptus globulus Labill.* Publ. del Centro di Spermentazione Agricola e Forestale. X, 2 : 135-148.
69. **Goetiz, K. (2008).** *ÂEucalyptus globulus labill* ãEd, Springer Paris, Volume6, N°3.
70. **Groubert, A. (1984).** Techniques d'extraction végétale : Montpellier, pharmacie.
71. **Guignard J. L., Dupont F. (2004).** Botanique : Systématique moléculaire. 13ème édition. Masson, p237.
72. **Guy, G. (2005).** Les plantes aromatiques et huile essentielle a graisse, édition l'Harmattan.
73. **Harborne, J. B. (1993).** Introduction à la biochimie écologique (4^e éd.). Academic Press : Londres.
74. **Haslam, E. (1996).** Polyphénols naturels (tannins végétaux) en tant que médicaments : modes d'action possibles. *Journal of Nutritional Products*, vol. 59, p. 205-215.
75. **Hatier, R. (1989).** Plantes toxiques et médicinales d'Afrique du Nord. Paris : Éditions Hatier.
76. **Havsteen, B. H. (2002).** La biochimie et l'importance médicale des flavonoïdes. *Pharmacology & Therapeutics*, vol. 96, p. 67-202.
77. **Heimeur, N., Idrissi Hassani, L.M., Amine Serghini, M. (2004).** Les polyphenols de *Pyrus mamorensis* (Rosaceae). *Reviews in Biology and Biotechnology*, 3 (1): 37-42.
78. **Hennebelle, T., Sahpaz, S., Bailleul, F. (2004).** Polyphenols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 1: 3-6 .
79. **Hennebelle, T., Sahpaz, S., Skaltsounis, A. L., & Bailleul, F. (2007).** Composés phénoliques et diterpènes de *Marrubium peregrinum*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35(9), 624-626.
80. **Hodek, P., Trefil, P., et Stiborová, M. (2002).** Flavonoïdes – composés biologiquement actifs, puissants et polyvalents, interagissant avec les cytochromes P450. *Chemico-Biological Interactions*, vol. 139, p. 1-1.
81. **Hyerisam. (2013) :** Propriétés médicinales de la *Menthe pouliot. (Mentha pulegium.L).*
82. **Ignat, I., Volf, I., & Popa, V. I. (2011).** A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 126(4), 1821–1835.

83. **II Edrissi A. (1982)** : Thèse de troisième cycle : Etude des huiles essentielles de quelques Espèces *Salvia*, *Lavandula* et *Mentha* du Maroc, Faculté des Sciences de Rabat, Maroc, 18-22.
84. **Jahandiez E. et Marie R. (1934)** : Catalogues des plantes du Maroc, Spermatophytes et ptérydophytes. Tome III, P. Lechevalier, librairie 12, rue de Tournon VIe, Alger Paris, 42.
85. **Jebali, J., Ghazghazi, H., Aouadhi, C., EL Bini-Dhouib, I., Ben Salem, R., Srairi-Abid, N., Marrakchi, N., & Rigane, G. (2022)**. Tunisian Native *Mentha pulegium* L. Extracts: Phytochemical Composition and Biological Activities. *Molecules*, 27(1), 314.
86. **Juergens, U. R., Stöber, M., & Vetter, H. (1998)**. Inhibition de la production de cytokines et du métabolisme de l'acide arachidonique par l'eucalyptol (1,8-cinéole) dans les monocytes sanguins humains in vitro. *European Journal of Medical Research*, 3(11), 508-510.
87. **Juergens, U., Dethlefsen, U., (2003)**. Activité anti-inflammatoire du 1,8-cinéol (eucalyptol) dans l'asthme bronchique: essai à double insu contrôlé par placebo. *Médecine respiratoire*, 97: 250- 256.
88. **Kahkonen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S., & Heinonen, M. (1999)**. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 3954–3962.
89. **Kansole, M. M. R. (2008)**. Etude botanique, phytochimique et activités biologiques de quelques Lamiaceae du Burkinafaso: cas de *Leucas Martinicensis* (Jacquin) R. Brown, *hoslundia oppositavahl* et *orthosiphon pallidus* Royle ex Benth.
90. **Karamali Khanbabaee, & Teunis van Ree. (2001)**. Tanins : classification et définition. *Natural Product Reports*, vol. 18, p. 641-649.
91. **Kashif A., Shahbaz H. M. et Kwon J. (2017)**. Green Extraction Methods for Polyphenols from Plant Matrices and Their Byproducts. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16: 295-315.
92. **Kawashty, S. A., Mosharrafa, S. A. M., El-Gibali, M., & Salch, N. A. M. (2000)**. Les flavonoïdes de quatre espèces de *Pistacia* en Égypte. *Biochemical Systematics and Ecology*, 28, 915-917.
93. **Kebissi H. (2004)** : Encyclopédie des herbes et plantes médicinales, Dar Al-Kotob Al-Ilyah, Berouth-Liban, 56.
94. **Kelkawi, A. H. A., Abbasi Kajani, A., & Bordbar, A. K. (2017)**. Green synthesis of silver nanoparticles using *Mentha pulegium* and investigation of their antibacterial, antifungal and anticancer activity. *IET nanobiotechnology*, 11(4), 370-376.

