

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOÛT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option: Microbiologie Appliquée

Intitulé

Evaluation de l'activité antimicrobienne d'huile essentielle d'*Artemisia campestris*

Présenté Par : - Becheri Hawa

- Boutarene Imane

- Foughali Soundous

- Lemrabet Khouloud

Membres de Jury:

Dr. ENNAGHRA NADJET MCA Présidente

Univ. 20 août 1955- Skikda

Dr. DJERRAB LEILA MCB Promotrice

Univ. 20 août 1955- Skikda

Dr. MELOUKA HADDA MCB Examinatrice

Université 20 août 1955- Skikda

Année universitaire 2024/2025

REMERCIEMENTS

Louange à Allah, Seigneur des mondes, qui nous a accordé, par Sa grâce, la force, la patience et la persévérance pour mener à bien ce travail. Ce mémoire n'est que la manifestation de Sa volonté et de Ses immenses bienfaits. Toute réussite vient de Lui seul.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions tout particulièrement **Dr Djerrab Leila**, notre encadrante, pour sa disponibilité, ses conseils rigoureux et son accompagnement tout au long de ce travail. Son encadrement a été précieux à chaque étape, aussi bien sur le plan scientifique que méthodologique.

Nos sincères remerciements s'adressent également à Monsieur **Zaid Nassar**, responsable du laboratoire de bactériologie alimentaire au sein du Laboratoire d'Hygiène de la Wilaya de Skikda, pour son accueil, sa disponibilité et les moyens mis à notre disposition.

Nous exprimons aussi notre reconnaissance à **Dr Boumaza Marwa**, en cours de doctorat au sein du Centre de Recherche en Biotechnologie (**CRBt**), pour son aide précieuse, sa patience et son accompagnement technique tout au long de nos analyses.

Nous remercions l'ensemble des enseignants du département des sciences de la nature et de la vie de l'Université de Skikda pour la qualité de leur enseignement, ainsi que tous les membres des laboratoires qui nous ont assistés, de près ou de loin, dans la réalisation de ce travail.

Enfin, nous tenons à remercier nos familles et nos proches pour leur soutien moral constant tout au long de notre parcours universitaire.

Ce travail est le fruit d'un effort collectif, mené avec rigueur, entraide et persévérance.

Hawa, Imane, Khouloud et Soundous.

Dédicaces

Gloire à Dieu qui m'a permis de mener à terme ce travail.

Je dédie ce travail

A mon cher père, qui peut être fier avec le résultat des années de sacrifices. Vous avez quitté ce monde, mais votre souvenir toujours vivace dans mon cœur.

Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

A ma chère mère, je ne trouve pas les mots pour traduire tout ce que je ressens envers une mère exceptionnelle, dont j'ai la fierté d'être ta fille. Et que Dieu tout puissant, préserve ton sourire et s'assure une bonne santé et une longue vie.

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours.

A mes amies et collègues, A tous les moments qu'on a passé ensemble à tous nos souvenirs ! Je vous souhaite à tous longue vie pleine de bonheur et de prospérité.

Merci pour tous les moments formidables qu'on a partagés.

Becheri Hawa

Dédicaces

À mes parents, **Abdelkrim** et **Nacira**, pour leur patience, leur confiance et les sacrifices qu'ils ont faits pour me permettre d'arriver jusqu'ici. Ce diplôme est autant le leur que le mien.

À ma famille, pour leur soutien discret mais constant, en particulier ma tante **Chérifa**, dont la bienveillance et la présence ont été d'un grand réconfort tout au long de ce parcours.

À mes collègues de mémoire, **Hawa**, **Imane** et **Soundous**, avec qui j'ai partagé ce travail. Merci pour votre sérieux, votre engagement et votre esprit d'équipe. Ce n'était pas toujours facile, mais on l'a fait ensemble, et c'est ce qui compte.

À notre encadrante, **Dr Djerrab Leila**, pour sa disponibilité, sa rigueur et ses conseils précieux. Son accompagnement a joué un rôle clé dans la réussite de ce travail.

Et à moi-même. Pour avoir tenu bon, pour le travail accompli, et pour n'avoir jamais abandonné malgré la pression. Ce mémoire est le reflet d'un vrai effort, du début à la fin.

Lemrabet Khouloud

Dédicace

Tout d'abord, et avant toute chose, je remercie Dieu, qui m'a donné la force et la santé pour poursuivre mon parcours et atteindre ce que je suis aujourd'hui.

À ma chère maman,

Merci pour ton soutien indéfectible tout au long de mon parcours. Tu es véritablement la lumière qui éclaire mes chemins et m'ouvre la voie vers la réussite. Je te suis profondément reconnaissante pour ton courage, ta patience, ainsi que pour ton amour et ta tendresse sans limites.

À mon cher père,

À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et ma source inépuisable de joie et de bonheur. Toi qui t'es toujours sacrifié pour me voir réussir, je te dédie tout mon amour et ma gratitude.

À mon frère,

Mon soutien et mon pilier dans la vie. Merci d'être toujours présent à chaque instant.

À ma chère sœur,

À l'unique sœur que j'ai au monde, merci d'être toujours à mes côtés, par ta présence, par ton amour, pour donner du goût et du sens à notre vie de famille.

À ma famille et à mes chères tantes,

Merci pour leur soutien et leurs encouragements.

À mes chères amies de parcours **Hawa, Imene et **Khouloud,****

Merci pour votre soutien indéfectible et les moments inoubliables que nous avons partagés. Votre amitié a été une source de force et de joie tout au long de ce chemin.

Foughali Soundous

Dédicace

Au nom d'Allah le Tout-Puissant,

Je dédie ce mémoire à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'accomplissement de ce travail et au chemin parcouru jusqu'ici.

À ma chère mère,

Ma source d'amour, de tendresse et de lumière dans les moments sombres. Tu es le cœur de notre foyer, la force tranquille derrière chacun de mes pas. Ton amour inconditionnel, tes prières silencieuses, ta patience sans limite et tes sacrifices au quotidien ont été les piliers de mon parcours. Grâce à ton soutien constant et ta présence rassurante, j'ai pu affronter chaque défi avec confiance. Tu as toujours cru en moi, même quand moi-même je doutais. Que Dieu te protège, te comble de santé, de bonheur et te récompense pour tout le bien que tu sèmes autour de toi.

À mon cher père,

Merci pour ta sagesse, ton calme et ton soutien discret mais toujours présent. Ta confiance en moi et tes encouragements ont été des repères essentiels tout au long de mon chemin. Que Dieu t'accorde une longue vie paisible, remplie de santé et de sérénité.

À mes frères, **Mohamed** et **Hani**, pour leur tendresse, leur patience et leur encouragement constant.

À **Dr Djerrab Leila**, notre encadrante, pour sa précieuse aide, ses conseils avisés et son accompagnement bienveillant.

À mes collègues de mémoire, pour leur collaboration et leur entraide précieuse, et à mon amie **Maissoune**, pour sa présence rassurante et ses encouragements.

Que ce travail soit utile et qu'Allah bénisse tous ceux qui m'ont aidée.

Boutarene Iman

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Introduction	1
Partie théorique	
I- L'espèce végétale	2
I-1- <i>Artemisia campestris</i>	2
I-1-1-Classification taxonomique	2
I-1-2- Description botanique	2
I-1-3- Répartition géographique	3
I-2 Composition chimique.....	3
I-3 Usages traditionnels d' <i>Artemisia campestris</i> :	4
I-4 Activités biologiques d' <i>Artemisia campestris</i>	4
II- Les huiles essentielles	5
II-1-Définition des huiles essentielles.....	5
II-2 Historique.....	5
II-3 Localisation	5
II-4 Domaine d'utilisation.....	6
II-4-1 Secteur de l'industrie agroalimentaire	6
II-4-2 Secteur de l'industrie de la parfumerie et du cosmétique	6
II-4-3 Secteur de l'industrie pharmaceutique	6
II-5 Méthodes d'extraction d'huile.....	6
II-5-1 Entraînement à la vapeur d'eau	7
II-6 Composition chimique des huiles essentielles :	9
II-7 Propriétés physicochimiques des huiles essentielles	9
II-8 Activités biologiques des huiles essentielles.....	9
II-8 -1 Activité antibactérienne	9
II-8 -2 Activité antioxydante	10
III- Les souches étudiées.....	11
III-1 <i>Escherichia coli</i>	11
III-1-1 Pouvoir pathogène	11
III-1-2 Résistance aux antibiotiques	11

III-2 <i>Staphylococcus aureus</i>	11
III-2-1 Pouvoir pathogène	12
III-2-2 Résistance aux antibiotiques	12
III-3 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12
III-3-1 Pouvoir pathogène	12
III-3-2 Résistance aux antibiotiques	13
III-4 <i>Bacillus spizizenii</i>	13
III-4-1 Pouvoir pathogène	13
III-4-2 Résistance aux antibiotiques	13
III-5 <i>Candida albicans</i>	14
III-5-1 Pouvoir pathogène	14
III-5-1 Résistance antifongiques	14
Partie expérimentale	
I- Cadre général de l'étude.....	15
I-1- L'objectif de l'étude	15
II- Matériel utilisé	15
II-1- Matériel non biologique.....	15
II -2- Matériel biologique.....	16
a) Matériel végétal	16
b) Justification du choix de la plante.....	16
c) Récolte.....	16
d) Microorganismes testés	18
III- Protocole d'extraction des huiles essentielles.....	18
IV-Evaluation de l'activité antibactérienne.....	20
IV-1- Revivication et repiquage des souches bactériennes	20
IV-1-1- Identification des souches bactérienne.....	20
IV-2- Méthode de l'aromatogramme	22
IV- 3- Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) :	25
a) La méthode de macrodilution	25
b) La méthode de microdilution (microplaques)	27
IV- 4- Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB)	28
a) A partir de macrodilution	28
Résultats et discussion	
I-Rendement et caractéristiques des huiles essentielles	30
II-Identification des souches bactériennes	31
III-Activité antibactérienne	32
IV-concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'huilee essentielle	34

Conclusion et perspectives37

Références

Liste des abréviations

ABTS : 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique).

ADN : Acide Désoxyribonucléique.

AFNOR : Association Française de Normalisation.

ARN : Acide Ribonucléique.

ATCC : American Type Culture Collection (Collection américaine de souches de référence).

BHA : butylhydroxyanisole.

BHT : butylhydroxytoluène.

BMH : bouillon Mueller-Hinton

BSL 1 : Biosafety Level 1.

B. subtilis : *Bacillus subtilis*.

CMB : concentration minimale bactéricide.

CMI : concentration minimale inhibitrice.

D : diamètre.

DMSO : diméthylsulfoxyde.

DPPH : radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle.

E. coli : *Escherichia coli*.

EN : Norme européenne.

g : gramme.

HE : huile essentielle.

HEs : huiles essentielles.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

Kg : kilogramme.

Mg : milligramme.

MH : Mueller-Hinton.

MHE : masse d'huile essentielle.

ml : millilitre.

mm : millimètre.

MS : masse de matière végétale utilisée.

µL : microlitre.

µm : micromètre.

μm³ : micromètre cube.

NF : Norme française

nm : nanomètre.

NT : Norme technique.

P. aeruginosa : *Pseudomonas aeruginosa*.

PBP2A : Protéine de liaison à la pénicilline 2A.

R : rendement de l'huile essentielle.

SARM : Staphylococcus aureus résistant à la méthicilline.

S.aureus : *Staphylococcus aureus*.

TEM : type de bêta-lactamase, nommé d'après la patiente Temoniera.

TRI : TEM résistantes aux inhibiteurs.

TCA : acide trichloracétique.

V/V : volume sur volume.

α : alpha.

B : bêta.

γ : gamma.

% : pourcentage

°C : degré Celsius.

C+ : contrôle positif.

C- : contrôle négatif.

Liste des figures

Figure 1 : <i>Artemisia campestris</i> subsp. <i>glutinosa</i> – Hoggar (C.M. Chatelain, 2019).	3
Figure 2 : Schéma du dispositif d'extraction d'huile essentielle par hydrodistillation avec un Clevenger (Ahmadi, 2019).....	7
Figure 3 : Schéma du dispositif d'extraction d'huile essentielle par hydrodiffusion (Bousbia, 2011).	8
Figure 4 : Schéma du dispositif d'extraction d'huile essentielle par distillation à la vapeur	8
Figure 5 : <i>Artemisia campestris</i> medicinal herb from Algeria (photo originale).....	16
Figure 6 : situation géographique du Beni Fouda (Google, 2025).....	17
Figure 7 : <i>Artemisia campestris</i> (A) avant et (B) après séchage (photo originale).	17
Figure 8 : hydrodistillation (photo originale).....	18
Figure 9 : le distillat dans un récipient (photo originale).....	19
Figure 10 : examen macroscopique (photo originale).	20
Figure 11 : coloration de gram (Frobisher, 1976).	21
Figure 12 : les dilutions d'HE (Photo originale).	22
Figure 13 : Mueller Hinton dans les boîtes de Pétri (Photo originale).	23
Figure 14 : l'écouvillon a été immergé dans la suspension bactérienne (photo originale).	23
Figure 15 : ensemencement des bactéries (photo originale).....	23
Figure 16 : application des disques (photo originale).	24
Figure 17 : mesuré la zone d'inhibition (photo originale).	25
Figure 18 : préparation des dilutions (photo originale).	26
Figure 19 : préparation de l'inoculum bactérienne (photo originale).	26
Figure 20 : préparation de la solution mère (photo originale).	27
Figure 21 : préparation des dilutions (photo originale).	27
Figure 22 : Huile essentielle de l'armoise rouge (photo originale).....	30
Figure 23 : CMI des microplaques (photo originale).....	35

Liste des tableaux

Tableau 1 : classification botanique de la plante <i>Artemisia Campestris</i> (Al-Snafi, 2015).	2
Tableau 2 : Caractéristiques des souches microbiennes utilisées dans l'étude.	18
Tableau 3 : Rendement d'extraction et Caractéristiques organoleptiques de l'HE <i>d'Artemisia campestris</i>	30
Tableau 4 : observation microscopique et macroscopiques des souches bactériennes (photo originale).	31
Tableau 5 : résultats de l'observation macroscopique et microscopique.	32
Tableau 6 : Zones d'inhibition selon la dilution de l'huile essentielle d' <i>Artemisia campestris</i> (photos originales).	32
Tableau 7 : CMI de l'huile essentielle <i>d'Artemisia campestris</i> selon les dilutions.	35
Tableau 8 : la CMI, CMB et Effet de l'Huile Essentielle <i>d'Artemisia campestris</i>	36

Résumé

Ce travail vise à évaluer l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris*, plante aromatique de la famille des *Astéracées*, récoltée dans la région de Beni Fouda (Sétif, Algérie). L'extraction a été réalisée par hydrodistillation à partir des parties aériennes, avec un rendement moyen de 0,73 %. L'évaluation biologique a porté sur cinq souches de référence : *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 1117, *Bacillus spizizenii* ATCC 6633 et *Candida albicans* ATCC 91234, à l'aide des méthodes de diffusion sur disques, de détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricide/fongicide (CMB). L'huile essentielle a exercé une activité variable selon les souches testées. Les plus grandes zones d'inhibition ont été observées pour *Candida albicans* (24 mm), *Staphylococcus aureus* (17 mm) et *Bacillus spizizenii* (18 mm), traduisant une forte sensibilité. À l'inverse, *E. Coli* et *P. Aeruginosa* ont présenté des zones plus réduites (8 à 9 mm), indiquant une résistance partielle. Les valeurs de CMI les plus faibles ont été enregistrées pour *B. Spizizenii* (1,25 mg/mL) et *C. Albicans* (5 mg/mL), tandis que les trois autres souches nécessitaient une concentration de 10 mg/mL. L'effet bactéricide ou fongicide a été confirmé pour toutes les souches, à l'exception de *S. Aureus*, pour laquelle l'effet est resté bactériostatique (CMB > 5 mg/mL). Ces résultats confirment le potentiel antimicrobien d'*Artemisia campestris*, en particulier vis-à-vis des microorganismes Gram positifs et des levures. Ils appuient l'usage traditionnel de cette espèce dans le traitement des infections et soulignent son intérêt dans la recherche de nouvelles alternatives thérapeutiques d'origine naturelle.

