



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



Université Amar Telidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : AGRONOMIE

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : Agroalimentaire et contrôle de qualité

FILIERE : Sciences alimentaires

OPTION : AGROALIMENTAIRE ET CONTROLE DE QUALITE

Thème

**Activités antibactériennes des huiles essentielles
contre la salmonella au niveau des viandes de poulet
réfrigéré à 4°C.**

Présenté par :

- **Khouiled Hadil et Gueffaf Ikram Nour Elhouda**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Dr. Makoudi mourad	MAA	Président
Dr. Becheur mourad	MCB	Examineur
Dr. Djokhdem Laid	MCB	Promoteur

Promotion : 2024-2025

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail.

Nous remercions **Dr. Djokhdem Laid** pour son encadrement bienveillant, la richesse de ses conseils et la générosité de son accompagnement tout au long de ce travail. Son implication et sa disponibilité ont grandement contribué à la réussite de ce mémoire.

Nous tenons à remercier les membres de jury :

Dr. Makoudi mourad pour avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.

Dr. Becheur mourad pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nos remerciements vont aussi à :

Mr. Djouhaïd pour ses efforts constants à nos côtés. pour son accompagnement constant, sa disponibilité et son dévouement tout au long de ce travail.

Mme. Ranan zahra, ingénieure du laboratoire de vétérinaire, pour la richesse de ses informations.

Résponsable du laboratoire de recherche des sciences fondamentales ,Madam Houati , dem'avoir accueilli au sein de son laboratoire.

Nos remerciements vont également aux ingénieurs du laboratoire la faculté du médecin pour sa bienveillance et sa coopération.

Merci à tous

Dédicace

À mes **chers parents**,
ceux qui m'ont donné la vie, appris la patience, la persévérance et la dignité.
Votre amour inconditionnel est le socle sur lequel je me suis construite.

À mes sœurs adorées **Amina, Lamia** ,
ainsi qu'à leurs époux, **Ismail et Zakaria**,

À ma sœur chérie **Amina**, l'épouse de mon frère.

À mes frères aimés **Rachid et Abdelkader**,
merci pour votre bienveillance, votre protection et votre affection constante.

À leurs enfants,
Fatima, Belkacem, Safia, Isrâa, Mohamed et Moussaab,
petits trésors de la famille, sources de rires, de joie et d'espoir.

À **Hocine**,
celui dont la présence discrète mais précieuse éclaire mes journées et m'encourage à aller plus
loin, toujours.

Et à ma seconde famille,
je vous aime profondément.

Et tout particulièrement à **Hadil**,
amie de mon enfance, ma complice fidèle,
celle qui a marché à mes côtés dans chaque étape de ce travail.

À mes amies de cœur,
Halima, Aya et Fatiha,
merci pour votre amitié sincère, vos mots doux et vos présences rassurantes.

À **vous tous**,
je dédie ce travail avec tout mon amour, ma gratitude et mon respect.
Merci d'être la lumière sur mon chemin et la force derrière chaque réussite.

Ikram

Dédicace

e dédie ce modeste travail: Je dédie ce modeste travail:

A mon père :**khouiled Tayeb**

A ma mère :**Mebarek Saida**

Les deux êtres les plus précieux cadaux de ma vie, pour toute leur tendresse et les sacrifices consentis à mon éducation et ma formation et que dieu vous accorde santé, longévité et bonheur.

A mes sœurs (**Asma; Zahra; Rabab; Roumaissa**) sans oublier mon frères
Bilal,

Aainsi qu'à leurs époux, **lamine ,Ismail ,Yazid. Manal**, l'épouse de mon frère.

A toute ma famille «**Nihad; Nana; Raghed ;Baraa; Ghina ; Bissan;**
Nourhane; Rahaf; Mohamed; Farah ; Ahmed ; Haider.

A ma binome et mon amie **ikram** pour le soutien et la patience afin de
Terminer ce travail.

A mes chères collègues et amis sans exception de section

Hadil

Nom et prénom : Gueffaf Ikram nour elhouda -Kouiled Hadil

Thème :Activité antibactérien des huiles essentielles contre salmonella spp au niveau des viandes de poulet réfrigéré à 4 °C.

Résumé

Ces dernières années, l'intérêt pour les alternatives naturelles aux conservateurs alimentaires synthétiques n'a cessé de croître, en raison de leurs effets potentiellement nocifs sur la santé. Parmi ces alternatives, les huiles essentielles ont attiré l'attention pour leurs propriétés biologiques, notamment leur activité antimicrobienne. Cette étude vise à évaluer l'effet antibactérien des huiles essentielles de girofle(*Syzygium aromaticum*) et de laurier (*Laurus nobilis*) contre la bactérie *Salmonella* spp., isolée de viandes de poulet réfrigérées à 4 °C. Le rendement d'extraction a été calculé pour chaque huile H1(girofle) 1.5% et H2 (laurier) 0.88%. Les résultats ont montré une efficacité significative des deux huiles contre *Salmonella*, avec un effet plus prononcé pour l'huile essentielle de girofle(Log_{10} 7.9 UFC/g). Ces résultats suggèrent que les huiles essentielles de girofle et de laurier pourraient être utilisées comme agents conservateurs naturels dans les produits carnés réfrigérés, offrant une alternative prometteuse aux additifs chimiques.

Mots-clés

Huile essentielle, girofle, laurier, viande de poulet, *Salmonella*

Name and surname:Gueffaf Ikram nour elhouda - Kouiled Hadil

Theme: Effect of Clove and Bay Laurel Essential Oils on Salmonella in Refrigerated Chicken Meat at 4 °C.

Abstract

In recent years, there has been growing interest in using natural alternatives to synthetic food preservatives due to their potential adverse health effects. Among these alternatives, essential oils have gained attention for their multiple biological properties, particularly their antibacterial activity. This study aims to evaluate the antibacterial effect of clove (*Syzygium aromaticum*) and bay laurel (*Laurus nobilis*) essential oils against *Salmonella* spp. isolated from refrigerated chicken meat stored at 4 °C. The extraction yield was calculated for each oil: H1 (clove) 1.5% and H2 (laurel) 0.88%. The results revealed that both oils exhibited significant antibacterial activity against *Salmonella*, with clove oil showing higher effectiveness (Log_{10} 7.9 UFC/g). These findings suggest that clove and bay laurel essential oils may serve as natural preservative agents in refrigerated meat products, offering a promising alternative to synthetic additives.

Key words:

Essential oil, clove, bay laurel, chicken meat, *Salmonella* .

الاسم و اللقب: قفاف اكرام نور الهدى - خويلد هديل

°C. الموضوع تأثير الزيوت الأساسية للقرنفل والغار على بكتيريا السالمونيلا في لحوم الدجاج المبردة عند درجة مئوية 4

الملخص

في السنوات الأخيرة، ازداد الاهتمام بالبدائل الطبيعية للمواد الحافظة الغذائية الاصطناعية، بسبب آثارها الضارة المحتملة على الصحة. ومن بين هذه البدائل، حظيت الزيوت الأساسية باهتمام كبير نظرًا لخصائصها البيولوجية، وخاصة نشاطها المضاد للميكروبات. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التأثير المضاد للبكتيريا للزيوت الأساسية للقرنفل (*Syzygium aromaticum*) والغار (*Laurus nobilis*) ضد بكتيريا *Salmonella spp.* المعزولة من لحوم دجاج مبردة على درجة حرارة 4 درجات مئوية. تم حساب مردود استخلاص الزيوت بحيث زيت القرنفل 1.5% و زيت ورق الغار 0.88%. أظهرت النتائج فعالية كبيرة لكلا الزيتين ضد السالمونيلا، مع تأثير أقوى لزيت القرنفل ($\text{Log}_{10} 7.9 \text{ UFC/g}$). وتشير هذه النتائج إلى أن زيوت القرنفل والغار الأساسية يمكن استخدامها كمواد حافظة طبيعية في منتجات اللحوم المبردة، مما يوفر بديلاً واعدًا للمواد المضافة الكيميائية.

الكلمات المفتاحية

الزيت الأساسي، القرنفل، الغار، لحم الدجاج، لسالمونيلا.

Tableaux des matières

<i>Sommaire</i>	
Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	01
Chapitre I: Contamination de la viande de poulet	
I. Les espèces des volailles	04
1. Production des volailles en Algérie	04
1.1. Les principaux dangers liés à la viande de volaille	04
1.1.1. Dangers biologiques	05
1.2. Sources de contamination bactérienne	05
1.2.1. Pendant l'élevage	05
1.2.2. Lors du transport vers l'abattoir	05
1.2.3. Au moment de l'abattage	06
1.3. Origines et modes spécifiques de contamination bactérienne lors de l'abattage	07
1.4. Bactéries	08
1.4.1. Escherichia coli	08
1.4.2. Colibacillose aviaire	08
1.4.3. Salmonella spp	08
2. Poulet	09
2.1. Contamination du poulet	10
2.2. Types de contamination	10
2.2.1. La contamination microbiologique	11
2.2.2. La contamination allergénique	11
3. Germe salmonella	11
3.1. Caractères bactériologiques	12
3.1.1. Caractères morphologiques et culturaux	12
3.2. Caractères biochimiques de Salmonella	12
3.5. Facteurs de virulence chez Salmonella	12
3.6. Contamination par Salmonella	13
Chapitre II : Activités antibactérienne des huiles essentielles	
1. Les huiles essentielles	16
1.1. Introduction aux huiles essentielles	16
1.2. Définition des huiles essentielles	12
1.3. Histoire et importance des huiles essentielles	17
1.4. Procédés d'extraction des huiles essentielles	18
1.4.1. Distillation	18
1.4.2. La distillation à l'eau ou « hydrodistillation »	19
1.4.3. La distillation à la vapeur d'eau	19
1.4.4. L'hydrodiffusion	20
1.4.5. L'extraction au dioxyde de carbone supercritique (CO ₂)	20
1.4.6. L'extraction par solvant	21
1.4.7. L'extraction par enfleurage	21
1.5. Composition chimique des huiles essentielles	21

Tableaux des matières

1.6. Les caractéristiques des huiles essentielles	24
1.6.1. Composition chimique	24
1.6.2. Odeur	24
1.6.3. Couleur	24
1.6.4. Densité	24
1.6.5. Point d'ébullition	24
1.6.6. Pouvoir rotatoire	24
1.6.7. Indice de refraction	25
1.7. La conservation des huiles essentielles	25
1.8. Principales utilisations des huiles essentielles	25
1.8.1. Aromathérapie	26
1.8.2. Soins de la peau	26
1.8.3. Parfumerie	26
1.8.4. Cuisine	26
1.8.5. Entretien ménager	26
1.9. Contrôle des huiles essentielles	26
1.10. Les méthodes d'analyse des huiles essentielles	27
1.10.1. Chromatographie en phase gazeuse (CPG)	27
1.10.2. Chromatographie en phase liquide (CPL)	27
1.10.3. Spectrométrie de masse (MS)	27
1.10.4. Spectroscopie infrarouge (IR)	27
1.10.5. Résonance magnétique nucléaire (RMN)	27
1.11. Toxicité des huiles essentielles	27
1.12. Activité biologique des huiles essentielles	28
1.12.1. Activité antibactérienne	28
1.12.2. Activité antiparasitaire	30
1.12.3. Activité anti-inflammatoire	30
1.12.4. Activité digestive	30
1.12.5. Activité cicatrisante	30
1.14. Production mondiale des huiles essentielles	31
2. Le Giroflier (<i>Syzygium aromaticum</i>)	32
2.1. Origine	32
2.2. Classification botanique	32
2.3. Caractéristiques botaniques	32
2.4. Extraction de l'huile essentielle	33
2.5. Stockage	34
2.6. Utilisations des produits du giroflier	34
3. Le clou de girofle	34
3.1. Origine	34
3.2. Classification	35
3.3. Composants principaux de l'huile essentielle du clou de girofle	35
4. Le Laurier	35
4.1. Famille des Lauraceae	35
4.2. <i>Laurus nobilis</i> L.	37
4.3. Description botanique	37
4.4. Classification botanique	38
5.1. Composition phytochimique	38

Tableaux des matières

Chapitre III : Partie pratique	
Matériel et Méthode	
Partie végétale	
I. L'extraction des huiles essentielles	41
1. Hydro distillation	41
2. L'extraction des l'huile essentielles de Laurier et de girofle	45
1. 3 . Extraction de girofle et laurier	45
Partie bactériologiques	
II.Évaluation de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de girofle et de laurier contre Salmonella spp	46
1. La Technique de diffusion sur gélose	46
III. Test de l'effet des hilles essentilles de girofle et de laurier sur les salmonella dans les viandes de poulet	47
Résultat et discussion	
I. Extraction des huiles essentielles	52
1. Rendement des huiles essentielles étudiées	52
1.1 Rendement en huile essentielle du girofler (<i>Syzygium aromaticum</i>)	52
1.2 Rendement en huile essentielle du laurier (<i>Laurus nobilis</i>)	52
II. Test bactériologiques par la microdilution	54
1. Évaluation de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de girofle et de laurier contre Salmonella spp par la microdilution	54
II. Test bactériologiques macrodilution	56
1. Activité des huiles essentielles de girofle sur la bactérie Salmonella spp	56
2. Activité des huiles essentielles de l'aurier sur la bactérie Salmonella spp	56
3. Test de l'effet des hilles essentilles de girofle et delauriersur les slmonella dans les viandes de poulet	57