95. **King J. W. et Grabiell R. D. (2007).** Isolation of polyphenolic compounds from fruits or vegetables utilizing subcritical water. Espacenet, US7208181. United States.
96. **Kohen, R., et Nyska, A. (2002).** Oxydation des systèmes biologiques : phénomènes de stress oxydatif, antioxydants, réactions rédox et méthodes de leur quantification. Toxicologic Pathology, 30(6), 620-650.
97. **Kolewda, M.P., Gins, V.K. (2001).** Substances phénoliques dans les plantes médicinales. Appl. Biochem. Microm, 37 (4) : 392-399.
98. **Kumar, P., Mishra, S., Malik, A., & Satya, S. (2012).** Analyse de la composition et activité insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* (famille : Myrtacées) contre la mouche domestique (*Musca domestica*). Acta Tropica, 122(2), 212-218.
99. **Lahlou, & Recio, M. C. (2004).** Plantes médicinales et activité antimicrobienne. Journal of Ethnopharmacology, 100, 80-84.
100. **Lahrech, K. (2010).** extraction et analyse des huiles essentielles de *mentha pulgium L.* et *saccocalycs satureioide*. Tests d'activités antibactériennes et antifongiques. 121 p.
101. **Lamari, L. (2018).** Morphologie et anatomie foliaire d'*Artemisia herba-alba*. Journal of North African Plant Studies, 5(1), 23-30.
102. **Leche, J. (1966).** Contribution à l'étude des polyphénols de la plante de tabac (Seita, ed). Ann de la direction des études et de l'équipement, France, 3:15.
103. **Leclerc H, (1976).** Précise de phytothérapie, Paris : Masson, 363p.
104. **Lee, K. W., Hur, H. J., & Lee, C. Y. (2005).** Effets antiprolifératifs des substances phénoliques alimentaires et du peroxyde d'hydrogène. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53, 1990-1995.
105. **Leicach, M. Y., Grass, H., Chludil, A., Garau, A., Guarnaschelli, P., & Fernandez, P. (2012).** Défenses chimiques chez les espèces d'eucalyptus : une stratégie durable fondée sur un savoir ancien pour réduire la dépendance aux produits agrochimiques. Dans New Advances and Contributions to Forestry Research. IntechOpen..
106. **Lemordant, D., Boukef, K., Bensalem, M. (1977).** Plantes utiles et toxiques de Tunisie. Fitoterapia, 48: 191 —214.
107. **Leong, L. P., & Shui, G. (2002).** Une étude sur la capacité antioxydante des fruits dans les marchés de Singapour. Food Chemistry, 76, 69-75.
108. **Leybros J. et Frémeaux P. (1990).** Extraction solide-liquide aspects théoriques. Techniques de l'ingénieur, génie des procédés.
109. **Lobstein A., Couic-marinier F., Koziol N. (2018).** Huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*. Actualités pharmaceutiques. 57(573): 59-61.

