



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de L'éducation Nationale
De L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifiques

Université Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la nature et la vie

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1
كلية العلوم الطبيعية والحياة

Département : Biologie Appliqué

Mémoire Présenté en vue de l'obtention du diplôme de master

Domaine : sciences de la nature et de la vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie et Biothérapie

Intitulé:

**Evaluation de l'activité antimicrobienne de quelques
plantes médicinales : l'*Artemisia herba-alba, thymus
sp. et Syzygium aromaticum***

Présenté par :

Date de soutenance : 18/06/2023

- Tebbani Sirine
- Tebaane Ikram
- Yahiouche Imene

Jury d'évaluation :

Président : Pr. KACEM CHAOUICHE Norddine

Pr. UFM, Constantine 1

Examineur : Dr. ADJROUD Moussa

MCB. UFM, Constantine 1

Encadrante : Dr. BENCHIHEUB Meriem

MCB. UFM, Constantine 1

Année Universitaire : 2022 / 2023

Remerciements

Tout d'abord nous remercions **Dieu** le tout puissant, de nous avoir donné le courage la volonté, et la patience durant toutes ces années d'étude.

A l'issue de ce travail de recherche, nous tenons à exprimer notre vive gratitude à notre encadrant madame **BENCHIHUB Meriem** Maitre de conférences A à l'Université des Frères Mentouri Constantine 1, pour avoir accepté de diriger avec beaucoup d'attention et de soin notre mémoire et pour l'intérêt qu'il porte à notre travail. Ses conseils, sa patience, sa disponibilité et son encouragement ainsi que sa bienveillance, nous ont permis de continuer avec endurance et abnégation ce projet de fin d'étude.

On adresse aussi toute notre gratitude aux membres de jury, qui ont évalué ce mémoire, en l'occurrence ; **Pr. KACEM CHAUCHE Norddine** chef de département de la biologie appliqué à l'Université des Frères Mentouri Constantine 1, qui nous a fait un grand honneur d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Nos vifs remerciements s'adressent également à **Dr. ADJROUD Moussa** Maitre de conférences A à l'Université des Frères Mentouri Constantine 1, d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail

Nos n'oublie pas de remercier sincèrement **Dr.GHORRI Sanaa, Mme ABBAZ Samira** et **Dr.KAABOUCH Ramzi** pour leur aide précieuse.

Enfin, je remercie toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Au nom de dieu Allah, ce travail contient 17 années de ma vie que j'ai passées entre la science, l'apprentissage et la recherche. Un travail qui résume ce que j'ai combattu pendant tous ces années pour arriver là où je suis maintenant.

Avec amour, gratitude, remerciement et appréciation, je dédie ce cette de fin d'études :

A Mon père « **Saïd** », père des filles et le plus précieux que mon âme, A qui je dois la vie car il est la raison de ma réussite. Merci a dieu qui m'a créé a partir de ta progéniture et a mis ton sang dans mes veines je t'aime baba.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir mon adorable maman « **Karima** », mon paradis, ma sécurité et ma force. Elle ma soutenu tous les jours de ma vie, les jours sont arrivés où je récolte les fruits de votre patience. J'espère que vous être fier de moi.

Ma grande sœur « **Samar** », ma deuxième mère, ma première amie, l'amour de mon cœur et la lumière de mes yeux. La source de mon courage depuis le début e ma carrière scolaire et son mari « **Khaled** », que je considère comme mon frère aîné et a mes deux petites princesses « **Layan nor cine** » et « **Roudaina** ».

Ma sœur « **Roumaïssa** », mon courage et une source de force pour moi, merci énormément pour ton soutien plus que précieux merci pour ton grand cœur, toutes tes qualités qui seront trop longues à énumérer. Ma vie ne serait pas assez magique sans toi, et son mari « **Tahar** » mon deuxième frère et a un morceau de mon cœur Son fils « **Bayram Aram** ».

Et les deux dernières sœurs « **Soundous** » mon bras droit et ma petite jolie fille « **Balkiss** » merci d'être dans ma vie et merci de toujours me soutenir.

Imane, C'est mon amie, ma collègue ma sœur. Elle est ma foi dans la vie. Je remercie dieu de t'avoir mis sur mon chemin. Que dieu t'accorde le succès, ma chérie.

A mes meilleurs amis qui je les trouve toujours derrière moi surtout dans les moments les plus difficiles (**Imane, Imi, Achwak, Inès, Malak, Akram, Alla, Karim, Anis...**) je vous aime tellement.

Sans oublier mon trinôme : **Ikram** et **Imene** merci pour votre collaboration et votre diligence dans cette recherche et merci pour votre patience et votre soutien moral tout au long de la période de travail.

A tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à l'université.

MERCI DIEU POUR TOUT.

SIRINE...

Dédicace

Tout d'abord je remercie mon dieu "الله" le Tout-Puissant et qui m'a accordé la force et la patience pour accomplir ce travail, avec Sa permission سبحانه و تعالى et qui m'a aidé et m'a protégé tout au long du parcours académique

Et puis j'exprime mes remerciements particuliers à ma chère mère qui à son tour m'a aidé de toutes les manières et moyens dans mon parcours (le soutien morale et matériel aussi son encouragement) merci

Ma chère **maman** de tout mon cœur et merci c'est un petit mot pour vous que dieu te protège Inshallah

Je remercie mon cher **père** pour le soutien moral et matériel qui m'a accompagné et son encouragement et son du pour moi, merci papa que dieu te protège Inshallah

Mon petit **frère Sid Ali Akram** pappouche et a toutes ma famille

Mes amis : **Rayen, Inès, Malak, Chiraz ; Malak ...**

Surtout et sans oublier mes binômes et amis au même temps **Sirine** et **Imene** qui on partagé avec moi les meilleurs et les difficiles moments tout au long de ce travail.

IKRAM...

Dédicace

A l'aide de dieu tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser Ce travail et avec un énorme plaisir, et c'est avec un cœur ouvert une immense joie

Je dédié ce travail à Ma famille **Yahiouche**

A ma chère mère **Farida** :

Tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Et Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon cher père **Tahar** :

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon Éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit des sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A ma chère sœur **Meriem**, son époux **Hakim** et mon petit neveu **Anes Yousef** adoré, qui font une partie de mon bonheur.

A mon cher frère : **Abdallah**, mon grand frère que j'adore tellement.

A mes chères cousines, mes binômes et mes jumelles de cœur **Hanadi** et **Ibtihal**, avec qui j'ai grandi, et que je partage ce moment si précieux.

A mes meilleurs amis, **Inès** et **Chahrazed**, 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.

A toute ma famille, oncles et tantes, cousins et cousines, petit et grand, sans exception.

A tous mes amis, et toute personne que je connais, a toute la promotion Master II biotechnologie et biothérapie 2023 (**Imene, Raniya, Cheima, Nada, Lina, Yasmin ...**) Et tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer.

Sans oublier mes chères amies **Sirine** et **Ikram** qui ont partagé avec moi les moments difficiles, pour leur soutien moral et leur patience tout au long de ce travail.

IMENE...

Table des matières

| | |
|--|----|
| <i>Introduction</i> | 1 |
| <i>Revue Bibliographique</i> | 3 |
| I. Plantes médicinales | 3 |
| 1. Armoise : <i>Artemisia herba alba</i> | 3 |
| 2. Thym : <i>Thymus</i> | 6 |
| 3. Clou de girofle /Giroflier : <i>Syzygium aromaticum(L)</i> | 9 |
| II. Huiles essentielles | 12 |
| 1. Définition | 12 |
| 2. Propriétés physico-chimiques | 13 |
| 3. Activité biologiques des HEs..... | 13 |
| 4. Composition chimique des HEs..... | 14 |
| 5. Usage des HEs (Domaine d'utilisation) | 16 |
| 6. Méthodes d'extraction des huiles essentielles | 17 |
| i. Hydro distillation..... | 19 |
| ii. Distillation par entraînement à la vapeur d'eau | 20 |
| III. Activité biologique | 22 |
| 1. Activité antibactérienne | 22 |
| 2. Activité antifongique | 24 |
| <i>Matériel et Méthodes</i> | 28 |
| 1. Préparation du matériel végétal..... | 26 |
| 1.1. Séchage et broyage | 26 |
| 1.2. Extraction des huiles essentielles..... | 26 |
| 2. Test de l'activité antimicrobienne | 35 |
| 2.2. Principe..... | 35 |
| <i>Résultats et Discussion</i> | 43 |
| 1. Rendement d'extraction en HEs | 39 |
| 2. Activités antibactérienne et antifongique des extraits aqueux | 40 |
| 3. Activités antimicrobienne des extraits huileux des trois plantes..... | 41 |
| 3.1. Activité antibactérienne des extraits huileux | 41 |
| 3.2. Activité antifongiques des extraits huileux | 47 |
| <i>Conclusion générale</i> | 53 |
| <i>References</i> | |
| <i>Annexes</i> | |

Résumé

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : photographie de l'armoise blanche au désert | 03 |
| Figure 2 : Structures chimiques de quelques composés rencontrés dans l'huile Essentielles d'A. Herba alba | 05 |
| Figure 3 : différentes espèces du genre Thymus | 07 |
| Figure 4 : clou de girofle | 10 |
| Figure 5 : Clou de girofle Bio | 13 |
| Figure 6 : Huile essentielle | 15 |
| Figure 7 : Exemple d'un Monoterpène acyclique à gauche (Mycènes) et d'un cyclique à droite (ciméne) | 16 |
| Figure 8 : Structure générale d'un sesquiterpène | 19 |
| Figure 9 : Schéma du principe de la technique d'hydro diffusion | 19 |
| Figure 10 : Schéma de l'hydro distillation assistée par micro-ondes. | 20 |
| Figure 11 : schéma d'un montage d'hydro distillation | 22 |
| Figure 12 : Structure de la paroi bactérienne. | 27 |
| Figure 13 : Montage d'hydrodistillation manipulé (Clevenger) | 28 |
| Figure 14 : technique de hydro distillation | 29 |
| Figure 15 : <i>Staphylococcus aureus</i> | 29 |
| Figure 16 : <i>Bacillus subtilis</i> | 30 |
| Figure 17 : <i>Salmonella</i> | 30 |
| Figure 18 : <i>Escherichia coli</i> | 31 |
| Figure 19 : <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 32 |
| Figure 20 : <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 32 |
| Figure 21 : <i>Aspergillus Niger</i> | 33 |
| Figure 22 : <i>Fusarium oxysporum</i> | 33 |
| Figure 23 : <i>Alternaria alternata</i> | 34 |
| Figure 24 : <i>Candida albicans</i> | 35 |
| Figure 25 : <i>Aspergillus flavus</i> | 35 |
| Figure 26 : <i>Penicillium sp</i> | 37 |
| Figure 27 : préparation de milieu de culture. | 38 |
| Figure 28 : Ensemencement | 38 |
| Figure 29 : Détermination de la zone d'inhibition par la méthode de diffusion des puits | 41 |
| Figure 30 : la zone d'inhibition de l'activité antibactérienne des extraits aqueux | 42 |
| Figure 31 : la zone d'inhibition de l'activité antifongique des extraits aqueux | 44 |
| Figure 32 : Activité antibactérienne de trois extraits Huileux | 48 |
| Figure 33 : Zone d'inhibition de l'activité antibactérienne des extraits huileux | 47 |

| | |
|--|----|
| Figure 34 : Activité antifongique de trois extraits. | 48 |
| Figure 35 : la zone d'inhibition de l'extrait E1 pour la <i>Candida et Fusarium</i> | 48 |
| Figure 36 : Zone d'inhibition de l'activité antifongique des extraits huileux..... | 53 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau1 : Classification de la plante <i>Artemisia herba-alba</i> | 5 |
| Tableau2 : classification de la plante <i>Thymus</i> | 8 |
| Tableau 3 : Situation botanique de l'espèce <i>Syzygium aromaticum</i> | 11 |
| Tableau 4 : Diamètre des zones d'inhibition de la activité antibactérienne des extraits huileux (<i>Artemisia herba-alba/ Syzygium aromaticum/ Thymus</i>)..... | 46 |
| Tableau 5 : Tableau récapitulatif des diamètres des zones d'inhibition des extraits huileux de trois | 50 |

Liste des abréviations

A.herba-alba : *Artemisia herba-alba*

HEs : Huiles Essentielles

Mv : Matière Végétale

CMI : Concentration Minimum Inhibitrice

E. Coli : *Escherichia. Coli*

SARM : *Staphylococcus Aereus* résistant a la méthicilline

MH : Muller-Hinton

Sab : Sabouraud

Rd : Rendement En Huile Essentielle

Introduction

Les plantes sont toujours considérées comme une partie de la vie quotidienne de l'homme, elle s'en sert pour se nourrir, se soigner et parfois dans ses rites religieux. Elles ont été utilisées dans la médecine traditionnelle pendant plusieurs millénaires et à travers les siècles, la connaissance des plantes médicinales et des remèdes végétaux n'a pas cessé de s'enrichir (**Mpondo *et al.*, 2017**).

Actuellement, cette médication, par les plantes, connaît un regain d'intérêt notable, et, c'est grâce aux études scientifiques basées sur les méthodes analytiques et les expérimentations nouvelles, que le monde médical découvre de plus en plus, le bien fondé des prescriptions empiriques des plantes médicinales (**Lahsissene *et al.*, 2009**). La flore algérienne recèle un patrimoine végétal très riche, mais peu connu par manque d'études sur les vertus et les richesses qu'il peut probablement engendrer, celui-ci est malheureusement très peu exploité (**Boudoumi, 2014**).

L'une des valorisations possibles de cette richesse naturelle, que sont les plantes, est l'extraction de leurs huiles essentielles ; produits connus et utilisés par les égyptiens, les perses et les grecs, pour leurs propriétés aromatisants et médicinales (**Iserin, 2001**).

Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie : en alimentation, en cosmétologie et en pharmacie. La pharmacie utilise encore une forte proportion de médicaments d'origine végétale et la recherche trouve chez les plantes des molécules actives nouvelles, ou des matières premières pour la semi synthèse.

Les huiles essentielles présentent une très grande variabilité, tant au niveau de leur composition que de leur rendement. Cette variabilité est fondamentale car les activités qui découlent des huiles essentielles peuvent être très différentes (**Benini, 2007 ; Bruneton, 1999 ; Garnerio, 1991**).

Les huiles essentielles, composées de molécules volatiles, peuvent généralement être extraites par entraînement à la vapeur ; méthode qui n'a connu que très peu d'évolution jusqu'à nos jours. Et ce sont des mélanges complexes constitués de plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de composés, principalement terpéniques.

Les terpènes, molécules construites à partir d'entités isopréniques, constituent une famille très diversifiée, tant au niveau structural qu'au niveau fonctionnel. Dans les huiles essentielles, on rencontre généralement des mono et des Sesquiterpènes (possédant

respectivement 10 et 15 atomes de carbone) et plus rarement des diterpènes (20 atomes de carbone) ainsi que des composés linéaires non terpéniques et des phénylpropanoïdes.

Dans ce contexte ; le présent travail de recherche vise principalement la valorisation de trois plantes très répandues en Algérie, l'armoise herbe blanche, thym et le clou de girofle. L'étude englobe plusieurs aspects tels: l'extraction d'huiles essentielles et l'évaluation des ses activités biologiques.

Le travail est repartit en trois chapitres : commençant par une étude bibliographique des trois plantes et les activités biologique, le deuxième chapitre présente une généralité sur les huiles essentielles et ses composantes chimique, et les méthodes d'extraction des HE.

Enfin ; notre dernier chapitre sera réservé pour notre pratique sur l'activité antimicrobienne des trois plantes.

Revue Bibliographique

I. Plantes médicinales

1. Armoise : *Artemisia herba alba*

1.1. Définition

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

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

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

1.2. Description botanique d'*Artemisia*

L'*Artemisia* est une plante ligneuse sous forme de buissons blancs laineux de 30 à 80 cm de hauteur (**Ferrandon et al., 1974**) elle pousse généralement en touffes de taille réduite fragmentée par le piétinement des animaux et l'action érosive du vent (**Aidoud, 2001**). La tige porte des expansions latérales, des rameaux et des feuilles. Les feuilles sont de taille très réduite des trois à cinq folioles par feuille, elles sont blanches, laineuses, courtes et pubescentes (**Aidoud et al., 1989**).

Les fleurs sont jaunes, groupées en capitules, le fruit ne contient qu'une seule graine, les racines sont très épaisses, laineuses, très enfoncées et tiennent solidement au sol (**Figure 1**).



Figure 1 : Photographie de l'Armoïse blanche au désert.

1.3. Taxinomie et classification

Tableau 1 : Classification de la plante *Artemisia herba-alba* (Valles et al., 2001).

| | |
|---------------------|-----------------------------|
| Région | Plantae |
| Classe | Magnoliopsida |
| Ordre | Asterales |
| Famille | Asteraceae |
| Sous-famille | Asteroideae |
| Genre | <i>Artemisia L.</i> |
| Espèce | <i>Artemisia herba-alba</i> |

1.4. Composition chimique

L'Artemisia herba-alba se retrouve dans la terminologie de la médecine alternative ou traditionnelle. Elle a un avantage thérapeutique en raison de ses composés phénoliques qui augmentent son activité biologique pour le traitement (Khennouf et al., 2010).

Les flavonoïdes que l'on a distingués d'*A. Herba-alba* semblent constituer la plus grande structure constitutive ayant un début des flavonoïdes connus dans le milieu chimique (flavones, glycosides flavonols). C'est l'un des composés les plus complexes de la classe des flavonoïdes et il est hautement méthyloxy. Les flavones-C-glycosides sont rares dans l'armoise et même dans tous les genres d'*Asteraceae*.

Parmi les composants les plus importants des huiles essentielles d'*A. Herba-alba* on trouve les mono terpènes (Feuerstein et al., 1986). Des santonines, des coumarines, des tri terpènes penta cyclique et les tanins (Ghanmi et al., 2010) (Figure 2).

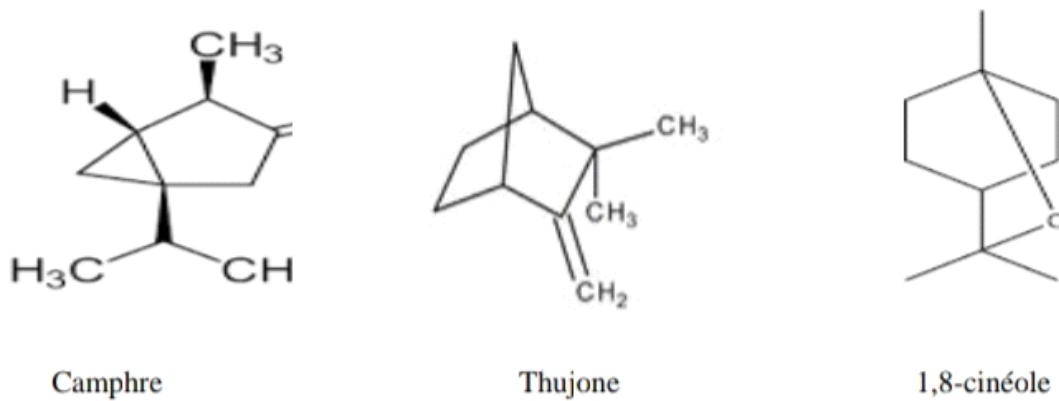


Figure 2 : Structures chimiques de quelques composés rencontrés dans l'huile Essentielle d'*A. Herba alba*.

1.5. Médecine d'aujourd'hui

1.5.1. Usage thérapeutique

L'armoise est considérée comme un terme de la pharmacopée traditionnelle des arabes et des habitants locaux du globe. L'armoise herbe blanche était reconnue par les pasteurs et les bédouins pour ses propriétés bénéfiques pour les organismes vivants. Elle est notamment utilisée comme vermifuge chez les moutons (**Freidman *et al.*, 1986**). Ou pour soulager les maladies intestinales (douleurs intestinales et symptômes divers), comme en Irak, il est préparé avec du thé et consommé par les diabétiques pour abandonner l'insuline.