Liste des tableaux

Numéro de tableau	Titre	Page
Tableau 1	Caractéristiques principales de <i>Salmonella</i>	12
Tableau 2	Récapitulation des principales huiles essentielles produites et des principaux pays producteurs dans le monde en 2025	31
Tableau 3	Classification botanique du giroflier	32
Tableau 4	Classification botanique du clou de girofle	42
Tableau 5	Classification botanique du laurier	42
Tableau 6	Quantités et rendements des plantes de girofle et de laurier	52
Tableau 7	Caractéristiques du girofle et du laurier	53
Tableau 8	Activité antimicrobienne des huiles essentielles de laurier et de girofle	53
Tableau 9	Comparaison des rendements en huile essentielle de <i>clous de girofle</i> de différents pays	53
Tableau 10	Comparaison des rendements en huile essentielle de laurier de différents pays	54
Tableau 11	Effet des huiles essentielles de girofle et de laurier sur la charge en <i>Salmonella</i> dans les viandes de poulet stockées au froid	59

Liste des figures

Numéro de figure	Titre	Page
Figure 01	Les volailles	04
Figure 02	L'élevage des volailles	06
Figure 03	Les volailles au moment de l'abattage	07
Figure 04	Sources de contamination chez les volailles	09
Figure 05	Types de contamination	11
Figure 06	Mécanismes d'infection de <i>Salmonella</i>	13
Figure 07	Schématisation du procédé de l'hydrodistillation	19
Figure 08	Distillation à la vapeur d'eau	20
Figure 09	Structures des composés terpéniques (A : monoterpènes, B : sesquiterpènes)	23
Figure 10	L'arbre de giroflier	33
Figure 11	Fleur du giroflier	33
Figure 12	Structure du giroflier	33
Figure 13	Le clou de girofle	35
Figure 14	L'huile essentielle de clou de girofle	35
Figure 15	Distribution des Lauracées à travers le monde	36
Figure 16	Arbuste de laurier noble	37
Figure 17	Aspect morphologique de <i>Laurus nobilis</i>	38
Figure 18	Feuilles de laurier	42
Figure 19	Préparation de la plante avant l'hydrodistillation (laurier)	43
Figure 20	Protocole de préparation des huiles essentielles	44
Figure 21	Extraction des huiles essentielles (laurier et girofle)	44
Figure 22	Découpe du poulet	46
Figure 23	Placer des échantillons dans les barquettes	46
Figure 24	Immersion des échantillons dans l'émulsion d'huiles essentielles	47
Figure 25	Échantillons traités conservés dans des barquettes	47
Figure 26	Schéma des étapes de pré-enrichissement	48
Figure 27	Schéma des étapes d'enrichissement	48
Figure 28	Étape de dilution décimale	49
Figure 29	Schéma des étapes de dilution décimale	49
Figure 30	Étape d'ensemencement	50
Figure 31	Effet inhibiteur de l'huile essentielle laurier sur la souche bactérienne testée <i>Salmonella</i>	55
Figure 32	Effet inhibiteur de l'huile essentielle girofle sur la souche bactérienne testée <i>salmonella</i>	55
Figure 33	Évolution comparative des scores de qualité des huiles au cours du temps	59
Figure 34	Dénombrement de la bactérie <i>salmonella</i> (H1 girofle) jour 9	59
Figure 35	Dénombrement de la bactérie <i>salmonella</i> (H2 laurier) jour 9	59

Liste des abréviations

- AFNOR** : Association française de normalisation
- ATCC** : American Type Culture Collection
- CCM** : Chromatographie sur couche mince
- HACCP** : Système d'analyse des risques et de maîtrise des points critiques
- HE** : Huile essentielle
- MHA** : Mueller Hinton Agar
- OMS** : L'Organisation mondiale de la santé
- UFC** : Unités formant colonie
- UV** : Ultra violet
- ANOVA** : Analyse de la variance
- CO2** : Dioxyde de carbone
- FAO** : Food Agricultural Organisation
- ISO** : Organisation internationale de normalisation
- R (%)** : Rendement en huile essentielle

Introduction

Introduction

La viande de volaille représente également la principale source de protéines animales, répondant à une demande croissante en raison de son prix abordable et de son accessibilité. Cette tendance s'inscrit dans un contexte mondial, où la production de viande de volaille a atteint 139 millions de tonnes en 2022, dépassant ainsi celle du porc (123 Mt) et du bœuf (76 Mt). C'est une source de protéines d'excellente qualité car ces protéines contiennent 40% d'acides aminés essentiels (**Iberraken, 2006**)

La viande de volaille, bien qu'elle soit très nutritive est très riche en vitamines, notamment celles du groupe B (B3, B6) et de minéraux, C'est une source de protéines d'excellente qualité car ces protéines contiennent 40% d'acides aminés essentiels (**Iberraken, 2006**), peut également provoquer des contaminations alimentaires si les conditions d'abattage, de conservation ou de cuisson ne sont pas respectées. Elle est souvent associée à des agents pathogènes comme *Salmonella*, *Campylobacter* ou *Listeria*. (**Jay et al., 2005**) ; Et puis, l'utilisation de substances chimiques dans l'industrie avicole répond à plusieurs finalités, notamment l'emploi d'antibiotiques, de promoteurs de croissance, de désinfectants et d'agents conservateurs. Bien que ces produits contribuent à optimiser la production et à prévenir diverses maladies, leur usage excessif ou le non-respect des délais d'attente avant l'abattage peut entraîner une accumulation de résidus chimiques potentiellement dangereux dans les tissus de la viande.

L'une des solutions proposées pour réduire la contamination des carcasses consiste à appliquer un traitement de décontamination après l'abattage. Cependant, bien que cette pratique soit en vigueur dans certains pays, elle reste interdite au sein de l'Union européenne. Les autorités sanitaires de l'Union européenne adoptent une approche préventive visant à réduire la présence de bactéries pathogènes par l'amélioration des pratiques d'élevage et des procédures d'abattage. Elles considèrent que le recours à des traitements chimiques pourrait compromettre le respect rigoureux des normes d'hygiène par les professionnels du secteur. L'interdiction en vigueur repose essentiellement sur les risques sanitaires potentiels liés à la présence de résidus chimiques, en particulier ceux contenant du chlore, suspectés d'avoir des effets cancérogènes. Toutefois, dans le contexte des évolutions scientifiques et technologiques, une révision de cette réglementation pourrait être envisagée à moyen ou long terme.

À ce jour, cette filière reste vulnérable à la contamination par des bactéries pathogènes, responsables majeurs de zoonoses d'origine alimentaire. Et une étude néerlandaise (1999–2015) a indiqué qu'une infection sévère à *Salmonella* Enteritidis avant l'âge de 60 ans était associée à une augmentation du risque de cancer du côlon d'environ 1,5-fois, en particulier dans la partie supérieure du côlon (côlon ascendant/transverse). « Les chercheurs et scientifiques cherchent déjà à développer des alternatives efficaces et accessibles issues de produits naturels, qui suscitent aujourd'hui un regain d'intérêt et jouissent d'une popularité croissante. Parmi ces alternatives figurent les huiles essentielles

Introduction

extraites de plantes médicinales et aromatiques, reconnues pour leurs propriétés antiseptiques et antimicrobiennes. En effet, nombre d'entre elles possèdent aussi des propriétés antitoxiques, antivirales, antioxydantes et antiparasitaires, et l'on découvre plus récemment qu'elles peuvent avoir des effets anticancéreux

L'objectif de cette étude de mémoire est d'évaluer l'effet des huiles essentielles sur la bactérie *Salmonella* présente dans les viandes de poulet, dans le but d'améliorer leur qualité microbiologique et d'augmenter leur durée de conservation lors du stockage au froid à 4 °C.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres principaux. Il s'agit d'un chapitre théorique qui décrit en détail les risques sanitaires liés à la consommation de volaille, notamment la poulet, et explique les mécanismes de contamination bactérienne tout au long de la chaîne de production, depuis l'élevage jusqu'à la consommation. Et deuxième chapitre montre que les huiles essentielles peuvent jouer un rôle important dans la lutte contre les bactéries, surtout dans un contexte de résistance croissante aux antibiotiques. Cependant, leur utilisation demande précaution et connaissance de leurs propriétés. Et dans une partie pratique présente les matériaux et les méthodes utilisés, en mettant l'accent sur les activités antibactériennes des huiles essentielles, tout en détaillant les techniques de traitement et les méthodes de détection des salmonelles. Est après exposé les résultats obtenus au cours des différentes expérimentations, suivis d'une analyse explicative des effets observés

Chapitre I:

Contamination de la viande de poulet

I. Espèces des volailles

Volaille constitue aujourd'hui le principal de croissance de la production mondiale de viande, principalement en raison de l'augmentation de la demande pour cette source de protéine moteurs animales, plus abordable que la viande rouge. Les faibles coûts de production et les prix relativement bas des produits avicoles en font la viande la plus prisée tant par les producteurs que par les consommateurs, notamment dans les pays en développement (FAO, 2016).



Figure 01 :Les volailles(*Doe,J(2023)*)

1. Production des volailles en Algérie

À l'instar de nombreux autres secteurs industriels, le secteur avicole en Algérie a traversé plusieurs réorganisations successives, notamment sous l'impulsion des réformes économiques mondiales (Finnardji, 1990). Ces changements ont entraîné la suppression du monopole étatique et une ouverture plus large du marché, favorisant une meilleure régulation.

Après l'indépendance en 1962, l'industrie avicole algérienne restait principalement agricole, traditionnelle et peu encadrée. Les exploitations avicoles occupaient une place très réduite dans l'alimentation nationale, avec une consommation de produits d'origine animale, en particulier de volaille, nettement inférieure aux recommandations de la FAO et de l'OMS (FAO, 2005).

1.1. Les principaux dangers liés à la viande de volaille

Selon le règlement (CE) n°178/2002 du 28 janvier 2002, le terme « danger » désigne toute substance, tout organisme ou toute caractéristique physique susceptible d'être présente dans les denrées alimentaires et d'avoir des effets néfastes sur la santé humaine.

D'après l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA, 2014), les dangers alimentaires se répartissent en trois grandes catégories :

• **Dangers biologiques** : ce sont des micro-organismes tels que les bactéries, les virus et les parasites, pouvant se développer dans les aliments et provoquer des maladies d'origine alimentaire (ACIA, 2014).

1.1.1. Dangers biologiques

La viande de volaille est particulièrement vulnérable aux dangers biologiques, qui constituent une menace importante pour la qualité des produits et la santé des consommateurs. Ces dangers incluent principalement les bactéries, les virus et les parasites.

Les **bactéries** sont les micro-organismes les plus couramment impliqués. Elles peuvent contaminer la volaille à différents stades (production, transport, transformation, stockage) en raison de mauvaises pratiques d'hygiène. On distingue les bactéries altérantes, responsables de la dégradation sensorielle de l'aliment, et les bactéries pathogènes, pouvant entraîner des maladies. Les espèces les plus fréquemment rencontrées sont : *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Campylobacter jejuni* et *Clostridium perfringens*(GUIRAUD, 2003).

Les **virus**, bien qu'incapables de se multiplier dans les aliments, peuvent persister longtemps sur leur surface. Ils sont transmis principalement par des individus infectés et sont plus résistants que les bactéries aux conditions environnementales (chaleur, pH, désinfectants) (GUIRAUD, 2003).

Les **parasites** tels que les *coccidies*, *ascaris*, *Syngamus trachea* et *Histomonas meleagridis* peuvent contaminer les volailles. Leur présence est généralement contrôlée à l'élevage par des plans de prophylaxie, mais une contamination des aliments reste possible, notamment en cas d'hygiène insuffisante (ACIA, 2014).

1.2. Sources de contamination bactérienne

Contamination bactérienne de la viande de volaille peut provenir de plusieurs sources, tout au long de la chaîne de production :

1.2.1. Pendant l'élevage :

1.2.2. Même en bonne santé apparente, les volailles hébergent naturellement divers micro-organismes dans leur tube digestif, leurs voies respiratoires, sur leur peau et dans leurs plumes (Rouger et al., 2017).



Figure 02:l'élevage des volailles(*Roxell*)

1.2.3. Lors du transport vers l'abattoir :

De plus, lors du transport vers l'abattoir, les poulets peuvent être exposés à une contamination croisée, notamment par les excréments d'autres oiseaux présents dans les cages, surtout si celles-ci ne sont pas correctement nettoyées et désinfectées (**Corry et al., 2002 ; Marin et al., 2009**).

1.2.4. Au moment de l'abattage :

Malgré les avancées technologiques, les abattoirs industriels restent des lieux à haut risque de contamination et de diffusion bactérienne (**Althaus et al., 2017**).

L'environnement de l'abattoir – incluant les surfaces, l'air ambiant et les liquides utilisés – peut contenir des bactéries capables de contaminer les carcasses et les morceaux de volaille (**Rouger et al., 2017**).

Plusieurs étapes du processus d'abattage peuvent contribuer à la contamination : la réception des animaux, la saignée, l'échaudage, la plumaison, l'éviscération, le refroidissement, le conditionnement et la découpe (**Cohen et al., 2007**).