Mots-clés : *Artemisia campestris*, huile essentielle, activité antimicrobienne, CMI, CMB, souches de référence

Abstract

This study aims to evaluate the antimicrobial activity of the essential oil of *Artemisia campestris*, an aromatic plant belonging to the *Asteraceae* family, collected from the Beni Fouda region (Sétif, Algeria). The essential oil was extracted from the aerial parts by hydrodistillation, yielding an average of 0.73%. Antimicrobial activity was tested against five reference strains: *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 1117, *Bacillus spizizenii* ATCC 6633, and *Candida albicans* ATCC 91234, using disk diffusion, minimum inhibitory concentration (MIC), and minimum bactericidal/fungicidal concentration (MBC) methods. The oil exhibited variable inhibitory effects depending on the strain. The largest inhibition zones were recorded for *Candida albicans* (24 mm), *Staphylococcus aureus* (17 mm), and *Bacillus spizizenii* (18 mm), indicating high sensitivity. In contrast, *E. Coli* and *P. Aeruginosa* showed smaller inhibition zones (8 to 9 mm), suggesting relative resistance. The lowest MICs were observed for *B. Spizizenii* (1.25 mg/mL) and *C. Albicans* (5 mg/mL), while the remaining strains required 10 mg/mL. A bactericidal or fungicidal effect was confirmed for all strains except *S. Aureus*, which exhibited a bacteriostatic effect (MBC > 5 mg/mL). These findings confirm the antimicrobial potential of *Artemisia campestris*, particularly against Gram-positive bacteria and yeasts. They support its traditional use in the treatment of infections and highlight its relevance as a natural source for new therapeutic alternatives.

Keywords: *Artemisia campestris*, essential oil, antimicrobial activity, MIC, MBC, reference strains

Introduction

Au cours des cinquante dernières années, les antibiotiques ont joué un rôle fondamental dans le traitement des maladies infectieuses. Toutefois, leur usage excessif et parfois inapproprié a conduit à l'émergence de résistances bactériennes, rendant certains traitements inefficaces. Ce phénomène constitue aujourd'hui une menace majeure pour la santé publique. Face à cette problématique, la recherche de nouvelles alternatives thérapeutiques devient une nécessité (**Boukhatem, 2013**). L'usage des plantes médicinales, fondement de la médecine traditionnelle, suscite un regain d'intérêt en raison de leur richesse en composés bioactifs. Selon l'Organisation mondiale de la santé, environ 80 % de la population mondiale a recours à la médecine traditionnelle pour les soins de santé. L'Algérie, riche en biodiversité, abrite de nombreuses plantes aromatiques et médicinales aux propriétés thérapeutiques intéressantes, notamment celles appartenant à la famille des Astéracées (**Ventrella et al 2008 ; Kechar et al 2016**). Les espèces appartenant à cette famille sont reconnues pour leur activité grâce aux composés bioactifs qu'elles contiennent (**Kechar et al 2016**).

Parmi elles, *Artemisia campestris* se distingue par son potentiel pharmacologique. Cette espèce, traditionnellement utilisée, mérite une investigation scientifique approfondie, notamment en ce qui concerne l'activité antimicrobienne de son huile essentielle.

Cette recherche a pour objectif d'évaluer l'effet de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* sur différentes souches microbiennes, à savoir : *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus spizizenii* et *Candida albicans*.

Ce travail se compose de deux parties principales : une partie théorique et une partie expérimentale.

La partie théorique comprend :

Chapitre I : L'espèce végétale.

Chapitre II : Les huiles essentielles.

Chapitre III : Généralités sur les bactéries étudiées.

La partie expérimentale comprend la description du matériel et des méthodes utilisés, ainsi que l'analyse et la discussion des résultats.

L'étude se termine par une conclusion générale, suivie de perspectives de recherche dégagées à l'issue de ce travail.

Partie théorique

I. L'espèce végétale

I- L'espèce végétale

I-1- *Artemisia campestris*

I-1-1-Classification taxonomique

Artemisia campestris, est une plante connue sous diverses appellations selon les régions. En français, on la retrouve sous les noms d'armoise champêtre, armoise des champs ou armoise rouge (Elbidi, 2016). En anglais, elle est désignée par des termes tels que Field Sagewort, Field Wormwood ou Field Sage (Elbidi, 2016). En Algérie, les noms vernaculaires incluent Taguq, Tguft, Degoufet, Tadjouq, Tedjok, Alala et Hellala (Benchelah et al 2004). La classification botanique de la plante est donnée par le **tableau 01** (Al-Snafi, 2015) .

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Superdivision	<i>Spermatophytes</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Asterides</i>
Ordre	<i>Asterales</i>
La famille	<i>Asteraceae</i>
Genre	<i>Artemisia</i>
Espèce	<i>Artemisia campestris</i>

Tableau 1 : classification botanique de la plante *Artemisia Campestris* (Al-Snafi, 2015).

I-1-2- Description botanique

Artemisia campestris est un sous-arbrisseau vivace mesurant entre 30 et 150 cm de hauteur. Ses tiges, ramifiées et ascendantes, forment une panicule. Elles sont généralement glabres, de couleur rouge brunâtre, lignifiées à la base et pubescentes vers l'extrémité (Dib et al 2017). Les capitules, très petits (1 à 1,5 mm), sont ovoïdes ou coniques, à involucre scarieux, contenant de 3 à 8 fleurs. Les feuilles sont finement divisées, étroites, longues et espacées. Les feuilles inférieures sont pétiolées, parfois atténuées, tandis que les supérieures sont sessiles (Boudjourf, 2011).

Les fleurs, jaunâtres, sont regroupées en petits capitules ovoïdes. L'involucre et le réceptacle sont glabres. Les fleurs centrales sont stériles ou hermaphrodites, tandis que celles en périphérie sont unisexuées et femelles. Les étamines présentent des anthères prolongées en pointe. La floraison a lieu au printemps, généralement entre mars et mai (**figure1**) (Boudjourf, 2011).

I. L'espèce végétale



Figure 1 : *Artemisia campestris* subsp. *glutinosa* – Hoggar (C.M. Chatelain, 2019).

I-1-3- Répartition géographique

Le genre *Artemisia* est cosmopolite, composé de plantes anémophiles, présentes principalement dans les zones tempérées de l'hémisphère Nord, avec quelques espèces dans l'hémisphère Sud. *Artemisia campestris* est originaire d'Asie (Boudjourf, 2011) Et se trouve largement distribuée à travers l'Eurasie, bien adaptée aux régions arides du Nord et également présente en Amérique du Nord (Dib et al 2017).

En Algérie, sa répartition est hétérogène : relativement fréquente dans le Sud et l'Ouest, rare dans les massifs de l'Est, et peu présente dans le Nord-Est du pays (Berrouane, 2014).

I -2 Composition chimique

La partie aérienne d'*Artemisia campestris* est riche en métabolites secondaires, notamment en polyphénols, flavonoïdes, tanins, huiles essentielles, alcaloïdes et saponines (Joa et al 1998 ; Juteau et al 2002 ; Naili et al 2010). Parmi les flavonoïdes identifiés : apigénine, kaempférol, naringénine (Valant-Vetschera et al 2003), ainsi que des acides phénoliques comme l'acide caféique et ses dérivés glycosylés (Boukhalkhal et al 2020).

La composition de l'huile essentielle varie en fonction du chimiotype, des conditions environnementales (climat, sol, altitude), ainsi que du stade phénologique (Bruneton, 1999) (Jerkovic, 2003). Elle est composée essentiellement de monoterpènes (86,4 %) et de sesquiterpènes (12,7 %). Les principaux constituants sont : β -pinène, p-cymène et α -terpinène (Aicha et al 2008). En Algérie, on retrouve principalement : (Z,E)-farnesol, cèdrol et verbénone (Dob et al 2005).

I. L'espèce végétale

I -3 Usages traditionnels d'*Artemisia campestris* :

Artemisia campestris est largement utilisée en médecine traditionnelle pour ses propriétés bactéricides, antifongiques, anti-inflammatoires, antihelminthiques, antivenimeuses et analgésiques (Ghlissi et al 2016). Elle est également indiquée dans le traitement des troubles digestifs, des ulcères, des douleurs menstruelles et du diabète (Dob et al 2005 ; Sefi et al 2010).

La partie aérienne est utilisée contre les brûlures, diarrhée, morsures de serpents, piqûres de scorpions, eczéma, gastroentérite, dysenterie, rhumatisme, infections urinaires, fièvre et toux (Ben Sassi et al 2007). Les fleurs sont reconnues pour leurs effets hypoglycémiants, dépuratifs, antilithiasiques, et sont utilisées dans le traitement de l'obésité ainsi que pour la réduction du cholestérol (Lefloch, 1983).

I -4 Activités biologiques d'*Artemisia campestris*

Artemisia campestris présente des activités biologiques multiples, notamment antioxydantes, antibactériennes et antifongiques.

✓ Activité antioxydante

Cette activité est attribuée à la richesse en flavonoïdes, polyphénols et tanins, qui piègent les radicaux libres et inhibent la peroxydation lipidique. Les extraits aqueux et éthanoliques ont montré une forte activité antioxydante selon plusieurs méthodes (DPPH, β -carotène, ABTS) (Aniya et al 2000).

✓ Activité antimicrobienne

Les extraits méthanoliques ont montré une activité contre les bactéries Gram positif (Bnouham et al 2002). L'huile essentielle a également révélé une activité antibactérienne contre plusieurs souches Gram positif et négatif (Djidel et al 2014). Par ailleurs, l'extrait aqueux des racines a démontré un effet antifongique démontré sur des champignons mycorhiziens (Kyeong et al 2007).

II. Les huiles essentielles

II- Les huiles essentielles

II-1-Définition des huiles essentielles

Les huiles essentielles, également appelées essences végétales, sont des mélanges complexes de composés organiques liquides, hydrophobes et volatils, caractérisés par une odeur spécifique à chaque espèce végétale. Selon la norme **AFNOR NT 75-006**, une huile essentielle est définie comme un extrait obtenu à partir de matière végétale, par entraînement à la vapeur d'eau, distillation sèche ou procédés mécaniques (notamment pour les zestes d'agrumes), puis séparé de la phase aqueuse par des méthodes physiques.

Les huiles essentielles sont des composés volatils aromatiques responsables de l'odeur des plantes. Elles jouent un rôle biologique essentiel, notamment dans la protection contre la lumière excessive et l'attraction des pollinisateurs (**SE, 2018**). Issues de diverses parties végétales (racines, feuilles, fleurs, tiges, écorces), leur qualité dépend de l'origine botanique, des conditions de culture, du mode de récolte, du procédé d'extraction et de leur composition biochimique, qui varie selon l'environnement et la saison. Bien conservées, elles sont stables, sauf celles d'agrumes, plus sensibles à l'oxydation (**guerriaud, 2018**).

II-2 Historique

Depuis la préhistoire, les plantes aromatiques ont été utilisées pour leurs propriétés médicinales, spirituelles et culinaires. Des analyses polliniques suggèrent une utilisation remontant à 10 000 av. J.-C (**Başer, 2009**). Dans l'Antiquité, Grecs et Romains ont documenté les premiers usages médicaux et aromathérapeutiques des huiles essentielles. Leur efficacité pharmacologique est reconnue dès le XIII^e siècle dans les pharmacopées, mais leur diffusion s'intensifie au XVI^e siècle. De La Croix réalise en 1881 la première étude antimicrobienne sur leurs vapeurs (**Burt, 2004**).

Les Égyptiens furent des pionniers en cosmétique : Cléopâtre valorisa les huiles pour leurs usages esthétiques et thérapeutiques (**Murther, 2015**).

II-3 Localisation

Les huiles essentielles sont produites par environ 10 % des plantes supérieures, réparties dans une cinquantaine de familles botaniques (**Djibo, 2000 ; Boukhatem et al 2019 ; Lawrence, 1995**).

II. Les huiles essentielles

Leur synthèse dépend de structures spécialisées comme les poils, poches ou canaux sécréteurs (Svoboda, 2003). Elles se trouvent dans diverses parties de la plante : fleurs (rose), feuilles (citronnelle), racines (iris), écorces (cannelier), rhizomes (gingembre), bulbes (ail), bois (cade), fruits (vanillier) et graines (muscade) (Figueredo, 2007).

II-4 Domaine d'utilisation

La zone d'application des huiles essentielles est très grande, mais peut contenir quatre secteurs majeurs : l'industrie agroalimentaire, la parfumerie et la cosmétique, pharmaceutique et chimique (FranceAgirMer, 2020).

II-4-1 Secteur de l'industrie agroalimentaire

On utilise les huiles essentielles en tant que conservateurs pour les aliments et comme agents aromatisants. On parle ici des huiles essentielles de girofle, de vanille, de menthe, de gingembre, de citronnelle et de Citrus, qui sont employées dans la confection de sucreries, thés, sirops, boissons, biscuits et produits (Kehal, 2013 ; Önder, 2018).