L'armoise est connue en Algérie comme un remède très populaire auquel on a souvent recours pour faciliter la digestion, Calmer les douleurs abdominales et certains maux de foie (**Baba Aissa, 2000**).

Au quotidien, l'armoise blanche est consommée sous forme de tisane. Elle est vermifuge (élimine le ver : *Ascaris*). Elle facilite la digestion, elle est aussi utilisée comme remède contre les douleurs du cycle menstruel chez les femmes et aussi contre les troubles nerveux, la rougeole et les faiblesses musculaires (**institut National Agronomique El Harrach, 1988**).

1.5.2. Usage pharmaceutique

Applications biologiques et pharmacologiques des espèces de la famille Les astéracées sont dues à leur importance dans la médecine traditionnelle en tant que fruit plusieurs études chimiques et pharmacologiques. La majorité des applications biologiques et

thérapeutiques des espèces sont de la famille Astéracées liées aux effets antimicrobiens, antifongiques, etc.

1.5.3. Usage alimentaire

A. *Herba-alba* est mentionnée dans le domaine de l'industrie alimentaire et nutritionnelle pour son utilisation uniquement en tant qu'arôme, et elle a une saveur particulière qui la distingue des autres, comme les boissons au café ou au thé, sauf que son utilisation comme ingrédient de base dans les aliments est non pertinente. La substance dont est faite armoise herbe blanche est considérée comme une substance toxique qui affecte négativement l'organisme, si elle dépasse son taux normal estimé à 5 mg/kg, et c'est ce qu'on appelle la beta thujone (**Bendjilali et al., 1984**).

1.6. Toxicité

A forte dose l'HE de l'armoise blanche risque de causer des lésions hépatiques et anales et des convulsions, principalement dues à l'a- thujone. Elle est déconseillée pendant la grossesse, car elle peut provoquer des avortements.

Cependant le pollen de fleurs est un allergisant et possède un pouvoir convulsivant à cause de la thujone. (**Bakkali et al., 2006**).

2. Thym : *Thymus*

2.1. Définition

Le thym est une plante basse sous-ligneuse, peut atteindre 40cm de hauteur, caractérisée par des feuilles vert foncé de 4–10 mm de long, et de forme elliptique oblongue et à tige courte. Ces feuilles sont recouvertes de poils et de glandes (appelés trichomes), ces derniers contiennent l'huile essentielle majoritairement composée de monoterpènes (**Abed et al., 2021**).

Les calices et les jeunes tiges sont aussi couverts de ces structures qui libèrent l'essence par simple contact, bien qu'en plus faible densité sur les tiges (**Benazzeddine, 2010 ; Abed et al., 2021**), Ses petites fleurs zygomorphes sont regroupées en glomérules et leur couleur varie du blanc au violet en passant par le rose, La floraison a lieu d'avril à septembre (**figure 3**) (**Kabouche, 2005 ; Remal et Khachouche, 2017**). Le thym a une durée de vie allant de 4 à 7 ans (**Lavergne, 2012**).



Figure 3 : Différent espèce du genre *Thymus sp.*

2.2. Description botanique

Originnaire du sud de l'Europe, le thym a besoin d'un climat chaud et sec et de plein soleil pour se développer et libérer son parfum piquant. Il pousse spontanément dans les paysages rocailloux du midi de la France, où il est également appelé farigoule, et dans d'autres pays du bassin méditerranéen (Abed *et al.*, 2021).

La famille des Lamiaceae (Labiatae) est parmi les familles botaniques les plus utilisées au monde comme source d'épices et d'extraits à fort pouvoir antioxydant et antibactérien. elle regroupe entre 200 et 250 genres et entre 3200 et 6500 espèces (Dorman *et al.*, 2004).

Le thym est une plante sous-ligneuse érigée ou prostrée, odorante, elle forme des touffes compactes très ramifiées qui s'élèvent à une vingtaine de centimètres au-dessus du sol. Il pousse spontanément sur les coteaux secs et rocailloux et dans les garrigues. Les feuilles du thym sont contractées et les inflorescences sont en faux verticilles. leur calice est tubuleux, ce dernier et la corolle sont à deux lèvres (Quezel *et al.*, 1963).

2.3. Taxinomie et classification

Tableau 2 : classification de la plante *Thymus* (Teuscher *et al.*, 2005).

| | |
|-------------|---------------|
| Règne | Plantae |
| Classe | Magnoliophyta |
| Sous-classe | Asteridae |
| Ordre | Lamiales |
| Famille | Lamiaceae |

| | |
|---------------|------------------|
| Genre | <i>Thymus</i> |
| Espèce | <i>Thymus sp</i> |

2.4. Composition chimique de Thymus

Thymus renferme une huile volatile de couleur pâle, jaune ou rouge, avec une odeur riche, et aromatique et un goût persistant, corsé et épicé (Farrell, 1998).

L'huile essentielle de Thymus est composée d'une quantité très variable en Phénols dont le thymol et le carvacrol en sont les majeurs constituants. Elle contient Également d'autres composants minoritaires comme : Alcool, Monoterpènes, sesquiterpènes (Abdelli, 2017).

2.5. Médecine d'Aujourd'hui

2.5.1. Usage thérapeutique

Les feuilles du thym sont riches en huile essentiels dont les propriétés sont mises en profit en phytothérapie et en médecine, comme produit vétérinaire (antiparasite, antispasmodique, antiseptique et digestif), en plus des études ont confirmé leur activités antiseptique et spasmolytique (Abed *et al.*, 2021).

Le thym possède des vertus antiseptiques utilisées pour soigner les infections pulmonaires, il calme les toux quinteuses, diminue les sécrétions nasales et soulage-les problèmes intestinaux (Frederich, 2014 ; Saidj, 2007). Plus de 90 espèces de Lamiacée sont inscrites dans la pharmacopée parmi lesquelles le thym (Nouioua, 2012).

2.5.2. Usage pharmaceutique

En pharmacie, le thymol et le carvacrol sont employés en collutoires, dans les dentifrices, les savons, les onguents, les lotions, les pastilles pour la gorge et les remèdes antigrippes (Abed *et al.*, 2021). Plusieurs études ont montré que le thymol possède de nombreuses activités biologiques telles que l'activité antispasmodique, antimicrobienne, fongicide, Insecticide, antioxydant, anti cancérigène et anti-inflammatoire (Daoudi, 2016).

Par ailleurs, les extraits de thym ont montré une large activité antibactérienne en inhibant la croissance des bactéries à Gram positif et Gram négatif (**Qaralleh et al., 2009**). (**Abed et al., 2021**).

2.5.3. Usage alimentaire

Le thym est utilisé comme aromate en cuisine, c'est une plante condimentaire très appréciée en Algérie et dans différentes parties du monde pour aromatiser les plats, les fromages et les boissons alcoolisées. C'est une plante médicinale recommandée contre tous les types de faiblesse, et indiquée pour les crampes d'estomac, les inflammations pulmonaires les palpitations, ainsi que les affections de la bouche (**Djeroumi et Nacef, 2004 ; Daidj, 2007; Mayer, 2012 ; Abed et al., 2021**).

Il est considéré aussi comme l'un des remèdes populaires les plus utiles et efficaces, dans le traitement des affections respiratoires; rhume, grippe, et angine par trempage des feuilles sèches. Egalement utilisé dans le nettoyage et la cicatrisation des plaies, l'expulsion des gaz intestinaux et contre la mauvaise digestion, grâce à ses propriétés stomachiques antiseptiques des voies respiratoires et pectorale (**Baba, 1990 ; Hadouche, 2011**).

2.6. Toxicité

Il n'y a pas de contre-indications particulières à l'usage du thym. Parfois, personnes développent une allergie aux principes actifs du thym, en particulier après une exposition massive ou répétée donc leur utilisation est déconseillée aux personnes allergiques aux plantes de la famille des labiées (menthe, sauge, romarin, lavande, serpolet, etc.).

Les effets indésirables du thym sont rares : allergie de la peau (avec une réaction croisée chez les personnes allergiques au céleri ou au pollen de bouleau), réaction d'hypersensibilité (avec un cas exceptionnel rapporté de choc anaphylactique et d'œdème de quincke), ainsi que parfois nausées ou douleurs abdominales (**Anonyme 1**) <https://www.vidal.fr/parapharmacie/phytotherapie-plantes/thym-thymus-vulgaris.html>

3. Clou de girofle /Giroflier : *Syzygium aromaticum*(L)

3.1. Définition

Le giroflier appartient à la grande famille des Myrtaceae, et est un arbre tropical d'origine indonésienne il distribué dans la partie sud des philippines, les Moluques, l'Amérique du sud (Madagascar, Brésil, Zanzibar) et même l'Afrique .En général, il pousse abondamment dans les pays tropicaux (**Abdelhader et al., 2018**).(Figure 4)



Figure 4: Clou de girofle.

3.2. Description botanique

Le giroflier est un arbre de 12 à 15 m de haut, à feuillage persistant et ne poussant qu'en bord de mer.

L'origine de la plante : Madagascar, la Réunion, les Antilles. Le giroflier est également cultivé en Indonésie et en Tanzanie. Les clous de girofle américains sont réputés de qualité inférieure à cause de leur plus faible teneur en huile essentielle. La superficie couverte par les girofliers à Madagascar s'élève à environ 37 000 hectares, superficie vivant d'une année à une autre.

3.3. Taxinomie et classification

Tableau 3: Situation botanique de l'espèce *Syzygium aromaticum*.

| | |
|----------------|-----------------------------|
| Règne | Plantae |
| Classe | Magnoliopside=dicotylédones |
| Ordre | Myrtales |
| Famille | Myrtaceae |
| Genre | <i>Syzygium</i> |
| Espèce | <i>Syzygium aromaticum</i> |

3.4. Composition chimique

Le clou de girofle est riche en substance bioactive comme :

- L'huile essentielle un pourcentage de 20% : HE contenant d'eugénol (85-95% de l'huile de clou de girofle), acétate d'eugénol (5 à 10 %), et un dérivé cétonique (**Pail et al., 2005 ; Ghedira et al., 2010**).
- Autre constituants :
Les flavonoïdes (environ 0,4%), Tanis (environ 12%), acide phénolique, stérols, tri terpène et des chromons (**Max et al., 2003**).

3.5. Médecine d'aujourd'hui

3.5.1. Usages Thérapeutique

Les boutons floraux du giroflier possèdent des propriétés antiseptiques et anesthésiques qui sont reconnues depuis très longtemps et proposées dans les douleurs dentaires. Il entre dans la composition du khôl, primitivement onguent ophtalmique. Le clou de girofle est un anti-inflammatoire et antibactérien, il est utile pour lutter contre beaucoup d'infections urinaires, digestives et cutanées.

L'huile essentielle de cette plante est utilisée pour le traitement des maux de dents, de la bouche, de la gorge, de l'inflammation de la muqueuse buccale et de la mauvaise haleine (**Figure 5**). En usage externe contre le rhumatisme, les myalgies (douleurs des muscles), la sciatique et anesthésiant local dans les soins des plaies. Par voie orale les clous de girofle sont utilisés dans le traitement de bronchite, des troubles digestifs et calmer les maux d'estomac, le vomissement, la fièvre (**Ugwu et al., 2017**) et la diarrhée. Il serait aussi efficace dans le traitement de l'hyperglycémie (**Ghedira et al., 2010**).



Figure 5 : Clou de girofle Bio

3.5.2. Usage alimentaire

En cuisine, il est présent dans le pain d'épices, les biscuits en mélange avec la cannelle, le pot-au-feu, les marinades, la choucroute et il est indispensable à la plupart des currys, comme il est utilisé en infusion avec le thé.

3.6. Toxicité

Syzygium aromaticum peut être classé parmi les plantes biologiquement actives, mais un surdosage de l'huile essentielle peut entraîner des effets négatifs sur le système digestif qui se manifestent par des symptômes de troubles bénins tels que : vomissement, nausées ou diarrhées.

II. Huiles essentielles

1. Définition

Les huiles essentielles (HEs) sont des mélanges naturels complexes de métabolites secondaires volatils, isolés par hydrodistillation ou par expression mécanique (**Kalemba et al., 2003**).

Elles sont appelées communément essences végétales, sont des produits huileux, volatils et odoriférants, contenus dans les différentes parties des végétaux (**Zeraib, 2016**). Elles sont obtenues à partir de feuilles, de graines, de bourgeons, de fleurs de brindilles, d'écorces, de bois, de racines, de tiges ou de fruits (**Burt, 2004**).

Les essences ou huiles essentielles, connues également sous le nom d'huiles volatiles, de parfums, etc., sont des substances odorantes huileuses, volatiles, peu solubles dans l'eau, plus ou moins solubles dans l'alcool et dans l'éther, incolores ou jaunâtres, inflammables qui s'altèrent facilement à l'air en se résinifiant (**Bousbia, 2011**).

L'huile essentielle est définie selon la norme AFNOR NF T 75-006 comme «un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par hydrodistillation. Elle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques. Cette définition détermine les huiles essentielles au sens strict. Mais, de ce fait, elle écarte les produits obtenus en employant d'autres procédés d'extraction, comme l'utilisation de solvants non aqueux ou l'enfleurage (**Djemmani et al., 2021**). (figure 6)



Figure 6 : Huile essentielle.

2. Propriétés physico-chimiques

Les huiles essentielles sont constituées de molécules aromatiques de très faible masse moléculaire (**Degryse et al., 2008**). Elles sont en général liquides à température ambiante, volatiles, inflammables, très odorantes et ne sont que très rarement colorées. Leur densité est le plus souvent inférieure à 1 sauf pour les huiles essentielles de sassafras, de clou de girofle et de cannelle (**Abdelli, 2017**). Elles ont un indice de réfraction élevé et la plupart dévient la lumière polarisée (optiquement active). Les huiles essentielles ont parfois un toucher gras ou huileux mais ce ne sont pas des corps gras (**Djemmani et al., 2021**).

Par évaporation, elles peuvent retourner à l'état de vapeur sans laisser de traces, ce qui n'est pas le cas des huiles fixes (olive, tournesol, etc.) qui ne sont pas volatiles et laissent sur le papier une trace grasse persistante (**Abdelli, 2017**). Les huiles essentielles sont solubles dans les alcools et dans la plupart des solvants organiques mais sont peu solubles dans l'eau (**Bruneton, 1999**).

Elles sont également très altérables et s'oxydent au contact de l'air et de la lumière (**Bruneton, 1993**).

3. Activité biologiques des HEs

3.1. Activité antibactérienne

Les activités antimicrobiennes des HEs sont fortement liées à leur hydrophobie. Cette caractéristique leur permet de pénétrer les cellules microbiennes et d'y provoquer des altérations fonctionnelles et structurales, sachant que les bactéries Gram positif sont plus sensibles aux HEs que les bactéries à Gram négatif (**Fahed, 2016**).

3.2. Activité antioxydant

La capacité antioxydant de l'huile volatile est étroitement liée à tout le contenu phénol. L'activité antioxydant des phénols dépend de la disposition des groupes fonctionnels autour de la structure nucléaire, la configuration, la substitution et le nombre total des groupes hydroxyles qui influencent considérablement les différents effets antioxydants des radicaux et la chélation des métaux (**Djemmani et Chabira, 2021**).

3.3. Activité anti-inflammatoire

Les familles biochimiques à action anti-inflammatoire qui constituent les composés de différentes huiles essentielles sont : les aldéhydes mono terpéniques, les esters terpéniques, les sesquiterpènes et les monoterpènes, l'eugénol (phénol aromatique), l'eucalyptol (oxyde terpénique), alcools terpéniques (sesquiterpènes, monoterpènes), les cétones terpéniques, les phénols méthyléthers (**Bouزيد, 2018**).

3.4 Activité antifongique

Les huiles essentielles constituent une source potentielle pour des nouveaux médicaments antifongiques, soit sous leur forme pure soit sous forme de dérivés des composés originaux pour une optimisation thérapeutique plus efficace et plus sûre.

L'eugénol est un composé antifongique efficace qui cause des dommages permanents aux cellules des levures des champignons (**Djemmani et Chabira, 2021**).

4. Composition chimique des HEs

La composition chimique des huiles essentielles a une caractéristique très précise en termes de décomposition et de changement continu. Il est clair que les composants isolés dans les huiles essentielles par les spécialistes se comptent par milliers, car ils ont été divisés en 2 parties biogénétiques :

- Le groupe des terpénoïdes.
- Le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane beaucoup moins fréquent.

La possibilité que les HEs contiennent différents produits du processus de dégradation qui implique des composants non volatils (**Lamamra, 2007**). Selon son nom l'huile essentielle pure et naturelle ne contient ni matières grasses, ni vitamines, ni sels

minéraux .mais le corps peut ajuster son absorption a l'intérieur (**Guerrouf, 2007**). Il existe deux types de terpènes considères comme les plus volatils en raison de leur faible masse moléculaire : les mono terpènes et les sesquiterpènes.

La formation de ce type chimique des terpènes, est due a l'union de plusieurs unîtes équilibrées de formule C_5H_8 . Autrement-dit les mono terpènes sont constitués de deux terpènes($C_{10}H_{16}$) et de trois unîtes pour former les sesquiterpènes($C_{15}H_{24}$).les di terpènes($C_{20}H_{32}$) se trouvent exclusivement dans certaines des structures formant les huiles essentielles (**Piochon, 2008**).

4.1.Mono terpènes C_{10}

Ce Sont des composes (**Figure 7**):

- Anti infectieuse, bactéricides, virucides et fongicides :
- Utilises dans les pathologies ORL.
- Antalgiques cutanés, lors de douleurs localisées.
- Excellents immunostimulants.
- Toniques généraux (Neurotoniques) (**Laurent, 2017**).

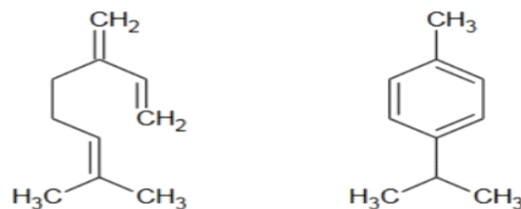


Figure 7: Exemple d'un Monoterpènes acyclique a gauche (Mycènes) et d'un cyclique a droite (ciméne).

4.2.Sesquiterpènes C_{15}

Ils sont :

- Antiseptiques et bactéricides.
- Puissants anti-inflammatoires.
- Utilises dans les pathologies arteriocapillaires.

- Antiallergique (**Figure 8**)

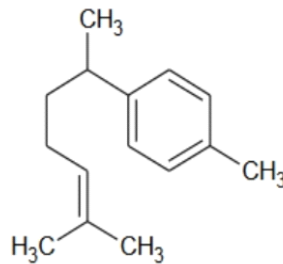


Figure 8: Structure générale d'un sesquiterpène.

4.3. Composés aromatiques

Les phénylpropanoïdes, ou composés aromatiques dérivés du phénylpropane, Il était biologiquement composé de deux types d'acides amines aromatiques : la phénylalanine et la tyrosine, caractérisés par la présence d'un group hydroxyles liés a la molécule phényle (**Buchanan *et al.*, 2000**).

Ce type de composant est moins fréquent dans les structures des huiles essentielles par rapport aux dérivés des terpènes. Cette classe de composants porte des composés aromatiques bien connus tels que : la vanilline, l'eugénol, l'estragole et bien d'autres (**Bruneton, 1993**).

4.4. Composés d'origine diverse

Les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques à chaîne linéaire ou ramifiée porteurs de différentes fonctions, généralement ils sont de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydro distillation à savoir les acides (C₃ à C₁₀), alcools, aldéhydes (octanal, décane ...), esters, lactones, produits azotés ou soufrés (**Carole, 2013**).