Figure 03 :les volailles Au moment de l'abattage(*L'Echo d'Algerie*)

1.3. Origines et modes spécifiques de contamination bactérienne lors de l'abattage

Contamination bactérienne des carcasses de volaille peut survenir à différentes étapes du processus d'abattage, sous l'effet de plusieurs facteurs :

- 1.3.1.** Les carcasses peuvent être contaminées par les bactéries naturellement présentes dans l'animal, notamment dans le tube digestif, mais aussi par celles issues de l'environnement de l'abattoir. Le type d'infrastructure utilisé peut d'ailleurs influencer la nature et la quantité de la flore bactérienne (**Cohen et al., 2007**).
- 1.3.2.** Des contaminations croisées peuvent apparaître dès le déchargement des caisses de transport, pendant la phase d'attente des animaux, ainsi que tout au long de certaines étapes clés telles que l'échaudage, la plumaison, l'éviscération et le conditionnement (**Itavi, 2008**).
- 1.3.3.** L'échaudage, en particulier, représente un moment critique : les températures élevées utilisées peuvent non seulement favoriser la prolifération bactérienne, mais aussi faciliter le transfert des bactéries des plumes vers la peau des volailles (**Cardinale et al., 2000a**).
- 1.3.4.** La plumaison et l'éviscération sont également des étapes à haut risque, en raison du relargage potentiel du contenu digestif et des manipulations humaines, qui augmentent les chances de contamination (**Cardinale et al., 2000a**).
- 1.3.5.** Le refroidissement des carcasses constitue un autre point sensible, car il peut provoquer des contaminations croisées entre différentes surfaces de contact (**Itavi, 2008**).

1.3.6. Enfin, même après l'abattage, des risques persistent : le stockage à basse température peut ne pas empêcher la prolifération de certaines bactéries, et les manipulations lors du conditionnement et de la découpe peuvent aussi favoriser la contamination (**Rouger et al., 2017**).

1.3.7. Les principaux contaminants retrouvés dans la volaille sont des bactéries pathogènes, ainsi que des résidus de traitements vétérinaires, tels que les antibiotiques.

1.4. Bactéries

1.4.1. Escherichia coli

E. coli est une bactérie couramment présente dans le système digestif des humains et des animaux à sang chaud. Cependant, certaines souches d'*E. coli* peuvent être pathogènes et provoquer des infections. Des souches pathogènes d'*E. coli*, telles que *E. coli* O157:H7, peuvent être transmises à l'homme par le biais d'aliments contaminés, tels que la viande hachée crue ou insuffisamment cuite, le lait et les légumes crus. La contamination fécale de l'eau et d'autres aliments, ainsi que la contamination croisée pendant la préparation des aliments, peuvent également entraîner des infections (**OMS, 2018**).

1.4.2. Colibacillose aviaire

Colibacillose aviaire est une affection qui se manifeste chez les volailles et est provoquée par la bactérie *E. coli*. Bien qu'elle ne soit pas directement transmissible à l'homme, la consommation de viande de volaille contaminée par *E. coli* peut entraîner des infections chez les humains. Les symptômes de l'infection à *E. coli* chez l'homme peuvent inclure une faiblesse générale, des douleurs abdominales, des crampes, de la fièvre, des nausées et des vomissements. Dans les cas graves, cette infection peut entraîner des complications telles que le syndrome hémolytique et urémique (SHU), qui peut causer une insuffisance rénale ainsi que d'autres problèmes de santé graves (**Stordeur et al., 2002**).

1.4.3. Salmonella spp

Les salmonelles font partie de la famille des entérobactéries. Elles sont responsables de deux catégories de maladies : la salmonellose, qui se manifeste par des gastro-entérites causées par une intoxication alimentaire, ainsi que les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes (**Futura-sciences, 2022**). La bactérie *Salmonella* peut être présente dans différents environnements, notamment dans les aliments. Elle peut contaminer des produits tels que la viande, la volaille, les œufs et les produits laitiers non pasteurisés. La salmonelle peut se propager dans ces aliments lorsque les conditions d'hygiène sont insuffisantes lors de la production, de la manipulation ou de la préparation (**MSSLD Ontario, 2020**).

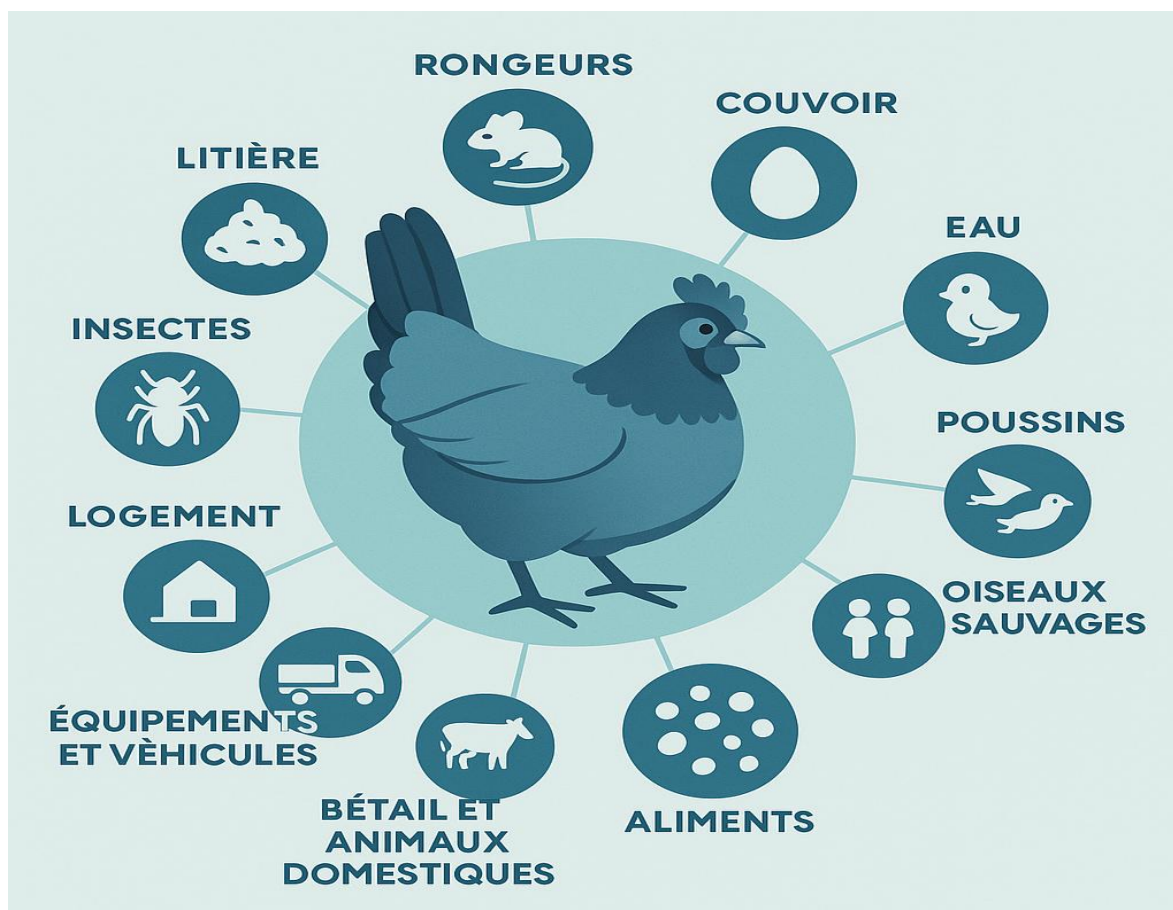


Figure04 :Sources de contamination chez les volailles

2. Poulet

Parmi toutes les volailles, le poulet se distingue par sa capacité à transformer efficacement son alimentation en protéines animales de grande valeur nutritionnelle (Allaoui, 2018). Il occupe la deuxième place mondiale dans la production de viande, juste derrière le porc (FAO, 2008). Avec une population mondiale de 7,28 milliards d'habitants, la production de viande de volaille a atteint environ 110,5 millions de tonnes au cours de la dernière décennie, selon la FAO (2015). Les projections pour 2018 prévoient une hausse à 113,5 millions de tonnes, soit une augmentation de plus de 2 %, principalement en Chine, suivie des États-Unis et de l'Union européenne (USDA, 2019).

2.1. Contamination du poulet

Poulet, la dinde, le porc, le bœuf, ainsi que d'autres viandes et volailles, constituent des sources essentielles de protéines et de nutriments pour l'alimentation humaine. Toutefois, comme les œufs, le lait cru et l'ensemble des produits animaux non cuits, ils peuvent héberger *Salmonella* et d'autres bactéries pathogènes. Fort heureusement, la présence de ces agents microbiens n'entraîne pas systématiquement une maladie chez le consommateur (OMS, 2015).

Chapitre I:La contamination de la viande de poulet

Parmi les sérotypes de *Salmonella* les plus fréquemment impliqués dans les toxi-infections alimentaires, *Salmonella Enteritidis*, *Hadar* et *Virchow* sont particulièrement caractéristiques de la filière avicole. Quant au sérotype *Typhimurium*, bien qu'il ne soit pas exclusivement associé aux volailles, il est régulièrement identifié dans les élevages de poulets, de dindes et de canards (Rajashekra et al., 2000).

Le taux élevé de portage de *Salmonella* chez les oiseaux d'élevage explique en grande partie la contamination récurrente des produits avicoles (Bornert, 2000). Si l'origine exacte de cette contamination reste partiellement inconnue, plusieurs facteurs sont suspectés, notamment l'alimentation, l'eau de boisson et les conditions environnementales.

Au cours des vingt dernières années, *Salmonella Enteritidis* s'est imposée comme l'un des principaux agents infectieux chez l'être humain. Les œufs de poule en représentent une source importante, en raison de la capacité particulière de ce sérovar à coloniser les tissus ovariens des poules et à contaminer le contenu de l'œuf, même lorsque la coquille reste intacte (FSIS, janvier 1988).

Le poulet étant la volaille la plus consommée dans de nombreux pays, sa forte popularité soulève des préoccupations sanitaires. En effet, ces volailles peuvent être infectées par *Salmonella* dès la phase de croissance, et la peau ainsi que la chair de leurs carcasses sont souvent contaminées lors des processus d'abattage et de transformation.

2.2. Types de contamination

Viande de poulet peut être sujette à quatre types principaux de contamination alimentaire : physique, chimique, microbiologique et allergénique.



Figure 05 :Types de contamination

Chapitre I:La contamination de la viande de poulet

2.2.1. La contamination microbiologique

Elle est causée par la présence de micro-organismes pathogènes dans la viande, notamment *Escherichia coli* (*E. coli*), *Salmonella* ou *Campylobacter*, qui peuvent entraîner des infections chez le consommateur.

2.2.2. La contamination allergénique

Elle se produit lorsque des allergènes, comme le gluten, les fruits à coque, les œufs ou d'autres substances allergènes, sont présents dans la viande, représentant un risque pour les personnes sensibles (Aubrun, Olivier, 2020).

3. Germe salmonella

La salmonellose est une infection d'origine alimentaire provoquée par la bactérie *Salmonella*. Elle peut être contractée par la consommation d'aliments contaminés, notamment la viande et la volaille, ou par un contact direct avec des animaux d'élevage porteurs de la bactérie.

Les principaux symptômes incluent des troubles gastro-intestinaux tels que la diarrhée, les nausées, les vomissements, ainsi qu'une fièvre fréquente. Les personnes âgées, les nourrissons et les individus dont l'état de santé est fragilisé présentent un risque accru de complications.

En France, les salmonelles sont à l'origine de 39 % des épidémies alimentaires collectives confirmées liées à des agents toxiques (TIAC) (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2017).

Catégorie	Informations
Type	Bactérie Gram-négative, en forme de bâtonnet (bacille)
Nom scientifique	<i>Salmonella enterica</i> (forme la plus courante)
Sources principales	Volailles, œufs, viande crue, produits laitiers non pasteurisés
Mode de transmission	Ingestion d'aliments ou d'eau contaminés, contact avec des animaux infectés
Symptômes	Diarrhée, fièvre, vomissements, douleurs abdominales (apparaissent en 6–72 h)
Personnes à risque	Enfants, personnes âgées, femmes enceintes, immunodéprimés
Traitement	Réhydratation, parfois antibiotiques dans les cas graves
Prévention	Bonne hygiène, cuisson complète des aliments, lavage des mains, nettoyage des surfaces

Tableau01:Caractéristiques principales de *Salmonella*(WHO).(2018)

3.1. Caractères bactériologiques

3.1.1. Caractères morphologiques et culturels

C'est l'écriture la plus courante sont des bacilles Gram négatif, non sporulants, généralement mobiles grâce à des flagelles disposés de manière péritriche, à l'exception notable de *Salmonella gallinarum*, qui est immobile. Leur taille varie de 2 à 5 µm de long pour 0,7 à 1,5 µm de large (Niyonzima et al., 2017).

Sur le plan culturel, après 24 heures d'incubation à 37 °C sur un milieu ordinaire, elles forment des colonies circulaires, blanchâtres, légèrement bombées, translucides, lisses et bien délimitées, mesurant entre 3 et 4 mm de diamètre. Certaines souches dites de type R, issues de mutations affectant la synthèse des polysaccharides, présentent toutefois des bords irréguliers.