110. **Lucchesi, M.E., Chemat, F., & Smadja, J. (2006).** Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A*, 1043(2), 323–327.
111. **Macheix, J.J., Christian, J.A., Allemand, J., (2005).** Les composés phénoliques des végétaux. Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Collection biologique, press polytechniques et universitaires, Romandes, pp1-192.
112. **Maciel M.V., Morais S.M., Bevilaqua C.M.L., Silva R.A., Barros R.S., Sousa R.N., Sousa L.C., Brito E.S., Souza-Neto M.A.(2010).** Chemical composition of *Eucalyptus*
113. **Makino, R., Ohara, S., Hashida, K. (2009).** Extraction efficace des polyphénols de l'écorce des espèces d'arbres tropicaux. *Journal of Tropical Forest Science*, pp. 9-45.
114. **Mansour Sadia, (2015).** Evaluation de l'effet anti inflammatoire de trois plantes médicinales : *Artemisia Absinthium L*, *Artemisia herba Alba Asso* et *Hypericum scarboides* - Etude in vivo. Thèse doctorat. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf.
115. **Marottim, M., Piccaglia, R.,Giovannelli, E. (1994).** Effects of planting time and mineral fertilization on Peppermint (*Mentha piperita L.*) essential oil composition and its biological activity, *Flavour and Fragrance J.*, 9, p : 125-129.
116. **Mekonnen, A., Yitayew, B., Tesema, A., & Taddese, S. (2016).** Activité antimicrobienne in vitro de l'huile essentielle de *Thymus schimperi*, *Matricaria chamomilla*, *Eucalyptus globulus* et *Rosmarinus officinalis*. *International Journal of Microbiology*. [CrossRef] [PubMed].
117. **Mendiola, J. A., Herrero, M., Cifuentes, A., & Ibáñez, E. (2007).** Use of compressed fluids for sample preparation: Food applications. *Journal of Chromatography A*, 1152(1–2), 234–246.
118. **Meot-Duros, L., & Magné, C. (2009).** Antioxidant activity and phenol content of *Crithmum maritimum L.* leaves. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47(1), 37-41.
119. **Merghem R., Cruz, J. M., Franco, D., Dominguez, J. M., Sineiro, J., Dominguez, H., Núñez, M. J., Parajo, J. C. (2009).** Antioxydants naturels issus de sources résiduelles. *Food Chem*, 72 : 145-171.
120. **Michel T. (2011).** Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification : Application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophaë rhamnoides*). Doctorat. Université d'Orléans, Orléans, France. p 257
121. **Michel, T. (2011).** Extraction des composés bioactifs des plantes par les fluides supercritiques. Mémoire de Master 2, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.

122. **Middleton, E., Kandaswami, C., & Theoharides, T. C. (2000).** Les effets des flavonoïdes végétaux sur les cellules de mammifères: implications pour l'inflammation, les maladies cardiaques et le cancer. *Pharmacological Reviews*, 52, 673-839.
123. **Mohamed, T. A., Abd El Aty, A. A., Shahat, A. A., Abdel-Azim, N. S., & Hammouda, F. M. (2021).** New antimicrobial metabolites from the medicinal herb *Artemisia herba-alba*. *Natural Product Research*, 35(3), 435–442.
124. **Mohammed, R., Abdelkader, T., & Lamari, L. (2018).** Potentiel antibactérien et applications dentaires d'*Artemisia herba-alba*. *Journal of Applied Microbiology*, 124(5), 1320-1330.
125. **Mohammed, S., & Alhusseini, L. B. (2025).** Antibacterial and cytotoxic activities of different solvent extracts from *Artemisia herba-alba* against MCF-7 human breast cancer cells. *Contemporary Oncology/Współczesna Onkologia*, 29(1).
126. **Mompon, B., Lemaire, B., Mengal, P., Surbled, M. (1998).** Extraction des polyphénols: du laboratoire à la production industrielle. Ed. INRA. Paris (les Colloques, N° 87).
127. **Mortensen, A., Skibsted, L.H., Truscott, T.G. (2001).** The interaction of dietary carotenoids with radical species, *Arch. Biochem. Biophys*, 385 (1): 13-19.
128. **Mounir T, Hassan A, Abdeslam J, and Abdelmadjid Z. (2015).** Comparative Phytochemical Analysis of Essential Oils from Diffrent Biological Parts of *Artemisia herba Alba* and Their Cytotoxic Effect on Cancer Cells. 10(7) :e0131799. Mutanier des STIC. Acteurs, Ressources et Activité, Paris, p193-221 .
129. **Mukohata, Y., Nakabayashi, S., & Higashida, M. (1978).** La quercétine, un inhibiteur du transfert d'énergie dans la photophosphorylation. *FEBS Letters*, 85, 215-218.
130. **Nielsen PV and Rios R. (2000).** Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs and the possible aplication in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil. *Int. J. Food. Microbiol.*, 60 : 219-229.
131. **Nigussie, M. B., Habteyohannes, L. H., Reta, G. T., Wudinehe, D. A., Fenta, M. M., Tesideke, R. E., ... & Wolie, H. S. (2021).** Screening of Tree Species For Fuelwood Production in The Mid-Altitudes of North Shewa, Ethiopia.
132. **Nijveldt, R. J., van Nood, E., van Hoorn, D. E., Boelens, P. G., van Norren, K., & van Leeuwen, P. A. (2001).** Flavonoïdes : revue des mécanismes d'action probables et des applications potentielles. *American Journal of Clinical Nutrition*, 74(4), 418-425.
133. **Nitsch, J.P., Nitsch, C. (1961).** Synergistes naturels des auxinex et des giberellines. *Bull. Soc. Fr.* 26: 2237-2240.
134. **Nogaret-Ehrhart A.S. (2003).** *Phytothérapie se soigner par les plantes*. Paris, France ,192p.