5. Usage des HEs (Domaine d'utilisation)

La composition des huiles essentielles confère, ces extraits aussi bien des propriétés odorantes et aromatiques qu'antimicrobiennes. Ces caractéristiques offrent des débouchés importants dans de nombreux domaines industriels, que ce soit dans l'industrie cosmétique, les secteurs de la santé, de l'agro-alimentaire et en pharmacologie. les domaines d'application des HE selon la plante dont elles proviennent mais surtout de la structure végétale dont elles sont extraites (feuilles, fleurs, racines, graines, etc.).

5.1. En pharmacologie

L'utilisation des huiles essentielles est connue depuis des siècles en raison de son efficacité contre diverses espèces bactériennes et comme substitut de certains antibiotiques synthétiques, et elle est devenue une solution aux problèmes d'infection bactérienne, et son effet positif a été scientifiquement prouvé *in vitro* et *in vivo* (Zhiri, 2006).

5.2. En aromathérapie

Généralement utilisées pour leur propriétés observées dans la nature, (pouvoir antifongique et insecticide, antioxydant et antimicrobienne) ; les HE peuvent être mélangées avec de l'huile végétale pour en fabriquer de produit fréquemment utilisés en aromathérapie (Bakkali *et al.*, 2007).

5.3. En cosmétique et parfumerie

Diverses huiles essentielles sont utilisées dans la fabrication de produits naturels en raison de leur avantage de saveur et d'arôme. Ses utilisations se sont développées dans les cosmétiques et les produits d'entretien, et dans les préparations de soins (corps, cheveux, bouche) ; et il est également utilisé dans la fabrication de parfums féminins et masculins aux extraits variés (huile de rose, bois de santal, huile d'eucalyptus, huile de cèdre, cannelle et autres herbes aromatiques) (Smallfield, 2001).

5.4. En agro-alimentaire

Certaines usines spécialisées dans les denrées alimentaires utilisent actuellement les huiles essentielles et leurs composants comme arômes alimentaires naturels qui ne sont pas nocifs car ils ont des activités antimicrobiennes. Par conséquent, leur rôle dans les aliments en tant que conservateurs est mis à profit, de sorte qu'ils ont été approuvés en tant qu'additifs alimentaires bénéfiques « généralement reconnus comme bénéfiques » (Calliet, 2009).

6. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales (Sallé, 2004). En général, le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, ramilles), de la nature des composés (les flavonoïdes ou les tanins, par exemple), du rendement en l'huile et de la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées (Crespo *et al.*, 1991 ; Hellal, 2011).

a) Extraction par solvants organiques

Dans ce procédé, l'extrait de plantes est obtenu au moyen de solvants non aqueux. Les plus utilisés sont l'hexane, le cyclohexane et l'éthanol, moins fréquemment, le dichlorométhane et l'acétone (**Dapkevicius et al., 1998 ; Kim et al., 2002 ; Hernandez Ochoa, 2005**). Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau, si bien que les extraits ne contiennent pas uniquement des composés volatils mais également un bon nombre de composés non volatils tels que des cires, des pigments, des acides gras et bien d'autres (**Richard, 1992**).

Un lavage à l'éthanol permet l'élimination de ces composés non désirables. Après distillation de l'alcool, le produit obtenu est appelé « absolu » (**Hernandez-Ochoa, 2005; Proust, 2006**). L'emploi de cette méthode est restrictif, ceci se justifie par son coût, les problèmes de sécurité et de toxicité ainsi que, la réglementation liée à la protection de l'environnement (**Abdelli, 2017**).

b) Hydro diffusion

Cette technique relativement récente, est une variante de l'entraînement à la vapeur. Elle consiste à faire passer du haut vers le bas et à pression réduite (0,02 – 0,15 bar), la vapeur d'eau à travers la matière végétale (**Figure 9**). L'avantage de cette méthode est d'être plus rapide donc, moins dommageable pour les composés volatils. Cependant, l'huile essentielle obtenue contient des composés non volatils ce qui lui vaut une appellation spéciale « essence de percolation » (**Abdelli, 2017**).

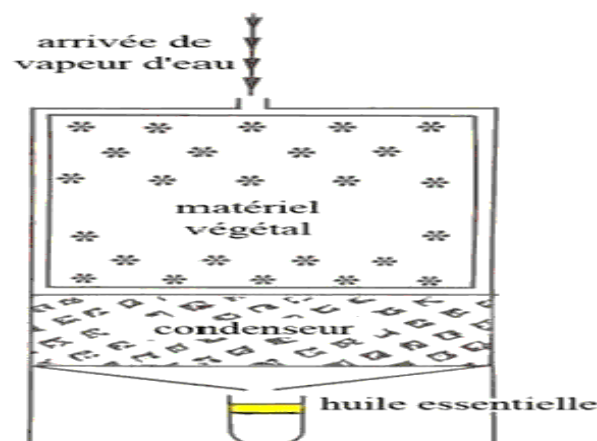


Figure 9: Schéma du principe de la technique d'hydro diffusion (**Lucchesi, 2005**).

c) Extraction par micro-ondes

Un autre procédé d'hydrodistillation par micro-ondes de sorte que l'hydrodistillation classique est le principe originel du procédé (**Figure 10**) ; le matériel végétal est placé avec une quantité considérables d'eau a l'intérieur d'un ballon aux micro-ondes, avec un système de refroidissement pour l'appareil et une partie spéciale pour l'extraire l'extrait (huile essentielle). Les scientifiques ont obtenu un résultat indiquant que ce processus se caractérise par la vitesse de formation de l'huile et une grande similitude avec le processus d'hydrodistillation classique. (**Stanshenko *et al.*, 2001**).

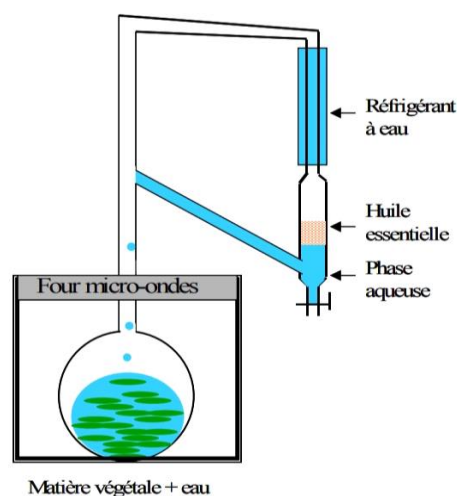


Figure 10: Schéma de l'hydro distillation assistée par micro-ondes.

d) Distillation

Ce procédé utilise la nature volatile des composants aromatiques pour les séparer du reste de la plante. Il existe deux formes de distillation :

i. Hydro distillation

L'eau et la matière végétale sont toutes deux chauffées dans un premier ballon, puis la vapeur et les extraits végétaux sont condensés dans un réfrigérant à eau et récupérés en fin de parcours dans un vase à décanter. La mise en contact de l'eau et du végétal pendant la chauffe favorise l'altération des composés aromatiques, particulièrement des esters (**Mlle Solène, 2012**). (**Figure 11**)

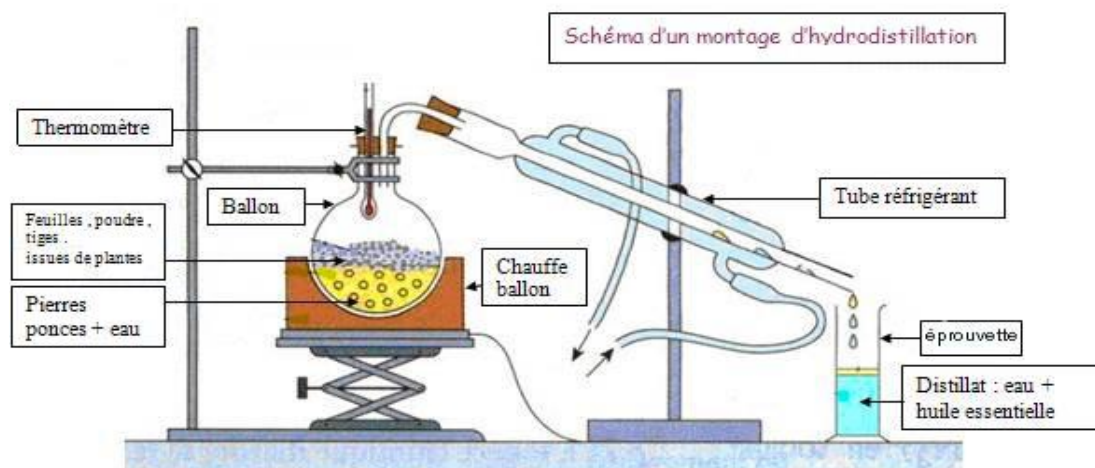


Figure 11: schéma d'un montage d'hydro distillation

ii. Distillation par entraînement à la vapeur d'eau

La vapeur d'eau est d'abord produite dans un ballon, puis acheminée dans un second ballon, dans lequel elle va remonter en passant à travers le matériel végétal, entraînant avec elle les composants aromatiques. Le mélange vapeurux ainsi formé est amené dans un dernier ballon, où il va être condensé à l'aide d'un réfrigérant à eau. Ce procédé minimise la formation d'artefacts dus aux réactions avec l'eau. Les artefacts correspondent aux molécules étrangères à la drogue initiale formées lors de l'opération de distillation, par hydrolyse, conjugaison, estérification.

e) Expression à froid (E)

L'expression à froid est exclusivement réservée aux matières premières de la famille des hespéridés, où l'essence se trouve dans des petites glandes de l'épicarpe des agrumes communément appelé « zeste ». Cette technique consiste à dilacérer mécaniquement l'écorce du fruit pour en recueillir, de diverses manières, les essences contenues dans les sacs oléifères.

Ces essences non distillées sont peu stables et s'oxydent facilement, ainsi, il est conseillé de les consommer plus rapidement que les HE distillées, si possible dans l'année suivant la production.

Le produit obtenu se nomme plus communément « Essence », et non « Huile Essentielle », car aucune modification du produit végétal n'intervient du fait de la méthode d'extraction.

III. Activité biologique

1. Activité antibactérienne

1.1. Bactéries

Les bactéries sont des microorganismes vivants, unicellulaires, procaryotes et ubiquitaires et sont présentes dans tous les types de biotope : sol, l'air, l'eau, et sur les végétaux et les animaux...etc. Elles peuvent présenter différentes formes : des formes sphériques (coques), des formes allongées ou en bâtonnets (bacilles) et des formes plus ou moins spiralées (spirilles). Elles diffèrent en termes de tailles et mesurent quelques micromètres de long (0,5 à 5 µm de longueur) (Benlahriche *et al.*, 2022).

Cependant, ces nombreuses espèces bactériennes sont pathogènes, cela est dû à l'absence d'une de ses conditions, et il est responsable de diverses maladies inflammatoires ou infectieuses qui affectent l'organisme comme : le choléra ; la syphilis ; et la tuberculose (Hahn *et al.*, 2003).

On peut classer les bactéries grâce à la coloration de Gram qui divise le règne bactérien en deux : (Figure 12).

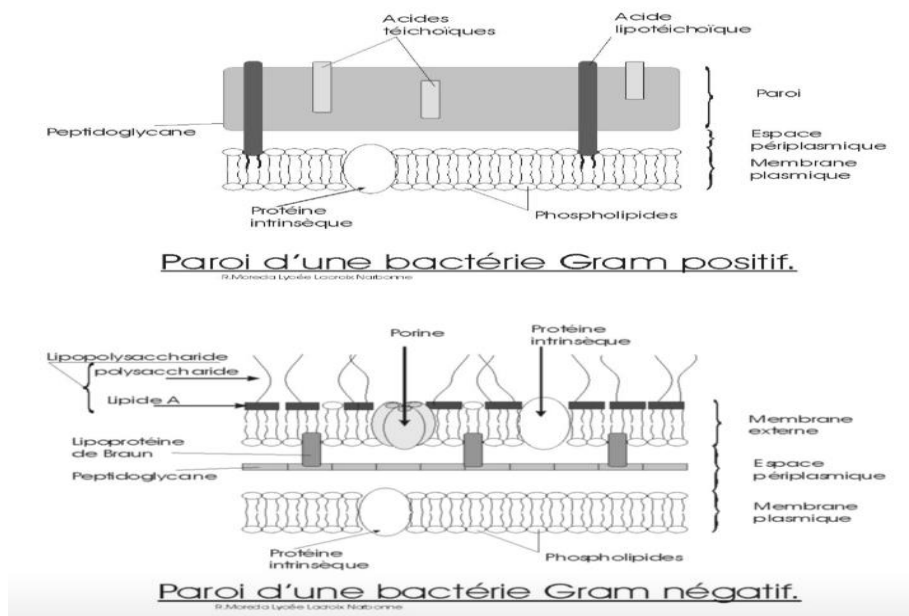


Figure 12 : Structure de la paroi bactérienne.

1.2. Nature de l'activité antibactérienne

L'action sur l'activité antibactérienne nous révèle qu'il existe deux sortes d'effets :

- ❖ **Une activité létale (bactéricide) :** c'est la propriété de tuer les bactéries dans une condition et moment donnée.
- ❖ **Une inhibition de la croissance (bactériostatique) :** arrêté la multiplication des populations bactériennes.

L'activité biologique d'un extrait végétale est liée a sa composition chimique aux groupe fonctionnelles des composés majoritaires « alcools, phénols, composé terpéniques et aromatique » et leur effets efficaces (**Dorman, 2000**).

1.3. Différentes méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne

1.3.1. Méthode par diffusion

Plusieurs méthodes sont utilisées pour l'évaluation du pouvoir antibactérien d'extraits de plantes, parmi elles :

a) Méthode de diffusion à partir de disque imprégnés (méthode de Kirby – bauer)

Cette méthode consiste à imprégner des disques de papier en quantité définie d'agent antibactérien, puis a les placer sue un milieu de gélose uniformément ensemencé avec l'organisme d'essai. Un gradient de concentration des antibiotiques se forme par diffusion à partir du disque. La croissance de l'organisme d'essai est inhibée à une distance du disque qui est liée à la sensibilité de l'organisme (**Benlahrache et al., 2022**).

b) Méthode de diffusion à partir des puits

C'est technique de base utilisée pour étudier la capacité d'une substance a exercé un effet antimicrobienne, elle est aussi appelée : la technique de dilution en gélose pour la détermination des extraits actifs (**Khebichat, 2013**). Le principe de la méthode est a réalisé des puits dans la gélose de 2.5 mm de profondeur, qui sont par la suite remplis d'extraits à tester.

1.3.2. Méthode de dilution

Les techniques de dilution sont utilisées en milieu solide ou liquide. Le principe des ces méthodes consiste à mettre en contact un inoculum standardisé avec des concentrations croissantes de la substance antibactérienne testée selon une progression bien définie afin de déterminer la CMI de cette dernière (**Burnichon et al., 2003**).

2. Activité antifongique

2.1. Champignons

Les champignons représentent l'un des plus importants groupes d'organismes sur terre et jouent un rôle important dans l'écosystème (**Mueller, 2007 ; Senouci ,2018**), La plupart sont phytopathogènes et se développent en saprophyte dans la terre et sur les plantes ou les débris végétaux, elles se retrouvent aussi dans l'air, sur le sol et parfois dans l'eau (**Meghazi, 2015 ; Beziane, 2019**) : Ce sont des organismes eucaryotes avec un mode de reproduction sexuée ou asexuée et ce sont des chimiohétérotrophes (**Carlile, 1994 ; Redecker, 2002**).

Les spores produites ont un rôle dans la dispersion des champignons et aussi dans la survie de l'organisme lorsque les conditions environnementales sont défavorables (**Madelin, 1994**). Leur mode de nutrition se fait par absorption en libérant des enzymes hydrolytiques dans le milieu extérieur. Ces organismes sont dépourvus de chlorophylle et sont tous hétérotrophes.

Ils sont en deux catégories : la forme levure unicellulaire et la forme mycélienne pluricellulaire constituée d'hyphes (**Redecker, 2002 ; Senouci ,2018**), Certaines espèces ont la capacité d'adopter les deux formes, levure et mycélienne, et d'autres sont restreintes à l'une ou l'autre (**Jennings, 1996**). L'avantage de la forme levure est de permettre la croissance dans les milieux où la pression osmotique est forte car cela diminue la surface de l'organisme. La forme mycélienne permet au champignon d'avoir une croissance radiale importante et de coloniser rapidement un milieu. La grande majorité des champignons est aérobies, mais certaines levures peuvent être aéro-anaérobie (**Carlile, 1994**).

2.2. Nature de l'activité antifongique

Un antifongique agira :

- soit en s'attaquant directement à la paroi fongique, provoquant ainsi la mort de la cellule (action fongicide).
- soit en bloquant la division cellulaire, arrêtant ainsi la reproduction des champignons (action fongistatique).

2.3. Différentes méthodes d'évaluation de l'activité antifongique

2.3.1. Méthode de diffusion (aromatogramme)

a) Technique des disques

Actuellement, cette méthode est la plus connue et la plus couramment utilisée (**Fontanay et al., 2015**), car elle permet d'accéder à des résultats essentiellement qualitatifs (Hayes et **Markoic, 2002**). La méthode d'immunisation des disques imprégnés dans l'extrait que nous allons analyser est mise sur la surface de la gélose et on yensemence uniformément la suspension microbienne (**Fauchère et al., 2002**). Pendant l'inoculation, la substance diffuse dans la gélose (en surface et/ou dans la masse), ce qui crée un gradient de concentration selon la substance

Lorsqu'une activité antifongique est observée, un halo d'inhibition se produit autour du disque. Le diamètre mesuré donne des données qualitatives sur l'inhibition (**Fontanay et al., 2015**).

b) Technique de diffusion en puits

Il s'agit de créer une cavité dans la gélose. Cette cavité est ensuite remplie d'un volume donné d'huiles essentielles qui diffusent dans la gélose (**Rhayour, 2002 ; Wilkinson, 2006**).

Après la période d'incubation, on observe ce qu'on appelle la zone d'inhibition et c'est le résultat de l'activité positive de l'huile extraite, qui a une activité antimicrobienne, en réduisant le taux de croissance des champignons et leur toxicité, et le processus est terminé *in vitro* dans une boîte de pétri. Pour ces deux techniques, la sensibilité du germe testé peut être appréciée en fonction du diamètre de l'inhibition obtenue (**Dorman et Deans, 2000**).

Matériel et Méthodes

La partie expérimentale de notre recherche a été réalisée au niveau du laboratoire de mycologie et biotechnologie d'activité microbienne (LaMyBam), Université Frères Mentouri Constantine 1.

Ce travail consiste à évaluer l'activité antimicrobienne de trois huiles essentielles des plantes suivantes : *Artemisia herba-alba*, *Syzygium aromaticum*, *Thymus* afin qu'elles puissent être utilisées comme alternative des molécules chimiques utilisées dans la fabrication des médicaments.

Ces plantes médicinales ont été choisies parmi tant d'autres pour leur caractère médicinal, leur grande utilisation par la population et leurs vertus thérapeutiques intéressantes.

1. Préparation du matériel végétal

1.1. Séchage et broyage

La matière végétale a été récoltée durant le mois de avril 2023 des environs de la ville de Constantine ; la partie la plus importante de la récolte est de ne pas endommager les parties aériennes de chacun des plantes susmentionnées.

La matière végétale a été ensuite broyée à l'aide d'un broyeur mécanique. Après broyage la poudre obtenue a été soumise à une extraction afin de récupérer les différentes classes de composés chimiques contenus dans la partie aérienne des plantes pour tests biologiques et phytochimiques.