La culture sur gélose ordinaire est généralement suffisante lorsqu'il s'agit de prélèvements mono-microbiens comme le sang ou le liquide céphalorachidien. En revanche, pour les échantillons contenant une flore polymicrobienne, tels que les selles, le recours à des milieux sélectifs est indispensable pour permettre une isolation efficace du germe (Camart-Pérét, 2006).

3.2. Caractères biochimiques de *Salmonella*

Les tests biochimiques permettant d'identifier *Salmonella* reposent sur plusieurs caractéristiques spécifiques :

- *Salmonella* ne produit pas d'uréase, ni de tryptophane désaminase, ni d'indole, ni d'acétone.
- Elle réduit les nitrates en nitrites.
- Elle peut utiliser le citrate comme unique source de carbone.
- Elle fermente le glucose, avec ou sans production de gaz.
- Elle ne fermente pas le lactose ni le saccharose.
- Elle produit du sulfure d'hydrogène (H₂S) à partir du thiosulfate.

Le test à l'oxydase est toujours négatif (Korsak et al., 2004).

3.3. Facteurs de virulence chez *Salmonella*

Les facteurs de virulence des salmonelles jouent un rôle clé à différentes étapes de l'infection, notamment :

la production de toxines (endotoxines, entérotoxines, cytotoxines), la colonisation, l'adhésion et l'invasion des tissus de l'hôte,

ainsi que la survie au sein des cellules de l'hôte.(Finlay etBrumell, 2000)

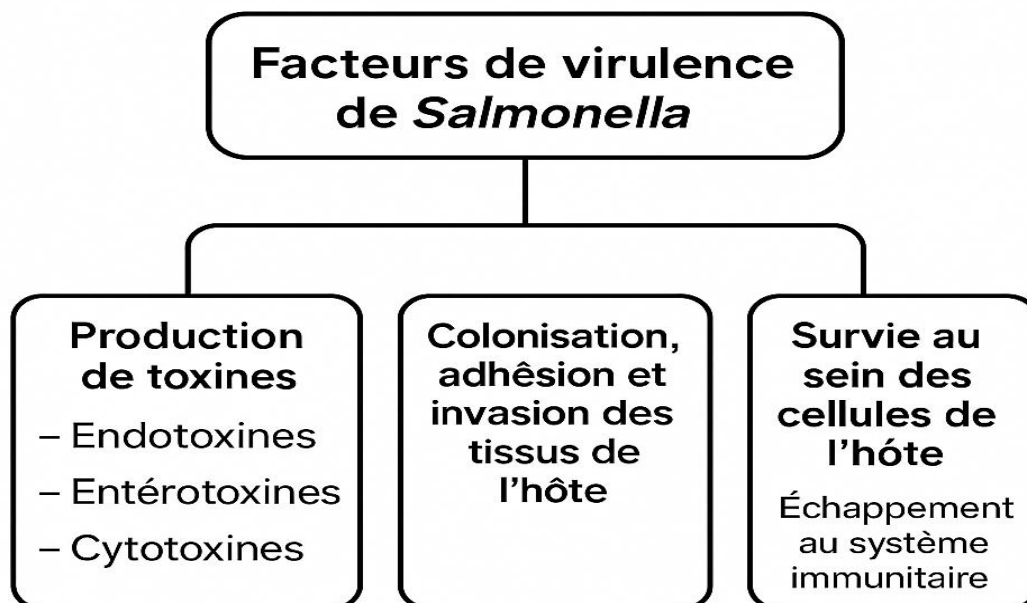


Figure 06 :Mécanismes d'infection de *Salmonella*(Finlay et Brumell, 2000).

3.4. contamination par *Salmonella*

Salmonella Enteritidis présente une affinité particulière pour les tractus digestif et génital de la volaille, ce qui explique la contamination des œufs et, par conséquent, son introduction dans la chaîne alimentaire. Cette bactérie se transmet verticalement via les œufs, constituant ainsi la principale cause de la pandémie de salmonellose non typhoïde observée chez l'homme. Par ailleurs, la transmission horizontale est également possible au sein des élevages avicoles. Une fois qu'un bâtiment a accueilli des poules contaminées, il devient très difficile d'éliminer cette contamination par des mesures d'hygiène classiques. Chez les volailles en bonne santé, les muscles et tissus profonds restent stériles. Cependant, durant le processus d'abattage, notamment lors des étapes de plumage et d'éviscération, les bactéries présentes sur les plumes et dans l'appareil intestinal peuvent contaminer la surface des carcasses.(EFSA) (2023).

Chapitre II

Activités antibactériennes des huiles
essentielles

1. Les huiles essentielles

1.1. Introduction aux huiles essentielles

Les huiles essentielles (HE) sont utilisées depuis des millénaires pour leurs effets bénéfiques sur les êtres vivants. L'usage thérapeutique et symbolique des plantes remonte à environ 5000 ans, comme en témoignent les pratiques de civilisations anciennes telles que celles de l'Égypte pharaonique, de la Grèce antique, ainsi que de la Chine et de l'Inde. Par exemple, en Égypte, les huiles essentielles servaient notamment de parfums lors du processus de momification des corps (**Lamaty et al., 1997**).

1.2. Définition des huiles essentielles

Pour comprendre ce que sont les huiles essentielles, il convient tout d'abord de définir les essences végétales. Ces dernières sont produites dans les tissus des plantes aromatiques par photosynthèse. Elles sont stockées dans des microcavités situées dans les tissus végétaux grâce à des cellules sécrétrices. Lors d'une extraction (par distillation à la vapeur ou autre procédé), ces cavités éclatent sous l'effet de la chaleur ou de la pression, libérant ainsi la fraction volatile des essences (**Huete, 2012**).

Selon la Pharmacopée Européenne (01-2008: 2098), une huile essentielle est une substance odorante, généralement complexe, obtenue à partir d'une matière végétale clairement identifiée par entraînement à la vapeur d'eau, distillation sèche ou procédé mécanique sans chauffage. Elle est ensuite séparée de l'eau par des moyens physiques n'altérant pas significativement sa composition (**Benoit, 2015**).

De manière similaire, **Brunton (2004)** précise que l'huile essentielle peut également être obtenue par expression mécanique, notamment à partir de l'épicarpe des agrumes, ou par distillation sèche. Des traitements physiques supplémentaires (redistillation, aération, etc.) peuvent être appliqués, sans modifier notablement sa composition.

La variété des techniques d'extraction permet aussi d'identifier d'autres produits dérivés ou liés aux huiles essentielles :

- **Concrète** : extrait odorant obtenu par extraction avec un solvant organique à partir de matière végétale fraîche, puis purification physique.
- **Résinoïde** : similaire à la concrète, mais à partir de matière végétale sèche.

Chapitre II: Activités antibactérienne des huiles essentielles

- **Pommade florale** : corps gras parfumé issu de l'enfleurage des fleurs, à froid ou à chaud.
- **Absolue** : extrait concentré obtenu à partir d'une concrète, pommade florale ou résinoïde, par extraction à l'éthanol, puis élimination des cires et de l'alcool.
- **Eau florale** : sous-produit de la distillation, issue de la condensation de la vapeur contenant de l'huile essentielle, séparée ensuite de celle-ci.
- **Hydrolat** : obtenu par macération de plantes dans l'eau (**Brunton, 2004**).

Les huiles essentielles sont des substances huileuses, volatiles, intensément aromatiques, extraites de diverses parties de plantes aromatiques, par distillation, enfleurage, expression, ou extraction par solvants (**Wichtel, 1999**).

Selon Bruneton (1999), elles sont des produits complexes composés de substances volatiles naturellement présentes dans les végétaux, pouvant être légèrement modifiées lors de leur extraction.

Enfin, la norme AFNOR NF T75-006 les définit comme des produits issus de végétaux, extraits soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques (notamment pour les agrumes), puis séparés de l'eau par des procédés physiques (**Garnero, 1996**).

1.3. Histoire et importance des huiles essentielles

Depuis toujours, les huiles essentielles ont occupé une place significative dans la vie humaine. Utilisées pour se parfumer, agrémente les aliments ou encore soigner divers maux, leur usage remonte à la préhistoire, époque à laquelle l'homme parvenait déjà, de manière rudimentaire, à extraire les principes aromatiques des plantes (**Piochon, 2008**).

Les premières traces écrites de l'utilisation de substances odorantes issues des plantes apparaissent dans les civilisations antiques, d'abord en Orient et au Moyen-Orient, puis en Afrique du Nord et en Europe (**Franchomme, 1990**).

Au fil du temps, les huiles essentielles se sont imposées pour leurs vertus médicinales. Elles ont progressivement intégré les pratiques de la médecine traditionnelle en tant que remèdes naturels.

Chapitre II: Activités antibactérienne des huiles essentielles

C'est en 1928 que le chimiste français René-Maurice Gattefossé introduit le terme « aromathérapie », après avoir découvert par hasard les propriétés cicatrisantes de l'huile essentielle de lavande sur une brûlure (**Benabdelkader, 2012**).

Plus tard, en 1964, le docteur Jean Valnet, également français, a largement contribué à la reconnaissance médicale des huiles essentielles, en les utilisant avec succès dans le traitement de diverses pathologies, aussi bien en médecine générale qu'en psychiatrie.

Aujourd'hui, la médecine moderne continue d'exploiter les composés volatils contenus dans les huiles essentielles. Ces substances sont désormais couramment intégrées à de nombreuses préparations pharmaceutiques (**Pauli, 2001**).

1.4. Procédés d'extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles repose sur différentes techniques permettant de libérer les composés volatils contenus dans les plantes aromatiques. Chaque méthode présente des avantages spécifiques selon la nature des plantes et la qualité recherchée des huiles.

1.4.1. Distillation

Distillation peut être définie comme étant la séparation des constituants d'un mélange de deux ou plusieurs composants en fonction de leur température de passage à l'état gazeux (ébullition ou sublimation). La distillation peut s'effectuer avec recyclage de l'eau de distillation (cohobation), ou sans recyclage. La production des huiles essentielles se ferait donc en deux étapes : la diffusion de l'huile essentielle de l'intérieur des tissus vers la surface du matériel végétal, et l'évaporation et entraînement à la vapeur d'eau (**Benjilali, 2004**).

Signale que le principe de la distillation repose sur la propriété qu'ont les huiles essentielles d'être volatiles sous l'effet de la chaleur, l'huile est alors entraînée par la vapeur d'eau (**Bruneton, 1999**).

Après condensation, l'huile essentielle se sépare du distillat par décantation. Il existe deux méthodes de base de distillation pour l'obtention des huiles essentielles qui reposent sur le même principe : entraînement des constituants volatils du matériel végétal par la vapeur d'eau. La différence entre eux réside dans le degré de contact entre l'eau liquide et le matériel végétal (**Benjilali, 2004**).

1.4.2. La distillation à l'eau ou « hydrodistillation »

Chapitre II: Activités antibactérienne des huiles essentielles

Également appelée hydrodistillation, cette méthode consiste à chauffer de l'eau dans un récipient, au-dessus duquel sont placées les plantes aromatiques. Sous l'effet de la chaleur, la vapeur d'eau traverse les végétaux, entraînant avec elle les composés aromatiques. Ces vapeurs sont ensuite condensées, permettant de séparer l'huile essentielle de l'eau (**Bousbia et al., 2009**).

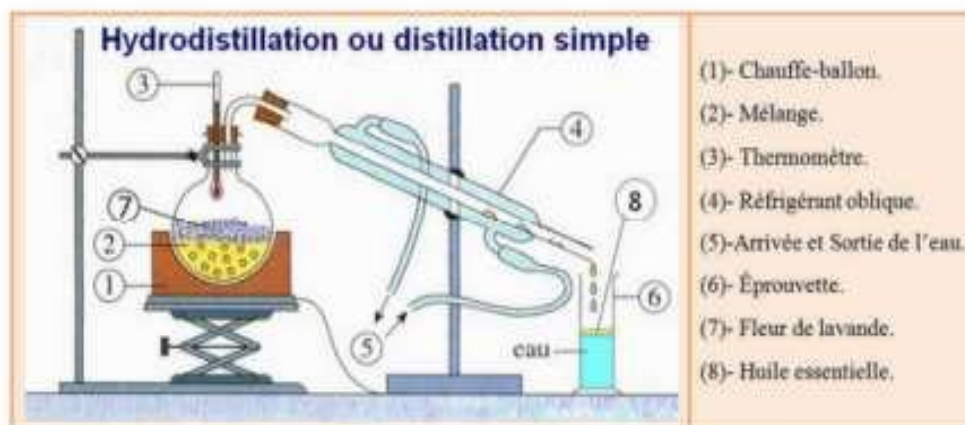


Figure 07 : Schématisation du procédé de l'hydrodistillation (**Bruneton, 1999**).

1.4.3. La distillation à la vapeur d'eau

Méthode la plus courante, elle consiste à générer de la vapeur d'eau dans une cuve séparée, qui est ensuite dirigée vers un récipient contenant les plantes. La vapeur capte les molécules aromatiques, puis se condense dans un serpentin de refroidissement pour donner l'huile essentielle (**Li et al., 2017**).