II-4 -2 Secteur de l'industrie de la parfumerie et du cosmétique

Les domaines de la parfumerie et des cosmétiques sont les principaux utilisateurs d'huiles essentielles. Elles sont utilisées dans la production de parfums, shampoings, gels douches, crèmes, laits, déodorants corporels et divers autres produits de nettoyage (savons, détergents, lessives, assouplissants pour textiles).

II-4-3 Secteur de l'industrie pharmaceutique

Les huiles essentielles sont utilisées en pharmacie, notamment comme antiseptiques externes, en raison de leurs propriétés bactéricides, bactériostatiques, antifongiques et protectrices. L'Agence Européenne du Médicament en reconnaît plusieurs pour leurs usages thérapeutiques, telles que celles d'Anis vert, d'Arbre à thé, de Cannelle de Ceylan ou d'Eucalyptus globuleux. Par exemple, l'huile essentielle d'arbre à thé est indiquée pour les blessures mineures, les piqûres d'insectes et les irritations buccales, tandis que celle de *Mentha piperita* est utilisée pour soulager les troubles digestifs et les maux de tête (Socasau, 2017).

II-5 Méthodes d'extraction d'huile

Plusieurs méthodes sont utilisées pour l'extraction des huiles essentielles, parmi lesquelles l'entraînement à la vapeur d'eau, l'expression à froid, l'enfleurage, ainsi que des techniques modernes telles que l'extraction par fluide supercritique, par ultrasons ou par micro-ondes. Le choix

II. Les huiles essentielles

du procédé dépend de la nature du végétal, des caractéristiques de l'huile recherchée et de son usage final. L'objectif principal est d'obtenir un rendement optimal tout en préservant l'intégrité chimique et aromatique de l'extrait (**Boukhatem et al 2019 ; AFSSAPS, 2008**).

II-5-1 Entraînement à la vapeur d'eau

L'entraînement à la vapeur d'eau est une méthode couramment utilisée pour l'extraction des huiles essentielles (**Européenne, 2007**) Elle repose sur la volatilité des composés aromatiques et leur faible solubilité dans l'eau. La vapeur, introduite ou générée dans le récipient, traverse le végétal, entraînant les composés volatils. Le mélange vapeur-huile se condense ensuite, et l'huile essentielle est séparée par décantation. Selon sa densité, elle se place au-dessus ou en dessous de la phase aqueuse. Les variantes incluent l'hydrodistillation, l'hydrodiffusion et la distillation à vapeur saturée.

II-5-1-1 Hydrodistillation

Est une méthode classique d'extraction des huiles essentielles fondée sur la distillation de deux phases non miscibles : l'eau et les composés volatils. Elle consiste à immerger directement la plante dans l'eau contenue dans un alambic ou un dispositif de type Clevenger (**figure 02**), puis à porter l'ensemble à ébullition. La vapeur générée fragilise les parois cellulaires, libérant ainsi les composés aromatiques. Les vapeurs d'eau et d'huile essentielle sont ensuite condensées, puis séparées par décantation grâce à leur différence de densité. Cette méthode, facile à mettre en œuvre et peu coûteuse, est largement répandue. Toutefois, elle peut entraîner certaines altérations chimiques (hydrolyse, oxydation, racémisation), susceptibles d'affecter la qualité de l'huile essentielle obtenue (**Figueredo, 2007**).

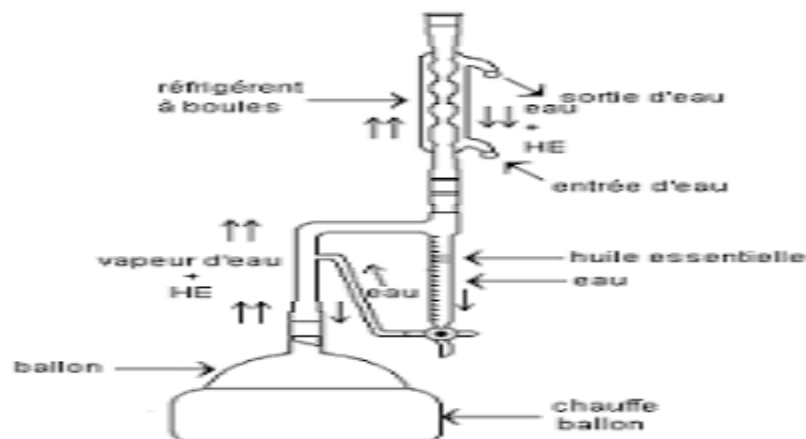


Figure 2 : Schéma du dispositif d'extraction d'huile essentielle par hydrodistillation avec un Clevenger (**Ahmadi, 2019**).

II. Les huiles essentielles

II-5-1 -2 Hydrodiffusion

La distillation par entraînement à la vapeur d'eau sous pression réduite consiste à faire traverser la vapeur, de haut en bas, à travers le matériel végétal sans contact direct avec l'eau (**figure 03**).

Cette vapeur entraîne les composés volatils jusqu'à un collecteur adapté à la pression atmosphérique, permettant la séparation de l'huile essentielle. Cette méthode présente plusieurs avantages : elle limite les dégradations thermiques, réduit la formation d'artéfacts, et optimise le rendement tout en diminuant la consommation d'énergie et le temps d'extraction (**Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé, 2008**).

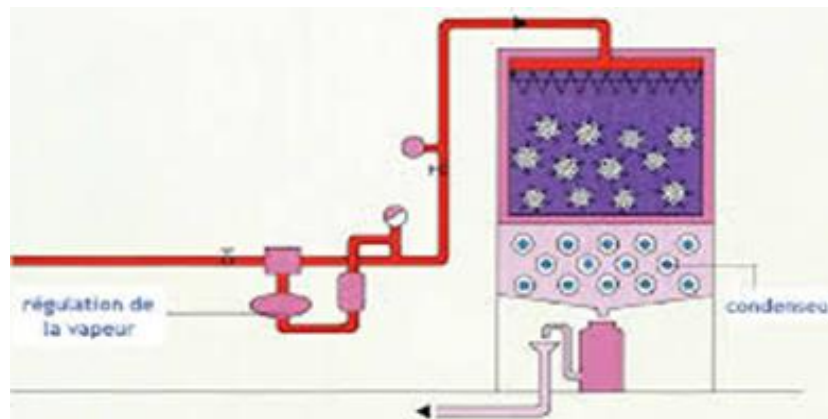


Figure 3 : Schéma du dispositif d'extraction d'huile essentielle par hydrodiffusion (**Bousbia, 2011**).

II-5-1 -3 Distillation à vapeur d'eau saturée

La distillation à la vapeur d'eau saturée constitue la méthode d'extraction la plus couramment utilisée pour les huiles essentielles de plantes aromatiques. Le matériel végétal est disposé sur une grille perforée au-dessus de l'eau, sans contact direct avec celle-ci (**figure 04**). La vapeur traverse la plante, rompt les structures cellulaires et libère les composés volatils. Ces derniers sont transportés vers un condenseur, puis séparés du distillat en deux phases, permettant de récupérer l'huile essentielle. Cette technique préserve la qualité des extraits en réduisant les risques d'altérations hydrolytiques. (**Capon et al 1993**).

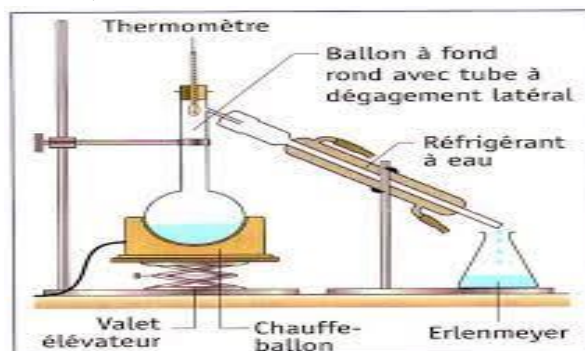


Figure 4 : Schéma du dispositif d'extraction d'huile essentielle par distillation à la vapeur Saturée (**Bordas, 1946**).

II. Les huiles essentielles

II-6 Composition chimique des huiles essentielles :

Les huiles essentielles sont essentiellement constituées de hydrocarbures terpéniques (monoterpènes, sesquiterpènes et diterpènes) et d'éléments oxygénés (esters, aldéhydes, cétones, alcools, phénols, oxydes, acides lactones, ainsi que des composés soufrés et azotés habituellement en petites quantités) (Lawless, 2002).

II-7 Propriétés physicochimiques des huiles essentielles

Parmi les propriétés majeures, on peut mentionner :

- Les huiles essentielles, à température ambiante, sont des liquides volatils et aromatiques qui se présentent généralement sous une couleur incolore ou jaune pâle.
- Les huiles essentielles possèdent souvent une grande densité et un fort pouvoir rotatoire.
- Ils présentent une faible solubilité dans l'alcool et les solvants organiques.
- Les huiles essentielles sont conservées dans des bouteilles en verre teinté soigneusement fermées (BRUNETON, 1999 ; DURAFFOURD, 2002).
- Les HEs s'oxydent lorsqu'elles sont exposées à la lumière, absorbant de l'oxygène et se métamorphosant en résine simultanément.
- Les huiles essentielles, grâce à leur nature lipophile, ont la capacité de franchir efficacement les membranes physiologiques, y compris la peau (Touhami, 2017).

II-8 Activités biologiques des huiles essentielles

II-8 -1 Activité antibactérienne

La plupart des herbes aromatiques et leurs extraits d'huile essentielle possèdent des caractéristiques antimicrobiennes capables de freiner ou inhiber la prolifération de micro-organismes néfastes et pathogènes, contribuant ainsi à une amélioration significative de la sûreté alimentaire (SACCHETTI et al 2006). L'activité biologique des huiles essentielles est principalement associée à leurs compositions chimiques. En général, les composés oxygénés exercent une action plus importante que les composés hydrocarbonés (Guinoiseau, 2010). L'action antibactérienne des huiles essentielles découle de plusieurs mécanismes d'action ciblant divers emplacements cellulaires (Ouis, 2015). Ces opérations incluent des altérations morphologiques bactériennes, comme la précipitation de protéines et d'acides nucléiques, ou encore l'empêchement de la création d'ADN, d'ARN, de protéines et de peptidoglycanes (Cusson, 2007).

II. Les huiles essentielles

II-8 -2 Activité antioxydante

L'activité antioxydante est définie par des groupes fonctionnels précis, incluant les alcools, éthers, cétones, monoterpènes et aldéhydes tels que : le linalol, le 1,8-cinéol, la géraniol, le citronellal ainsi que certains monoterpènes comme le γ -terpinène et l' α -terpinolène (Edris, 2007). Quand on évoque l'activité antioxydante, on distingue deux catégories en fonction du niveau d'action (Chemloul, 2014).

- ✓ **Activité principale** : Les composés sont stoppés dans la séquence d'oxydation anticatalytique.
- ✓ **Activité préventive** : Les composés ont la capacité de retarder l'oxydation par des procédés indirects.

III. Les souches étudiées

III- Les souches étudiées

III-1 *Escherichia coli*

Escherichia coli, couramment appelée *E.coli*, est une bactérie à Gram négatif, de forme bacillaire, appartenant au genre *Escherichia*. Il s'agit d'un microorganisme anaérobie facultatif, dont les cellules mesurent en moyenne 2,0 micromètres de long et entre 0,25 et 1,0 micromètre de diamètre, avec un volume cellulaire compris entre 0,6 et 0,7 μm^3 . *E.coli* est l'un des organismes les plus largement étudiés en microbiologie (Srichandana, 2015).

III-1-1 Pouvoir pathogène

Escherichia coli est impliqué dans diverses infections extra-intestinales, notamment les infections urinaires, les atteintes abdominales et les septicémies, souvent accompagnées d'un choc septique provoqué par son endotoxine O. Elle est également responsable d'infections intestinales. Les premières descriptions de diarrhées liées à *E. coli* remontent à 1940. Ces affections sont causées par des souches appartenant à des sérotypes spécifiques, pouvant entraîner des cas isolés ou de petites épidémies (FRENEY J et al 2007 ; Amina et al 2015).

III-1-2 Résistance aux antibiotiques

Escherichia coli présente à la fois une résistance naturelle et une résistance acquise à certains antibiotiques. Sur le plan de la résistance naturelle, cette bactérie, comme l'ensemble des entérobactéries, est intrinsèquement résistante aux glycopeptides et à la pénicilline G. Elle est toutefois naturellement sensible à l'ensemble des bêta-lactamines, ce qui la classe dans le groupe 1 des entérobactéries. Concernant la résistance acquise, certaines souches d'*E.coli* ont développé des mécanismes adaptatifs leur permettant d'inactiver l'action des antibiotiques. La résistance aux bêta-lactamines est principalement liée à la production d'enzymes spécifiques telles que les pénicillinases, les enzymes TRI (TEM résistantes aux inhibiteurs), et les céphalosporinases, qui hydrolysent et rendent inefficaces ces molécules (MARYLINE., 2012-2013).

III-2 *Staphylococcus aureus*

Découverts par Pasteur en 1880 dans un échantillon de pus, les staphylocoques sont des bactéries à Gram positif de forme cocci. Ils peuvent apparaître isolément, en paires (diplocoques) ou en amas évoquant une grappe de raisin. Bien qu'ils soient immobiles et ne produisent pas de spores, certaines souches peuvent être entourées d'une capsule protectrice (Bergeron, 2013).

III. Les souches étudiées

III-2-1 Pouvoir pathogène

Staphylococcus aureus colonise la peau et les muqueuses grâce à son adhésion aux cellules et à la matrice extracellulaire. Son pouvoir pathogène repose sur sa survie en milieu hostile et la production de nombreux facteurs de virulence. Il provoque des infections cutanées (furuncles, abcès, impétigo), ostéo-articulaires (ostéomyélites, arthrites), cardiovasculaires (endocardites) et respiratoires, aussi bien communautaires que nosocomiales (El-Anzi, 2014).

III-2-2 Résistance aux antibiotiques

Staphylococcus aureus présente une résistance naturelle modérée, notamment par la production de pénicillinases, enzymes capables d'hydrolyser certaines bêta-lactamines et de limiter l'efficacité de ces antibiotiques (EFSA, 2020). Sa résistance acquise résulte de mutations ou du transfert de gènes, souvent favorisés par l'usage excessif d'antibiotiques.

Certaines souches, appelées SARM (*Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline), sont multi-résistantes et insensibles à plusieurs antibiotiques comme la pénicilline, l'érythromycine ou la tétracycline. Cette résistance est principalement liée à la production de la protéine PBP2A, qui empêche l'action des bêta-lactamines (SARM, 2024).