1.2. Extraction des huiles essentielles

1.2.1 Hydrodistillation (Clévanger)

L'hydro distillation est la technique de référence dans l'étude des composés volatiles d'une plante. L'opération consiste à introduire 100 g de masse végétale séchée et broyée dans un ballon Bicol de 2500 ml en verre, on ajoute une quantité suffisante d'eau distillée environ 1000 mL sans pour autant remplir le ballon pour éviter les débordements de l'ébullition

- Le mélange est porté à ébullition à l'aide d'un chauffe ballon.
- Les vapeurs chargées d'huile essentielle sont passées à travers le tube vertical puis dans le serpentin de refroidissement où aura lieu la condensation.
- Les gouttelettes ainsi produites s'accumulent dans le tube rempli auparavant d'eau distillée.
- L'opération d'extraction dure trois heures à partir du début d'ébullition

L'extrait obtenu est en général formé de 2 liquides non miscibles encore appelés phase, la phase aqueuse, la plus abondante, est constituée d'eau dans laquelle sont dissoute très peu d'espèces odorantes, la phase organique (l'huile essentielle) est constituée des espèces odorantes (**Figure 13**).



Figure 13 : Montage d'hydrodistillation manipulé(Clévanger)

1.2.2 Hydrodistillation traditionnelle

Avec cette méthode, l'alambic est directement posé sur la flamme : foyer gaz, foyer bois, plaques électriques, C'est la méthode la plus ancienne, mais ce n'est pas la meilleure méthode.

Les plantes sont plongées dans l'eau, on porte à ébullition ce mélange eau + plantes et on condense les vapeurs produites.

A défaut d'autre méthode, cette méthode est pourtant la plus utilisée pour distillée des fleurs avec peu de rendement ; On met 200g d'échantillon (clou de girofle, armoise ou thym) dans un alambic rempli d'eau (1Litre), puis chauffé. Les plantes à distiller sont plongées dans l'eau bouillante. Selon leur densité, ces plantes peuvent flotter ou être immergées.

L'alambic peut-être chauffé directement : « flammes sous la cuve » on parlera d'alambic à feu nu

- L'eau va bouillir et de la vapeur d'eau va se former.

- La vapeur d'eau va entraîner les constituants volatils des plantes : fleurs, racines tubercules, feuilles.....
- La vapeur détruit la structure des cellules et libère les molécules olfactives
- La vapeur chargée de l'huile essentielle se condense ensuite dans le condenseur.
- Le mélange d'eau et d'huiles essentielles sera obtenu à la sortie du refroidisseur.
- L'huile essentielle « flottera » à la surface de l'eau obtenue.

L'extrait aqueux obtenu est utilisé pour les tests de l'activité antimicrobienne (**Figure 14**).



Figure 14: Technique de l'hydro distillation traditionnelle.

1.3. Souches bactériennes et moisissures testées

Le choix des microorganismes a été porté sur dix souches fréquentes en pathologie humaine, nous avons sélectionné deux groupes de bactéries : les bactéries Gram positif (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*) et les bactéries Gram négatif (*E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *klebsiella penumoniae*, *Salmonella*). Et un groupe de moisissures (champignon)

1.3.1. Bactéries Gram(+)

➤ *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est une bactérie de gram positive sa forme est un coccus de 0.5 à 1 mm de diamètre, non sporulé, ubiquitaire présent dans tous les milieux naturels (air, poussière, sol, égouts, vêtements), ce sont des coques immobiles, isolés ou groupés en diplocoques, le plus souvent, en amas, diamètre moyen 0.8 à 1µm(**figure 15**). Mais également chez les animaux et chez les hommes (**Clave, 2013**), *S.aureus* provoque une grande variété de maladies cliniques. Les infections causées par cet agent pathogène sont courantes à la fois dans les milieux communautaires et hospitaliers. Les traitements restent difficiles en raison de

l'émergence de souches multi résistantes telles que la SARM (Staphylococcus aureus résistant a la méthicilline) (Taylor, 2022).

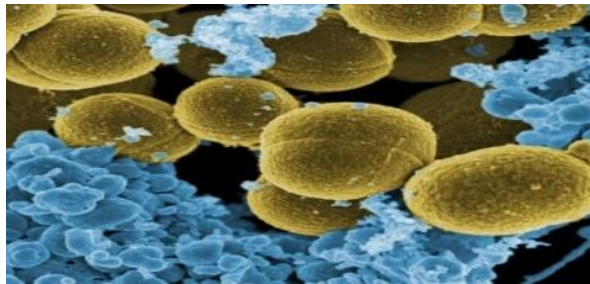


Figure 15: *Staphylococcus aureus*.

➤ *Bacillus subtilis*

Le genre *Bacillus* englobe des bactéries à Gram positif, les cultures âgées peuvent apparaître à Gram négatif. Les *Bacillus* sont des bâtonnets droits à extrémité carrée ou arrondie. Ils forment des endospores le plus souvent mobiles, à flagelles péritriches(**figure16**).

Ils sont aérobies, parfois facultatifs, et catalase positif (Prescott *et al.*, 2003). Les *Bacillus* sont des bactéries telluriques largement répandues dans la nature, surtout dans le sol (Turnbull *et al.*, 1995).

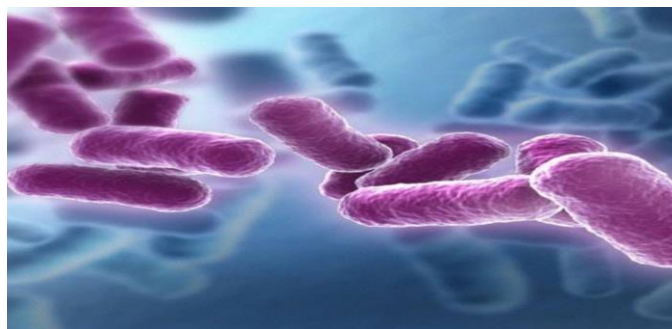


Figure 16: *Bacillus subtilis*.

1.3.2. Bactéries Gram(-)

➤ *Salmonella*

Salmonella est une bactérie mésophile qui possède les caractéristiques communes aux entérobacteriaceae, sont responsables des salmonelloses humaines typhiques et non typhiques, ce sont des bacilles a coloration de gram négative généralement mobiles (**figure 17**). Le genre *salmonella* comporte deux espèces (*S. enterica* et *S.bongori*). Ces espèces base sur le critère phénotypiques ; et leur serotypage base sur la caractérisation des antigènes somatique(O) et

flagellaires(H) (Anses *et al.*, 2018). *Salmonella* peut être isolée dans l'intestin de nombreuses espèces animales et sa survie dans le milieu extérieur peut être très longue (korsok *et al.* , 2004).



Figure 17 : *Salmonella*.

➤ *Escherichia coli*

Escherichia coli (appelée également *E. coli*) est un bacille à coloration de Gram négative, mobile, aérobie qui appartient à la famille des Entérobactéries (figure 18).

Elle a été isolée pour la première fois par Escherich en 1885. Elle est l'espèce bactérienne qui a été la plus étudiée par les fondamentalistes (Monteil *et al.*, 1992). Elle est actuellement la seule espèce homologuée du genre *Escherichia* (Ferron, 1976). Cette bactérie est connue depuis longtemps comme commensale du tube digestif et pathogène pour l'appareil urinaire (Bereche *et al.*, 1989).



Figure 18 : *Escherichia coli*.

➤ *Pseudomonas aeruginosa*

C'est une Bacille à gram négatif, mobile à ciliature polaire mono triche, caractérisé par la pigmentation bleu, vert, sporule à température optimale 30 à 43°C répandue dans la nature, il vit dans l'eau et sur le sol (figure 19). Nous le trouvons aussi dans l'environnement hospitalier, surtout dans les endroits humides : siphon de lavabos, savons liquides,

humidificateur, solutions d'antiseptiques (chlorhexidine chlorure de benzalkonium et cétrimide).

Pseudomonas aeruginosa fait partie de la flore de transit de l'homme, nous le trouvons dans le tube digestif et plus rarement dans la saline (**Faucher *et al.*, 2002**).



Figure 19 : *Pseudomonas aeruginosa*

➤ *Klebsiella pneumoniae*

Les bactéries appartenant à l'espèce *Klebsiella pneumoniae* sont des bacilles à gram négatif, immobile, diplobacilles généralement capsulées, non sporulées, anaérobies facultatives (**figure 20**) (**El Fertas-Aissani *et al.*, 2012**).

Les *Klebsiella* sont des bactéries très répandues dans la nature (l'eau, le sol, les végétaux, la flore fécale des animaux), sur la peau, les muqueuses et surtout les voies respiratoires supérieures de l'homme provoquant ainsi des pneumonies mortelle c'est pourquoi Friedlander les a appelés pneumo bacilles (**Leon le Minor *et al.*, 2012**).

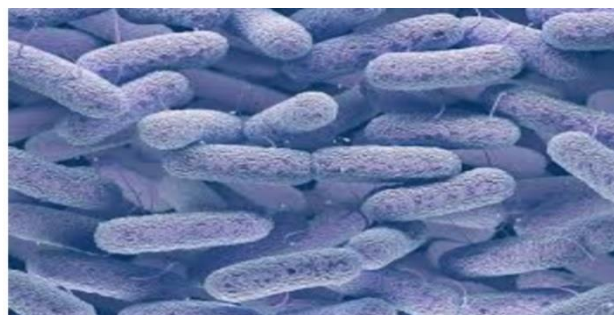


Figure 20: *Klebsiella pneumoniae*.

1.3.3 Moisissures

➤ *Aspergillus Niger*

Les *Aspergillus* sont sous la forme de champignons filamenteux septés et ramifiés: cette forme végétative est appelée mycélium (**figure 21**). En condition de sevrage ou d'autres stress, des structures spécialisées se développent à partir du mycélium : les conidiophores. Il s'agit d'organes de fructification au bout des quels les têtes aspergillaires ou vésicules terminales sont retrouvées. Les conidies, spores asexuées unicellulaires et uninucléées, sont produites au niveau des organes de fructification par les phialides (**Quatresous, 2011**).

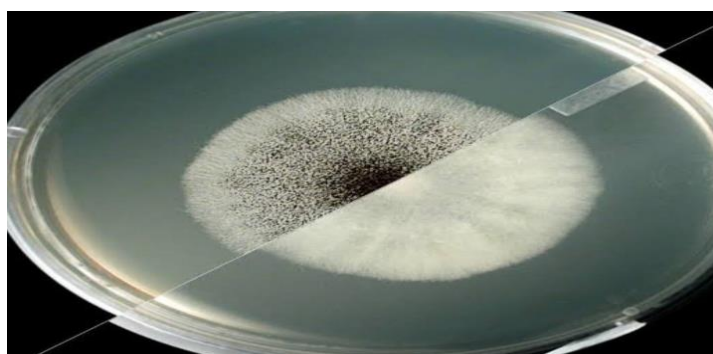


Figure 21 : *Aspergillus Niger*.

➤ *Fusarium oxysporum*

Le genre *Fusarium* est bien connu pour son rôle important en phytopathologie, ce dernier regroupe un grand nombre d'espèces (**Messiaen et Cassini, 1968**). Parmi ces champignons telluriques, une espèce ubiquiste nommée *Fusarium oxysporum* est retrouvée dans tous les types de sols (**Burgess, 1981**). Ce champignon filamenteux décrit par (**Snyder et Hansen en 1940**), appartient à la famille des Tuberculiacées (classe des Hyphomycètes). Ce champignon a la capacité de provoquer des maladies sur de nombreuses espèces végétales cultivées, d'intérêt économique (**Armstrong, 1981**). En effet, certaines souches de *F. oxysporum* sont dites pathogènes et engendrent des fusarioses (trachéomycose, nécrose, fonte de semis) sur des plantes hôtes. Ces souches pathogènes ont une large gamme de plantes hôtes et la plupart envahissent le système vasculaire de ces plantes et présentent une spécificité parasitaire, c'est-à-dire que l'espèce ne peut attaquer qu'un hôte déterminé (**Ozenda, 1990**).

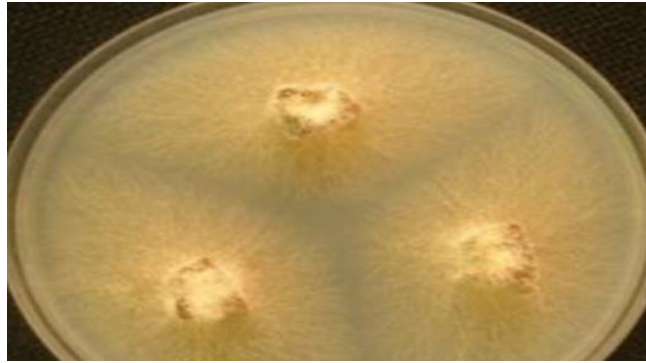


Figure 22 : *Fusarium oxysporum*.

➤ *Alternaria alternata*

La souche *Alternaria alternata* est l'espèce la plus commune du genre *Alternaria*, un champignon dont les spores sont présentes dans le monde entier dans deux environnements principaux (**figure 23**). Tout au long de l'année, les spores se retrouvent dans les constituants organiques du sol. Bien que généralement considéré comme des contaminants saprophytes et responsable d'un certain nombre de troubles. De plus, *Alternaria* est un allergène important, et le rôle des allergies à *Alternaria* dans le développement et l'exacerbation de l'asthme est de plus en plus reconnu en médecine (**Kustrzeba-Wójcicka et al., 2014**).



Figure 23 : *Alternaria alternata*.

➤ *Candida albicans*

Parmi les levures, *C.albicans* est la principale espèce d'intérêt médical puisqu'elle représente au moins 60 % des isollements de la levure en pratique médicale. *Candida albicans* est avant tout un commensal des cavités naturelles de l'homme, en particulier du tube digestif de l'homme. On le retrouve aussi dans la flore intestinale de divers mammifères et oiseaux. Chez l'homme, cette levure est aussi isolée des voies génito-urinaires.

C.albicans est en équilibre avec les flores bactériennes locales qui maintiennent la population de levures à une faible densité. *Candida albicans*, en revanche ne fait pas partie de la flore cutanée de l'individu sain. Il peut se développer par contre sur un épithélium lésé. Levure opportuniste par excellence, *C.albicans* profitera d'un déséquilibre de la flore endogène ou d'un déficit immunitaire pour se multiplier et se comporter en véritable pathogène pouvant envahir un certain nombre de tissus (**figure 24**). *Candida albicans* est responsable d'environ 50% à 60% au profit des autres espèces groupées sous le terme de levures non albicans (**Bouchara et al., 2010**).



Figure 24 : *Candida albicans*.

➤ *Aspergillus Flavus*

L'Aspergillus Flavus est un champignon cosmopolite, très répandu dans la nature et susceptibles de contaminer plusieurs aliments. C'est un champignon sécrète de métabolites hautement toxiques, les aflatoxines, cancérigènes et exerçant d'autres effets nuisibles sur la santé des hommes et des animaux (**figure 25**). (En fait le terme est un moyen mnémotechnique pour dire : toxines d'*Aspergillus Flavus*).Elles sont produites lorsque les champignons se trouvent dans des conditions de forte humidité relative (80-90%) conjointement à une température élevée (20-30°C) (**Lelo, 2020**).

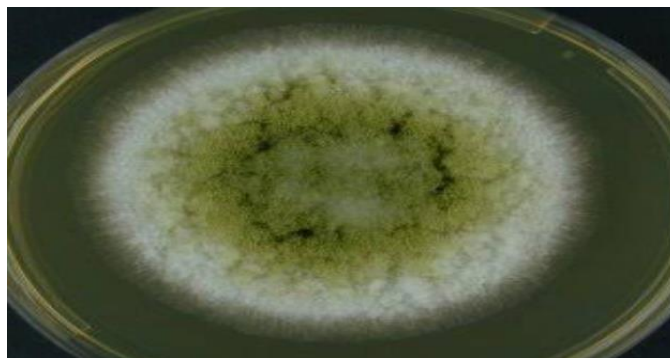


Figure 25 : *Aspergillus Flavus*.

➤ *Penicillium sp*

Les *Penicillium* sont fréquents dans l'environnement, ce sont souvent des contaminants des aliments. Par exemple, *Penicillium expansum* est un champignon saprophyte qui se développe sur des fruits ; il est responsable de la production de patuline dans des pommes (**figure 26**).

Les *Penicillium* se trouvent dans le sol, dans les matières végétales en décomposition, dans le compost, sur le bois, les fruits, les légumes, les céréales, dans l'air intérieur, les poussières domestiques... Dans les maisons.



Figure 26 : *Penicillium sp.*

2. Test de l'activité antimicrobienne

2.1. Méthode de diffusion en puits

La méthode utilisée est celle de diffusion en puits sur gélose telle que décrite par Berghe et Vlietinck (1991).

2.2. Principe

Cette méthode est adaptée à l'étude de l'action de l'échantillon sur la croissance des bactéries. La méthode de diffusion très utilisée en microbiologie (antibiogramme et antifongigramme), repose sur la diffusion de composé antimicrobien en milieu semi solide (gélose molle : Muller-Hinton et Sabouraud) (**Broadasky et al., 1976**).

Dans des boîtes de pétri, les suspensions bactériennes ont été étalées à la surface de la gélose M.H, et les suspensions sporales des champignons ont été étalées à la surface de la gélose Sabouraud à l'aide des écouvillons. On a laissé sécher, puis les pipettes pasteur stériles ont été utilisées pour former les trois puits au niveau de la gélose. 40 µl pour chaque extrait ont été déposés.

L'activité biologique se manifeste par l'apparition d'un halo d'inhibition de la croissance microbienne autour du disque contenant l'extrait à tester. La lecture se fait par la mesure de diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque puits à l'aide d'un pied à coulisse ou une règle en (mm). Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition et dont (**Dulger et Gonuz, 2004**) ;

- Non sensible(-) ou résistante : diamètre <8 mm.
- Sensible(+) : diamètre compris entre 9 à 14 mm.
- Très sensible (++) : diamètre compris de 15 à 19 mm.
- Extrêmes sensible (+++) : diamètre > 20 mm.

a) Revivification des souches

L'étape de revivification consiste à réaliser un isolement par stries à partir du bouillon d'enrichissement sur géloses spécifiques préalablement coulées sur des boîtes de pétri (milieu Chapman pour *Staphylococcus aureus*, milieu Mc-Conkey pour *Escherichia coli*, gélose au cétrimide pour *Pseudomonas aeruginosa* et gélose Hektoen pour *les entérocoques*).

L'incubation est réalisée à 37°C pour toutes les souches isolées et ce pendant 24 heures.

L'obtention de colonies de même taille et de même aspect après étuvage, renseignent sur la pureté des souches.

b) Préparation de milieu de culture

Le milieu de culture approprié à cette étude est le milieu : Muller-Hinton pour l'activité antibactérienne et le milieu : Sabouraud pour l'activité antifongique (**Figure 27**).



Figure 27 : préparation de milieu de culture.

c) Préparation de l'inoculum

➤ Suspension bactérienne

La suspension mère des souches bactériennes a été préparée dans des tubes contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. Un prélèvement de colonie est réalisé à l'aide d'une pipette pasteur et déposé dans un tube à essai stérile. Après une simple agitation, la densité de ce dernier doit être équivalente à **0.5 Mc Ferland**.

➤ Suspension sporale des champignons

Dans cette étape on utilise le spectrophotomètre pour estimer le nombre des spores dans chaque tube. Le protocole de la préparation étant le même que celui utilisé pour les bactéries.

La lecture se fait à 650 nm.

➤ Interprétation

-Si le nombre des spores :

<0.15-0.20 : +++ des spores.

>0.15-0.20 :+++ l'eau physiologique.

=0.15-0.20 :nombre parfait donc utilisation direct .

➤ (+++)= augmentation

Avec une micropipette, 40µl de chaque extrait ont été déposé dans chacun des puits. Les boîtes de pétri sont refroidies pendant 30 min dans le réfrigérateur et ensuite incubées dans l'étuve pendant 24h pour les bactéries et 48h pour les fongiques a 37c°, l'expérience est répétée deux fois pour chaque extrait et pour chaque espèce bactérienne et fongique (**Figure 28**).



Figure 28 : Ensemencement.

d) Lecture

La lecture des résultats s'est faite 24h après l'incubation par rapport l'activité antibactérienne et 48h pour l'activité antifongique, par la mesure des diamètres des zones d'inhibition autour de chaque puits à l'aide d'une règle en (mm). Le diamètre détermine l'efficacité de la matière active (**Figure 29**).