Cette technique est largement utilisée en aromathérapie et parfumerie pour sa capacité à produire des huiles pures de haute qualité. Le contrôle précis de la température permet d'éviter l'altération des composés volatils (**Sasidharan et al., 2010**).

Bien que très efficace, elle nécessite un équipement spécialisé et une expertise technique (**Benkaci-Ali et al., 2007**).

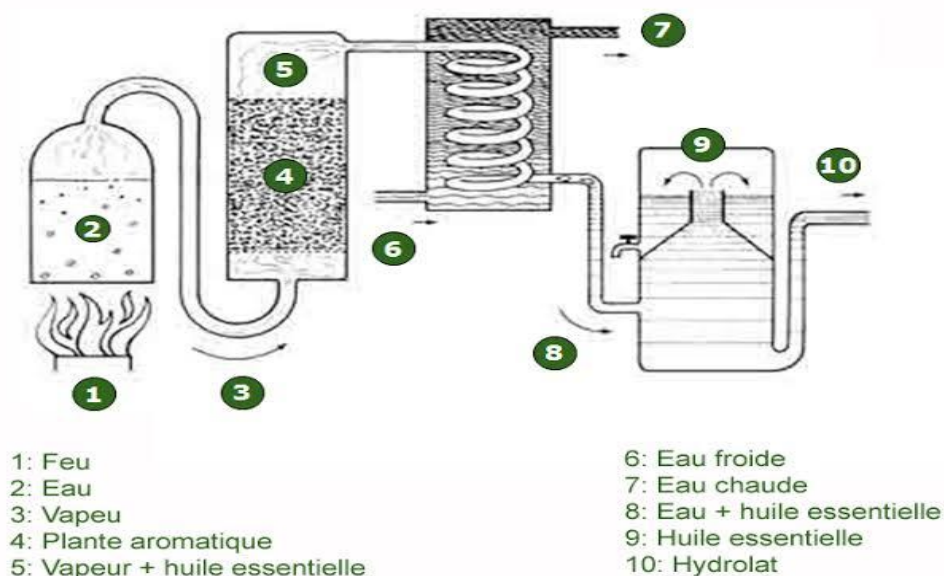


Figure 08: Distillation à vapeur d'eau (Boutamani, 2013).

1.4.4. L'hydrodiffusion

L'hydrodiffusion est une méthode hybride qui combine les principes de la distillation à la vapeur et de l'hydrodistillation. Ici, les plantes sont immergées dans l'eau, et la vapeur générée est dirigée à travers ce mélange. Les composés volatils sont extraits puis condensés pour obtenir l'huile essentielle (Grosso et al., 2006).

Cette méthode présente plusieurs avantages : une consommation réduite d'eau et d'énergie, ainsi qu'une meilleure conservation des arômes, notamment pour les plantes sensibles à la chaleur (Navaro et al., 2000).

Bien qu'efficace, elle demande également un équipement spécifique et des connaissances techniques (Matos et al., 1993).

1.4.5. L'extraction au dioxyde de carbone supercritique (CO₂)

Relativement récente, cette méthode utilise du dioxyde de carbone à l'état supercritique (entre liquide et gaz) pour extraire les composés aromatiques des plantes. Elle se distingue par sa capacité à préserver parfaitement la qualité et la pureté des huiles essentielles, sans recours à la chaleur ni à des solvants chimiques. Toutefois, son coût élevé et son besoin en matériel sophistiqué limitent son usage à des applications spécifiques (Reverchon et al., 2006).

1.4.6. L'extraction par solvant

Méthode industrielle répandue, elle utilise des solvants organiques comme l'hexane, l'éthanol ou l'éther de pétrole pour dissoudre les substances odorantes. Après évaporation du solvant, on obtient une forme concentrée d'huile essentielle, souvent appelée « concrète » ou, après purification, « absolue ». Cette technique est particulièrement utile pour les plantes dont les composés ne résistent pas à la chaleur (**Bhattacharya et al., 2012**). Toutefois, des traces de solvant peuvent subsister dans le produit final, ce qui en limite l'usage thérapeutique

1.4.7 L'extraction par enfleurage

Ce procédé tire parti de la liposolubilité des substances odorantes contenues dans les végétaux, qui se dissolvent dans des corps gras. Il consiste à déposer des pétales de fleurs fraîches sur des plaques de verre recouvertes d'une fine couche de graisse (comme du saindoux). Selon les espèces, l'absorption des huiles essentielles des pétales peut durer de 24 heures (par exemple pour le jasmin) à 72 heures (comme pour la tubéreuse). Une fois les pétales saturés, ils sont retirés et remplacés par de nouveaux pétales frais, jusqu'à ce que la graisse soit complètement saturée. Ce corps gras est ensuite épuré à l'aide d'un solvant, qui est évaporé sous vide (**France Ida, 1996**).

Pour certaines fleurs, on utilise une méthode différente, où les fleurs sont immergées dans de la graisse chauffée, ce qu'on appelle l'enfleurage à chaud ou « digestion » (**Bruneton, 1999**).

Cette méthode, également connue sous le nom de macération à chaud, est principalement utilisée pour des fleurs fragiles qui perdent rapidement leurs arômes après la cueillette, telles que les violettes et certains lys (**France-Ida, 1996**).

Bien que cette technique soit complexe et nécessite une grande précision, elle est de moins en moins utilisée en raison de son faible rendement et de la main-d'œuvre considérable qu'elle requiert, au profit des méthodes d'extraction par solvants (**Abou Zeid, 1988**).

1.5. Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes et variés de différents composés chimiques, dissous les uns dans les autres pour former des solutions homogènes. Ces substances appartiennent principalement à deux grands groupes, qui se distinguent par leurs origines biogénétiques : le groupe des terpénoïdes d'une part, et celui des composés aromatiques dérivés du phénylpropane d'autre part (**Dorosso, 2002**).

A - Terpènes et terpénoïdes

Dans le monde végétal, les terpénoïdes sont classés parmi les métabolites secondaires. Leur classification repose sur le nombre d'unités de base (isoprène) qu'ils contiennent : hémiterpènes (C5), monoterpènes (C10), sesquiterpènes (C15), diterpènes (C20). Les

Chapitre II: Activités antibactérienne des huiles essentielles

terpénoïdes constituent le groupe chimique le plus important dans les huiles essentielles (Figure 09) (**Brunton, 1999**).

B - Monoterpènes

Les monoterpènes, dont plus de 900 sont connus, se regroupent généralement en trois catégories structurales : acycliques, monocycliques et bicycliques. Ces composés peuvent représenter plus de 90 % de la composition des huiles essentielles. Parmi les monoterpènes, on trouve de nombreuses molécules fonctionnalisées, telles que :

- **Alcools** : acyclique (géraniol, citronellol), monocycliques (menthol), bicycliques (bornéol).
- **Aldéhydes** : principalement acycliques (géralial, néral, citronellal).
- **Cétones** : acycliques (tagétone), monocyclique (menthone, isomenthone, carvone, pulégone), bicycliques (camphre, fenchone).
- **Esters** : acycliques (acétate de linalyle, acétate de citronellyle), monocycliques (acétate de menthyle), bicycliques (acétate d'isobomyle).
- **Ethers** : comme le 1,8-cinéole (eucalyptol), ainsi que des éthers cycliques tels que les tétrahydrofuraniques ou di- et tétrahydropyraniques, qui jouent souvent un rôle clé dans l'arôme des fruits (par exemple, l'oxyde de linalol ou de rose).
- **Peroxydes** : comme l'ascaridole.
- **Phénols** : tels que le thymol et le carvacrol (**Brunton, 1999**).

C - Sesquiterpènes

Les sesquiterpènes représentent la classe la plus diversifiée des terpènes, avec plus de 3000 molécules identifiées. Leur diversité structurale est similaire à celle des monoterpènes, bien que les carbures, alcools et cétones soient les plus courants dans cette catégorie (**Brunton, 1999**).

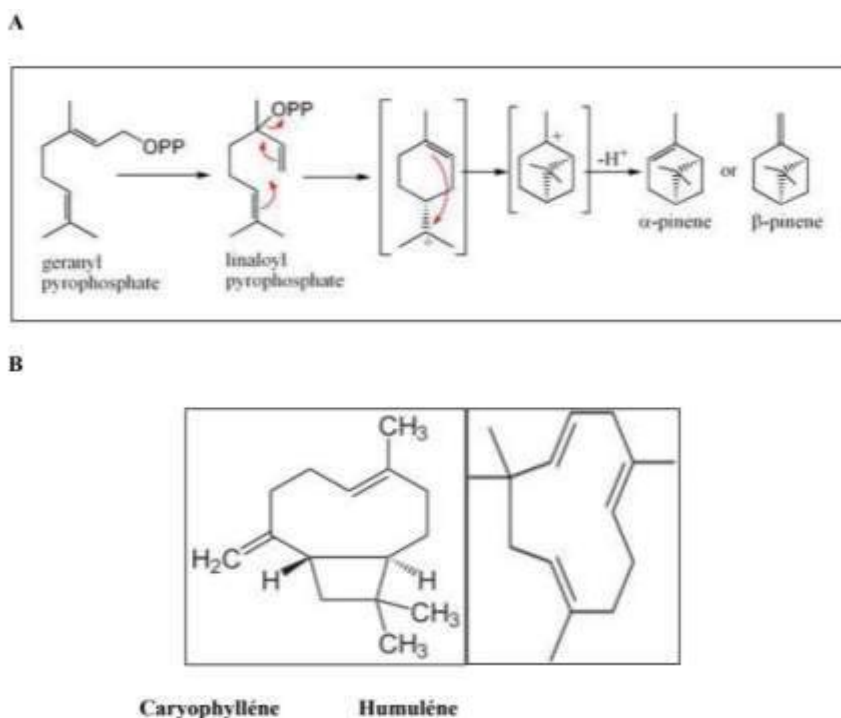


Figure 09 : Structures des Composés terpéniques (A : monoterpènes, B : sesquiterpènes) (Bruneton, 1999).

D - Composés aromatiques

Les composés aromatiques, bien que moins fréquents dans les huiles essentielles que les terpénoïdes, jouent souvent un rôle clé dans leurs caractéristiques organoleptiques. Ces composés sont principalement des alliés et des propénylphénols. Un exemple notable est l'eugénol, qui est responsable de l'arôme du clou de girofle (Chouiteh, 2012).

E - Composés d'origine diverse

Les composés d'origine diverse, généralement de faible poids moléculaire, sont souvent entraînés lors de l'hydrodistillation. Ce sont des hydrocarbures aliphatiques à chaîne linéaire ou ramifiée, portant diverses fonctions. Par exemple, l'heptane et la paraffine sont présents dans l'essence de camomille (Bruneton, 1999).

1.6. Les caractéristiques des huiles essentielles

Les caractéristiques des huiles essentielles varient selon les plantes dont elles sont extraites et les méthodes d'extraction employées. Cependant, plusieurs traits communs peuvent être identifiés :

1.6.1. Composition chimique

Chapitre II: Activités antibactérienne des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont constituées de diverses molécules telles que les terpènes, les phénols, les alcools, les aldéhydes et les cétones. Cette composition chimique joue un rôle déterminant dans leurs propriétés thérapeutiques et aromatiques.

1.6.2. Odeur

Chaque huile essentielle possède une odeur spécifique qui dépend de sa composition chimique. Les arômes peuvent être décrits comme boisés, épicés, floraux, herbacés, agrumes, et bien d'autres encore

1.6.3. Couleur

Les huiles essentielles présentent une gamme de couleurs variées, allant du transparent au jaune, vert, bleu, brun, rouge, ou même noir.

1.6.4. Densité

Densité des huiles essentielles varie en fonction de leur composition chimique. Certaines huiles sont plus légères que l'eau, tandis que d'autres sont plus lourdes.

1.6.5. Point d'ébullition

Chaque huile essentielle possède un point d'ébullition spécifique, influencé par sa composition chimique. Ce facteur joue un rôle important dans son utilisation en aromathérapie et en parfumerie.

1.6.6. Pouvoir rotatoire

Certaines huiles essentielles ont la capacité de faire pivoter le plan de polarisation de la lumière, un phénomène appelé pouvoir rotatoire

1.6.7. Indice de réfraction

L'indice de réfraction décrit comment la lumière se déplace à travers l'huile essentielle. Il sert de critère pour l'identification et la caractérisation des huiles essentielles (**Bakkali et al., 2008**).

1.7. La conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles (HE) sont particulièrement sensibles à la chaleur, à l'air et à la lumière en raison de l'instabilité de leurs molécules constitutives. Il est donc essentiel de prendre des précautions spécifiques pour assurer leur conservation. En effet, la dégradation des huiles essentielles peut entraîner diverses altérations, telles que la photoisomérisation, l'hydrolyse, la coupure oxydative, la peroxydation, ainsi que la décomposition en cétones et alcools. Ces changements peuvent altérer les propriétés et la sécurité des HE.

Pour limiter ces risques, il est recommandé d'utiliser des flacons en verre coloré et opaque (de préférence brun ou ambré), ou bien des contenants en aluminium ou en acier inoxydable, de petit volume, afin de protéger les huiles essentielles de l'oxygène et de la lumière (**Dorosso, 2002**).