III-3 *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa est un bacille à Gram négatif, mesurant entre 1,5 à 3 µm de long et 0,5 à 0,8 µm de large. Ces bactéries fines sont mobiles grâce à un flagelle polaire monotriche, leur conférant un mouvement typique dit en "vol de moucheron". Elles ne forment ni spores ni sphéropastes. Sur le plan clinique, *P. aeruginosa* est responsable d'environ 10 % des infections nosocomiales, se classant au 3ème rang après *E. coli* et *S. aureus*. Elle occupe cependant la 1ère place pour les infections pulmonaires basses et la 3ème pour les infections urinaires (Richard C et Kiredjian, 1995)

III-3-1 Pouvoir pathogène

Pseudomonas aeruginosa, aussi appelé bacille pyocyanique, est peu virulent chez les individus en bonne santé, mais devient un pathogène opportuniste redoutable en cas d'immunodépression. Les personnes les plus à risque sont les nourrissons, les personnes âgées, ainsi que les patients atteints de maladies chroniques, métaboliques (comme le diabète), hématologiques ou de cancers. Les infections endogènes sont souvent favorisées par des traitements immunosuppresseurs (corticoïdes, antimétabolites). Chez les grands brûlés, *P. aeruginosa* est l'une des principales causes de mortalité (Avril et al 2000).

III. Les souches étudiées

III-3-2 Résistance aux antibiotiques

Pseudomonas aeruginosa présente une résistance naturelle à de nombreuses classes d'antibiotiques, incluant les pénicillines (groupes V, G, M, A), la majorité des céphalosporines de première à troisième génération, les quinolones de première génération et la kanamycine. Cette espèce possède une forte capacité d'adaptation, accumulant divers mécanismes de résistance au cours des traitements, ce qui en fait un pathogène redoutable et difficile à éradiquer (**Mesaros et al 2007**). Le développement de nouveaux antibiotiques efficaces contre cette bactérie demeure, à ce jour, limité (**Lister et al 2009**).

III-4 *Bacillus spizizenii*

Bacillus subtilis subsp *spizizenii* est un bacille Gram positif sporulé, ubiquitaire et saprophyte. Il forme des endospores résistantes aux conditions défavorables (chaleur, dessiccation, désinfectants). Aérobic stricte, certaines souches tolèrent l'anaérobiose. Bien que généralement Gram positif, des cultures âgées peuvent apparaître Gram négatif (**Logan, 2012**). Cette espèce joue un rôle écologique dans le sol et peut être utilisée en biotechnologie, agriculture ou comme probiotique. De rares souches sont opportunistes (**Singleton, 1999**).

III-4-1 Pouvoir pathogène

Bacillus subtilis subsp *spizizenii* est classée BSL-1 (Biosafety Level 1), c'est-à-dire peu pathogène, selon la fiche de souche ATCC 6633 (ATCC, 2024). Selon (**Logan, 2012**), plusieurs espèces de *Bacillus*, dont *B. subtilis*, ont été isolées dans des contextes cliniques ou alimentaires, bien que cela reste rare.

III-4-2 Résistance aux antibiotiques

Bacillus subtilis subsp. *spizizenii* présente une bonne sensibilité aux β -lactamines (pénicilline G, ampicilline), aminosides, macrolides et fluoroquinolones. Toutefois, certaines résistances naturelles sont rapportées, notamment à la polymyxine B, à la streptomycine et à certaines céphalosporines, liées à une faible perméabilité membranaire, à l'action de pompes d'efflux ou à la présence de β -lactamases (**Fritze, 2004**).

En contexte industriel et probiotique, un suivi rigoureux de ces profils est recommandé par (**EFSA BIOHAZ, 2020**) afin de prévenir tout risque de transfert de gènes de résistance. (**Hong & Duc, 2005**) Soulignent également l'importance de cette vérification pour les applications humaines et alimentaires.

III. Les souches étudiées

III-5 *Candida albicans*

Candida albicans est une levure diploïde appartenant aux champignons microscopiques, composée de huit chromosomes. De taille variable (3 à 15 µm), elle est non capsulée, non pigmentée et se développe en milieu aérobie. Sa reproduction asexuée s'effectue par bourgeonnement multilatéral à partir d'une cellule mère (blastospore), donnant naissance à des colonies blanches et crémeuses (**Chu WS et al 1993 ; Graser Y et al 1996**).

III-5-1 Pouvoir pathogène

Candida albicans est à l'origine de plus de la moitié des candidoses humaines et constitue un pathogène fongique majeur. Il provoque des infections des muqueuses, principalement gynécologiques et digestives, pouvant évoluer vers des formes systémiques graves, avec un taux de mortalité pouvant atteindre 50 % (**Pound et al 2011**).

En milieu hospitalier, les traitements antifongiques se limitent à quatre grandes classes :

- Les polyènes, qui perturbent la membrane cellulaire.
- Les échinocandines, ciblant la paroi fongique.
- Les azolés, inhibant la biosynthèse de l'ergostérol.
- La flucytosine, agissant sur la synthèse des acides nucléiques (**Leleu et al 2002**).
-

III-5-1 Résistance antifongiques

L'émergence de la résistance aux antifongiques est apparue parallèlement à l'introduction des traitements chimiques (**White et al 1998**). Chez les espèces de *Candida*, plusieurs mécanismes moléculaires contribuent à cette résistance (**Yang et al 2001**) :

- Modification de la membrane ou de la paroi cellulaire, limitant la pénétration des antifongiques.
- Activation accrue des pompes d'efflux, réduisant leur concentration intracellulaire.
- Altération ou surproduction de la cible moléculaire.
- Mutations rendant cette cible non essentielle.
- Neutralisation ou dégradation directe de la molécule antifongique.

Partie expérimentale

IV. Matériel et Méthodes

I- Cadre général de l'étude

Cette étude a été réalisée au Centre de Recherche en Biotechnologie (CRBt) de Constantine, ainsi qu'au laboratoire d'hygiène de la wilaya de Skikda, relevant de l'Établissement Public de Santé de Proximité (EPSP) de Skikda. Ces deux structures ont permis la mise en œuvre des travaux expérimentaux, notamment l'extraction, la caractérisation et l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris*.

I-1- L'objectif de l'étude

Le présent mémoire a pour objectif d'évaluer les propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle issue de la plante *Artemisia campestris*.

II- Matériel utilisé

II-1- Matériel non biologique

Appareillages, verrerie et autre.	Produit et réactifs.	Milieux de cultures.
<ul style="list-style-type: none">- Autoclave.- Bain marie.- Microscope.- Lames.- Tubes à essai.- Ecouvillons.- Balance.- Papiers Whatman.- Bec Bunsen.- Etuve.- Boîtes de Petri.- L'anse de platine.- Micropipettes.- Microplaques.- Les ampoules.- Lecteur de microplaque.- Spectrophotomètre à cuve.- Hydrodistillateur (Clevenger).	<ul style="list-style-type: none">- DMSO.- Violet de gentiane.- Lugol.- Fuschine.- Alcool.- L'eau physiologique.- Huile à immersion.	<ul style="list-style-type: none">- Gélose nutritive.- Gélose Sabouraud.- Gélose Muller-Hinton.- Bouillon Muller-Hinton.

IV. Matériel et Méthodes

II -2- Matériel biologique

a) Matériel végétal

- Critères de choix de la plante

Le choix de la plante *Artemisia campestris*, localement connue sous le nom de Tggouft, repose sur ses usages traditionnels en médecine populaire, en particulier pour ses propriétés antiseptiques, anti-inflammatoires, digestives, ainsi que pour son potentiel bactéricide et antifongique. Son huile essentielle est reconnue pour ses propriétés antimicrobiennes, mises en évidence dans plusieurs études antérieures (**figure 05**).



Figure 5: *Artemisia campestris* plante médicinale d'Algérie (**photo originale**).

b) Justification du choix de la plante

Le choix de la plante *Artemisia campestris* repose sur ses usages traditionnels en médecine populaire, en particulier pour ses propriétés antiseptiques, anti-inflammatoires et digestives. Par ailleurs, plusieurs études récentes ont mis en évidence la richesse d'huile essentielle en composés bioactifs présentant un effet antimicrobien.

c) Récolte

La plante *Artemisia campestris* a été récoltée le 4 avril dans la région de Beni Fouda, située dans la wilaya de Sétif, au nord-est de l'Algérie (**Figure 06**), aux coordonnées géographiques approximatives de 36,2861° de latitude nord et 5,60715° de longitude est. Cette zone, à caractère montagneux, se trouve à environ 20 km à l'est du chef-lieu de la wilaya, dans la daïra de Djémila. (**DPSB, 2016 ; DB.COM, 2025**).

IV. Matériel et Méthodes



Figure 6 : situation géographique du Beni Fouada (Google, 2025)

Le climat de la région est de type semi-aride, caractérisé par des hivers froids. Ces conditions écologiques favorisent la croissance spontanée de plusieurs espèces aromatiques et médicinales, dont *Artemisia campestris*. La récolte a été réalisée manuellement, en prélevant les parties aériennes de la plante (tiges, feuilles et fleurs) au stade de floraison, considéré comme la période optimale pour la concentration en composés volatils bioactifs. Les échantillons ont ensuite été transportés dans des sacs en papier, afin de préserver leurs propriétés, puis séchés à l'ombre dans un endroit bien ventilé, en vue de la préparation à l'extraction de l'huile essentielle.

- Séchage

Le séchage des parties aériennes de la plante (feuilles et tiges) a été réalisé de manière naturelle, à l'abri de la lumière directe (**figure 07**), sur du papier blanc, dans un espace bien ventilé, pendant une durée de quinze jours. Cette méthode permet de prévenir la photo-oxydation des composés bioactifs sensibles. (Guignard, 2000).

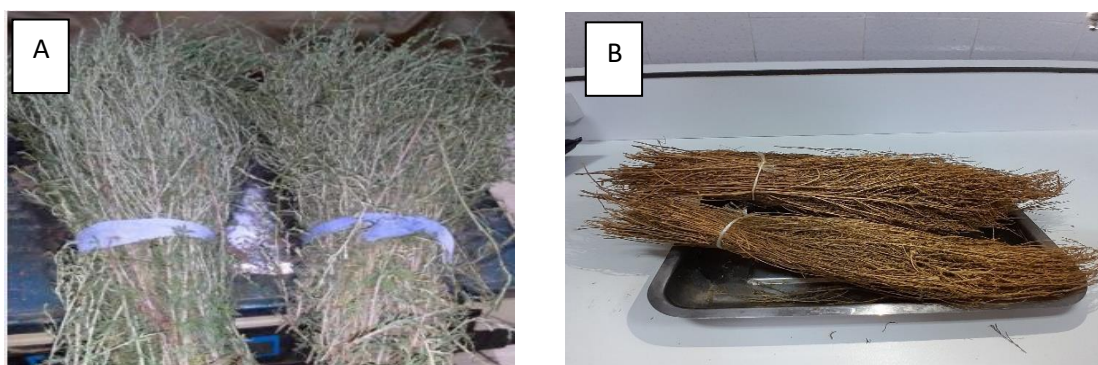


Figure 7 : *Artemisia campestris* (A) avant et (B) après séchage (photo originale).

IV. Matériel et Méthodes

d) Microorganismes testés

Tableau 2 : Caractéristiques des souches microbiennes utilisées dans l'étude.

Souches bactériennes	Milieux de conservation	La référence	Gram
<i>Candida albicans</i>	Gélose	91234	/
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC)	Gélose	25923	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC)	Gélose	1117	-
<i>Escherichia coli</i> (ATCC)	Gélose	25922	-
<i>Bacillus spizizenii</i> (ATCC)	Bouillon	6633	+

On conserve les souches dans les boites de pétris à 4 °C.

III- Protocole d'extraction des huiles essentielles

❖ Préparation de la charge végétale

- Une quantité de 20 kg de plante sèche (*Artemisia campestris*) a été pesée.
- Le matériel végétal a ensuite été introduit dans la cuve de l'alambic.
- Un volume de 75 litres d'eau distillée a été ajouté afin d'assurer un transfert thermique optimal et de produire une quantité suffisante de vapeur (**Chebaibi & Fahim, 2016**).

✓ Hydrodistillation

- L'alambic a été chauffé à l'aide d'une source de chaleur directe (gaz).
- L'ébullition a été maintenue pendant environ 1 heure et 30 minutes.
- La vapeur générée entraîne les composés volatils présents dans les parties aériennes de la plante (**figure 08**) (**Chebaibi & Fahim, 2016**).



Figure 8 : hydrodistillation (photo originale)

IV. Matériel et Méthodes

✓ Condensation de la vapeur

- La vapeur enrichie en huile essentielle a été dirigée vers un condenseur, où elle a été refroidie.
- Ce processus de condensation a permis l'obtention d'un distillat constitué d'un mélange d'hydrolat (eau aromatique) et d'huile essentielle (Chebaibi & Fahim, 2016).

✓ Collecte du distillat

- Le distillat a été recueilli dans un récipient en verre adapté (figure 09).
- En raison de sa densité inférieure, l'huile essentielle s'est séparée naturellement en flottant à la surface de l'hydrolat (Chebaibi & Fahim, 2016).



Figure 9 : le distillat dans un récipient (photo originale).

✓ Séparation de l'huile essentielle

- Le mélange obtenu a été transféré dans une ampoule à décanter.
- Après un temps de repos suffisant, les deux phases se sont séparées.
- La couche supérieure correspondant à l'huile essentielle a été soigneusement récupérée (Chebaibi & Fahim, 2016).

✓ Conservation

- L'huile essentielle extraite a été stockée dans un flacon en verre ambré, hermétiquement fermé.
- Elle a été conservée à l'abri de la lumière, de l'air et de la chaleur, à une température de 4 °C, afin de préserver ses propriétés volatiles (Chebaibi & Fahim, 2016).

IV. Matériel et Méthodes

❖ Calcul du rendement

D'après la norme AFNOR (1986) (AFNOR, 1986), Le rendement en huile essentielle a été déterminé en calculant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue (MHE) et la masse de la matière végétale sèche utilisée (MS). Ce rendement est exprimé en pourcentage (%) selon la formule suivante :

$$R (\%) = \left(\frac{MHE}{MS} \right) \times 100$$

Où :

R : Rendement de l'huile essentielle en %.

MHE : La masse d'huile essentielle en g.

MS : La masse de la matière végétale utilisée en g.

IV- Evaluation de l'activité antibactérienne

IV-1- Revivication et repiquage des souches bactériennes

La revivification des souches bactériennes a été effectuée par ensemencement sur des milieux de culture spécifiques, adaptés à leurs exigences physiologiques.