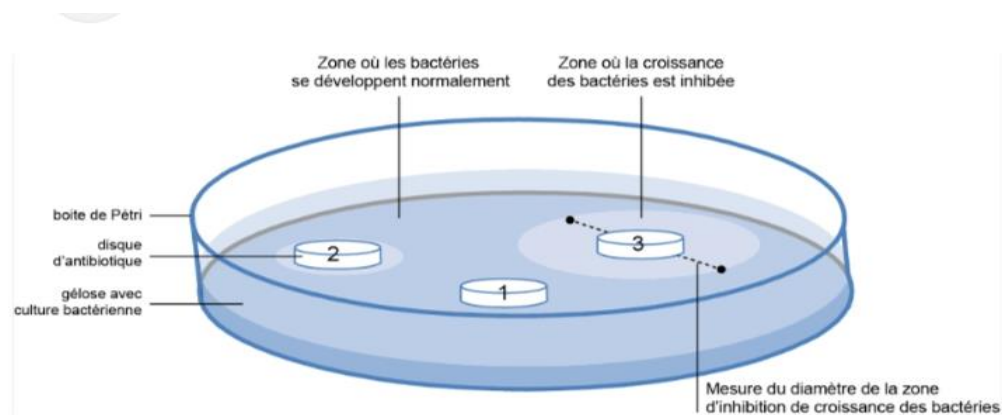


Figure 29: Détermination de la zone d'inhibition par la méthode de diffusion des puits (Zaiki, 1988).

Résultats

Et

Discussion

1. Rendement d'extraction en HEs

Le rendement en HE est exprimé en millilitre par rapport à 100g de matière végétale sèche de la partie aérienne de la plante ou en pourcentage. Le rendement en HE (ml/100g de MVS) obtenu à partir des échantillons de : l'armoise blanche, thym et clou de girofle). Ces plantes sont récoltées aux mois de février et mai dans la région de Constantine (l'armoise blanche=1,4%, thym=1.26%, clou de girofle=2.66%). Ces rendements sont relativement élevés par rapport à certaines plantes qui sont exploitées industriellement comme source des huiles essentielles.

Le rendement en HE d'*Artemisia herba-alba* est de 1.4% pour 200g de matière végétale sèche et 0,7% pour une quantité de 100 g de Mv, ce rendement est un peu faible par rapport à certaines échantillons de la même espèce, provenant de quelques régions de l'Algérie (Djelfa et M'silla). Et relativement important par comparaison avec d'autres pays Tunisie(Matmata) et Maroc (Fez) ; le rendement de l'*Artemisia herba-alba* le plus élevé en HE (1,45ml/g) ce volume a été enregistré à partir de l'échantillon de l'armoise blanche récolté au mois de janvier (2009) a Gafsa-Tunisie- dans la montagne d'Ayaycha (**Zouri et al., 2010**).

Le rendement en huile essentiel du *Thymus* est de 1,26% pour 100g de matière végétale sèche, ce résultat concorde avec celui de (**Kaouache et al., 2019**) avec un rendement un peu élevé par rapport à certain rendement obtenus dans d'autre région d'Algérie (la wilaya de Tizi Ouzou :0.25%), et il est un peu faible par rapport au rendement obtenus d'autres régions de Ain Defla :3.6%.

Le rendement le plus élevé en HE du *thymus* (entre 3,6% et 5,15%) a été réalisé par hydrodistillation partir des feuilles des parties aériennes de *Thymus*, récolté de la région Ain Defla (Algérie) (**Kaouache et al., 2019**).

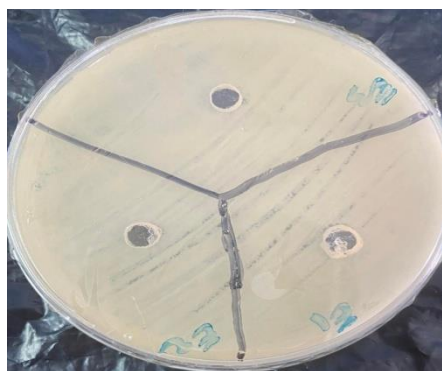
Le rendement de clou de girofle récupéré à partir de 100g de matière végétale par la méthode d'hydrodistillation est estimé à 2,66% c'est une quantité un peu faible par rapport à celui obtenu de la même plante récoltée de la région de Djelfa 3,5%. Cette faiblesse de rendement est probablement due à une perte d'huile dans la phase aqueuse du distillat.

En termes de valeurs, le rendement en huile essentielle du clou de girofle extrait est meilleur par rapport à celui signalé par des chercheurs en Maroc fez avec 0,8% et celui récolté de la wilaya de Msila avec 2,42% de rendement (Naili *et al.*, 2013).

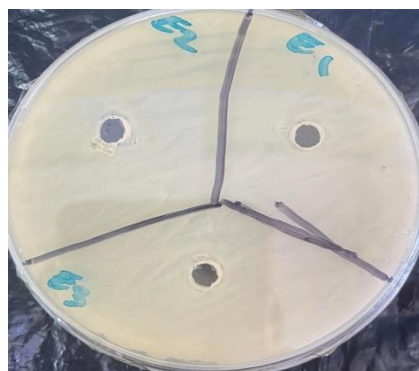
2. Activités antibactérienne et antifongique des extraits aqueux

Concernant les extraits aqueux des trois plantes aromatiques : *Artemisia herba-alba*, *Syzygium aromaticum* et le *thymus*, après 24 heures d'incubation, nous n'avons remarqué aucune zone d'inhibition dans toutes les boîtes de pétri des souches bactériennes et des souches fongiques.

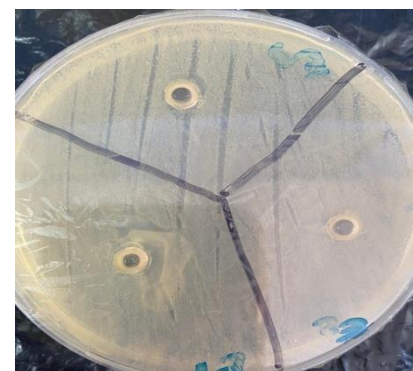
Les résultats obtenus sont représentés dans les figures suivantes.



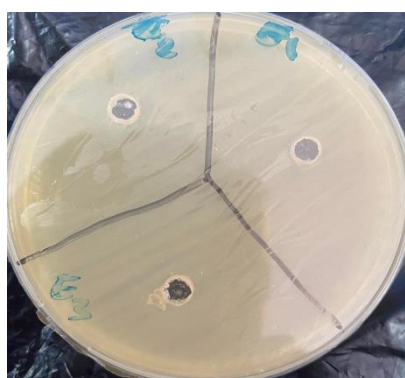
Escherichia. Coli



Pseudomonas aeruginosa



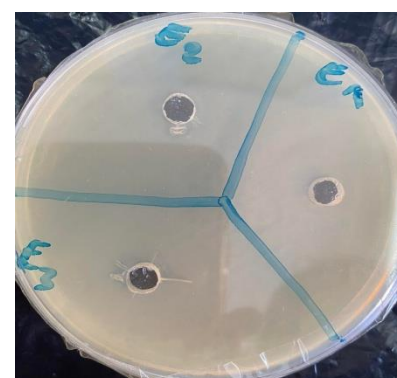
Staphylococcus aureus



Bacillus sp



Klebsiella pneumonia



Salmonella

Figure 30 : Zone d'inhibition de l'activité antibactérienne des extraits aqueux.

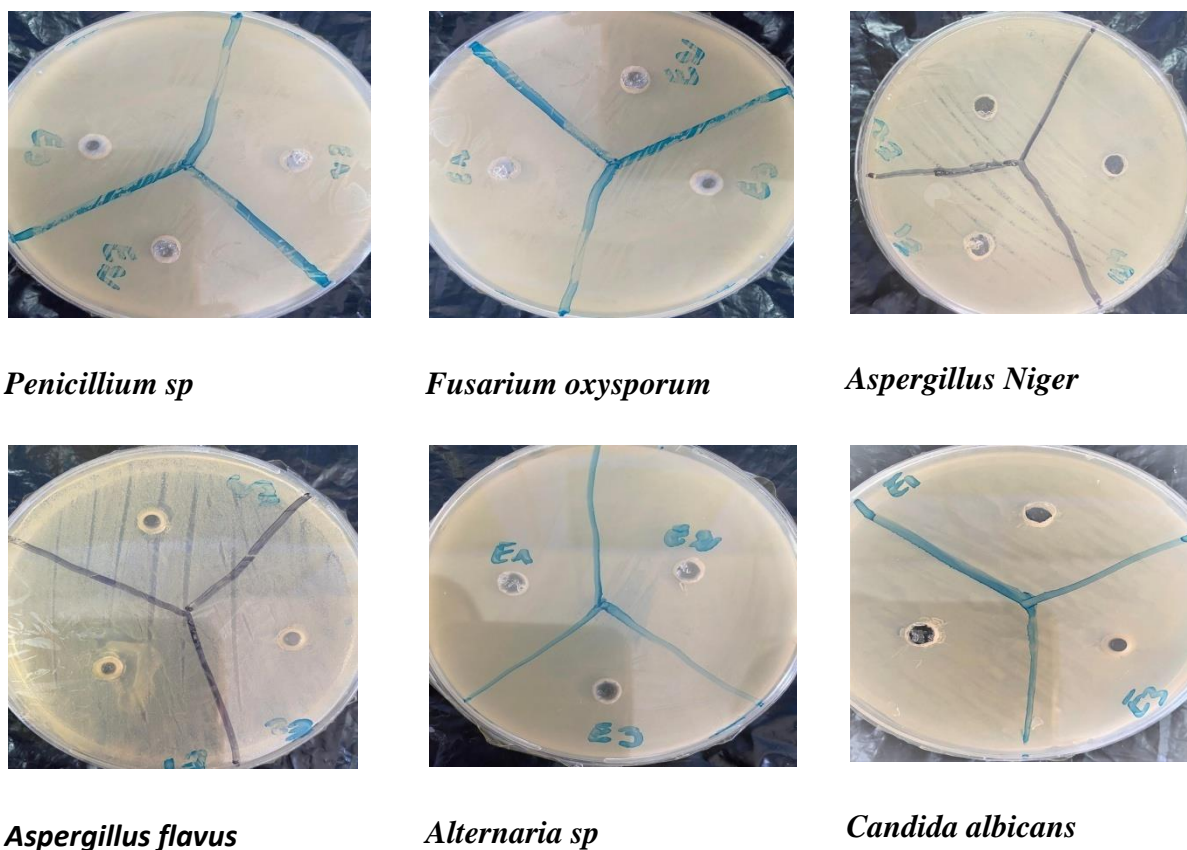


Figure 31 : Zone d'inhibition de l'activité antifongique des extraits aqueux.

3. Activités antimicrobienne des extraits huileux des trois plantes

3.1. Activité antibactérienne des extrais huileux

Concernant les extraits huileux des trois plantes, des zones d'inhibition sont observées indiquant que tous les extraits huileux ont une activité antibactérienne et une activité antifongique sauf avec les deux souches suivantes : *Penicillium sp* et *Bacillus sp*.

Les diamètres d'inhibition obtenus se trouvent entre 20 à 54 mm ce qui prouve que ces extraits sont actifs à différents degrés sur l'ensemble des bactéries testées.

Pour l'activité antifongique, les diamètres d'inhibition obtenus se trouvent entre 20 à 60 mm, les extraits sont actifs à différents degrés sur l'ensemble des champignons testés (Tableau 7).

Tableau 7: Diamètres des zones d'inhibition de l'activité antibactérienne des extraits huileux (*Artemisia herba-alba*/ *Syzygium aromaticum*/ *Thymus*).

| Bactéries | Armoise blanche | Thym | Clou de girofle |
|-------------------------------|-----------------|------|-----------------|
| <i>Escherichia. Coli</i> | 20mm | 22mm | 30mm |
| <i>Staphylocoques Aureus</i> | 20mm | 45mm | 30mm |
| <i>Pseudomonas Aeruginosa</i> | 15mm | 30mm | 40mm |
| <i>Salmonella</i> | 15mm | 30mm | – |
| <i>Klebsiella pneumonia</i> | 30mm | 54mm | 42mm |
| <i>Bacillus sp</i> | – | – | – |

La plus grande zone d'inhibition est celle de l'extrait du thym envers la souche bactérienne «*Klebsiella pneumonia* » avec un diamètre de 54mm et le même extrait avec la souche de «*Staphylocoques aureus* » avec un diamètre de 45mm.

Le clou de girofle montre une activité importante envers *Klebsiella pneumonia* et *Pseudomonas aeruginosa* avec un diamètre de 42 mm et 40mm respectivement.

En effet, la plus petite zone d'inhibition est observée pour l'extrait d'Armoise blanche envers *Escherichia. Coli* et *salmonella* avec un diamètre de 20mm et 15mm respectivement. **(Figure 32).**

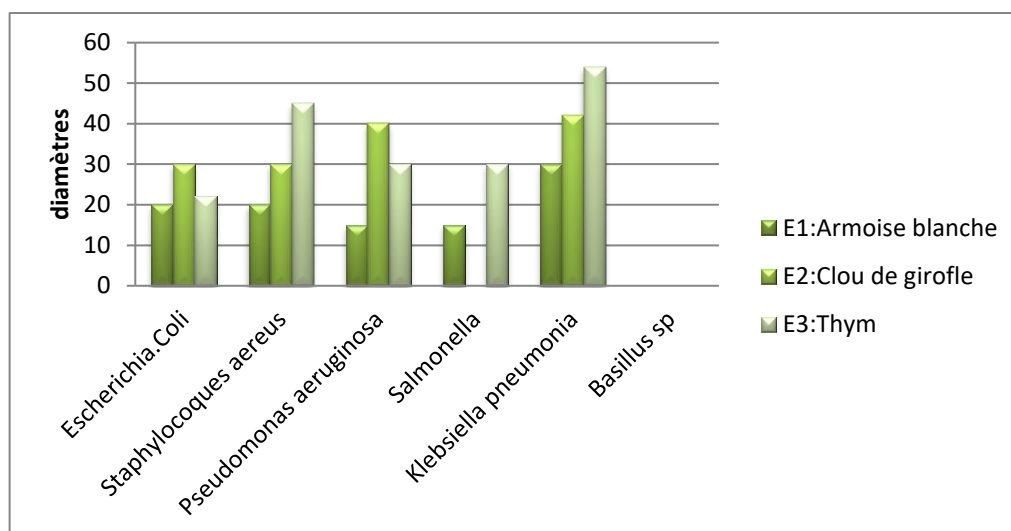


Figure 32 : Activité antibactérienne de trois extraits Huileux.

3.1.1. Activité antibactérienne de l'extrait Armoise blanche (*Artemisia herba-alba*)

L'activité antibactérienne de l'extrait HE de l'armoise blanche de l'espèce *Artemisia herba-alba* est représentée dans la figure suivante :

Selon les résultats obtenus, on remarque une différence de sensibilités des bactéries testées. *Klebsiella pneumonia* est la bactérie la plus sensible parmi les six souches testées avec un diamètre estimé à 30mm.

Escherichia. Coli et *Staphylocoques* présentent une zone d'inhibition de 20mm indiquant ainsi que les deux souches sont sensibles, suivi par *Salmonella*, *Pseudomonas aeruginosa* avec une zone d'inhibition de 15 mm.

Par ailleurs, *Bacillus sp.* et avec absence totale d'une zone d'inhibition, indique que cette dernière est résistante à cet extrait.

Les extraits de la partie aérienne d'*Artemisia herba-alba* présentent une activité antibactérienne très pauvre. En effet, les composés phénoliques, en particulier les Acides phénoliques (acide gallique, acide tannique) ont montré une activité inhibitrice contre *staphylococcus aureus* uniquement (Seddik *et al.*, 2010).

Cela peut être expliqué par le fait que l'activité antibactérienne de l'extrait de la plante *Artemisia herba-alba* est due aux différents agents chimiques présents dans cet extrait (l'huile essentielle) y compris les flavonoïdes les monoterpènes, les phénols et les sesquiterpènes en principale.

D'autres chercheurs ont conclu que l'activité antibactérienne est liée à la nature de la bactérie Gram positive ou bien de Gram négative.

Selon (**Dorman, 2000**), la sensibilité est en effet indépendante du gram, ou dépend des HE utilisées. Cependant, les mêmes auteurs précisent que l'activité anti microbienne d'une HE est à mettre en relation avec sa composition chimique.

En résumé, on peut dire que toutes les souches bactériennes testées ont montrées un certain degré de sensibilité à l'HE de l'Armoise herbe blanche.

3.1.2. Activité antibactérienne de l'extrait thym (*Thymus sp.*)

L'extrait huileux de cette plante montre une très bonne inhibition de toute les bactéries testées avec une zone d'inhibition importante de diamètre supérieur à 20 mm sauf la bactérie *Bacillus sp* qui est Gram (+) montre une résistance à ce dernier. On peut dire que l'huile essentielle du thymus a une activité antibactérienne sur toutes les bactéries mais spécialement les bactéries Gram (-).

Parmi les bactéries de Gram (+), on cite *Staphylococcus aureus* qui a montré une zone d'inhibition la plus élevé avec un diamètre d'inhibition de 45 mm et on met on considération que cette bactérie est très pathogène et dangereuse aussi elle cause des intoxications alimentaire notons que cette valeurs est la même cité par (**Boulaghamen et al., 2018**)

Bacillus sp montre une résistance à ce huile ça est expliqué par l'absence de zone d'inhibition (diamètre nul 0mm) contrairement au résultat obtenus par (**Boulaghamen et al., 2018**) chez thymus qui a été citer comme la plus haute zone d'inhibition des souches étudiées avec un diamètre de (46,00±0,00mm) et (46,00±2,00mm).

L'huile du thymus a inhibé fortement la croissance de *Klebsiella Pneumonia*, bactérie à Gram (-) dangereuse pour l'homme, avec un diamètre de 54 mm suivi par *Pseudomonas Aeruginosa* et *Salmonella* avec un diamètre d'inhibition de 30 mm. *Pseudomonas aeruginosa* connue comme bactérie très résistante, a été inhibée avec un diamètre de 22 mm et en dernier *E. coli* avec un diamètre de 22 mm.

Autres études ont indiquées que le thymol et le carvacrol possèdent un effet antimicrobien contre un large spectre de bactéries: *Escherichia coli*, *Bacillus Creus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Clostridium jejuni*, *Lactobacillus sake*, *Staphylococcus aureus* et *Helicobacter pylori* (**Rahmouni, 2014 ; Abed et al., 2021**).

3.1.3. Activité antibactérienne de l'extrait du clou de girofle

L'effet de l'huile essentielle de clou de girofle sur les souches bactériennes: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *klebsiella pneumonia* est positif (Sensibles). Par contre, *Pseudomonas aeruginosa*, *salmonella* et *Bacillus sp* ont montré un effet négatif (Résistantes). on cite : Pour *E. coli* et *Staphylococcus aureus* présence de zone d'inhibition a partir de 30 mm, et Pour *Klebsiella pneumonia* présence de zone d'inhibition avec un diamètre 42mm (la bactérie la plus sensible parmi les souches bactérienne qui on a testées). Pour *Pseudomonas aeruginosa* présence de zone d'inhibition avec un diamètre de 40mm et enfin *salmonella* et *Bacillus sp* avec une absence totale de zone d'inhibition ce qui prouve que les deux espèces sont résistantes aux composants de cette huile.

Dans son étude, **Rhayour (2016)**, a montré que l'huile essentielle de girofle exerce son activité bactéricide principalement grâce à son constituant majoritaire qui est l'eugénol qui appartient à la famille des phénols. Il semble donc que l'activité bactéricide des HE débute par une fixation de ces molécules sur les membranes bactériennes provoquant des altérations de structure et de perméabilité, conduisant à la perte de constituants cellulaires due à une lyse importante des cellules bactériennes.