Ces flacons doivent être munis de bouchons vissés et bien scellés pour éviter toute évaporation. De plus, l'ajout de billes en verre à la surface de l'huile peut contribuer à limiter l'oxydation due à l'air.

Le stockage des huiles essentielles doit se faire dans un endroit sec, à l'abri de toute humidité, frais (loin des sources de chaleur), et à l'abri de la lumière, même artificielle. De plus, elles doivent être protégées du froid excessif. Si ces conditions sont respectées, une huile essentielle peut se conserver pendant environ 3 ans. Toutefois, les essences d'agrumes sont une exception, car elles ne peuvent être conservées que pendant 6 mois (**Courtial, 2005**).

1.8. Principales utilisations des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont polyvalentes et trouvent de nombreuses applications dans des domaines thérapeutiques, cosmétiques et culinaires. Voici quelques-unes de leurs principales utilisations :

1.8.1. Aromathérapie

Les huiles essentielles sont largement utilisées en aromathérapie pour leurs vertus thérapeutiques. Elles peuvent aider à soulager des maux variés, tels que le stress, l'anxiété, les céphalées, les douleurs musculaires et articulaires, les troubles du sommeil, les affections respiratoires, etc.

1.8.2. Soins de la peau

En cosmétique, les huiles essentielles sont prisées pour leurs bienfaits sur la peau. Elles peuvent être intégrées dans des lotions, crèmes, savons, shampooings et autres produits de soin afin d'améliorer la texture de la peau, de lutter contre l'acné, d'apaiser les irritations et bien plus encore.

1.8.3. Parfumerie

Grâce à leurs arômes uniques et leur longévité, les huiles essentielles sont fréquemment utilisées dans la création de parfums, eaux de toilette, huiles de massage et autres produits parfumés.

1.8.4. Cuisine

En cuisine, les huiles essentielles ajoutent une touche de saveur et de parfum à divers plats. Elles peuvent être utilisées pour aromatiser des desserts, des boissons, des marinades, des sauces et même des plats principaux.

1.8.5. Entretien ménager

Les huiles essentielles sont également employées dans la fabrication de produits de nettoyage naturels. Elles sont souvent ajoutées à des sprays nettoyants, des détergents, des désodorisants et d'autres produits d'entretien ménager (Buchbauer et al., 1993).

1.9. Contrôle des huiles essentielles

Les pharmacopées recommandent divers tests pour évaluer la qualité des huiles essentielles. Ces tests incluent la vérification de leur miscibilité avec l'éthanol, la détermination des indices d'acide, d'ester et de carbonyle, ainsi que la recherche d'huiles grasses ou d'huiles essentielles résinifiées. D'autres mesures concernent le résidu d'évaporation, l'indice de réfraction, l'angle de rotation optique, la densité relative, et parfois le point de solidification. En outre, une analyse chromatographique est souvent exigée pour caractériser l'huile essentielle (Eloukili, 2013).

1.10. Les méthodes d'analyse des huiles essentielles

Il existe plusieurs techniques d'analyse permettant de déterminer la composition chimique et les propriétés des huiles essentielles. Parmi les plus courantes, on trouve :

1.10.1. Chromatographie en phase gazeuse (CPG)

Il s'agit de la méthode de référence pour l'analyse des huiles essentielles. Elle permet de séparer les différents composés volatils présents dans l'huile et de les identifier en fonction de leur temps de rétention et de leur spectre de masse.

1.10.2. Chromatographie en phase liquide (CPL)

Cette méthode est principalement utilisée pour analyser les composés non volatils des huiles essentielles. Elle permet également d'identifier les différentes substances présentes dans l'huile.

1.10.3. Spectrométrie de masse (MS)

Chapitre II: Activités antibactérienne des huiles essentielles

Cette technique est souvent combinée avec la CPG ou la CPL pour permettre l'identification détaillée des composés présents dans les huiles essentielles.

1.10.4. Spectroscopie infrarouge (IR)

Elle est utilisée pour déterminer les groupes fonctionnels des molécules présentes dans les huiles essentielles, permettant ainsi d'identifier les principales structures chimiques.

1.10.5. Résonance magnétique nucléaire (RMN)

Cette méthode est employée pour déterminer la structure chimique des composés des huiles essentielles (Bakkali et al., 2008).

1.11. Toxicité des huiles essentielles

Les huiles essentielles, bien qu'elles soient des produits naturels puissants, peuvent entraîner des effets indésirables si elles sont mal utilisées. Il est important de souligner que la toxicité des huiles essentielles dépend de plusieurs facteurs, tels que la dose, la méthode d'administration et la sensibilité individuelle. Voici quelques exemples de toxicité liée à l'utilisation des huiles essentielles :

a) Irritation cutanée : Certaines huiles essentielles peuvent provoquer des irritations de la peau, des rougeurs, des démangeaisons ou des sensations de brûlure lorsqu'elles sont appliquées directement. Les huiles essentielles de cannelle, d'origan et de thym sont particulièrement connues pour leur potentiel irritant.

b) Sensibilisation allergique : L'exposition répétée à certaines huiles essentielles peut entraîner une sensibilisation allergique chez certaines personnes. Les symptômes peuvent inclure des éruptions cutanées, des démangeaisons, de l'eczéma ou des réactions respiratoires. Les huiles essentielles de bergamote, de citron et de lavande sont parmi celles qui causent le plus fréquemment des réactions allergiques.

c) Toxicité digestive : Lorsqu'elles sont ingérées, certaines huiles essentielles peuvent provoquer des troubles digestifs. Les symptômes incluent des nausées, des vomissements, des douleurs abdominales ou des diarrhées. Les huiles essentielles de menthe poivrée et d'eucalyptus sont particulièrement susceptibles de causer de tels désagréments.

d) Toxicité hépatique : Certaines huiles essentielles peuvent endommager le foie si elles sont consommées ou utilisées en excès. Les symptômes peuvent inclure une élévation des enzymes

Chapitre II: Activités antibactérienne des huiles essentielles

hépatiques, des douleurs abdominales, de la jaunisse ou une hépatite. Les huiles essentielles de thuya, de romarin et de menthe poivrée sont connues pour leur potentiel hépatotoxique.

e) Toxicité nerveuse : L'utilisation excessive de certaines huiles essentielles peut avoir des effets neurotoxiques. Les symptômes comprennent des maux de tête, des vertiges, des convulsions ou des perturbations du système nerveux central. Les huiles essentielles de camphre, d'eucalyptus et de menthe poivrée sont particulièrement reconnues pour leurs effets neurotoxiques (**Tisserand et al., 2014**).

1.12. Activité biologique des huiles essentielles

L'activité biologique des huiles essentielles dépend étroitement de leur composition chimique ainsi que des interactions synergiques possibles entre leurs constituants. Elle résulte de l'action conjointe de l'ensemble des composants, et non uniquement des molécules majoritaires (**Lahlou M., 2004**).

1.12.1. Activité antibactérienne

L'effet antibactérien des huiles essentielles repose sur divers mécanismes, liés à la nature et à la concentration variable de leurs composants (**Carson C.F. et al., 2002**).

- Altération de la paroi bactérienne, induisant une augmentation de la perméabilité membranaire et la fuite des composants intracellulaires;
- Acidification intracellulaire, entravant la production d'énergie et la synthèse de macromolécules essentielles .
- Altération du matériel génétique, menant à la mort cellulaire.

Ces effets sont en grande partie dus aux propriétés hydrophobes des composés actifs, leur permettant de traverser la bicouche phospholipidique des membranes bactériennes (**Cox S.D. et al., 2000 ; Carson et al., 2002**).

● Mode d'action des huiles essentielles

Mode d'action des huiles essentielles sur les pathogènes ne fait pas encore l'unanimité au sein de la communauté scientifique (**Kalemba. et al., 2003 ; Burt., 2004**).

L'action des huiles essentielles peut se résumer de manière générale en trois phases principales :

a) Acidification de l'intérieur de la cellule

Chapitre II: Activités antibactérienne des huiles essentielles

L'huile essentielle acidifie le milieu une fois qu'elle pénètre dans la cellule, elle bloque la production de l'énergie cellulaire ainsi que la synthèse des composants de structure. Certains composés phénoliques des huiles essentielles interfèrent avec les protéines de la membrane des micro-organismes comme l'enzyme ATPase, soit par action directe sur la partie hydrophobe de la protéine, soit en interférant dans la translocation des protons dans la membrane, prévenant la phosphorylation de l'ADP (**Knobloch K. et al., 1989 ; Sikkema J. et al., 1995**).

b) Destruction du matériel génétique

Synthèse de l'ADN, de l'ARN, des protéines et des polysaccharides peut être inhibée par les huiles essentielles. Au cours de la division cellulaire, les huiles essentielles hydroxylées pourraient créer des perturbations enzymatiques au niveau du mésosome (**Malecky M., 2007**).

c) Affinité avec les groupements SH

L'activité inhibitrice des huiles essentielles serait due à leur affinité avec les groupements SH impliqués dans la division cellulaire (**Malecky M., 2007**).

1.12.2. Activité antiparasitaire

Les composés phénoliques des huiles essentielles sont particulièrement efficaces contre les parasites. Le thym à linalol et la sarriette des montagnes se distinguent par leur puissant effet antiparasitaire (**Purchon N., 2001 ; Willem J.P., 2002**).

1.12.3. Activité anti-inflammatoire

L'huile essentielle de gingembre constitue un bon exemple de propriété anti-inflammatoire (**Purchon N., 2001 ; Willem J.P., 2002**).

1.12.4. Activité digestive

Certaines huiles essentielles, comme celles de cumin ou d'anis étoilé, possèdent des vertus digestives et apéritives. Elles stimulent la sécrétion des sucs digestifs. Par ailleurs, la menthe poivrée est reconnue pour son efficacité contre les nausées (**Purchon N., 2001 ; Willem J.P., 2002**).

1.12.5. Activité cicatrisante

Utilisées depuis l'Antiquité par les Égyptiens et les peuples d'Amazonie, les huiles essentielles entrent dans la composition de baumes destinés à soigner la peau. Les cétones,

Chapitre II: Activités antibactérienne des huiles essentielles

notamment, possèdent un fort pouvoir cicatrisant en accélérant la régénération tissulaire, comme cela a été démontré pour la lavande vraie (*Lavandula angustifolia* Mill.).

Les huiles essentielles de camomille, citron, géranium, romarin et sauge sont également reconnues pour leurs effets réparateurs sur la peau et les muqueuses (Staub.et al., 2013).

1.14 . Production mondiale des huiles essentielles

Tableau 02 :Récapitulation des principales huiles essentielles produites et des principaux pays producteurs dans le monde en 2025(*Source :IndexBox – Plateforme d’analyse de marché spécialisée dans les données sectorielles internationales*)

Huiles essentielles	Estimation production 2025 en T (tonnes) :	Principaux pays producteurs
Orange douce	70000	Brésil, USAM , Mexiaue
Menthe poivrée /arvensis	45000	Inde, chine, USA
Eucalyptus	35000	Chine, Inde, Australie
Citronnelle	25000	Indonésie, Sri Lanka, Inde
Clou de girofle	5000	Madagascar,comores,philippine
Lavande	7000	Bulgarie, France,Espane
Laurier	7000	Turquie,Grece,Portugal, Maroc,France

2. Le Giroflier (*Syzygium aromaticum*)

2.1. Origine

Giroflier est un arbre tropical appartenant à la famille des Myrtacées. Il est originaire d'Indonésie, notamment du sud des Philippines et des îles Moluques. On le retrouve également en Afrique et en Amérique du Sud, principalement dans les régions tropicales (Eric Penot et al., 2014).

2.2. Classification botanique

Tableau 3: Classification botanique du giroflier (Goetz et al., 2012)

Classification	Niveau taxonomique
<i>Plantae</i>	Règne
<i>Tracheobionta</i>	Sous-règne
<i>Magnoliophyta</i> (= Phanérogames)	Embranchement
<i>Magnoliophytina</i> (= Angiospermes)	Sous-embranchement
<i>Magnoliopsida</i> (= Dicotylédones)	Classe
<i>Rosidae</i>	Sous-classe
<i>Myrtales</i>	Ordre
<i>Myrtaceae</i>	Famille
<i>Syzygium</i>	Genre
<i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr. & L.M.Perry	Espèce

2.3. Caractéristiques botaniques

Le giroflier est un arbre de grande taille, à tronc gris clair, mesurant entre 12 et 15 mètres de haut, pouvant atteindre jusqu'à 20 mètres (voir figure 10). Il adopte une silhouette érigée et de forme pyramidale. Ses feuilles, opposées, entières et elliptiques, mesurent environ 10 à 12 cm. Elles possèdent une nervure médiane bien marquée et sont parsemées de glandes sur leur face inférieure (Davet P., Rouxel F., 1997).



Figure 10 : l'arbre de giroflier

Les fleurs du giroflier sont regroupées en cymes terminales (figure 11), comprenant environ 25 fleurs réparties en trois ramifications principales (figure 12). Chaque fleur, portée par un long pédoncule à l'extrémité des rameaux, présente quatre pétales blanc rosé. Elle se distingue par un pompon duveteux d'étamines blanche saillantes, ainsi que par la présence de sépales rouges persistants, caractéristiques de l'espèce.