135. **Nortjie, E., Basitere, M., Moyo, D., & Nyamukamba, P. (2024).** Assessing the Efficiency of Antimicrobial Plant Extracts from *Artemisia afra* and *Eucalyptus globulus* as Coatings for Textiles. *Plants*, 13(4), 514.
136. **Noudin, C. and Grumbach, N. (2000).** Larousse médicale. Paris : Larousse and bordas 1203p.
137. **Nunes, A., & Hernandez, K. D. (2020).** Autonomous taxis & public health: High cost or high opportunity cost?. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 138, 28-36.
138. **O’Kennedy, R., & Thomes, R. D. (Éds.). (1997).** Les coumarines: biologie, applications et mode d’action. New York, NY : John Wiley & Sons Inc.
139. **Pan, X., Niu, G., & Liu, H. (2003).** Microwave-assisted extraction of tea polyphenols and tea caffeine from green tea leaves. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 42(2), 129–133.
140. **Papachristos, D. P., Karamanoli, K. I., Stamopoulos, D. C., & Menkissoglu-Spiroudi, U. (2004).** Relation entre la composition chimique de trois huiles essentielles et leur activité insecticide contre *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Pest Management Science*, 60, 514-520.
141. **Pombal, S., Rodilla, J., Gomes, A., Silva, L., & Rocha, P. (2014).** Evaluation of the antibacterial activity of the essential oil and antioxidant activity of aqueous extracts of the *Eucalyptus globulus* Labill. leaves. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*, vol. 3(11), 356-366.
142. **Pronyk, C., & Mazza, G. (2009).** Design and performance of a hybrid batch continuous pilot plant for subcritical water extraction of phenolic compounds from flax shives. *Industrial Crops and Products*, 29(2-3), 291–299.
143. **Quezel, P., et Santa, S. (1963).** Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome II, Ed. CNRS, Paris.
144. **Rahman, I. (2002).** Stress oxydatif et transcription génique dans l’asthme et la maladie pulmonaire obstructive chronique : cible thérapeutique antioxydante. *Current Drug Targets – Inflammation & Allergy*, 1(3), 291-315.
145. **Raho, B. (2017).** Antimicrobial research: Novel bioknowledge and educational programs. *Algérie*, p. 68-78.
146. **Rajbhar K., Dawda H. et Mukundan U. (2014).** Polyphenols : Methods of Extraction. *Scientific reviews and Chemical Communications*, 5(1): p 1-6.
147. **Ramos L., Kristenson E. M. et Brinkman U. A. T. (2002).** Current use of pressurized liquid extraction and subcritical water extraction in environmental analysis. *Journal of chromatography.A*, 975: 3-29.