Dans cette étude une activité antibactérienne importante de l'huile essentielle de clou de girofle contre *E. coli* est constatée.

Ce résultat reste étonnant car, il s'agit d'une bactérie à gram négatif. Différentes tests d'activité antibactérienne pour cette bactérie ont été refaits pour confirmer le résultat, mais, à chaque fois le test a donné un résultat positif.


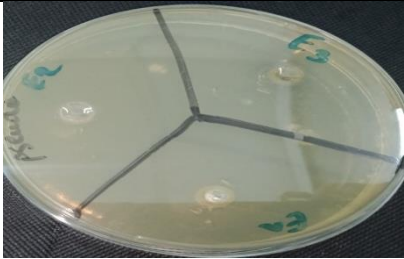

Des auteurs ont rapporté que la sensibilité des bactéries est indépendante du Gram (**Dorman et al., 2000**), et dépend plutôt des extraits utilisés .

De nombreux travaux antérieurs confirment l'effet antimicrobien de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum*. L'étude faite par (**Gupta et al., 2008**) montre que *Escherichia coli* et *Bacillus cereus* sont très sensibles à l'action de l'huile ; les diamètres respectifs des zones d'inhibition obtenus sont de 17 mm et 24 mm, ces résultats sont déférents comparés aux nôtres (30 mm et 0 mm, respectivement). En revanche, (**Reisi et al., 2016**) ont enregistré des diamètres nettement plus inférieurs que les travaux précités, à savoir, 15 mm pour *B. cereus* et 09 mm pour *E. coli*.

Résultat et discussion

L'étude réalisée par (Sameer *et al.*, 2017) et (Simiat *et al.*, 2017), montrent que l'huile essentielle a été très active contre *Pseudomonas aeruginosa*, les diamètres des zones d'inhibition sont quasi similaires (22 mm). Par comparaison, ces valeurs sont plus inférieures par rapport au nôtre (40 mm de diamètre).

Une étude menée par (Cillet *et al.*, 2007) indique que les huiles essentielles ont majoritairement un effet antibactérien. Cet effet se résume en trois phases générales : Premièrement, les molécules de l'huile essentielle vont attaquer la membrane de la bactérie. Deuxièmement, l'huile essentielle va acidifier l'intérieur de la bactérie pour bloquer la production d'énergie et de composantes de structure. Enfin, si la bactérie survit, l'huile attaquera directement le matériel génétique de cette dernière. les résultats obtenus sont représentés selon les figures suivantes (Figure 33)

| | |
|--------------------------------------|--|
| <p><i>E. Coli</i></p> |  |
| <p><i>Pseudomonas Aeruginosa</i></p> |  |
| <p><i>Staphylococcus aureus</i></p> |  |

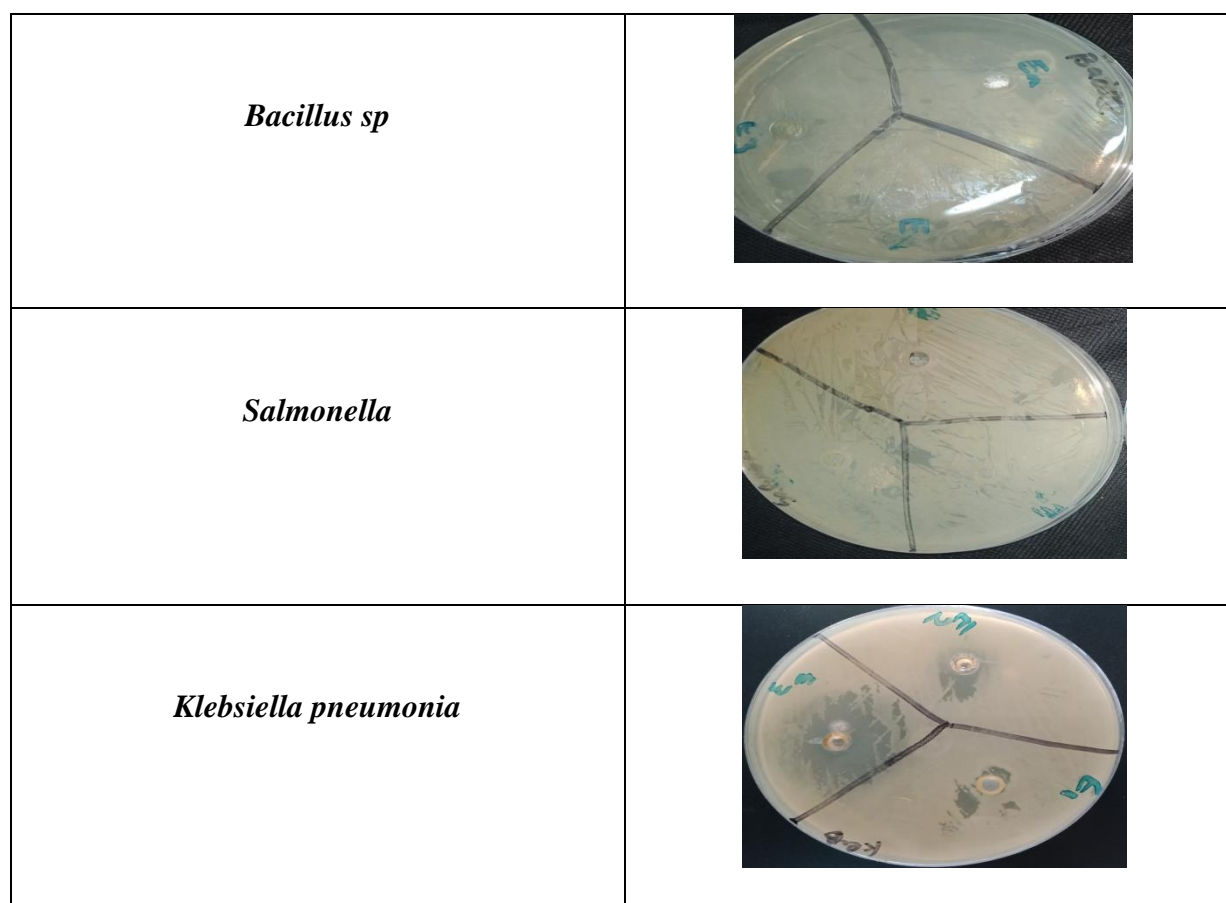


Figure 33 : Zone d'inhibition de l'activité antibactérienne des extraits huileux

3.2. Activité antifongiques des extrais huileux

Sur les six souches fongiques testées, une activité antifongique a été observée seulement sur deux espèces à savoir, *Candida albicans* et *Fusarium oxysporum* (**tableau 8**) .

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des diamètres des zones d'inhibition des extraits huileux de trois.

| Champignons | Armoise blanche | Thym | Clou de girofle |
|---------------------------|-----------------|------|-----------------|
| <i>Penicillium Sp</i> | – | – | – |
| <i>Aspergillus Niger</i> | – | 27mm | – |
| <i>Aspergillus Flavus</i> | – | 40mm | – |

| | | | |
|---------------------------|------|------|------|
| <i>Candida Albicans</i> | 27mm | 52mm | 31mm |
| <i>Fusarium Oxysporum</i> | 15mm | 50mm | 40mm |
| <i>Alternaria Sp</i> | – | 20mm | – |

L'extrait du thym il a donné la plus grande d'inhibition des deux souches fongiques avec un diamètre entre 53 mm et 50 mm envers *Candida albicans* et *Fusarium oxysporum* respectivement.

L'extrait de Clou de girofle a une activité envers les deux souches « *Candida albicans* et *Fusarium oxysporum* » avec un diamètre de 31mm et 40mm.

La plus petite zone d'inhibition est celle de l'extrait de l'armoise blanche vis-à-vis de la souche fongique *Fusarium oxysporum* avec un diamètre 15mm.(figure33)

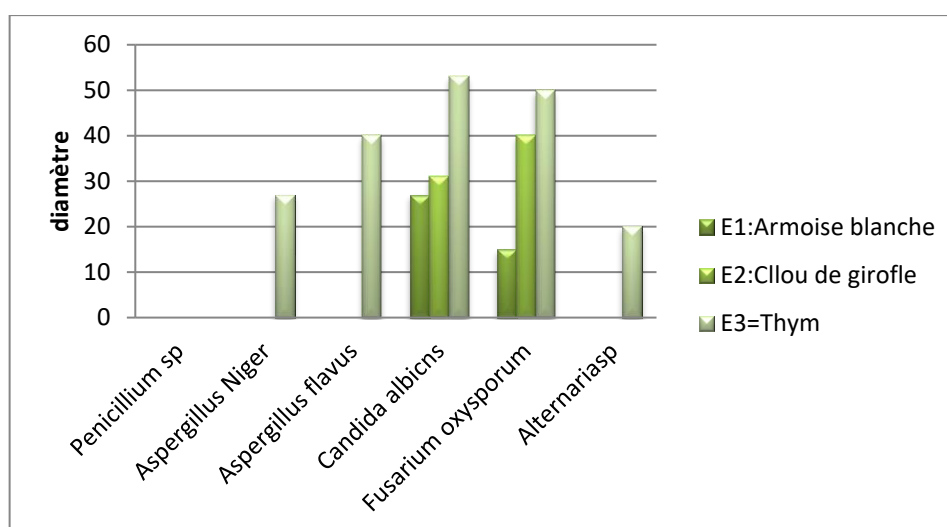


Figure 34 : Activité antifongique de trois extraits.

3.2.1. Activité antifongique de l'extrait Armoise blanche (*Artemisia herba-alba*)

D'après la figure 33, un bon résultat a été observé pour l'extrait huileux, un effet antifongique envers la souche *Candida albicans* avec une zone d'inhibition de 27 mm de diamètres vient ensuite la souche fongique de *Fusarium oxysporum* avec un diamètre de 10mm.

En effet, pour les autres souches fongiques (*Penicillium sp*, *Alternaria*, *Aspergillus Niger* et *Aspergillus Flavus*) aucune zone d'inhibition n'a été observée. (Figure 34)

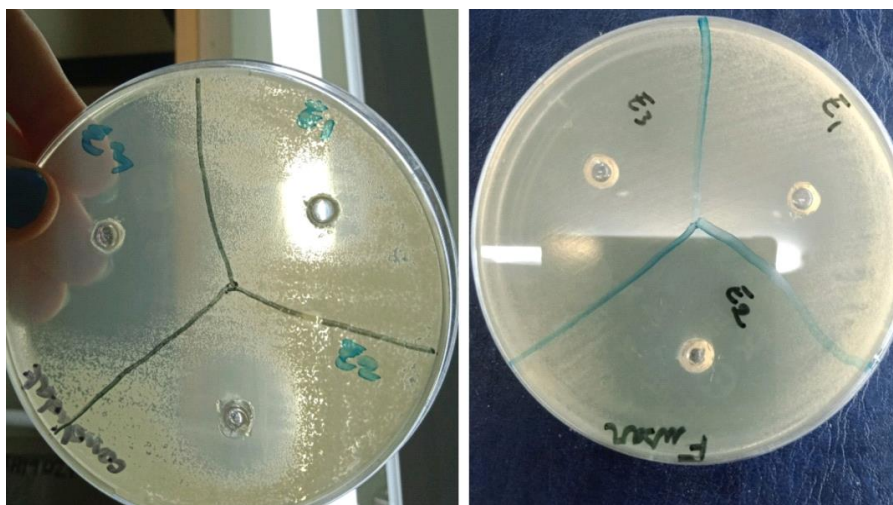


Figure 35: Zone d'inhibition de l'extrait E1 pour la *Candida* et *Fusarium oxysporum*.

L'activité et l'efficacité des différentes concentrations d'extraits aqueux d'*Artemisia herba-alba* sur les différentes souches fongiques testées est révélée par l'absence ou la présence de la croissance mycélienne, la vitesse de la croissance de mycélium, la production et la germination des spores (Djoughri, 2018). Et selon cette recherche, l'extrait de *Artemisia herba-alba* de la région de Djanet (Algérie) l'inhibition de la souche fongique *Aspergillus Niger* a été faible.

Il existe d'autre étude qui indique qu'il y a une différence dans les résultats. Car en plus de *Candida albicans* et *Fusarium oxysporum*, la moisissure *Alternaria sp* est résistante vis-à-vis de la même plante. On peut dire que la période de récolte de la plante jouent un rôle important dans l'activité antimicrobienne en général (Chadli et al., 2021).

Des études sont menées pour connaître la phytochimiques effectuée pour détecter les différentes familles des composés chimiques contenus dans l'extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba*. Les résultats montrent la présence de : alcaloïdes, stéroïdes, Flavonoïdes et saponines sont des substances bioactive responsables de l'activité antifongique (Benouar, 2015).

3.2.2. Activité antifongique de l'extrait du *thymus*

L'extrait de l'huile essentiel du *thymus* qui a montré des très bons résultats une inhibition remarquable avec un diamètre dépasse 20mm avec tous les champignons testés

sauf le *penicillium* qui a montré une résistance a cette HE et ça c'est expliqué par le diamètre nul 0mm remarqué, la plus grande inhibition est celle du *candida albicans* avec un diamètre de 53 mm, Cela montre que l'HE du *thymus* a une activité antifongique grâce à ça composition chimique riche en phénol donc celle-ci peuvent être utilisée comme agent antifongique potentiel contre les champignons pathogènes .

Selon (**Deschepper, 2017**), le thym présent une activité antifongique intéressante que ce soit contre les dermatophytes, les moisissures alimentaires (notamment *Aspergillus*, dont il inhibe le développement mycélien et la production d'aflatoxines) et certains phytopathogènes. (**Abed et al., 2021**) .L'activité antifongique est principalement due à la présence de thymol et de carvacrol, les alcools terpéniques, les aldéhydes et les cétones y contribuent également.

En résumé on peut dire que toutes les souches fongiques testées ont montré une sensibilité à l'HE *thymus* avec des degrés différents de sensibilité.

3.2.3. Activité antifongique de l'extrait du clou de girofle

Les résultats concernant les extraits dilués sont des résultats négatifs (aucun effet sur les souches fongiques testées) : *Penicillium sp*, *Aspergillus Niger*, *Aspergillus Flavus*, *Candida albicans*, *Fusarium oxysporum*, *Alternaria sp*. (Absence de zone d'inhibition).

En comparant les résultats des huiles essentielles, les zones d'inhibition sont claires et plus grandes pour *Fusarium oxysporum* avec un diamètre de 40 mm et sur la souche de *Candida albicans* avec un diamètre de 31mm. En effet, absence de toute forme de sensibilité pour *Penicillium sp*, *Aspergillus Niger*, *Aspergillus Flavus* et *Alternaria sp*.


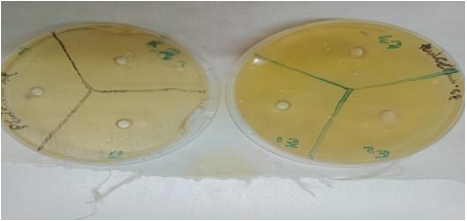
D'autres travaux, ont montré que l'huile essentielle du clou de girofle, ainsi que, l'eugénol possèdent une grande activité fongicide contre *Fusarium sp* (**Hmiri et al., 2011**). Plusieurs de chercheurs ont confirmé la présence de l'activité antifongique de l'huile essentielle de clou de girofle. De même, nos résultats prouvent l'existence de cette activité et indiquent que l'huile essentielle du girofler a une activité antifongique intéressante.

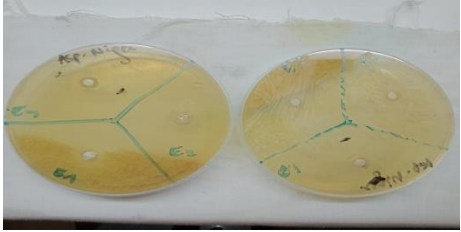
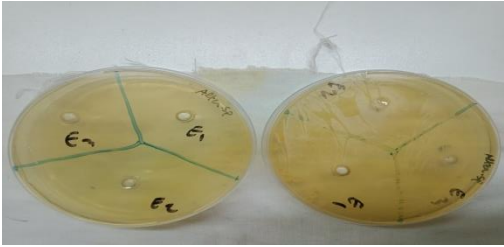
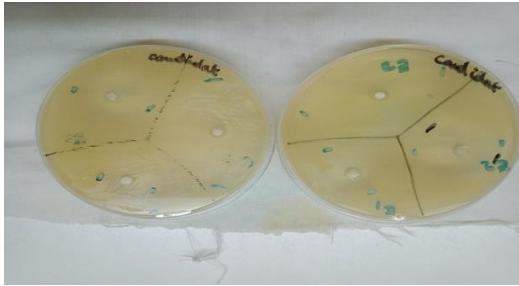
L'huile essentielle de clou de girofle possède une puissante activité antifongique contre les pathogènes fongiques opportunistes, comme le *Candida albicans*, le *Cryptococcus neoformans* ou l'*Aspergillus fumigatus*. Elle a été particulièrement efficace sur un modèle expérimental de vaginite murine sur un modèle animal (**Goetz et al., 2010**), (**Adli, 2015**). *Candida albicans* est l'agent pathogène causal le plus fréquemment isolé de la candidose.

Résultat et discussion

L'eugénol (le principal composant phénolique de l'huile essentielle de clou de girofle) possède une activité antifongique importante pendant le temps d'adhérence initial et selon la concentration de ce mono terpène. (Belarmino *et al.*, 2016).

Nous démontrons notre travail résultant dans les figures suivantes (Figure 36)

| | |
|----------------------------------|--|
| <p><i>Aspergillus flavus</i></p> |  |
| <p><i>Penicillium sp</i></p> |  |

| | |
|---------------------------------|--|
| <p><i>Aspergillus niger</i></p> |  |
| <p><i>Alternaria sp</i></p> |  |
| <p><i>Candida albicans</i></p> |  |

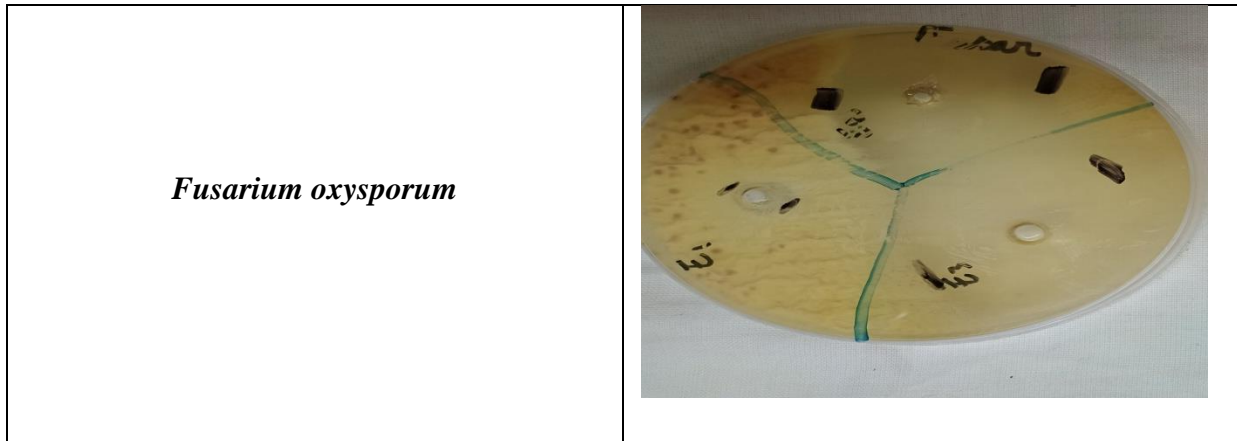


Figure 36 : Zone d'inhibition de l'activité antifongique des extraits huileux

Conclusion générale

Les plantes médicinales restent toujours la source fiable des principes actifs connus par leurs propriétés thérapeutiques. Les huiles essentielles sont une source fiable et prometteuse ayant un intérêt dans divers domaines; en thérapeutique, en cosmétologie, en agriculture et en agroalimentaire.