Figure 11 : fleur du Giroflier



Figure 12 :Structure du Giroflier

2.4. Extraction de l'huile essentielle

L'huile essentielle peut être extraite de l'ensemble de la plante ou de certaines de ses parties spécifiques, telles que les racines, les rameaux, les feuilles, les fleurs ou les fruits. En ce qui concerne le giroflier, son huile essentielle est principalement obtenue par distillation à la vapeur des boutons floraux (**Korocho. et al., 2007**).

Le giroflier commence à produire des clous à partir de sa cinquième année. La récolte devient réellement exploitable aux alentours de la huitième année, mais l'arbre n'atteint sa pleine capacité de production qu'à l'âge de 20 ans. Sa durée de vie productive est remarquable : il peut continuer à produire pendant 75 à 80 ans. Les arbres âgés peuvent fournir jusqu'à 50 kg de clous frais par an (**Ranoarisoa K.M., 2012**).

2.5. Stockage

Avant d'être stockés, les clous de girofle doivent être soigneusement séchés. Ce procédé permet de conserver la récolte et de la commercialiser tout au long de l'année. En revanche, les feuilles, une fois récoltées, sont distillées sans délai (**Barbalet S., 2015**).

2.6. Utilisations des produits du giroflier

Les produits du giroflier, notamment les clous de girofle et l'huile essentielle, sont largement valorisés dans le domaine des sciences alimentaires en raison de leurs propriétés biologiques, notamment antimicrobiennes, antioxydantes et aromatiques. Ces caractéristiques leur confèrent un rôle essentiel dans la conservation et l'amélioration de la qualité des denrées alimentaires.

L'huile essentielle de girofle est ainsi utilisée comme agent de conservation naturel, permettant de limiter le développement des micro-organismes pathogènes et de ralentir l'oxydation des lipides. Elle trouve des applications concrètes dans plusieurs catégories de produits alimentaires :

- **Produits carnés** : utilisée pour ralentir l'altération microbiologique et oxydative des viandes fraîches et transformées.
- **Produits laitiers** : incorporée dans certains fromages ou yaourts pour améliorer leur stabilité microbiologique. Par ailleurs, l'huile essentielle de girofle est en cours d'étude pour son intégration dans les films comestibles et emballages actifs, destinés à prolonger la durée de conservation des aliments tout en réduisant l'usage d'additifs de synthèse (**Chaieb et al., 2007**).

3. Le clou de girofle

3.1. Origine

Le clou de girofle (figure 13) est le bouton floral non épanoui du giroflier *Syzygium aromaticum*, un arbre originaire des régions tropicales (**Barbalet S., 2015**). Bien que l'Indonésie soit le principal pays producteur de girofliers, la majorité des clous de girofle destinés à un usage alimentaire proviennent de Madagascar. En revanche, ceux issus d'Indonésie sont principalement utilisés dans la fabrication de cigarettes locales appelées « kreteks » (**Mathieu D., 2013**).



Figure 13 : clou de girofle

3.2. Composants principaux de l'huile essentielle du clou de girofle

L'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* présente une composition variable, dominée par trois composés majeurs : l'eugénol (49 à 87 %), le β -caryophyllène (4 à 21 %) et l'acétate d'eugényle (0,5 à 21 %). On y trouve également de très faibles quantités d' α -humulène, ainsi que des traces (inférieures à 1 %) d'une trentaine d'autres composants (Chaieb K. et al., 2007).



Figure 14 : l'huile essentielle clou de girofle

4. Le Laurie

4.1. Famille des Lauraceae

Appartenant à l'ordre des Laurales, la famille des Lauraceae est considérée comme l'une des plus primitives parmi les angiospermes. Elle est principalement répartie dans les régions

Chapitre II: Activités antibactérienne des huiles essentielles

tropicales et subtropicales (Fi.15) (Watson et Dallwitz, 1992 ; Richter, 1996 ; Mabberley, 1997 ; Steven, 2001).

Bien que peu présente en Afrique, cette famille est largement représentée en Amérique, en Asie, en Australie ainsi qu'à Madagascar (Watson et Dallwitz, 1992 ; Richter, 1996 ; Mabberley, 1997 ; Steven, 2001 ; Anton et al., 2005).

De nombreuses espèces de Lauraceae sont également cultivées à des fins commerciales dans plusieurs pays arabes comme la Libye et le Maroc (Sayyah et al., 2002 ; Demir et al., 2014 ; Barla et al., 2007).

Aujourd'hui, qu'elle soit à l'état sauvage ou cultivée, on retrouve cette famille dans le sud et l'ouest de l'Europe, ainsi qu'aux États-Unis, où certaines espèces sont utilisées comme plantes ornementales (Ivan, 2001 ; Imam, 2010).

En Algérie, les Lauraceae poussent dans les forêts, les ravins, ainsi que dans des milieux humides et ombragés (Beloued, 2001). Elles se développent notamment le long des cours d'eau et s'adaptent à différents types de sols (Messaoudi, 2008).



Figure 15 : Distribution des Lauracées à travers le monde(Steve, 2001)

Cette famille regroupe entre 2000 et 2500 espèces (Barla et al., 2007), réparties en une cinquantaine de genres, parmi lesquels *Cinnamomum* (cannelle), *Crytocarya*, *Laurus* (laurier) et *Persea* (avocatier) (Spichiger et al., 2002). Elle se compose essentiellement de plantes ligneuses — arbres ou arbustes — souvent aromatiques et caractérisées par leur parfum (Spichiger et al., 2002).

Genre *Laurus*

Originaires des îles Canaries et du bassin méditerranéen, le genre *Laurus* regroupe trois espèces d'arbres ou d'arbustes à feuillage persistant : *Laurus nobilis* L., *Laurus azorica* et *Laurus novocanariensis*.

4.2. *Laurus nobilis* L.

Le laurier (*Laurus nobilis* L.) est un arbre ou arbuste appartenant à la famille des Lauraceae, reconnaissable à ses feuilles persistantes, coriaces et aromatiques (Fig. 16) (Ballabio et Goetz, 2010). D'un point de vue étymologique, le terme latin *Laurus*, signifiant « toujours vert », fait référence à son feuillage persistant, tandis que *nobilis* signifie « fameux » ou « noble » (Pariante, 2001). Le laurier est également un symbole de réussite, notamment à travers l'expression « baccalauréat », dérivée du latin *Bacca Lauri*, signifiant « baies de laurier » (Zhiri et al., 2005).



Figure 16: Arbuste de Laurier noble

4.3. Description botanique

Le laurier est un arbre ou arbuste aromatique à croissance lente, mesurant généralement entre 2 et 10 mètres de hauteur, mais pouvant atteindre jusqu'à 15 mètres (Baba Aissa, 1991). Il présente un tronc droit, ramifié dès la base, formant un sommet conique qui tend à s'arrondir avec le temps (Fig. 17) (Anton et Lobstein, 2005).

a) Tige :

Le tronc est droit et de couleur grise à la base, devenant vert dans sa partie supérieure (Beloued, 2005). Les branches s'élèvent en oblique et portent de jeunes pousses fines, glabres, de teinte brun rougeâtre. Les bourgeons, étroits et vert rougeâtre, mesurent entre 0,2 et 0,4 cm de long (Quézel et Santa, 1963).

b) Feuilles :

Les feuilles, persistantes et aromatiques, sont simples, alternes et coriaces. Elles possèdent un pétiole de 5 à 12 cm et une largeur de 2 à 6 cm. De forme lancéolée, elles sont

Chapitre II: Activités antibactérienne des huiles essentielles

légèrement ondulées et finement dentelées sur les bords. La face supérieure est vert foncé et brillante, tandis que la face inférieure est vert clair, avec des nervures latérales pennées et teintées de rouge (Quézel et Santa, 1963).

c) Fleurs :

Le laurier est une espèce dioïque, c'est-à-dire que les fleurs mâles et femelles se développent sur des individus distincts. Les fleurs, de couleur jaune verdâtre, mesurent entre 0,4 et 0,8 cm (Patrakar, 2012) et possèdent un périanthe simple, soudé à la base. Elles sont regroupées en ombelles de 4 à 6 unités. Les fleurs mâles présentent entre 8 et 12 étamines rudimentaires, tandis que les fleurs femelles possèdent un ovaire hypogyne uniloculaire, surmonté d'un stigmate. La floraison a lieu entre mars et avril (Reynaud, 2002).

d) Fruit :

Le fruit est une baie ovoïde, portée par un tube périanthaire légèrement dilaté, mesurant environ 2 cm de long pour 1 cm de large. De couleur noire et brillante, cette baie contient une seule graine libre (Beloued, 2005).



Figure 17 : Aspect morphologique de *Laurus nobilis* (Beloued, 2005)

4.4. Composition phytochimique

À l'instar de nombreuses plantes médicinales et aromatiques, *Laurus nobilis* contient deux Tchoumboungang et grandes catégories de métabolites, selon *et al.* (2008) :

APrésents dans toutes les cellules végétales, ils sont : **métabolites primaires** Les) essentiels à la survie de la plante. Ils incluent notamment les sucres, lipides, protéines et .acides aminés

B) **Les métabolites secondaires** : Contrairement aux primaires, ces composés ne sont pas universellement répartis dans la plante et ne constituent pas les éléments de base de la

Chapitre II: Activités antibactérienne des huiles essentielles

cellule. Ils apparaissent généralement dans des tissus ou organes spécifiques, à certaines phases du développement. Leur rôle est crucial dans l'adaptation de la plante à son environnement : ils interviennent comme agents de défense contre les agressions externes, protègent contre les stress physiques, assurent la pigmentation pour optimiser la capture de l'énergie solaire ou, au contraire, servent de protection contre les effets nocifs des rayonnements solaires.

Chapitre III :

Partie pratique

I. L'extraction des huiles essentielles

Pour faire l'extraction on utilise «L'hydro distillation»

2. Matériel végétal

2.1 Plante de l'aurier

La matière végétale utilisée dans cette étude est représentée par des feuilles de Laurier noble récoltées dans les hauteurs Collines (REGION DEL ASSAFIA DAIRE DE SIDI MAKHOUF DE LAGHOUAT), Algérie entre le 21 janvier Février et le 24 Février dans une meilleure condition de la germination (**figure18**).

- **Classification botanique**

La position systématique de l'aurier noble est représentée dans le (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Classification botanique du laurier (*Laurus nobilis L.*)

Classification	Niveau taxonomique
<i>Plante</i>	Règne
<i>Plantes vasculaires</i>	Sous-règne
<i>Spermaphytes</i>	Embranchement
<i>Angiospermes</i>	Sous-embranchement
<i>Dicotylédones</i>	Classe
<i>Dialypétales</i>	Sous-classe
<i>Laurales</i>	Ordre
<i>Lauraceae</i>	Famille
<i>Laurus</i>	Genre
<i>Laurus nobilis L.</i>	Espèce

2.1 Plante de girofle

La matière végétale utilisée dans cette étude est représentée par des feuilles de girofle noble récoltées dans les hauteurs Collines (sétif), Algérie entre le 29 décembre et le 12 janvier dans une meilleure condition de la germination. Les expériences de séchage sont réalisées à l'air libre à l'abri du soleil (température ambiante 15°C) pendant 1 mois et 15 jours (Pour contrôler la qualité et la quantité des feuilles, la plante doit être bien broyée (**figure20**)).

- **Classification botanique**

La position systématique du girofle est représentée dans le (**Tableau 5**) :

Chapitre III : Partie pratique

Tableau 5 : Classification botanique du clou de girofle (Sophie B., 2015)

Classification	Niveau taxonomique
<i>Plante</i>	Règne
<i>Angiosperme</i>	Classe
<i>Tiporées</i>	Sous-classe
<i>Myrtales</i>	Ordre
<i>Myrtaceae</i>	Famille
<i>Syzygium</i>	Genre
<i>Syzygium aromaticu</i>	Espèce

❖ Séchage du matériel végétal

Le séchage du matériel végétal est réalisé à une température inférieure à 30 °C, à l'abri de la lumière, dans un endroit sec et bien aéré. Une fois séché, le végétal est broyé jusqu'à obtention d'une poudre fine, puis stocké dans des sacs en papier propres, en vue d'une utilisation ultérieure pour l'extraction d'huile.



Figure 18 : Feuilles de laurier (photo personnel2025)

❖ Broyage

La plante est broyée manuellement ou à l'aide d'un broyeur, de manière à obtenir une poudre homogène tout en conservant ses propriétés chimiques (figure19).