Les boîtes ont été incubées pendant 24 heures afin d'obtenir une culture jeune, adaptée aux essais (Ksouri, 2017).

IV-1-1- Identification des souches bactérienne

➤ Examen macroscopique

L'étude des caractères macroscopiques porte sur les aspects visibles à l'œil nu (**figure 10**), tels que la forme, la taille, la couleur et l'aspect des colonies bactériennes (Chibi, 2015).

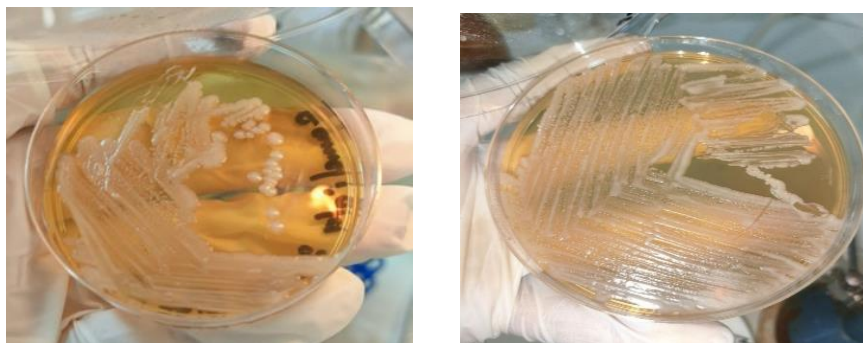


Figure 10 : examen macroscopique (photo originale).

IV. Matériel et Méthodes

➤ Examen microscopique (coloration de gram)

- Principe

La coloration de Gram constitue une technique fondamentale en bactériologie. Il s'agit d'une méthode de double coloration permettant de distinguer les bactéries non seulement selon leur forme et leur organisation, mais surtout en fonction de leur affinité pour les colorants, laquelle est liée à la composition chimique de leur paroi cellulaire (Abdelmalek et al 2016).

- Méthode de Gram-Hücker

Elle est reconnue comme protocole de référence dans le cadre de la microbiologie alimentaire (figure 11), conformément à la norme NF EN ISO 7218 octobre 2007).

- Réaliser un frottis à partir d'une culture bactérienne fraîche, puis le laisser sécher à l'air libre.
- Recouvrir entièrement le frottis avec du cristal violet. Laisser agir pendant 1 minute, puis rincer doucement à l'eau distillée.
- Appliquer du lugol sur le frottis et laisser reposer pendant 1 minute. Rincer ensuite à l'eau distillée.
- Décolorer avec l'alcool pendant 15 à 30 secondes, puis rincer immédiatement à l'eau.
- Appliquer la fuchsine sur le frottis pendant 1 minute, puis rincer abondamment à l'eau distillée (Delarras, 2014).
- Sécher le frottis à l'air libre ou en le passant brièvement au-dessus de la flamme d'un bec Bunsen.

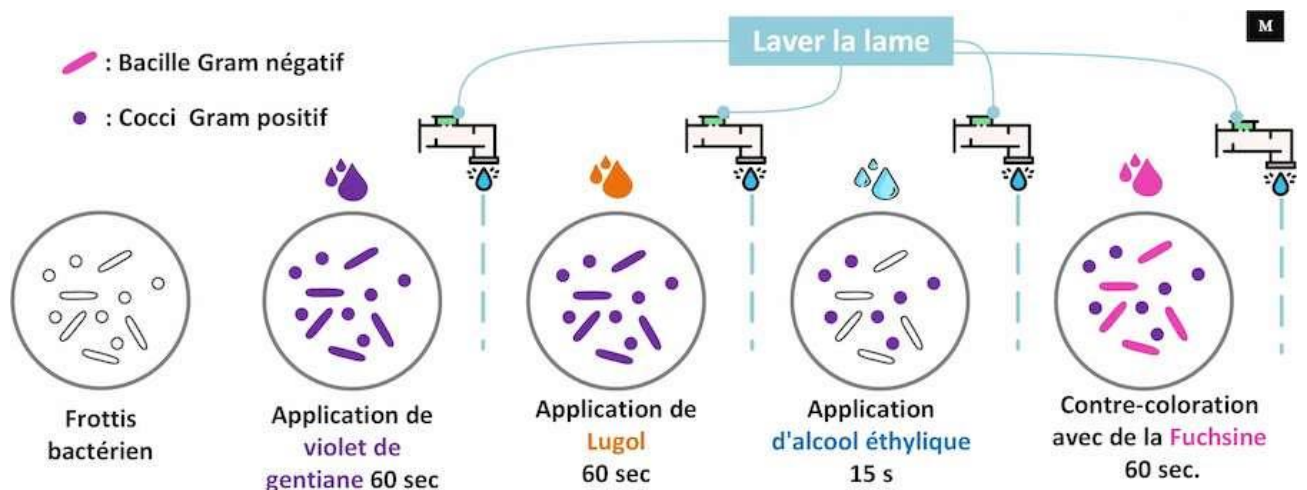


Figure 11 : coloration de gram (Frobisher, 1976).

IV. Matériel et Méthodes

❖ La lecture

L'observation microscopique est réalisée à l'objectif $\times 100$ à immersion. Grâce à cette double coloration, les bactéries à Gram positif apparaissent en violet foncé, tandis que les bactéries à Gram négatif prennent une coloration rose à rouge. Cette différence de coloration est due à la structure de leur paroi cellulaire, qui influence la rétention des colorants (Delarras, 2014).

IV-2- Méthode de l'aromatogramme

➤ Principe

Cette méthode est désignée sous plusieurs appellations : méthode de l'aromatogramme, technique de l'antibioaromatogramme, ou encore méthode de Vincent (Marie-Cécile, 2006). Également connue sous le nom de méthode de diffusion sur disques, elle a été retenue dans le cadre de la présente étude pour évaluer l'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris*.

Cette technique repose sur l'imprégnation de disques de papier stériles avec l'huile essentielle, lesquels sont ensuite déposés sur une gélose préalablement ensemencée avec la souche bactérienne cible. Après incubation, la formation d'un halo d'inhibition autour des disques témoigne de l'efficacité antimicrobienne de l'huile testée.

a) Préparation des solutions

Des solutions de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* ont été préparées à différentes concentrations (1 %, 25 % et 50 % v/v) par dilution dans du diméthylsulfoxyde (DMSO). La solution mère, à 100 %, a été utilisée sous forme pure. Les dilutions ont été obtenues en mélangeant les volumes appropriés d'huile essentielle et de DMSO, dans des conditions aseptiques (figure 12).



Figure 12 : les dilutions d'HE (Photo originale).

IV. Matériel et Méthodes

b) Préparation des milieux

Des boîtes de Pétri contenant 20 mL de gélose Mueller-Hinton (MH) ont été préparées, puis laissées à solidifier à température ambiante (**figure 13**). Une fois solidifiée, la gélose a été laissée à sécher pendant 30 minutes à température ambiante, afin d'éliminer l'excès d'humidité en surface (**Yanguela, 2011**).



Figure 13 : Mueller Hinton dans les boîtes de Pétri (**Photo originale**).

c) Ensemencement

Un écouvillon stérile a été immergé dans la suspension bactérienne (**figure 14**), puis égoutté en le pressant délicatement contre la paroi interne du tube. La surface de la gélose de chaque boîte de Pétri a étéensemencée par stries successives, en effectuant trois passages croisés avec une rotation de 60° entre chaque passage, de manière à assurer une répartition homogène de l'inoculum (**figure 15**). Les boîtes ont ensuite été laissées à sécher à température ambiante pendant cinq minutes avant l'application des disques (**Yanguela et al 2011**).



Figure 14 : l'écouvillon a été immergé dans la suspension bactérienne (**photo originale**).



Figure 15 : ensemencement des bactéries (**photo originale**).

IV. Matériel et Méthodes

d) Application des disques

Des disques de papier filtre stériles, d'un diamètre de 6 mm, ont été imprégnés avec 20 μ L de solution mère à l'aide d'une micropipette stérile, puis déposés délicatement à la surface des milieux ensemencés à l'aide d'une pince stérile (**figure 16**).

Un contrôle négatif a été réalisé en appliquant 20 μ L de diméthylsulfoxyde (DMSO) pur sur des disques similaires, placés dans les mêmes conditions, afin de vérifier l'absence d'effet antimicrobien attribuable au solvant (**Yanguela et al 2011**).



Figure 16 : application des disques (photo originale).

e) Incubation

Les boîtes de Pétri ont été laissées à température ambiante pendant 15 minutes afin de permettre une diffusion uniforme de l'huile essentielle dans le milieu. Elles ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 heures (**Yanguela et al 2011**).

f) Lecture des résultats

L'activité antibactérienne a été évaluée en mesurant le diamètre des zones d'inhibition formées autour des disques, à l'aide d'une règle millimétrée ou d'un pied à coulisse (**figure 17**) (**AG et al 2003**).

- Souche résistante : $D < 8$ mm.
- Souche sensible : $9 \text{ mm} \leq D \leq 14$ mm.
- Souche très sensible : $15 \text{ mm} \leq D \leq 19$ mm.
- Souche extrêmement sensible : $D > 20$ mm.

IV. Matériel et Méthodes

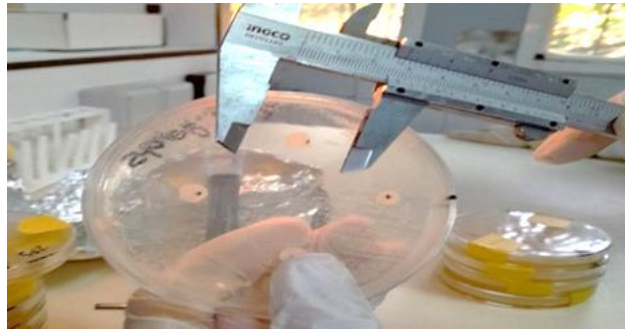


Figure 17 : mesuré la zone d'inhibition (photo originale).

IV- 3- Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) :

La détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* a été réalisée afin d'évaluer la plus faible concentration capable d'inhiber visiblement la croissance bactérienne des souches étudiées.

Les méthodes de dilution constituent les techniques les plus appropriées pour la détermination des valeurs de concentration minimale inhibitrice (CMI) d'un extrait végétal, d'une huile essentielle ou d'une substance pure (Rios et al 1988). En effet, ces méthodes permettent d'estimer avec précision la concentration de l'agent antimicrobien testé, que ce soit dans un milieu solide (dilution en gélose) ou liquide (microdilution ou macrodilution en bouillon). Elles sont couramment utilisées pour évaluer quantitativement l'activité antimicrobienne *in vitro* contre les bactéries et les champignons (Balouiri et al 2016).

a) La méthode de macrodilution

❖ Préparation de la solution mère

- La solution mère de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* (80 mg/mL) a été préparée en diluant 88,9 μ L d'huile dans 911,1 μ L de DMSO stérile. Le mélange a été vortexé, étiqueté, puis conservé à 4 °C à l'abri de la lumière (Wilkinson, 2006 ; Elshikh et al 2016).

❖ Préparation des dilutions

- Une série de dix tubes stériles (T1 à T10) a été préparée par dilutions successives de la solution mère d'huile essentielle (80 mg/mL) dans du bouillon Mueller-Hinton, selon la réduction au demi-volume (figure 18).

IV. Matériel et Méthodes

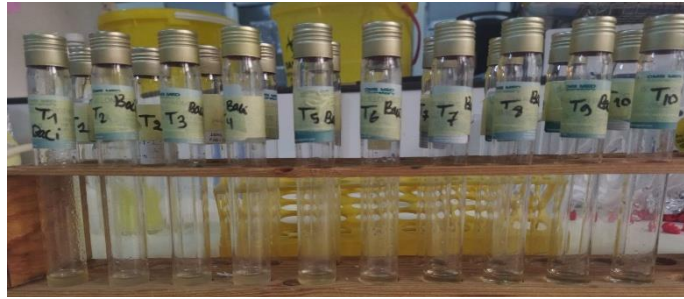


Figure 18 : préparation des dilutions (photo originale).

- Les concentrations finales obtenues allaient de 40 mg/mL (T1) à 0,078 mg/mL (T10).
- Chaque dilution a été réalisée sous conditions aseptiques en transférant 1 mL de la solution précédente dans 1 mL de bouillon, puis homogénéisée avant l'inoculation bactérienne (Wilkinson, 2006 ; Elshikh et al 2016).

❖ Préparation de l'inoculum

- Un inoculum standardisé à 0,5 MacFarland a été préparé (figure 19). Ensuite, 100 µL de cet inoculum ont été ajoutés à chaque tube de dilution (T1 à T10) ainsi qu'aux tubes témoins (Wilkinson, 2006 ; Elshikh et al 2016).



Figure 19 : préparation de l'inoculum bactérienne (photo originale).

Contrôle positif (C+) contenant le milieu de culture et l'inoculum, et contrôle négatif (C-) contenant uniquement le milieu de culture.

❖ Incubation

- Incuber les tubes contenant les dilutions et les contrôles à 37°C pendant 18-24 heures (Wilkinson, 2006 ; Elshikh et al 2016).

❖ Lecture

- Après incubation, l'apparition ou l'absence de turbidité dans les tubes est observée visuellement. La concentration minimale inhibitrice (CMI) correspond à la plus faible concentration de l'agent antimicrobien empêchant toute croissance visible du microorganisme testé (Wilkinson, 2006 ; Elshikh et al 2016).

IV. Matériel et Méthodes

b) La méthode de microdilution (microplaques)

Cette méthode, plus simple et plus économique que la macrodilution en bouillon, est actuellement reconnue comme méthode de référence internationale pour les tests de sensibilité antimicrobienne (Schwalbe *et al* 2007). La CMI en utilisant la méthode de microdilution en milieu liquide dans une microplaque stérile de 96 puits (8 lignes-12 colonnes). Une gamme de concentrations décroissantes allant de 1 mg/ml à 10⁻¹⁰ mg/ml est préparée par dilution en série.

❖ Préparation de la solution mère

La solution mère est obtenue en mélangeant 5 μ L d'extrait avec 95 μ L de BMH stérile dans le puits n°1 (figure 20).