148. **Raybaud E. (1985)** : Critique de la systématique des menthes. Thèse de Doctorat d'état, faculté de pharmacie, Marseille.
149. **Régammi, A., Bensalah, F., & Bouharrou, A. (2019)**. Effets thérapeutiques de l'extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba* sur le syndrome métabolique. *Algerian Journal of Pharmacology*, 11(3), 101-110.
150. **Richard, F., & Peyron, F. (1992)**. Manuel des corps gras. Paris : Lavoisier, Tec & Doc, p. 1228-1242.
151. **Richter B. E., Jones B. A., Ezzell J. L., Porter N. L., Avdalovic N. et Pohl C. (1996)**. Accelerated solvent extraction : A technique for sample preparation analytical chemistry, 68: 1033-1039.
152. **Routray, W., & Orsat, V. (2012)**. Microwave-assisted extraction of flavonoids: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), 409–424.
153. **Sánchez-Faure, A., Calvo, M. M., Pérez-Jiménez, J., Martín-Diana, A. B., Rico, D., Montero, M. P., ... & Martínez-Álvarez, O. (2020)**. Exploring the potential of common iceplant, seaside arrowgrass and sea fennel as edible halophytic plants. *Food Research International*, 137, 109613.
154. **Scalbert, A. (1991)**. Propriétés antimicrobiennes des tanins. *Phytochemistry*, 30, 3875-3883.
155. **Scalbert, A., & Williamson, G. (2000)**. Apport alimentaire et biodisponibilité des polyphénols et prévention des maladies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45, 287-306.
156. **Sekiou, O., Lamri, L., & Benyahia, K. (2021)**. Extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba* : protection contre le stress oxydatif et amélioration de la résistance à l'insuline chez les rongeurs. *African Journal of Biochemistry*, 15(2), 45-58.
157. **Service public fédéral Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement. (2021)**. Avis : Huiles essentielles en capsules – *Mentha x piperita* L. Commission d'avis des préparations de plantes, 23 avril.
158. **Silva, J., Abebe, W., Sousa, S. M., Duarte, V. G., Machado, M. I., & Matos, F. J. (2003)**. Effets analgésiques et anti-inflammatoires des huiles essentielles d'Eucalyptus. *Journal of Ethnopharmacology*, 89(2-3), 277-283.
159. **Singleton V. L. et Rossi J. A. j. (1965)**. Colorimetry of total phenolics with, phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16 : 85-144.
160. **Stalikas C. D. (2007)**. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of separation science*, 30(18) : 3268-3295.
161. **Subramanian, S., Stacey, G., & Yu, O. (2007)**. Rôles distincts et cruciaux des flavonoïdes lors de la nodulation des légumineuses. *Trends in Plant Science*, 12, 282-285.

162. **Taillothe, D., Escarré, J., & Linhart, Y. B. (1872).** Variation intraspécifique des effets inhibiteurs des monoterpènes de *Thymus vulgaris* (Labiatae) sur la germination des graines. *Oecologia*, 101, 110-118.
163. **Talahagcha Kh et KASSA S (2008).** Extraction et caractéristiques organoleptiques et chimiques de l'huile essentielle de *Mentha pulegium*. (Menthe pouliot).D.E.S en biologie.
164. **Thompson, J., Gauthier, P., Amiot, J., Ehlers, B., Collin, C., Fossat, J., Barrios, V., Arnaud-Miramont, F., Keefover-Ring, K., & Linhart, Y. (2011).** Adaptation continue aux extrêmes climatiques méditerranéens chez une plante chimiquement polymorphe. *Ecological Monographs*, 77(3), 421-439.
165. **Toumi, M. N., Benyamina, A., Bouzidi, M. A., Semmak, A., Bellebna, Y., Toumi, F., & Tilmatine, A. (2022).** Intensification of the extraction yield of *Eucalyptus globulus* phenolic compounds with pulsed electric field. *Applied Sciences*, 12(19), 9455.
166. **Trabelsi, N., Megdiche, W., Ksouri, R., Falleh, H., Oueslati, S., Soumaya, B., ... & Abdelly, C. (2010).** Solvent effects on phenolic contents and biological activities of the halophyte *Limoniastrum monopetalum* leaves. *LWT-Food Science and Technology*, 43(4), 632-639.
167. **Tsimogiannis, D. I., & Oreopoulou, V. (2006).** La contribution du cycle C des flavonoïdes à l'efficacité de piégeage du radical libre DPPH: une approche cinétique pour les dérivés substitués en 3,4-hydroxy. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7, 140-140.
168. **Tucker, A., Rfcnacz, I. (2007).** *Mentha* : Un Aperçu De La Classification Et Les Relations.
169. **Twaij Ha, Al-Badr Aa. (1988).** Hypoglycemic activity of *Artemisia herba alba*, *J Ethnopharmacol.* 1988 Dec;24(2-3):123-6.
170. **Tyler.V.E. (1999).** Phytomedicines: Back to the Future. *J. Nat. Prod* 62: 1589-1592.
171. **Vallès J and Mc Arthur. (2001).** *Artemisia* systematic and phylogeny. USDA Forest variétés Algériennes. Mémoire de Magister en Agronomie. Université de Tlemcen.
172. **Van Acker, S., Van Balen, G. P., Van den Berg, D. J., & Van der Vijgh, W. J. F. (1996).** Influence de la chélation du fer sur l'activité antioxydante des flavonoïdes. *Biochemical Pharmacology*, 56, 935-943.
173. **Vilela, G. R., De Almeida, G. S., Bismara Regitano D'Arce, M. A., Duarte Moraes, M. H., Brito, J. O. V., Da Silva, M. F. G. F., Cruz Silva, S., Piedade, S. M. S., Calori-Domingues, M. A., & Micotti da Gloria, E. (2009).** Activité de l'huile essentielle et de son composé majeur, le 1,8-cinéole, extrait de *Eucalyptus globulus* Labill., contre les champignons de stockage *Aspergillus flavus* Link et *Aspergillus parasiticus* Speare. *Journal of Stored Products Research*, 45, 108-111.
174. **Wang L. et Weller C. L. (2006).** Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends Food Sci Tech*, 17(6) : 300–312.