Le but de notre travail est d'évaluer l'activité anti bactérienne et antifongique des extraits bruts des feuilles et de tiges des plantes des espèces : *Artemisia herba-alba*, *Thymus*, *Syzygium aromaticum* qui sont utilisés en pharmacologie pour leurs efficacités.

La méthode d'extraction des huiles essentielles par l'hydro distillation a montré un rendement de (0.7%, 1.26%, 2.66%) sur 100g des feuilles sèches de nos échantillons (Armoise herbe blanche, Thym, Clou de girofle) respectivement.

Le rendement en huile essentielle des plantes étudiées est acceptable et peut être rentable à l'échelle industrielle. De plus, les composés majoritaires de ces huiles présentent plusieurs activités biologiques intéressantes.

L'activité antibactérienne des extraits : Armoise herbe blanche, Thym et Clou de girofle est évaluée par la méthode des puits contre six souches de Gram+ et Gram – qui sont les suivantes : *Escherichia. Coli*, *Staphylocoques aureus*, *Klebsiella pneumonia*, *Salmonella*, *Bacillus sp* et *Pseudomonas aeroginosa*. Ces tests ont montré que les huiles essentielles ont une efficacité sur toutes les souches de Gram négative testées et une bactérie de Gram positive (Staph) avec une résistance totale de la souche *Bacillus sp*.

Concernant l'activité antifongique de ces mêmes extraits contres cinq types des moisissures à savoir, *Penicillium sp*, *Alternaria sp*, *Aspergillus Niger*, *Aspergillus Flavus*, *Fusarium* et *Candida albicans* montré que l'extrait de l'espèce *Artemisia herba-alba* est considéré comme le maillon le plus faible de cette activité de sorte qu'il n'affecte que deux champignons (*Candida/ Fusarium*) avec un diamètre d'inhibition bien observé dans la boîte de pétri. Les deux extraits de *Thymus* et *Syzygium aromaticum* sont plus efficaces contre ces souches fongiques sauf le *Penicillium sp* qui présente une résistance remarquable contre les trois extraits testés.

On peut conclure que les extraits utilisés à l'état pur manifestent une importante activité antibactérienne et antifongique contrairement aux extraits aqueux.

Les résultats des activités biologiques étudiées indiquent que les HEs des 3 plantes testées ont un large spectre d'action et peuvent être utilisés comme antibiotiques de futur pour leurs capacités bactéricides et fongicides, mais cette étude reste préliminaire et pas indicative sur le mécanisme réel par lequel agissent ces extraits.

Il faut signaler ainsi que les activités biologiques d'une huile essentielle ne sont pas seulement dues aux composés majoritaires mais à l'ensemble des composés contenant dans cette huile. C'est pour cela qu'il faut mener une étude détaillée sur la composition de ces huiles pour montrer leur importance et la possibilité de leur exploitation dans certains domaines.

Références

-A-

- **Ababsa N., Boukous H.kh, (2018).** Etude Photochimique que et activités Biologiques de l'extrait méthanoïque d'*Artemisia herba alba* ; Diplôme master en Biochimie et Biologie Cellulaire et Moléculaire. Université de Constantine.
- **Abdelli, (2017)** .Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris*. Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem, Algérie.
- **Abdelli, (2017).** Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris*. Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem, Algérie.
- **Abdlkader O, Bouchakour T, (2018).** Etude de l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* et *Illicium verum* vis-à-vis *Aphis spiraeicola*, Diplôme en agronomie : protection des Cultures. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem
- **Abed S, Messaadia B, Djessas M, (2021).** Etude des propriétés physicochimiques et biologiques de *Thymus vulgaris* L. Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri, Constantine, activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs activity of plant volatile oils. J. Appl. Microbiol, 88, 308-316
- **Adli D. (2015).** Effets prophylactique de l'administration d'un extrait de *Syzygium Aromaticum* (Clou de girofle) chez les rats wister en croissance intoxiqués au plomb et au manganése. Étude biochimique, histologique et neurocomportementale. Thèse de Doctorat : Biochimie, département de biologie, Université d'Oran, 16 pages.
- **Aidoud A, (1989).** Les écosystèmes Armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso).
- **Aidoud A, (2001).** Conférence sur le fonctionnement des écosystèmes méditerranéens. Laboratoire d'écologie végétale. Université de Renne .Ed : complexe scientifique Beaulieu Renne.
- **Aleisawi D.M, (1998).** Filed guid to wild flowers of Jordan and neighbouring countries in Commercial Press (Al Rai), Amman, Jordany. Algerian Lamiaceae Species. Current Nutrition and Food Science, Bentham Science Algérie. Anti oxydante Des Huiles Essentielles De Plantes Aromatiques et Médicinales Marocaines. Antimicrobienne de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* du Nord d'Algérie. PhytoChem & Biosub Journal,

8(3):10163. Antimicrobienne de *Thymus Vulgaris* et de *Laurus nobilis*, plantes utilisées en médecine

- **Armstrong, G.N., Armstrong, J.K. (1981).** *Formae speciales and races of Fusarium oxysporum*

-B-

- **Baba Aissa, (1990)** .Les plantes médicinales en Algérie, édition le monde des pharmaciens, **p173**. *Balanseagla berrima* Desf.) Lange. Mémoire de Master, Université Ferhat Abbas – Sétif
- **Belarmino de Souza, T. Oliveira Brito, K. M. et Chaves Silva, N. (2016).**« New EugenolGlucoside-based Derivative Shows Fungistatic and Fungicidal Activity against 44 Opportunistic *Candida glabrata* », *Chem Biol Drug Des*, vol. 87, p. 83-90, doi: 10.1111 /cbdd.12625.
- **Belgaid et rahmani, (2018)** .Activité insecticide du thym (*Thymus vulgaris* L) sur un 1.Algérie.
- **Benabed K H., Gourine N., Ouinten M., Bombarda I., Yousfi M. (2017).** Chemical
- **Benayache, (2013)** Etude Phytochimique et biologique de l'espèce *Thymus numidicus*
- **Benazzeddine, (2010).** Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de *Sitophilis oryzae* (Coleoptra ; cuculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptra ; Tenebrionidae).
- **Benlahrache .R, Boukerzaza. S, (2022).** Evaluation de l'activité antibactérienne de deux extraits de la plante *Centaurea dimorpha*. Département de biochimie et biologie cellulaire et moléculaire, université frère mentouri constantine1.
- **Benouar, M, (2015).** L'activité antifongique des extraits aqueux et des huiles essentielles d'*Artemisia herba-alba* sur des champignons potentiellement mycotoxigeniques de blé dur (*Triticum durum*), Université Kasdi Merbah Ouargla.
- **Benteyeb et Djemmal, (2014)** .Contribution à la mise en évidence in vitro de l'efficacité
- **Berche. P, Gaillard. JL, Simonet. M (1989)** : Bactériologie les bactéries des infections
- **BEZIANE, (2019)** : MÉMOIRE DE MASTER sur l'Activité antifongique et antibactérienne des extraits bruts de *Trichoderma atroviride*, Université Mohamed Khider de Biskra

- **Bouacida k. (2021).** Étude de l'effet de l'eugénol extrait de la plante *Syzygium aromaticum* sur le biofilm dentaire, Mémoire de Mastère : Biotechnologie végétale, Département de biologie, Université de SFAX, 64.
- **Bouchara, J- P., Pihet, M., De Gentile, L., Cimon, B et Chabasse, D. (2010).** Les levures et levuroses : Cahier de Formation Biologie Médicale N°44. Bioforma.200p.
- **Boukrif et Boukabous, (2019)** Etude de l'activité antibactérienne de *Thymus vulgaris*.
- **Boulade, (2018).**Lamiaceae : caractéristiques et intérêts thérapeutiques à l'officine. Thèse
- **BOULAGHMEN Faiza1*, CHAOUIA Cherifa1, HAZZIT Mohamed2, NOUAS Mohamed3 et SAIDI Fairouz, (2018).** COMPOSITION CHIMIQUE ET ACTIVITÉ ANTIMICROBIENNE D'HUILE ESSENTIELLE EXTRAITE DE THYMUS GUYONII DE NOE D'AFLOU - ALGÉRIE. Université Blida1 BP 270 Blida 09000 ,2. Ecole National des Sciences Agronomiques (ENSA) 16200 El-Harrach, Alger, 3. Institut Pasteur d'Algérie Dely Ibrahim 16000, Alger-Laboratoire de contrôle de qualité, Algérie
- **Bousbia N,(2011).** Extraction des huiles essentielles riches en antioxydants a partir de produits naturels et de coproduits agroalimentaires, gadre de Doctorat en Sciences (chimie) de l'Université d'Avignon et des pays de Vaucluse&Ecole nationale supérieure agronomique, INA El Harrach – Alger.
- **Breckle S.W (1983).** Temperate deserts and semi deserts of Afghanistan and Iran in Elsevier. Scientific Publishing Company, New-York, NY, USA.
- **Burgess L.W. (1981).** General ecology of the Fusaria. In *Fusarium: diseases biology*

-C-

- **Caillet., Lacroix, (2007),** Les huiles essentielles: leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaire. Laboratoire de recherche en science appliquées a l'alimentation (RESALA), INRS-Institut Armand-Frappier, 1-8p
- **Carlile & Watkinson, (1994)** : Carlile M.J., Watkinson S.C. *The Fungi*. 1994. (Academic Press eds).
- **Chadli, S et Rachaould, M. (2021),** Extraction et Activité biologique des HES de l'*Artemisia herba-alba* dans la région de Tiaret, Faculté de la science et de la nature et la vie.

- **Chagra KH, (2019).** Etude les propriétés physico-chimiques et biologique de clou du girofle (*Syzygium aromaticum*(L)), Génie des procédés / Génie chimique ; Université Mohamed Khider de Biskra.
- **Chao(2000)**, Screening for inhibitory activity of essential oils on selected bacteria funguin and viruses, *j. essent.Oil.Res.* n.12, p.p. 63-649
- **Clave, D. (2013)**, Fiche technique : *Staphylococcus aureus*. Laboratoire de Bactériologie Hygiène, CHU de Toulouse – Institut Fédératif de Biologie, Centre Toulousain pour le Contrôle de qualité en Biologie clinique. Fiche technique bactériologique 131 :1-4 .

-D-

- **Daoudi, (2016).** Analyse chimique et propriétés biologiques des huiles essentielles de Composition, Antioxydant and Antimicrobial Activités of the Essential Oils of Three.
- **Dapkevicius A., Venskutonis R., Van Beek T.A., Linssen J.P.H. (1998).** Antioxydant de deux plantes aromatiques du centre nord marocain: *Thymus vulgaris* et *Thymus* De Doctorat, Université Toulouse III, Paul Sabatier, France.des huiles essentielles de *Thymus ciliatus* et *Thymus dreatensis* contre les champignons Des Lamiaceae. Thèse de Doctorat d'état en chimie, Université Mentouri Constantine, p 277.
- Disponible sur : <https://www.aujardin.info/plantes/syzygium.aromaticum.php#bDHJWYXbwPMDA IQC.99>
- **Djeroumi et Nacef, (2004)**100plantes médicinales d'Algérie. Ed Palais du livre, pp 135 - 131.
- **Djoughri, N, (2018).** Evaluation in vitro de l'activité biologique des extraits de deux écotypes d'*Artemisia herba-alba*, Biotechnologie végétale, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- **Djrourou et Habouchi, (2018)** Etude de l'activité insecticide des extraits Méthanoïques et huiles essentielles de *Sinapis arvensis* et *Thymus vulgaris* sur les Larves d'*Aphis spiraecola* (Patch). Mémoire de Master, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Algérie.
- **Dob Darhmane D., Benabdelkader T., Chelgoum C. (2006).** Studies on the essential oils and antimicrobial activity of *Thymus algeriensis* Boiss & Reut.*Int. J. Aromath.*, 16 (2), 95-100

- **Dobler, D. ; Runkel, F. et Schmidts, T. (2020).** « Effect of essential oils on oral halitosis».
- **Dorman (2004) :** Dorman, H.J.D, Deans, S.G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 2000, 88 (2), pp 308-316
- **Dorman .H.J.D et Deans.S.G, (2000).** «Antimicrobial agent from plants : antibacterial activity
- **Dorman, H.J.D et Deans, S.G. (2000).** Antimicrobial agents from plants: antimicrobial

-E-

- **El Ouali Lalami A., El-AKhal F., Ouedrhiri W., Ouazzani Chahdi F., Guemmouh R.,Eloukili M.A., (2013).** Valeur nutritive de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*), Comparée à l'unité fourragère de l'orge, *Science des aliments*, Université Abou Beker Belkaid, Tlemcen. Essentielles de thym (*Thymus vulgaris*) contre *Aspergillus niger*. Mémoire de Master,
- **Ettayeb i K., El Yamani J., Rossihassani BD. (2000).** Synergistic effects of nisin and thymol *European Scientific Journal*, 13(12): 1857 – 7881.

-F-

- **Farrell, G et Sulten, G.G.M. (2002).** Larger grain borer in Africa; a history of efforts to limit its impact. *Integr. Pest Manage. Rev*, **7,67-84**.
- **FAUCHERE J., et AVRIL J.,(2002).** Bactériologie générale et médicale. Elleipses Edition
- **Ferron. A (1976) :** Bactériologie à l'usage des étudiants en médecine G ROQUES. 8^{ème}
- **Feuerstein I., Mueller K., Hobert A ., Segal R., (1986),** « Constitution of essential oils from *Artemisia herba-alba* populations of Sinai », *Phytochemistry*, n° ,**2343-2347**.
- **Frederich, M. (2014).** Les plantes qui nous soignent: de la tradition à la médecine moderne,
- **Friedman J., Vaniç ĩ Dafni 4., Palewiteh. D., (1986).** A. preliminary classification of Thehealingpotential of medicinal plants, based on a rational analysis of an Ethnopharmacological fieldsrieyamongBedouins- in the Negevdesert. *J Ethno. Jun. ; 16(2-3) :275-8.7*.
- **Friedman J., Yaniz Z., Dagni A., Pale witch D.(1986),** A preliminary classification of the Healing potential and medicinal plants, based on a rational analysis of an

Ethnopharmacological field survey among bedouins in the negev desert; **16 (2-3) : 275-87**. From sage (*Salvia officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.) measured by the oil stability

-G-

- **Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Isamili, M.R., Houti, H., El monfalouti, H., Benchakroun, K.H., Aberchane, M., Harki, L., Boukir, A., Chaouch, A., Charrouf, Z.**, « Effet de la date de récolte sur le rendement, la composition chimique et la bioactivité Des huiles essentielles de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) de la région de Guercif (Maroc oriental) », *Phytothérapie*, n° **8**, (2010), **295–301**.
- **Ghedira K., Goetz P and Le Jeune R. (2010)**. *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry (Myrtaceae) Giroflier. *Phytothérapie*. 8, 37-43.
- **Goetz P. And Le Jeune R. (2010)**. *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry (Myrtaceae) Giroflier. *Phytothérapie* 8:37-43
- **Gouizi et Ghellab, (2019)**. Contribution à l'étude de l'activité fongicide des extraits de
- **Greche H. (2013)**. Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles Grown in Lithuania. *Journal of Science Food and Agriculture*, 77(1):140-146.
- **Gupta C., Gag A., Uniyal R., Gupta S, 2008**, Comparison Of Antimicrobial Activities Of Clove Oil & Its Extract On Some Food Borne Microbes. *The Internet Journal of Microbiology*. 7(1), 1-7p

-H-

- **Hadouche, (2011)**. Etude de l'effet antibactérien des huiles essentielles de *Thymus*
- **Hahn, M. W., Lunsdorf, H., Wu. Q., Schauer, M, M. Hofle, M. G., Boenigk, J., Stadtler, P., 2003**. Isolation of novel ultramicrobacteria classified as antibacteria from five freshwater habitats in Europe and Asia. *Appl. Environ. Microbiol.* 69, 1442-1451. Humaines. Edition Flammarion 1ère éd. Paris.
- **Hassani A., Sehari N., Sehari M., Bouchenafa N.1., Labdelli F., Kouadrie M.** Index method. *J Agric Food Chem*, 50(7): 1845-1851. 2002). Insecte des stocks *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera Bruchidae). Mémoire de Master, Université de Bouira, Algérie.

J

- **Jalas, (1971)**. Note of *Thymus* .L (Labiatae) in Europe. I. Supraspecific Classification and

- **Jennings & Lysek, (1996) ; Jennings D.H., Lysek G. (1996).** Fungal biology: understanding the fungal lifestyle. (Bios Scientific publisherseds).

-K-

- **Kabouche, (2005) ; Remal et Khachouche, (2017).** Etude photochimique de plantes médicinales appartenant à la famille
- **KAOUACHE *et al*, (2019) :** kaouache et Benmoussa, thèse de doctorat sur Valorisation des huiles essentielles de Lamiaceae Algériennes (Genres : Origanum et Thymus) ,2019 à Université Hassiba Benbouali de Chlef /Institut d'Agronomie, Chlef
- **Kechker I., Debiche K., (2017).** Etude des activités Antimicrobienne et Anti-oxydante d'huile essentielle d'Armoise Blanche. Physiologie et Pathologie animal.
- **Khennouf S., Irtain N., Harzallah D., Arrar L.,** « Antioxydant and antibacterial activities of extracts from Artemisia herba alba Asso. Leaves and some phenolic compounds », Journal of Medicinal Plants Research, **V .4 .n°13, (2010), 1275-1278**
- **Kholkhal, (2014).** Etude Photochimique et Activité Anti oxydante des extraits des composés phénoliques de Thymus ciliatus ssp coloratus et ssp euciliatus. Thèse de Doctorat en Biologie, Université- Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 139p.
- **-Khouloud, C. (2019).** Etude les propriétés physico-chimiques et biologique de syzygium aromaticum. Université de biskra.
- **Kustrzeba-Wójcicka, I., Siwak, E., Terlecki, G., Wolańczyk-Mędrala, A., et Mędrala, W. (2014).** Alternaria alternata et ses allergènes: une revue complète. Revues cliniques en allergie et Immunologie, 47 (3), 354-365. Marketing, ISBN : 2- 7298, 0747-0 MASSON.

-L-

- **Lamarck, (1819)** élevée dans deux fermes conchylicoles de l'Ouest Algérien Kristel et Stidia,» de la faculté SNV, Université de Mostaganem.
- **Lavergne, (2012).** Lett, 183 : 191-195, lignivores, Mémoire de Master en microbiologie, université Constantine 1. Master en chimie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, p 7-11.

-M-

- **Madelin, (1994):** Madelin T.M. 1994. Fungal aerosols: a review. Journal of aerosol science. 25: 1405-1412.

- **Mayer, (2012).**Utilisations thérapeutiques des huiles essentielles : Etude de cas en maison de retraite. Thèse pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, **p 17**. Médecine, université de Liège, p 62
- **Medjadi N., Malouci I., (2021).** Evaluation Photochimique et biologique de la plante médicinale « Artemisia herba alba », Mémoire présente en vue de l'obtention du diplôme de Master ; Sciences Biologique, Biochimie a Université de Constantine. Mémoire de Master, Université de Bouira, Algérie, Mémoire on line, Ecole nationale supérieure agronomique, El Harrach, Algérie.
- **Meghazi, (2015):** Activité antifongique de quelques huiles essentielles sur les moisissures du blé stocké. Thèse de doctorat d'état.
- **Messiaen C M., Cassini R. (1968).** Recherche sur les fusarioses. IV-La systématique Fusarium. Ann. Epiphyt, 19 : 387-454.
- **MILLENIUM CHALLENGE ACCOUNT (MCA) (2000).** «Opportunités de marché. Filière Huiles Essentielles Région Atsinana», Madagascar. **(2017).**Etude des propriétés insecticides et bactéricides de l'huile essentielle de Thymus
- **Miura K., Kikuzaki H., Nakatani N. (2002).**Antioxidant activity of chemical components
- **Monteil. H, Avril. J (1992) :** Bactériologie chimique. Ère Ed. MarKeting. Paris. Moyen d'huile essentielle. Thèse N °3311, Lausan Suisse.
- **Mounir T, Hassan A, Abdeslam J, and Abdelmadjid Z. (2015).** Comparative Phytochemical Analysis of Essential Oils from Diffrent Biological Parts of *Artemisia herba Alba* and Their Cytotoxic Effect on Cancer Cells. **10(7) :e0131799**. Mutanier des STIC. Acteurs, Ressources et Activité, Paris, **p193-221**.
- **Mueller & Schmit, (2007):** Mueller G.M., Schmit J.P. 2007. Fungal biodiversity: what do we know ?What can we predict? Biodiversity and Conservation. 16: 1-5.