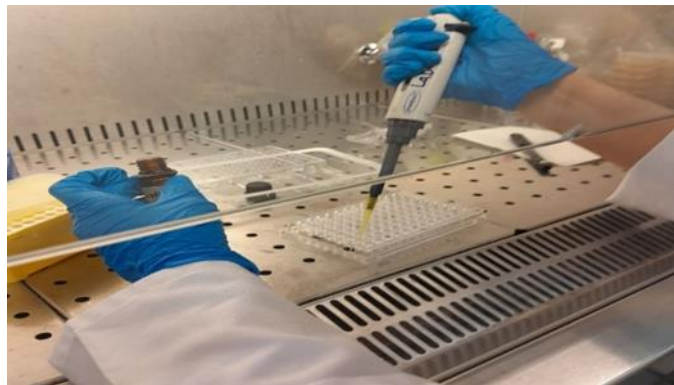


Figure 20 : préparation de la solution mère (photo originale).

❖ Préparation des dilutions

- Les dilutions sont réalisées en ajoutant 50 μ L de BMH dans les puits 2 à 10.
- Effectuer une dilution en série au facteur 1/2 en transférant 50 μ L d'un puits au suivant, jusqu'au puits 10.
- Le volume final du dernier puits est éliminé (figure 21) (Wilkinson, 2006).

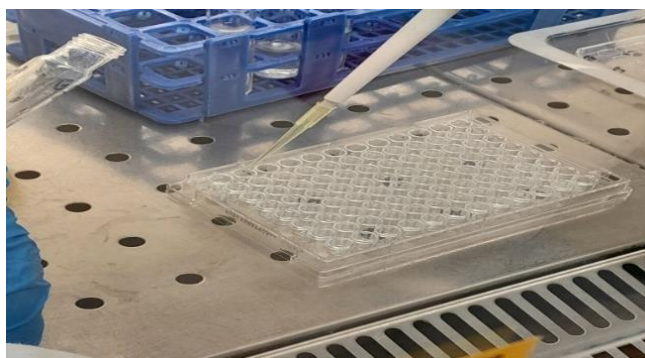


Figure 21 : préparation des dilutions (photo originale).

IV. Matériel et Méthodes

❖ Ajout de l'inoculum

- Ajouter 50 μL d'inoculum bactérien dilué (1/100) dans les puits 1 à 10 pour obtenir un volume final de 100 μL par puits.
- Les contrôles sont réalisés comme suit : dans la colonne 11 (témoin positif), 92 μL d'inoculum sont mélangés à 8 μL de DMSO. Dans la colonne 12 (témoin négatif), 100 μL de BMH stérile sont ajoutés sans inoculum (Wilkinson, 2006).

❖ Incubation

- Incuber les microplaques à 37°C pendant 18 à 24 heures.
- Après 18 à 24 heures d'incubation, la turbidité peut être évaluée visuellement, par spectrophotométrie ou à l'aide d'un indicateur de viabilité cellulaire tel que les sels de tétrazolium ou le colorant de résazurine (Wilkinson, 2006).

IV- 4- Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB)

La concentration minimale bactéricide (CMB) correspond à la plus faible concentration d'huile essentielle capable d'éliminer plus de 99,9 % de l'inoculum bactérien initial, c'est-à-dire ne laissant subsister que moins de 0,01 % de bactéries viables. Cette valeur permet ainsi de caractériser l'effet bactéricide de l'huile essentielle (GUINOISEAU, 2010).

a) A partir de macrodilution

❖ Sélection des tubes sans croissance visible

- A la fin de l'incubation des tubes de CMI, la même gamme de concentrations, a été utilisée pour déterminer la CMI par macrodilution en milieu liquide, sert également à l'évaluation de la CMB de l'huile essentielle testée (BOUCHAALÉ I et al 2015).

❖ Ensemencement sur gélose

- 10 à 20 μL ont été prélevés à partir des tubes avec une micropipette stérile, puis ensemencés par stries sur une gélose Muller-Hinton (BOUCHAALÉ I et al 2015).

❖ Contrôle

- Une boîte de pétri contenant un nutritif stérile a été ensemencée à l'aide du tube contrôle positive (C+).

❖ Incubation

- Les boîtes ont été incubées à 37 °C pendant 24 heures, ou selon les conditions spécifiques à la souche bactériennes utilisées (BOUCHAALÉ I et al 2015).

IV. Matériel et Méthodes

❖ Lecture des résultats

- Après l'incubation, les boîtes sont observées visuellement, l'absence de colonies bactériennes traduit un effet bactéricide indiquant que la CMB a été atteinte.
- La présence des colonies suggérant que les bactéries ont été inhibées dans la croissance sans être totalement éliminées.

Résultats et discussion

V. Résultats et discussion

I- Rendement et caractéristiques des huiles essentielles

Tableau 3 : Rendement d'extraction et Caractéristiques organoleptiques de l'HE d'*Artemisia campestris*.

Huile essentielle	Rendement (%)	Caractéristiques organoleptiques		
		Odeur	Aspect	Couleur
<i>Artemisia campestris</i>	0.73 ± 0.050			
		Aromatique caractéristique de la plante	Liquide	Transparente



Figure 22 : Huile essentielle de l'armoise rouge (photo originale).

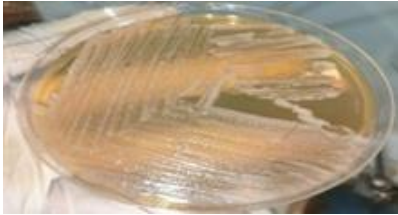
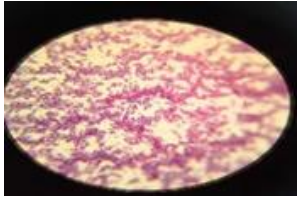
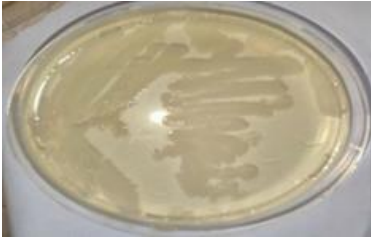
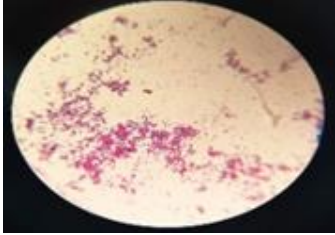
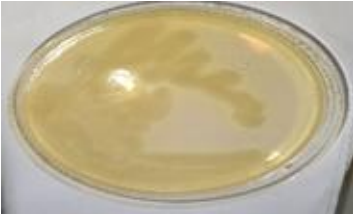


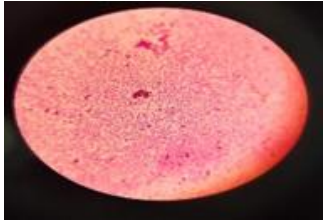
L'huile essentielle a été extraite à partir de la plante *Artemisia campestris* par hydrodistillation, ce qui a permis d'obtenir une huile de couleur transparente, à l'odeur aromatique caractéristique, avec un rendement satisfaisant de $0,73 \pm 0,05$ % (m/m), présenté dans le **tableau 03**. Ce rendement constitue un indicateur essentiel de l'efficacité de la méthode utilisée et de la qualité de l'huile obtenue.

La teneur en huile essentielle obtenue dans cette étude s'est révélée supérieure à celles généralement rapportées dans la littérature, estimées autour de 0,29 % (m/m) selon (**BERTELLA, 2019**) et 0,3 % selon (**touil, 2012**). Elle se rapproche des valeurs observées par (**Dob et al 2005**), qui a rapporté un rendement d'environ 0,7 %. Ces différences peuvent s'expliquer par de multiples facteurs. La période de récolte, déterminante pour la quantité et la composition des composés volatils, est souvent considérée comme primordiale. S'y ajoutent : la zone géographique de collecte et le climat local, développement et le degré de fraîcheur du matériel végétal, le prétraitement du végétal (durée et conditions de séchage), enfin, la méthode et le type d'appareillage d'extraction choisis (**Benbouali, 2006**).

V. Résultats et discussion

II- Identification des souches bactériennes

Tableau 4 : observation microscopique et macroscopiques des souches bactériennes (photo originale).

Souche bactérienne	Observation macroscopique	Observation microscopique *100
<i>Candida albicans</i> 91234		
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC) 25923		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC) 1117		
<i>Escherichia coli</i> (ATCC) 25922		

V. Résultats et discussion


<p><i>Bacillus spizizenii</i> (ATCC) 6633</p>		
---	---	---

Tableau 5 : résultats de l'observation macroscopique et microscopique.



Souche bactérienne	macroscopique	microscopique
<i>Candida albicans</i> 91234	Colonies crémeuses, blanches à beige, à surface lisse et bombée.	Cellules ovales, bourgeonnantes, levures.
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC) 25923	Colonies rondes, lisses, opaques, de couleur jaune doré.	Cocci en amas (en grappe), Gram positif.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC) 1117	Colonies larges, plates, pigmentées (vert-bleu), odeur caractéristique.	Bacilles fins, droits ou légèrement incurvés, Gram négatif.
<i>Escherichia coli</i> (ATCC) 25922	Colonies convexes, lisses, grisâtres, à bords réguliers.	Bacilles droits, isolés ou en courtes chaînes, Gram négatif.
<i>Bacillus spizizenii</i> (ATCC) 6633	Colonies sèches, irrégulières, plates à bords filamenteux.	Bacilles de grande taille, sporulés, disposés en chaînes, Gram positif.

III- Activité antibactérienne

Tableau 6 : Zones d'inhibition selon la dilution de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* (photos originales).

Souche bactérienne	100 %	50 %	25 %	1 %	Photo
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	8 mm	8 mm	7 mm	6 mm	

V. Résultats et discussion

<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25953	17 mm	10 mm	7 mm	6 mm	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 1117	9 mm	6 mm	6 mm	6 mm	
<i>Bacillus spizizenii</i> ATCC 6633	18 mm	8 mm	6 mm	6 mm	
<i>Candida albicans</i> 91234	24 mm	17 mm	8 mm	6 mm	
Contrôle négatif (DMSO)	00 (-)	00 (-)	00 (-)	00 (-)	00 (-)

Légende :

- Souche résistante : $D < 8$ mm.
- Souche sensible : $9 \text{ mm} \leq D \leq 14$ mm.
- Souche très sensible : $15 \text{ mm} \leq D \leq 19$ mm.
- Souche extrêmement sensible : $D > 20$ mm.

L'étude des diamètres des zones d'inhibition obtenus par la méthode de diffusion sur disque met en évidence une activité antimicrobienne variable de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris*, en fonction de la souche testée et de la dilution appliquée.

Escherichia coli ATCC 25922

Une faible zone d'inhibition de 8 mm a été observée aux concentrations de 100 % et 50 %, tandis qu'aucune inhibition n'a été détectée à 25 % et 1 %. Ces résultats indiquent une résistance

V. Résultats et discussion

marquée de la souche à l'huile essentielle. Selon (Selma et al 2024), un effet similaire a été rapporté, avec un diamètre de 8 mm pour l'huile pure et de 7,33 mm pour les autres concentrations.

***Staphylococcus aureus* ATCC 25923**

L'efficacité la plus marquée a été observée contre *Staphylococcus aureus*, avec des zones d'inhibition de 17 mm à 100 %, de 10 mm à 50 %, et comprises entre 7 mm et 6 mm à 25 % et 1%.

Ces résultats montrent une forte sensibilité de la souche. (Hassiba, 2011) rapporte également que *S. aureus* est la souche la plus sensible à l'huile essentielle d'*Artemisia campestris*, avec un diamètre d'inhibition de 21 mm pour l'huile pure, et de 17, 15 et 13 mm pour les dilutions.

***Pseudomonas aeruginosa* ATCC 1117**

Une zone d'inhibition de 9 mm a été relevée pour l'huile pure (100 %), tandis que les dilutions ont montré une résistance quasi complète, avec des diamètres compris entre 8 mm et 6 mm. Cette résistance est cohérente avec la structure particulière de la membrane externe riche en lipopolysaccharides et la présence de systèmes d'efflux actifs qui limitent l'accumulation intracellulaire de substances antimicrobiennes (Schwartz et al 2024 ; Nazzaro et al 2013).

***Bacillus spizizenii* ATCC 6633**

L'huile pure a généré une zone d'inhibition de 18 mm, tandis que les dilutions ont produit des zones plus faibles, comprises de 6 mm. Ces résultats confirment l'effet des terpènes sur la perméabilité membranaire, notamment chez les bactéries Gram négatif, mais aussi sur les Gram positif (Helander et al 1998).

***Candida albicans* 91234**

L'huile essentielle a montré une activité antifongique notable, avec un diamètre maximal d'inhibition de 24 mm à 100 % et de 17 mm à 50 %. À 25 % et 1 %, l'inhibition était faible, ce qui traduit une résistance à ces concentrations. La faible activité antifongique de l'huile d'*Artemisia campestris* pourrait s'expliquer par sa faible teneur en composés à fort pouvoir antifongique, tels que certains alcools monoterpéniques (Koba et al 2004 ; Scora k et al 1998).

Ces résultats suggèrent que la taille de la zone d'inhibition ne reflète pas nécessairement l'efficacité réelle d'un composé antimicrobien, car elle peut être influencée par des facteurs tels que la solubilité de l'huile, sa capacité de diffusion dans la gélose ou encore son taux d'évaporation (Cimanga, 2002).

IV- Concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'huile essentielle

La détermination de la CMI de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* a été réalisée en testant des concentrations comprises entre 80 mg/mL et 0,156 mg/mL.

V. Résultats et discussion

Tableau 7 : CMI de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* selon les dilutions.

Tube	HE finale (mg/ml)	<i>E. coli</i> ATCC 25922	<i>S. aureus</i> ATCC 25923	<i>B. spizizenii</i> ATCC 6633	<i>P. aeruginosa</i> ATCC 1117	<i>Candida albicans</i> ATCC 91234
T1	80	+	+	+	+	+
T2	40	+	+	+	+	+
T3	20	+	+	+	+	+
T4	10	CMI	+	+	+	+
T5	5	-	CMI	+	CMI	+
T6	2.5	-	-	+	-	+
T7	1.25	-	-	+	-	+
T8	0.625	-	-	CMI	-	CMI
T9	0.312	-	-	-	-	-
T10	0.156	-	-	-	-	-

Légende :

+ : présence d'inhibition (activité antimicrobienne).

- : absence d'inhibition.