175. **Williamson, G., Manach, C. (2005).** Biodisponibilité et bio-efficacité des polyphénols chez l'humain. II. Revue de 93 études d'intervention. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 243S-255S.
176. **Yao, L. H., Jiang, Y. M., Shi, J., Tomas-Barberan, F. A., Datta, N., Singanusong, R., & Chen, S. S. (2004).** Les flavonoïdes dans les aliments et leurs bienfaits pour la santé. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59(3), 113-122.
177. **Yoshida, H., Ishikawa, T., Hosoi, H., Suzukawa, M., Ayaori, M., Hisada, T., et al. (1999).** Effet inhibiteur des flavonoïdes du thé sur la capacité des cellules à oxyder les lipoprotéines de basse densité. *Biochemical Pharmacology*, 58(10), 1695-1703.
178. **Yuvneet Rai, Y. R., Navneet Kaur, N. K., Deepa Aheer, D. A., Rajandeep Kaur, R. K., & Hatish Prashar, H. P. (2013).** Phytochemical analysis and antimicrobial activity of methanolic extract of *Eucalyptus globules*.
179. **Zargari A. (1990) :** Herbal Medicines. Publication of Tehran University, Iran. p: 14-18.
180. **Zhang, Y., Vareed, S. K., & Nair, M. G. (2005).** Inhibition de la croissance des cellules tumorales humaines par des anthocyanidines non toxiques, pigments des fruits et légumes. *Life Sciences*, 76(13), 1465-1472.

Annexe

1. Calcule de rendements de trois extraits

Les plantes	<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Artimisia herba alba</i>	<i>Menthe polegium</i>
Matériel végétale g (m₀)	05	05	05
Flacon vide g (A)	84.772	58.461	58.738
Flacon plein g (B)	84.918	58.560	58.738
B-A g (m)	0.146	0.099	0.076
Rendement % (m/m₀ x 100)	2.92	1.98	1.52

- *Eucalyptus globulus* : $0.146/5 \times (100) = 2.92 \%$
- *Artimisia herba alba* : $0.099/5 \times (100) = 1.98 \%$
- *Menthe polegium* : $0.076/5 \times (100) = 1.52 \%$

2. La composition du milieu de culture BHI (1 L)

- Infusion de cerveau et de cœur : 200 – 250g
- Piptone : 10 – 15 g
- Dextrose : 02 – 03 g
- Chlorure de sodium : 05 – 06 g
- Phosphate di sodique : 02 – 03 g.

3. Conditions opératoires d'extraction

- La masse végétale : 05 g
- Température de macération : température ambiante
- La durée de macération : 24 h
- Température de l'évaporation : 45°C
- Durée de l'évaporation : 20 – 30 min
- Rotation par minute : 150 RPM
- Température de conservation d'extrait sec : +4 °C.

4. La composition de DMSO

- Deux groupes méthyle (CH₃)₂ liés à un atome de soufre
- Un atome d'oxygène lié à atome de soufre (SO₂).

5. Préparation de DMSO 10% (100 ml)

- 90 ml d'eau distillé + 10 ml de DMSO.