-N-

- **Nickavar et al., (2005).**Nomenclature. Bot .J. Linn.Soc, 64 :199215notion de chémotype en aromathérapie. Mémoire de Doctorat, Université d'Aix-Marseille, France.
- **Nouioua, (2012) .**Biodiversité et ressources phylogénétiques d'un écosystème forestier « Paeonia mascula (L.) Mill.». Thèse de Magister en Biodiversité et Gestion des Ecosystèmes, Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie.Nutrition, 83(1), 87-93.

-O-

- **Ozenda P. (1990).** Les organismes végétaux, tome 1 : Végétaux inférieurs, Masson, 220 p.

-P-

- **Pibiri M-C., (2005).** Assainissement microbiologique de l'aire et des systèmes de ventilation
- **Prescott L M., Harley J P., Klein D A. (2003).** Microbiologie. Edition De boeck Ed. 2^{ème}

-Q-

- **Qaralleh H.N., Abboud M.M., Khleifat K.M., Tarawneh K.A., et Al Thunibat**
- **Quatresous N. (2011).** Aspergillose humaine. Épidémiologie, diagnostic biologique, contrôle.
- **Quezel et Santa, (1963).** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales - Tome 2.
- **Quezel, (1963) :** Quezel, P et Santa, S. Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris : CNRS, Tome 1 et 2, 1963, p1170.
- **Quzel P, Santa S., (1963),** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Propriétés microbiologiques des HE de chimiotypes de *Thymus*.

-R-

- **Raeisi M., Hashemi M., Aminzare M., Sadeghi M., Jahani T., Keshavarzi H., Jebelli Javan A., Mirahahidi M., Tepe B, (2016),** Comparative Evaluation of Phytochemical, Antioxidant, and Antibacterial Properties from the Essential Oils of Four Commonly Consuming Plants in Iran. Journal of Food Quality and Hazards Control, 3,107-113p
- **rahmouni, (2014).** Contribution à l'étude de l'activité biologique et la composition
- **Rhayour, K. (2016).** Etude du mécanisme de l'action bactéricide des huiles essentielles sur *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* et sur *Mycobacterium phlei*, *Mycobacterium fortuitum* thèse présentée en vue de l'obtention du Doctorat National.
- **Romane A., Djemai H., (2021).** Etude de l'activité anti-bactérienne de l'huile essentielle de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba* asso) de la région de Chellala et la région de Meghila, génétique et amélioration des plantes, Université Ibn Khaldoun-Tiaret.

-S-

- **Saidj, (2007).** Extraction des essences du *Thymus numedius kabylliica*. Thèse de Doctorat, Université M'hamed Bougara, Boumerdès, Algérie.
- **Sameer G.M., Badri A.M , (2017),** Antimicrobial activity of *Syzygium aromaticum* and *Citrus aurantifolia* essential oils against some microbes in Khartoum, Sudan. *EC Microbiology*, 12(6), 253-259p, Satureioïdis. *Les technologies de laboratoire*, 8: 31.
- **Sid ali, Brada M., Fauconnier M.L., Lognay G. (2014).** Composition chimique et activité
- **Simiat O.J., Lateefah A ; Kazeem A (2017),** Phytochemical Screening and Antimicrobial Evaluation of *Syzygium aromaticum* Extract and Essential oil. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 6(7), 4557-4567p
- **Stahl-Biskup et Saez, (2002).**Thyme: The genus *Thymus*. London; New York, USA:
- **STASHENKO E.E., JARAMILLO B.E. et MARTINEZ J.R., (2004) a :** Analysis of volatil Secondary metabolites from Colombian *Xylopia aromatica* (Lamarck) by different Extraction and headspace methods and gas chromatography. *J. Chroma. A., Vol. 1025, pp : 105-113.*
- **STASHENKO E.E., JARAMILLO B.E. et MARTINEZ J.R., (2004) b :** Comparison of Different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia Alba* (Mill.) N.E. Brown, grown in Colombia, and evaluation of its in vitro antioxidant Activity. *J.Chroma. A., Vol. 1025, pp : 93 – 103.* Taylor & Francis.Taxonomy. (Ed. P. E. Nelson, T. A. Toussoun and R. J. Cook), p. 225-235. Pennsylvania State

-T-

- **T. Senouci, (2018) :** memoire de fin d'étude Biodiversité fongique de la moule *Mytilus galloprovincialis*
- **Taylor. TA, Unakal. G, (2022).** *Staphylococcus aureus* : Contining education activity, National library of medicine. National centre for biotechnology information.
- **Teuscher E., Anton R., Lobstein A. (2005).** Plantes aromatiques Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc. Lavoisier, Paris, **p 521.** Thym (*Thymus vulgaris*). Mémoire de Master, Université Akli Mohand oulhadj, Bouira, Thymol and carvacrol in different foodstuffs. *Z. Lebensm.-Unters. Forsch*, 201(6), 544-577.Thèse de Doctorat, Université de Limoges, Limoges

- **Teuscher, (2005)** : Teuscher, Anton, R, Lobstein, A. Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Paris, Lavoisier : 2005, 522 p.
- **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 de développement, diplôme de Doctorat en sciences, Chimie organique, université Badji Mokhtar-annaba. Traditionnelle. Phytothérapie, 9(4):209-218.
- **Turnbull P C., Kramer J M. (1995)**. Bacillus. In Manual of Clinical microbiology, 34956.

-U-

- **Ugwu C. C, Ezeonu I. M, MbahOmeje K, Agu C. G and Onuorah S. C. (2017)**. Evaluation of the antimicrobial effects of syzygium aromaticum (clove) and garcinia kola (bitter kola) extracts singly and in combination, on some bacteria. World journal of Pharmacy and Pharmaceutical sciences. Volume 6, Issue 12, 1-13. Université Mohamed khider, Biskra, Algérie. University Press. University Park and London

-V-

- **Vallès J and Arthur. (2001)**. Artemisia systematic and phylogeny. USDA Forest
- **Vannière H. (2002)**. Agriculture spéciale. Les plantes comestibles. Les espèces fruitières : les agrumes, In : Mémento de l'agronome. CIRAD, Montpellier. p929-940.
- Variétés Algériennes. Mémoire de Magister en Agronomie. Université de Tlemcen.
- **Venin G. (1995)** .GC /MS analysis of artnusion herba-alha asso. Essential oils from Algeria in food flavors ; Generation, analysis and Prvcess Influence. Elsever ; Bv, greece *vulagrislinnaeus* .Rivista. Italiana .E.P.P.O.S **1976,58 :527- 536**.

-Y-

- **Youdim et Deans, (2000)**.Effect of thyme oil and thymol dietary supplementation

-Z-

- **Zahari M, (1973)**.Gevbatanical Foundations of the middle East Gustav ficher verlag, Swets &Zeitlingerred ; stuggart, Germany, **231p**.
- **Zaibet W., (2016)**. Composition chimique et activité biologique des huiles essentielle de *Daureus aureus* (Desf) et de *Reutera lutea* (Desf) Maire ? et leur application comme agents antimicrobienes dans le polyéthylène basse densité (PEBD).Diplome de doctora

en science, Génie de procédés pharmaceutiques. Université FERHAT ABBASSETIF-1 : UFAS (ALGERIE).

- **Zaid et Tifourghi, (2020)** Contribution d'étude de l'activité antifongique des huiles
- **Zaika, I.I, (1988)**. Spices and herbs : their antimicrobial activity and its determination in j. food safety, **n.9, p.p.97**.
- **Zeghad et Merghem, (2013)**. Antioxidant and Antibacterial activities of Thymus
- **Zrira, (2003)**. Marché des plantes aromatiques des plantes aromatiques et médicinales au Maroc, Cour, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6202, Rabat, Maroc, p 2-3

Annexes

Milieux de culture utilisés

Milieu Muller Hinton

| | |
|---|---------|
| -Infusion de viande de bœuf déshydraté..... | 300 g |
| -Hydrolysate de caséine..... | 17.5 g |
| -Amidon de maïs..... | 5 g |
| -Agar Agar..... | 13 g |
| -Eau distillée | 1000 ml |

Milieu Sabouraud

| | |
|---------------------|---------|
| -Peptone | 10 g |
| -Gélose..... | 20 g |
| -Glucose..... | 20 g |
| -Eau distillée..... | 1000 ml |

Milieu gélosé mannitol sel (Chapman)

| | |
|---------------------------------------|---------|
| Peptone pancréatique de caséine..... | 5,0 g |
| Peptone peptique de tissu animal..... | 5,0 g |
| Extrait de viande de bœuf..... | 1,0 g |
| D-Mannitol | 10,0 g |
| Chlorure de sodium..... | 75,0 g |
| Gélose | 15,0 g |
| Rouge de phénol | 0,025 g |
| Eau purifiée..... | 1000ml |

Milieu gélosé au cétrimide

| | |
|---|---------|
| Hydrolysate pancréatique de gélatine..... | 20,0 g |
| Chlorure de magnésium | 1,4 g |
| Sulfate dipotassique | 10,0 g |
| Cétrimide..... | 0,3 g |
| Gélose | 13,6 g |
| Eau purifiée | 1000 ml |
| Glycérol..... | 10,0 ml |

Milieu gélosé de MacConkey (MCA)

| | |
|--|--------|
| Hydrolysate pancréatique de gélatine | 17,0g |
| Peptones de viande et de caséine | 3,0 g |
| Lactose monohydraté..... | 10,0 g |
| Chlorure de sodium..... | 5,0 g |
| Sels biliaires..... | 1,5 g |
| Gélose..... | 13,5 g |
| Rouge neutre | 30,0mg |
| Violet cristallisé | 1 mg |
| Eau purifiée..... | 1000ml |

Gélose Hektoen

| | |
|--------------------------------|------|
| Protéose peptone..... | 1 |
| Extrait de levure..... | 3g |
| Chlorure de sodium..... | 5g |
| Sels biliaires..... | 9g |
| Citrate de fer ammoniacal..... | 1,5g |
| Salicine..... | 2g |
| Lactose..... | 12g |

Annexes

| | |
|---------------------------|--------|
| Saccharose..... | 12g |
| Fuchsine acide..... | 0,1g |
| Bleu de bromothymol | 0,065g |
| Gélose | 14g |

Résumé

Les huiles essentielles sont des molécules naturelles considérées comme antioxydants et antimicrobiens. Ce travail porte sur l'étude de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de trois plantes médicinales. L'extraction de l'huile essentielle de ces plantes (armoise blanche, thym et clou de girofle) est réalisée par la méthode d'hydro distillation. D'après cette étude, le rendement d'extraction obtenu (0.7%, 1.26%, 2.66%) respectivement est assez satisfaisant, ce qui fait de ces plantes une source naturelle valorisable. Le test de mise en évidence du pouvoir antimicrobien est réalisé sur six souches bactériennes (*Escherichia coli*, *Bacillus sp*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *salmonella*, *Klebsiella pneumonia*) et sur six souches fongiques (*Aspergillus Flavus*, *aspergillus Niger*, *Fusarium oxysporum* *Alternaria Sp* *Candida albicans* et *Penicillium Sp*). L'activité antibactérienne a montré que les huiles essentielles de différentes espèces des plantes : *Artemisia herba-alba*, *Syzygium aromaticum* et le *thymus*, présentent une meilleure activité inhibitrice contre les bactéries (*Staphylococcus aureus*, *salmonella*, *Escherichia coli* *Pseudomonas aeruginosa* et *Klebsiella pneumonia*) que les (*Bacillus sp*). L'activité antifongique révèle que les huiles essentielles étudiées ont un fort pouvoir inhibiteur contre *Candida albicans*, *Fusarium oxysporum* que *Aspergillus Niger*, *Penicillium Sp* *Aspergillus Flavus* et *Alternaria sp*. Avec cependant des DI différents d'une espèce à une autres. Les résultats des activités biologiques indiquent que les HEs des 3 plantes testées ont un large spectre d'action et peuvent être utilisés comme antibiotiques de futur pour leurs capacités bactéricides et fongicides.

Mots clés : plante médicinales, *Artemisia herba-alba*, *Syzygium aromaticum* et le *thymus*, huiles essentielles, activité antifongique, activité antibactérienne.

Abstract

Essential oils are natural molecules considered antioxidants and antimicrobials. This work focuses on the study of the antimicrobial activity of the essential oils of three medicinal plants. The extraction of the essential oil from these plants (mugwort, thyme and clove) is carried out by the method of hydro distillation. According to this study, the extraction yield obtained (0.7%, 1.26%, 2.66%) respectively is quite satisfactory, which makes these plants a recoverable natural source. The test for demonstrating antimicrobial power is carried out on six bacterial strains (*Escherichia coli*, *Bacillus sp*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, salmonella, *Klebsiella pneumonia*) and on six fungal strains (*Aspergillus Flavus*, *aspergillus Niger*, *Fusarium oxysporum* *Alternaria Sp* *Candida albicans* and *Penicillium sp*). Antibacterial activity has shown that essential oils from different plant species: *Artemisia herba-alba*, *Syzygium aromaticum* and thymus, exhibit better inhibitory activity against bacteria (*Staphylococcus aureus*, salmonella, *Escherichia coli* *Pseudomonas aeruginosa* and *Klebsiella pneumonia*) than the (*Bacillus sp*). The antifungal activity reveals that the essential oils studied have a strong inhibitory power against *Candida albicans*, *Fusarium oxysporum* as *Aspergillus Niger*, *Penicillium Sp* *Aspergillus Flavus* and *Alternaria sp*. However, with different IDs from one species to another. The results of the biological activities indicate that the HEs of the 3 plants tested have a broad spectrum of action and can be used as antibiotics of the future for their bactericidal and fungicidal capacities.

Keywords: medicinal plant, *Artemisia herba-alba*, *Syzygium aromaticum* and the thymus, essential oils, antifungal activity, antibacterial activity

تلخيص

الزيوت الأساسية هي جزيئات طبيعية تعتبر مضادات الأكسدة ومضادات الميكروبات. يركز هذا العمل على دراسة النشاط المضاد للميكروبات للزيوت الأساسية لثلاثة نباتات طبية. يتم استخراج الزيت العطري من هذه النباتات (حبق الراعي والزعتر والقرنفل) بطريقة التقطير المائي. وفقاً لهذه الدراسة ، فإن إنتاجية الاستخراج التي تم الحصول عليها (0.7% ، 1.26% ، 2.66%) على التوالي مرضية تماماً ، مما يجعل هذه النباتات مصدراً طبيعياً قابلاً للاسترداد. تم إجراء اختبار إثبات قوة مضادات الميكروبات على ستة سلالات بكتيرية (الإشريكية القولونية ، العصوية *sp* ، الزائفة الزنجارية ، المكورات العنقودية الذهبية ، السالمونيلا ، التهاب الرئوي كليبسيلا) وعلى ستة سلالات فطرية (*Aspergillus Flavus* ، *Aspergillus oxidaum* ، النيجر ، *Fusaria* البنسليوم *sp*). أظهر النشاط المضاد للبكتيريا أن الزيوت العطرية من أنواع نباتية مختلفة: *Artemisia herba-alba* و *Syzygium aromaticum* و *Thymus* ، تظهر نشاطاً مثبطاً أفضل ضد البكتيريا (*Staphylococcus aureus* ، *salmonella* ، *Escherichia coli* و *Pseudomonas aeruginosa* و *Klebsiella pneumonia*) مقارنة بـ (*Bacillus sp*). يكشف النشاط المضاد للفطريات أن الزيوت الأساسية التي تمت دراستها لها قوة تثبيط قوية ضد المبيضات البيضاء ، *Fusarium oxysporum* مثل *Aspergillus Niger* ، *Aspergillus Flavus* *Sp* *Penicillium* و *Alternaria sp*. ومع ذلك ، مع معرفات مختلفة من نوع إلى آخر. تشير نتائج الأنشطة البيولوجية إلى أن HES للنباتات الثلاثة التي تم اختبارها لديها مجموعة واسعة من الإجراءات ويمكن استخدامها كمضادات حيوية للمستقبل لقدراتها المبيدة للجراثيم والفطريات.

الكلمات المفتاحية: نبات طبي ، *Artemisia herba-alba* ، *Thymus* ، *Syzygium aromaticum* ، زيوت عطرية ، نشاط مضاد للفطريات ، نشاط مضاد للجراثيم

| | |
|--|--|
| Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master. Faculté : Biotechnologie Spécialité : Biotechnologie et Biothérapie. | Présenté par : Tebbani Sirine Tebaane Ikram Yahiouche Imene |
| Intitulé : Evaluation de l'activité antimicrobienne de quelques plantes médicinales : l'Artemisia herba-alba, thymus et Syzygium aromaticum | |
| Résumé : Les huiles essentielles sont des molécules naturelles considérées comme antioxydants et antimicrobiens. Ce travail porte sur l'étude de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de trois plantes médicinales. L'extraction de l'huile essentielle de ces plantes (armoise blanche, thym et clou de girofle) est réalisée par la méthode d'hydro distillation. D'après cette étude, le rendement d'extraction obtenu (0.7%, 1.26%, 2.66%) respectivement est assez satisfaisant, ce qui fait de ces plantes une source naturelle valorisable. Le test de mise en évidence du pouvoir antimicrobien est réalisé sur six souches bactériennes (<i>Escherichia coli</i> , <i>Bacillus sp</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>salmonella</i> , <i>Klebsiella pneumonia</i>) et sur six souches fongiques (<i>Aspergillus Flavus</i> , <i>aspergillus Niger</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Alternaria Sp</i> <i>Candida albicans</i> et <i>Penicillium Sp</i>). L'activité antibactérienne a montré que les huiles essentielles de différentes espèces des plantes : <i>Artemisia herba-alba</i> , <i>Syzygium aromaticum</i> et <i>le thymus</i> , présentent une meilleure activité inhibitrice contre les bactéries (<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>salmonella</i> , <i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> et <i>Klebsiella pneumonia</i>) que les (<i>Bacillus sp</i>). L'activité antifongique révèle que les huiles essentielles étudiées ont un fort pouvoir inhibiteur contre <i>Candida albicans</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> que <i>Aspergillus Niger</i> , <i>Penicillium Sp</i> <i>Aspergillus Flavus</i> et <i>Alternaria sp</i> . Avec cependant des DI différents d'une espèce à une autres. Les résultats des activités biologiques indiquent que les HEs des 3 plantes testées ont un large spectre d'action et peuvent être utilisés comme antibiotiques de futur pour leurs capacités bactéricides et fongicides. | |
| Mots clés : plante médicinales, <i>Artemisia herba-alba</i> , <i>Syzygium aromaticum</i> , <i>Thymus sp.</i> , huiles essentielles, activité antifongique, activité antibactérienne. | |
| Laboratoire de Mycologie, De Biotechnologies Et De L'Activité Microbienne, Université Frères Mentouri de Constantine. | |
| Jury d'évaluation : Président : Pr. KACEM CHAOUCHE Norddine Pr. UFM, Constantine 1 Examineur : Dr. ADJROUD Moussa MCB. UFM, Constantine 1 Encadrante : Dr. BENCHIHEUB Meriem MCB. UFM, Constantine 1 | |
| Année Universitaire : 2022 / 2023 | |