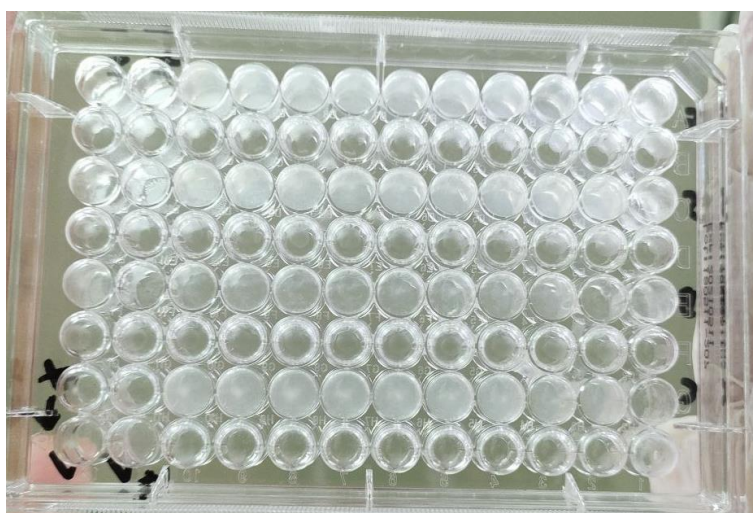


Figure 23 : CMI des microplaques (photo originale).

Les valeurs de CMI obtenues ont montré que l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* présente une activité antimicrobienne variable selon les souches testées (**tableau 07**). *Bacillus spizizenii* s'est révélée la plus sensible, avec une CMI de 1,25 mg/mL. *Candida albicans* a été inhibée à partir de 5 mg/mL. En revanche, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* ont montré une sensibilité plus faible, avec des CMI égales à 10 mg/mL.

Ces résultats confirment le potentiel antibactérien et antifongique de l'huile essentielle d'*A. campestris*, particulièrement marqué contre les bactéries Gram positif. L'étude a en effet révélé une activité plus significative vis-à-vis des Gram positif que des Gram négatif, ce qui concorde

V. Résultats et discussion

partiellement avec les données rapportées par (Akrouf A et al 2011) ainsi que par (Naili et al 2010) dans des travaux portant sur les extraits végétaux.

Tableau 8 : la CMI, CMB et Effet de l'Huile Essentielle d'*Artemisia campestris*.

Microorganismes	CMB (mg/ml)	Effet
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	5	Bactéricide
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	>5	Bactériostatique
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 1117	5	Bactéricide
<i>Bacillus spizizenii</i> ATCC 6633	2.5	Bactéricide
<i>Candida albicans</i> 91234	5	Fongicide

- **CMB > 5 mg/ml** : même à 5 mg/ml, la bactérie n'est pas totalement tuée.

Les valeurs de la concentration minimale bactéricide (CMB) ont montré que l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* exerce un effet bactéricide sur *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Bacillus spizizenii*, avec des CMB respectives de 5 mg/mL, 5 mg/mL et 2,5 mg/mL. Elle présente également un effet fongicide contre *Candida albicans* (CMB = 5 mg/mL), tandis que l'effet observé sur *Staphylococcus aureus* est bactériostatique, la CMB étant supérieure à 5 mg/mL.

L'huile essentielle d'*Artemisia campestris* se distingue par sa forte activité antibactérienne, en particulier à l'encontre des bactéries Gram positif. Des observations similaires ont été rapportées pour d'autres espèces du genre *Artemisia*. Par exemple, *A. douglasiana* est reconnue pour ses propriétés antibactériennes et antifongiques, et elle est traditionnellement utilisée comme agent bactéricide topique dans le traitement des brûlures cutanées. De même, *A. annua* et *A. herba-alba* Asso sont bien documentées pour leurs activités antimicrobiennes (Lopes-Lutz et al 2000).

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Conclusion

Ces dernières années, les plantes médicinales ont suscité un regain d'intérêt en phytothérapie et en recherche biomédicale, en raison de leur richesse en composés naturels bioactifs et de leur potentiel à offrir des alternatives ou des compléments aux traitements classiques, tout en limitant les effets indésirables.

Notre étude a porté sur *Artemisia campestris*, une espèce de la famille des Astéracées, largement répandue en Algérie. L'extraction de son huile essentielle par hydrodistillation a permis d'obtenir un rendement satisfaisant de 0,73 %.

Les résultats de l'activité antibactérienne ont mis en évidence un effet notable de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris*, en particulier vis-à-vis des bactéries à Gram positif *Staphylococcus aureus*: 17 mm ; *Bacillus spizizenii* 18 mm et de la levure *Candida albicans* 24 mm.

Les essais en milieu liquide ont confirmé cette activité : les plus faibles concentrations minimales inhibitrices (CMI) ont été observées pour *B. spizizenii* 1,25 mg/mL et *C. albicans* 5 mg/mL, tandis que *E. coli* et *P. aeruginosa* ont nécessité des concentrations plus élevées 10 mg/mL.

L'effet bactéricide ou fongicide de l'huile essentielle a été démontré pour l'ensemble des souches testées.

Les résultats obtenus ouvrent de nouvelles perspectives pour promouvoir l'intégration des plantes médicinales dans les approches thérapeutiques de la médecine moderne.

- Caractériser la composition chimique de l'huile essentielle par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM), afin d'identifier précisément ses constituants majeurs.
- Étudier les mécanismes d'action des composés actifs sur les micro-organismes cibles.
- Explorer d'autres propriétés biologiques : activités antivirale, anticancéreuse, anti-inflammatoire, et antioxydante.

Références

Références

A

- AFSSAPS, A. F. d. S. S. d. P. d. S., 2008.** Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé AFSSAPS : Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles.
- Abdelmalek A., Jezzar A., 2016.** Les bactéries du groupe Klebsiella, entérobacter8-, Serratia responsables des bactériémies au CHU de Constantine et leurs profils de résistances aux antibiotiques. Mémoire de master, université des frères mentouri, Algérie, p32.
- AFNOR., 1986.** Recueil des Normes françaises – huiles essentielles-, AFNOR. Paris. 57p.
- Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé, A., 2008.** Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé AFSSAPS : Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles.
- AG ponce; Fritz R; Del Valle C; Roura SI., 2003.** Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. Food Science and Technology 36, 679-684.
- Ahmadi, R ; 2019.** Rastami Ahamadi contribution à l'étude chimique et biologique de l'huile essentielle des racines de hedychium coronarium, 2019.
- Aicha, N. I. M. S. K. L., 2008.** Chemical composition, mutagenic and antimutagenic activities of essential oils from 44 (Tunisian) Artemisia campestris and Artemisia herba-alba. Journal of Essential Oil Research, 20(5), 471–477.
- Akrout A., G. L. E. J. H. a. M. P., 2011. Akrouit A., Gonzalez L.A., El Jani H.J., and Madrid P.C., 2011.** Antioxidant and antitumor activities of Artemisia campestris and Thymelaea hirsute from southern of Tunisia. J. Food. Chem. Tox. 49:342–347.
- Akrout, A., Chemli, R.C., Chrief., and Hammami, M., 2001.** Analysis of the essential oil of Artemisia campestris L., J. FlavourFragr. 16: 337–339.
- Al-Snafi, A. E., 2015.** The pharmacological importance of Artemisia campestris – A review. Asian Journal of Pharmaceutical Research, 5(2), 88–92.
- Amina, BOUKHEMIS & Amina, BOUTERSA., 2015.** Identification et Antibiorésistance de souches d'Escherichia coli et de Klebsiella pneumoniae des infections urinaires A l'aide des moyens classiques et des moyens automatisés. Constantine.

Références

Aniya, Y., Shimabukuro, M., Shimoji, M., Kohatsu, M., Gyamfi, M.A., & Miyagi, C., 2000. Antioxidant and hepatoprotective actions of the medicinal herb *Artemisia campestris* from the Okinawa Islands. *J. Biol. Pharm. Bull.*, 23(3), 309–312.

ATCC., 2024. *Bacillus subtilis* subsp. *Spizizenii* ATCC® 6633™. American Type Culture Collection. <https://www.atcc.org/products/6633>.

Avril., Dabernat H., Denis F. et MONTEIL H., 2000. *Bactériologie clinique*. 2ème ed. Ellipses-Paris, PP 149-153-265.

B

Badoc., A., Alain Badoc., 2017. LES ASTÉRACÉES. Docteur en biologie et physiologie végétale (Lille 1, 1988) Maître de conférences à l'UFR des sciences pharmaceutiques de l'Université de Bordeaux. Edition canal U.

Balouiri, M., Sadiki, M., Ibnsouda, S.K., 2016. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis* 6, 71-79.

Başer, K. H. C. B. G., 2009. (Handbook of essential oils science, technology, and applications (Başer, Kemal Hüsnü Can Buchbauer, Gerhard) English.

Baykanerel, S., Reznicek, G., Şenol, S.-G., Karabay, Yavaşoğlu, N.-U., Konyalioğlu, S., & Zeybek, A.-U., 2011. Antimicrobial and antioxidant properties of *Artemisia* L. Species from western Anatolia. *Turk. J. Biol.*, 35, 1–10

Belkacem GORDO, Seghir HADJADJ-AOUL, & Mohammed GHERIB., 2021. Redécouverte de *Crepis arenaria* (Pomel) Pomel subsp. *Arenaria* (Asteraceae) en Algérie (Monts des Ksour. Aïn Sefra). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 90, 361–370.

Ben Sassi, A., Harzallah-Skhiri, F., & Aouni, M., 2007. Investigation of some medicinal plants from Tunisia for antimicrobial activities. *J. Pharmaco. Bio.*, 45(5), 421–428.

Benbouali, M., 2006. Benbouali, M., 2006. Valorisation des extraits de plantes aromatiques et médicinales de "*Mentha rotundifolia* et *Thymus vulgaris*". Magister, Génie chimique, Université Hassiba BEN BOUALI –CHLEF.

Benchelah, A. C., Bouziane, H., & Maka, M., 2004. Fleurs du Sahara, arbres et arbustes voyage au coeur de leurs usages avec les Touaregs du Tassili. *Phytothérapie*, 2(6), 191–197.

Références

- Bergeron E., 2013.** Staphylocoque, staphylocoque doré ou cocci Gram positif [en ligne] Passeport santé. Disponible sur <https://www.passeportsante.net/fr/Maux/problemes/Fiche.aspx?Doc=staphylocoques>.
- Berrouane, N., 2014.** Étude de l'effet protecteur de l'extrait d'*Artemisia campestris* sur le stress oxydant induit chez le rat par le tétrachlorure de carbone (CCl₄). Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Hrache-Alger.
- BerTELLA, A., 2019.** ANIS BERTELLA Etude de l'activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba*, *Artemisia campestris* et Rosmar.
- Bhupendra Koul, Pooja Taak, Anil Kumar, Taslimahamad Khatri & Indraneel Sanyal ; 2017.** The *Artemisia* Genus: A Review on Traditional Uses, Phytochemical Constituents, Pharmacological Properties and Germplasm Conservation. *Journal of Glycomics & Lipidomics*.
- Bnouham, M., Mekhfi, H., Legssyer, A., et al., 2002.** Ethnopharmacology Forum Medicinal plants used in the treatment of diabetes in Morocco. *Int. J. Diabetes & Metabolism*, 10, 33–50.
- Bordas, T., 1946.** Bordas TS Spécialité, Collection Espace.
- BOUCHAALE. I., KHAHLERRAS. A., ZOUAOU. S., 2015,** Etude comparative de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Laurus nobilis* de deux régions (Algérie et Tunisie). Mémoire de Master. Université 8 mai 1945 de Guelma, pp 41,42.
- Boudjourf, M., 2011.** Étude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L. Mémoire de Magistère. Université de Sétif, p. 99.
- Boukhalkhal, S.Gourine, N. Pinto D.C.Silva, A.M & Yousfi, M., 2020.** UHPLC-DAD-ESI-MSn profiling variability of the phenolic constituents of *Artemisia campestris* L. Populations growing in Algeria. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23, 101483.
- Boukhatem MN, Ferhat A et Kameli A., 2019 :** Méthodes d'extraction et de distillation des Huiles essentielles : revue de littérature. *Revue Agrobiologia* 2019, 9:1653-1659.
- Boukhatem, L., 2013.** Etude de la sensibilité aux antibiotiques des bacilles à Gram négatif non fermentant isolés au niveau du service de réanimation du CHU de Tlemcen, Microbiologie, Université Aboubeker Belkaid Tlemcen p10.
- Bousbia, N., 2011.** N. Bousbia Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires, 2011.

Références

Bruneton, J., 1999. Pharmacognosie : photochimie, plantes médicinales. 3 ième edition. Paris (FR): technique et documentation. P 1120.

Bruneton, J., 1999. Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales (3e éd.). Techniques et Documentations. Paris, pp. 227–314, 494.

Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods.

C

C.M. Chatelain, e. M., 2019. C.M. Chatelain, eFlora Maghreb.

Capon M, Courileu V et Vallet C., 1993 : Chimie des couleurs et des odeurs Cultures et techniques.

Chebaibi A ;Marouf Z F ; Rhazi-Filali F ; Fahim M. et Ed-Dra A., 2016. Évaluation du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles de sept plantes médicinales récoltées au Maroc. Lavoisier SAS. Phytothérapie. 2-9.

Chemloul, F., 2014. Etude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* de la région de Tlemcen, Mémoire de Master, Université Abou Bekr Blekaid Tlemcen, pp 09 - 33.

Chibi, A., 2015. Evaluation de formation de biofilm par *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* isolées de CHU Tlemcen. Thèse de master, université aboubekr belkaid tlemcen, 60 p.

Chu W.S., Magee B.B and Magee P.T., 1993 Construction of an SfiI macrorestriction map of the *Candida albicans* genome. J. Bacteriol, 175 : 6637-6651.

Cimanga K., Hermans N., Apers S., Van Miert S., Van den Heuvel H., Claeys M., Pieters L., Vlietinck A., 2002. Complement-Inhibiting Iridoids from *Morinda morindoides*. Journal of Natural Products., vol 66., 97-102 p.

Cusson, C., 2007. L'aromathérapie et les huiles essentielles. Livre en ligne

D

DB.COM, S., 2025. (DB.com, s.d.).

Delarras, C., 2014. Pratique en microbiologie de laboratoire. Lavoisier, France, pp.66-67.

Références

Dib, I., Angenot, L., Mihamou, A., Ziyat, A., & Tits, M., 2017. *Artemisia campestris* L.: Ethnomedicinal, phytochemical pharmacological review. *Journal of Herbal Medicine*, 7, 1–10.

Djibo, A. K., 2014. Analyse des huiles essentielles de quelques plantes de la flore du Burkina Faso appartenent aux familles des Lamiaceae (*Hyptis spicigera* Lam., *Hyptis suaveolens* Poit., *Ocimum americanum* L.) et des Poaceae (*Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng, *Cymbopogon giganteus* Chiov et *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf.