Résumé

Il existe un besoin urgent de découvrir de nouveaux composés ou extraits antimicrobiens pour résoudre le problème crucial de l'augmentation de la résistance microbienne aux antibiotiques actuels. La biodiversité chimique végétale est une ressource potentielle précieuse. Bien que des composés de plantes soient utilisés comme base pour plusieurs médicaments, aucun antibiotique commercialement réussi n'a encore été découvert à partir de plantes, malgré plus d'un millier de publications dans ce domaine par an. En effet, les extraits issus des végétaux contiennent une variété de molécules biologiquement actives. Dans ce même contexte nous avons tenté d'évaluer l'activité antibactérienne de l'extrait méthanoliques obtenus par macération à partir de la partie aérienne de 3 plantes médicinales *Mentha pulegium*, *Eucalyptus globulus* et d'*Artemisia herba-alba*.

Les résultats obtenus ont révélé une activité antibactérienne de l'extrait d'*Artemisia herba-alba* contre *E.coli* ATCC 25922 (Gram-), *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (Gram+) avec une CMI de 10 mg/mL et *Streptococcus* sp (Gram+) avec une CMI de 5 mg/mL. Au terme de ce travail, nous constatons que l'extrait aqueux de d'*Artemisia herba-alba* pourrait éventuellement présenter un bon moyen de lutte contre les bactéries pathogènes d'origine hospitalière.

Mots clés : Activité antibactérienne, bactéries pathogènes, extraits aqueux, plantes médicinales

Abstract

There is an urgent need to discover new antimicrobial compounds or extracts to address the critical problem of increasing microbial resistance to current antibiotics. Plant chemical biodiversity is a valuable potential resource. Although plant compounds are used as the basis for several drugs, no commercially successful antibiotic has yet been discovered from plants, despite more than a thousand publications in this field each year. Indeed, plant extracts contain a variety of biologically active molecules. In this same context, we attempted to evaluate the antibacterial activity of the methanolic extract obtained by maceration from the aerial parts of three medicinal plants : *Mentha pulegium*, *Eucalyptus globulus*, and *Artemisia herba-alba*.

The results revealed an antibacterial activity of the *Artemisia herba-alba* extract against *E.coli* ATCC 25922 (Gram-negative) and *Streptococcus* sp (Gram-positive) with a Minimum Inhibitory Concentration (MIC) of 10 mg/mL and 5 mg/mL, respectively. At the conclusion of this work, we find that the aqueous extract of *Artemisia herba-alba* could potentially present an effective means of combating pathogenic bacteria of hospital origin.

Keywords : Antibacterial activity, pathogenic bacteria, aqueous extracts, medicinal plants.

ملخص

هناك حاجة ملحة لاكتشاف مركبات أو مستخلصات مضادة للميكروبات جديدة لحل المشكلة الحرجة المتمثلة في زيادة المقاومة الميكروبية للمضادات الحيوية الحالية. التنوع الكيميائي النباتي هو مورد محتمل قيم. على الرغم من استخدام مركبات نباتية كأساس للعديد من الأدوية، لم يتم بعد اكتشاف مضاد حيوي ناجح تجارياً من النباتات، على الرغم من وجود أكثر من ألف منشور في هذا المجال كل عام. في الواقع، تحتوي المستخلصات النباتية على مجموعة متنوعة من الجزيئات النشطة بيولوجياً. في هذا السياق نفسه، حاولنا تقييم النشاط المضاد للبكتيريا للمستخلص الميثانولي الذي تم الحصول عليه عن طريق النقع من الجزء الهوائي لثلاثة نباتات طبية: (النعناع الفلفلي)، (الكاليتوس)، و (الشيخ البلدي).

كشفت النتائج عن نشاط مضاد للبكتيريا لمستخلص (الشيخ البلدي) ضد الاشريكية القولونية (سالب الجرام)، المكورات العنقودية (موجب الجرام) والمكورات العقدية (موجب الجرام) بتركيز مثبط أدنى قدره 10 ملغ/مل و 5 ملغ/مل على التوالي. في ختام هذا العمل، نجد أن المستخلص المائي لل (الشيخ البلدي) يمكن أن يشكل وسيلة جيدة لمكافحة البكتيريا المسببة للأمراض ذات المنشأ المستشفى.

الكلمات المفتاحية: النشاط المضاد للبكتيريا، بكتيريا ممرضة، مستخلصات مائية، نباتات طبية