Djidjel, S., et al., 2014. Radical scavenging, reducing power, lipid peroxidation inhibition and chelating properties of extracts from *Artemisia campestris* L. Aerial parts. *Annual Research & Review in Biology*, 4(10), 1691.

Dob T., Dahmane D., Berramdane T., and Chelghoum C., 2005. Chemical Composition of the Essential Oil of *Artemisia campestris* L. from Algeria. *J. Pharm. Bio.* 43(6): 512–514

DPSB ., 2016. La Direction de la programmation et Suivi Budgétaire de la wilaya de Sétif.

DURAFFOURD, C., LAPRAZ, J. C., 2002, *Traité de phytothérapie clinique: endobiogénie et médecine.* Elsevier Masson.

E

Earth, G., 2025. Google earth

EDRIS, A. E., 2007, Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents. *A review-Phytother. Res.*, 21, pp 308-323.

EFSA BIOHAZ Panel (EFSA Panel on Biological Hazards), 2020. Update of the list of QPS recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA. *EFSA Journal*, 18(2),

EFSA., 2020. Sensibilité aux antibiotiques des souches de *Staphylococcus aureus* isolées Dans les échantillons de lauréat de la campagne de surveillance des résistances aux antibiotiques (SARMS) en Mauritanie

El-Anzi, O., 2014. Profil de sensibilité aux antibiotiques des souches de *Staphylococcus Aureus* isolées au Centre Hospitalier Ibn Sina de Rabat (Doctoral dissertation). Université MOHAMMED V- SOUSSI. P 4, 9. 85P

Elbidi, A., 2016. Screening phytochimique de quelques plantes steppiques.

Références

Elshikh M.Ahmed S.Funston S.Dunlop P.McGaw M.Marchant R.Banat I.M., 2016. Resazurin-based 96-well plate microdilution method for the determination of minimum inhibitory concentration of biosurfactants. *Biotechnology letters* 38, 1015.

Européenne, P., 2007. Pharmacologie Européenne : Direction de la Qualité du Médicament et Soins de Santé du Conseil de l'Europe (DEQM). Strasbourg, France, 2007.

F

Figueredo, G., 2007. Figueredo G: Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne. Thèse de doctorat, Université de Blaise Pascal, France.

FranceAgriMer., 2020. FranceAgriMer: Production et marchés des huiles essentielles. AROMADAYS.

FRENEY J, RENAUD P, LECLERCQ R et RIEGL P., 2007. Précis de bactériologie Clinique. 2^{ème} Ed ESKA. P153 et 1012 1013

Fritze, D., 2004. Taxonomy of the genus *Bacillus* and related genera: The aerobic endospore forming bacteria. *Phytopathology*, 94(11), 1245–1248.

Frobisher, Martin, Robert Fuerst, André Décarie., 1976 Microbiologie clinique

G

Ghissi, Z., Sayari, N., Kallel, R., Bougatef, A., & Sahnoun, Z., 2016. Antioxidant, antibacterial, anti-inflammatory and wound healing effects of *Artemisia campestris* aqueous extract in rat. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 84, 115–122.

Graser Y.,Volovsek M.,Arrington J.,Schonian G.,Presber W.,Mitchell T.G.,Vilgalys R., 1996. Molecular markers reveal that population structure of the human pathogen *Candida albicans* exhibits Both clonality and recombination. *Proc.Natl.Acad. Sci. USA*, 93.

Guerriaud, M., 2018. Les huiles essentielles, Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes

Guignard J.L., 2000. Biochimie végétale. 2^{ème} Ed. De l'abrégé Dunod, Paris, pp.177-185.

GUINOISEAU, E., 2010, Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles : séparation, identification, et mode. Thèse de Doctorat. Université de CORSE-PASQUALE PAOL. pp : 66- 68

Références

Gundel, S. R. T. a. C. P., 2019. Gundel SDS. Reis TRD and Copetti PM: Evaluation of cytotoxicity, genotoxicity and ecotoxicity of nanoemulsions containing Mancozeb and Eugenol. *Ecotoxicol. Environ.Saf*, 2019,169:207-215.

H

Harkati, B., 2011. Valorisation et identification structurale des principes actifs de la plante de la famille Asteraceae: *Scorzonera undulata* (Thèse de doctorat, Université Mentouri Constantine), pp. 4–5

Hassiba, I., 2011. IBELAIDEN HassibaEXTRACTION ET ETUDE DE L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DE L'HUILE ESSENTIELLE & DES FLAVONOIDES DE L'*Artemisia campestris* L. DES HAUTS PLATEAUX ALGERIENS

Helander, I.M., Alakomi, H.L., Kyosti, L.K., Mattiala-andholm, T., Pol, I., Smid,E.J., 1998. “Characterization of the action of selected essential oil components on Gram-negative bacteria”, (1998), 3590–5.

Hong, H. A. & Duc, L. H. C. S. M., 2005. Hong, H. A., Duc, L. H., & Cutting, S. M., 2005. The use of bacterial spore formers as probiotics. *FEMS Microbiology Reviews*, 29(4), 813–835.

J

Jerkovic, I. M. J. M. M. J. F. M. V. & V. J., 2003. Chemical variability of *Artemisia vulgaris* L. Essential oils originated from the Mediterranean area of France and Croatia. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(5), 436–440.

Joa, O.M., Vasconcelos, A.M.S., & Jose, A.S.C., 1998. Chromones and flavones from *Artemisia campestris* subsp. *Maritima*. *Phytochemistry*, 49(5), 1421–1424.

Juteau, F. M. V. B. J.-M. & V. J., 2002. Compositional characteristics of the essential oil of *Artemisia campestris* var. *Glutinosa*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 30, 1065–1070.

K

Kechar, K., et Hellal, B., 2016. Évaluation de l'activité antioxydante des extraits de *Ballota hirsuta* Benth du Tessala (Algérie occidentale). *Phytothérapie*, 13 : 225–279.

Kehal, F., 2013. Utilisation de l'huile essentielle de *Citrus limon* comme agent conservateur et aromatique de la crème fraîche. Université Constantine 1. Algérie.

Références

Koba, K. S. K. R. C. N. Y. M. J. C. J., 2004. «Activités antimicrobiennes d'huiles essentielles de trois *Cymbopogon* sp. africains vis-à-vis de germes pathogènes d'animaux de compagnie, 202-206.

Ksouri, S. S. B. A. A. Y. A., 2017. Antifungal activity of essential oils extract from *Origanum floribundum* Munby, *Rosmarinus officinalis* L and *Thymus ciliatus* against *Candida albicans*.

Kyeong, W. A. M. & J. H., 2007. Kyeong. Effects of the aqueous extract from *Artemisia campestris* ssp. *Caudata* on mycorrhizal fungi colonization and growth of sand dune grasses. *J. Plant Biology*, 50(3), 358–361.

L

Lawless, J., 2002. LAWLESS. J., 2002) The encyclopedia of essential oils the complete guide to the use of aromatic oils in aromatherapy. Harper Thorsons, London W6 8 JB, p498.

Lawrence, B., 1995. Lawrence BM: Essential oils, Allured publishing corporation, Carol Stream. 1995.

Le hir, A., 1983. Pharmacie galénique. Vol 1. France, Paris. Masson. P 76.

Lefloch, E., 1983. Contribution à une étude ethnobotanique de la flore tunisienne. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

Leleu G, Aegerter P, Guidet B., 2002 Collège des utilisateurs de base de données en réanimation. Candidose systémique dans les unités de soins intensifs : une étude multicentrique de cohorte appariée. *J Soins critiques* ; 17 : 168-75.

Lister, P.D., Wolter, D.J., Hanson, N.D., 2009. Antibacterial-resistant *Pseudomonas aeruginosa*: clinical impact and complex regulation of chromosomally encoded resistance mechanisms. *Clin Microbiol Rev* 22:582-610.

Logan, N. A., 2012. *Bacillus* and relatives in foodborne illness. *Journal of Applied Microbiology*, 112(3), 417–429.

Lopes-Lutz D., Alviano D., Alviano C. S. and Kolodziejczyk P.P., 2000. Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Phytochemistry*. 69:1732-1738.

Références

M

Marie-Cécile., 2006. Marie-Cécile Pibiri Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles.

MARYLINE SAIDANI ., 2012-2013. Thèse en ligne : Epidémiologie des pyélonéphrites et Prostatites communautaires : Les traitements probabilistes recommandés sont-ils toujours adaptés ? Université Paris Diderot – Paris 7 faculté de médecine. France.

Mesaros, N., Nordmann, P., Plésiat, P., Roussel-Delvallez, M., Van Eldere, J., Glupczynski, Y., & Tulkens, P. M., 2007. *Pseudomonas aeruginosa*: resistance and therapeutic options at the Turn of the new millennium. *Clinical microbiology and infection* 13:560-578.

Mucciarelli, M., & Maffei, M., 2002. *Artemisia*: Introduction to the Genus, Vol. 18, in Colin W.W. (Ed.), Taylor & Francis, London and New York, pp. 10–16.

Murther, L., 2015. Utilisation des huiles essentielles chez l'enfant. Université d'Auvergne..

N

Naili, M.B., Alhazeer, O.A., Saleh, N.A., & Al-Najjar, A.Y., 2010. Evaluation of antibacterial and antioxidant activities of *Artemisia campestris* (Asteraceae) and *Ziziphus lotus* (Rhamnaceae). *Arab. J. Chem.*, 3, 79–84.

Nazzaro, F., Fratianni, F., Martino, L. D., Coppola, R., & De Feo, V., 2013. Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, 6(12), 1451–1474.

O

Önder, A., 2018. Önder A: Coriander and its phytoconstituents for the beneficial effects. Potential of essential oils.

Ouis, N., 2015. Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil. Thèse de doctorat. Université d'Oran.

Oyaizu, M., 1986. Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese journal of Nutrition*, 44, 307-315.

Références

P

Pound, M. T. M. D. V. e. a., 2011. Pound MW, Townsend ML, Dimondi V, et al. Aperçu des options thérapeutiques pour les infections fongiques invasives. *Med Mycol* ; 49 : 561-80.

R

Richard C et Kiredjian, M., 1995. Méthodes de laboratoire pour l'identification des bacilles à gram négatif aérobies stricts: *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Brucelle*, *Bordetella*. 2ème édition. Ed Institut. Pasteur .Paris. pp: 42.

Rios, J., Recio, M., Villar, A., 1988. Screening methods for natural products with antimicrobial activity: a review of the literature. *Journal of ethnopharmacology* 23, 127-149.

S

SACCHETTI, G., MAIETTI, S. MUZZOLI, M. SCAGLIANTI, M. MANFREDINI, S. RADICE, M. SOTO MENDIVIL, EA., 2006, Chemical composition and fungical activity of the essential oil of *Thymus vulgaris* against *alternaria*. *Citri-E-Gnosis*.4;16.

SARM, 2024. Gouvernement du Québec. (s.d.). *Staphylococcus aureus* : le SARM (*S. aureus*).

Schwalbe, R. S.-M. L. G. A., 2007... Antimicrobial susceptibility testing protocols. Crc Press.

Schwartz, B. e. a., 2024. "Multidrug Resistant *Pseudomonas aeruginosa* in Clinical Settings: A Review of Resistance Mechanisms and Treatment Strategies." *Pathogens* 13.11: 975.

Scora k, M. S. R., 1998. "Effect of volatiles on mycelium growth of *Penicillium digitatum*, *P. italicum*, and *P. ulaiense*", *J. Basic Microbiol*, V., 405-413.

SE, A., 2018. phytothérapie et plantes médicinales (Mémoire), université des frères Mentouri.

Sefi, M. F. M. Z., 2010. Mitigating effects of antioxidant properties of *Artemisia campestris* leaf extract on hyperlipidemia, advanced glycation end products and oxidative stress in alloxan-induced diabetic rats. *Food and Chemical Toxicology*, 48.

Selma, G. K. e. K., 2024. GUENFOUD Khaoula et KHALDI Selma Evaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de deux espèces du genre *Artemisia* (*A. herba alba* et *A. compestris*).

Singleton, P., 1999. Singleton, P. (1999). *Bacteria in biology, biotechnology and medicine* (5th ed.). Wiley.

Références

Socasau, F., 2017. Socasau FC: Les huiles essentielles référencées à l'agence Européenne du Médicament. Université de Bordeaux.

Sri Chandana Panchangam., 2015 Escherichia Coli (E.coli), Engineering and Science Focus : AITK, DOI : 10.13140/RG.2.1.5159.9846

Svoboda, K., 2003. Investigation of volatile oil gland of *Satureja hortensis* L. (Summersavory) and phytochemical comparison of different varieties. *Int. J. Arom.*

T

Taleghani, A., Emami, S.A., & Tayarani-Najaran, Z., 2020. *Artemisia*: A promising plant for the treatment of cancer. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 28(1), 115180.

Touhami, A., 2017. TOUHAMI. A., 2017, Etude chimique et microbiologique des composants des huiles essentielles de différents genres *Thymus* récoltées dans les régions de l'Est Algérien pendant les deux périodes. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba pp 14.

Touil, S., 2012. Souhila touil. Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Artemisia Herba Alba* Asso et *Artemisia campestris* L de la Region de Djelfa

V

Valant-Vetschera, K. F. R. & W. E., 2003. Exudate flavonoids in species of *Artemisia* (Asteraceae-Anthemideae): new results and chemosystematic interpretation. *Biochemical Systematics and Ecology*, 31, 487–498.

Ventrella, M.C., Marinho, C.R., 2008. Morphology and histochemistry of glandular trichomes of *Cordia verbenaceae* (Boraginaceae) leaves. *Revista Brasilia Botanica* 457–467.

W

White, S. H. e. W. W. C., 1998. Hydrophobic interactions of peptides with membrane Interfaces. *Biochim. Biophys. Acta*, 1376, 339-352

Wilkinson, J.M., 2006. Methods for testing the antimicrobial activity of extracts. *Modern phytomedicine: turning medicinal plants into drugs*, 157-171.

Y

Références

Yanguela J. Montanes L. Djerbal M. Roncalés P., 2011 Antimicrobial activity of Pistacia lentiscus and Satureja montana essential oils against Listeria monocytogenes CECT935 using laboratory media: Efficacy and synergistic potential in minced beef. 1046-1053.

Yang, Y. L. e. L. H. J., 2001. Mechanisms of antifungal agent resistance. Journal of Microbiology, immunology, and infection 34 (2) : 79–86.

Younsi F, T. R. B. A. E. O. D. S. B. M. e. a., 2016. Essential oil and phenolic compounds of Artemisia herba-alba (Asso.): Composition, antioxidant, antiacetyl- cholinesterase, and antibacterial activities. Int. J. Food Prop.