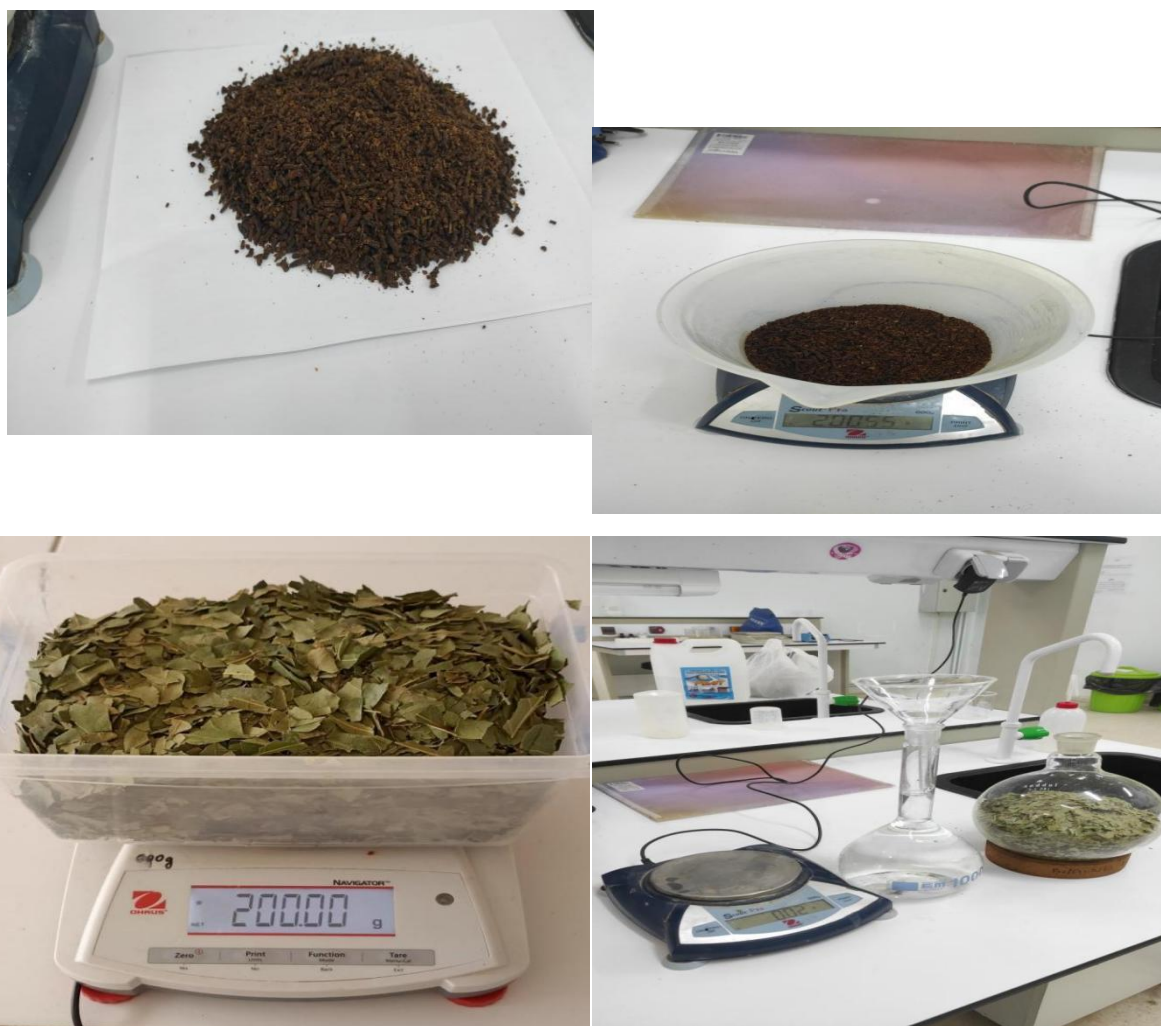


Figure 19 :Préparation de la plantes avant l'hydrodistéllation (photo personnel2025)

3. Extraction de girofle et laurier

L'hydro distillation

L'extraction des l'huile essentielles de laurier et girofle. zonale a été réalisée au niveau de laboratoire .Un mélange de 200g de matériel végétal sec avec 1000ml d'eau distillée est porté à ébullition dans un ballon à 3 cols relié à un réfrigérant. Les vapeurs chargées d'huile et qui traversent le réfrigérant, se condensent et chutent dans un erlenmeyer L'eau et l'huile se séparent par différence de densité dans une ampoule à décanter.l'ensemble a été porté à l'ébullition dans un chauffe ballon pendant 3 à 4h à une température de 100°C (figure 20 et figure 21)

Chapitre III : Partie pratique

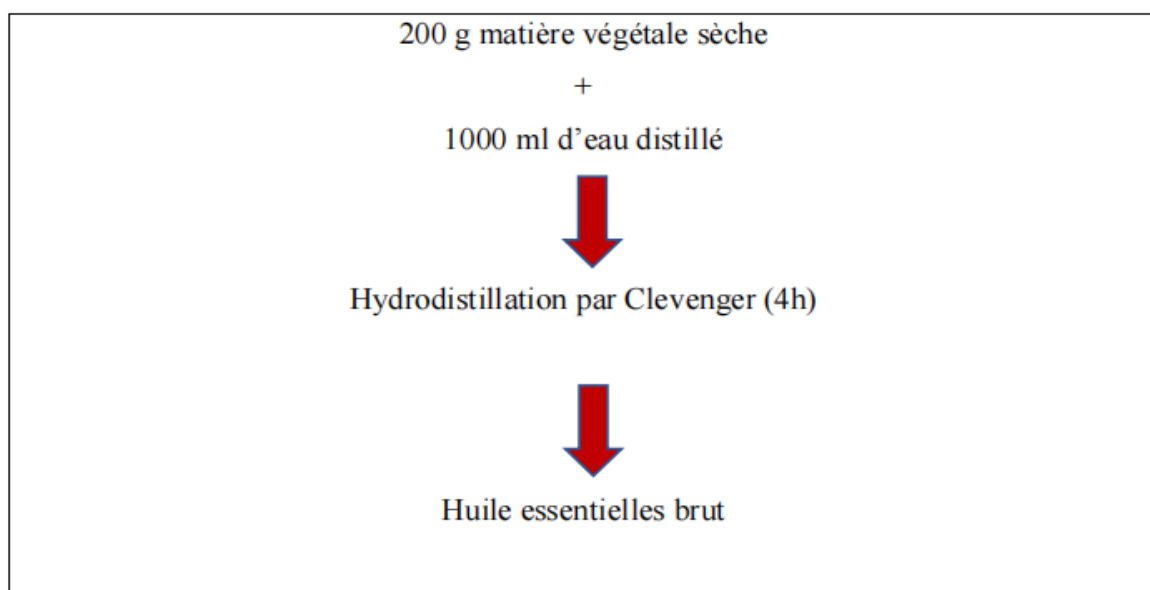


Figure 20 : Protocole de préparation des huiles essentielles.

À la fin de la distillation le liquide obtenu (distillat) contient deux phases une phase organique et une phase aqueuse pour récupérer l'huile essentielle, on a recours à une extraction liquide-liquide, à l'aide de l'ampoule à décanter, en utilisant le solvant cyclohexane. Nous avons répété ce processus trois fois afin de maintenir une quantité importante d'H.Es



Figure 21: Extraction des huiles essentielles (laurier et girofle) (photo personnel 2025)

L'huile essentielle a été récupérée au maximum en présence d'éther diéthylique. L'éther a été ensuite évaporé à température ambiante et l'huile essentielle sera par la suite récupérée et stockée dans un flacon en verre fumé et couvert d'une feuille d'aluminium pour la préserver de l'air et de la lumière. La quantité d'essence obtenue est pesée pour le calcul du rendement.

❖ Calcul du rendement d'extrait de girofle et laurier

Le rendement exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R (\%) = (\text{le poids de l'huile essentielle}) / (\text{le poids de l'échantillon}) \times 100$$

Partie bactériologiques

II. Évaluation de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de girofle et de laurier contre *Salmonella* spp

Face au problème croissant de résistance aux antibiotiques, la recherche d'alternatives naturelles suscite un intérêt grandissant. Parmi celles-ci, les huiles essentielles (HE) attirent l'attention en raison de leurs propriétés antimicrobiennes potentielles. Dans ce contexte, cette étude vise à comparer l'efficacité antimicrobienne des huiles essentielles de girofle et de laurier contre la bactérie pathogène *Salmonella*, afin d'évaluer leur potentiel en tant qu'agents antimicrobiens naturels.

1. La Technique de diffusion sur gélose

● Préparation de la souche de *Salmonella* spp

Une colonie bactérienne issue d'une culture jeune de *Salmonella* spp. a été prélevée à l'aide d'une anse stérile, puis transférée dans un tube à essai contenant 5 mL d'eau physiologique stérile. Cette étape permet d'obtenir une suspension homogène, exempte d'agglutination spontanée.

● Préparation de la technique de diffusion sur gélose

Le test d'efficacité antimicrobienne des huiles essentielles a été réalisé selon la méthode de diffusion sur gélose. Le milieu de culture utilisé est la gélose Mueller-Hinton, répartie dans des boîtes de Pétri stériles. Une fois le milieu solidifié, la surface de la gélose a étéensemencée uniformément avec la suspension standardisée de *Salmonella* spp. Des disques de papier whatman stériles ont ensuite été imprégnés, chacun, avec exactement 10 μ L d'huile essentielle de girofle (*Eugenia caryophyllus*), puis placés soigneusement à la surface de la géloseensemencée. De la même manière, 10 μ L d'huile essentielle de laurier (*Laurus nobilis*) ont été appliqués sur d'autres disques, afin de permettre une comparaison entre les deux huiles. Les boîtes ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 heures. L'activité antimicrobienne a été évaluée en mesurant le diamètre des zones d'inhibition formées autour des disques, exprimé en millimètres. La zone d'inhibition a été mesurée à l'aide d'une règle graduée.

III. Test de l'effet des huiles essentielles de girofle et de laurier sur les salmonelles dans les viandes de poulet réfrigéré à 4°C

❖ Préparation des échantillons de poulet

Du poulet frais a été apporté, puis placé dans une glacière avec des glaçons. Les ustensiles (couteau, cuillère, planche à découper) ont été stérilisés avant utilisation. Le poulet a été découpé en morceaux de 10 grammes (figure 22).



Figure 22: Découpe des viandes de le poulet (Photo personnel2025)

Trois morceaux ont ensuite été disposés dans des barquettes. Nous avons ensuite déposé quelques gouttes de la souche de *Salmonella* sur les morceaux de poulet enveloppés avec du film cellophane, puis étiquetés. Les barquettes ont été placées au réfrigérateur à température 4 °C pendant 24 H (figure 23).



Figure23: Echantillons dans les barquettes(photo personne2025)

❖ Préparation des émulsions d'huiles essentielles testés

Une émulsion d'huiles essentielles a été préparée par l'ajout de 5 ml d'huile de laurier et de 7 ml d'huile de girofle à 1000 ml d'eau distillée. Des volumes de 0,5 ml et 0,7 ml de **Tween 20** (fourni par la société Merck) ont été ajoutés respectivement aux solutions pour assurer la miscibilité des huiles essentielles dans le milieu aqueux. Un homogénéisateur mécanique a ensuite été utilisé pendant quatre minutes jusqu'à obtention d'un mélange homogène.



Figure 24: Immersion des échantillons dans huiles essentielles (photo personnel 2025)

Les émulsions ont été utilisées immédiatement après leur préparation pour l'immersion des échantillons testés. Les échantillons ont ensuite été séchés à l'aide de papier absorbant, puis placés dans des barquettes (figure 24).

Chaque échantillon avait une masse de 10 grammes. La répartition a été effectuée selon les jours d'analyse, avec, pour chaque jour : 3 échantillons témoins, 3 échantillons traités avec l'huile 1, et 3 échantillons traités avec l'huile 2 (figure 25).



Figure25:Echantillons traités conservés dans des barquettes (**photo personnel 2025**)

1.Étapes de la méthode complète (Jour 0 , Jour 3 ,Jour 6, Jour 9)

A) Pré-enrichissement

Un prélèvement de 10 grammes de l'échantillon a été effectué, suivi de l'ajout de 90 mL d'eau physiologique stérile dans un tube à essai.Le mélange a été homogénéisé à l'aide d'un agitateur magnétique, puis placé dans un incubateur à 37 °C pendant 3 à 4 heures (figure 26).

Etape 01:

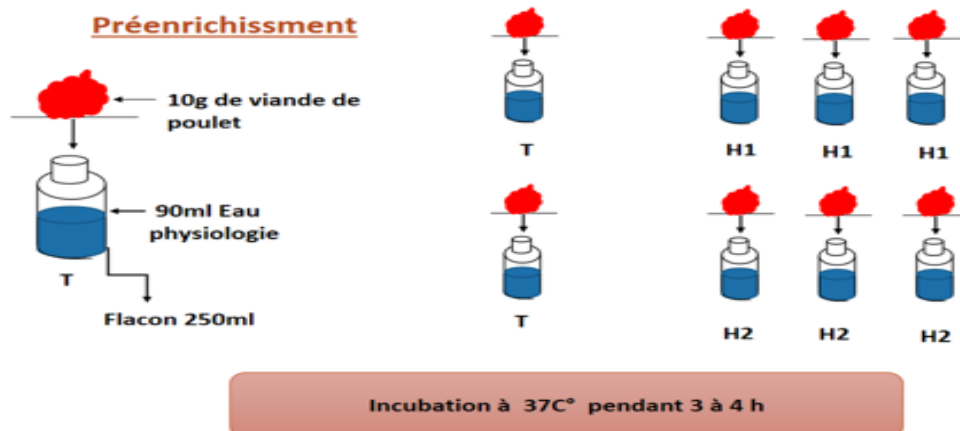


Figure 26:Étape de Pré-enrichissement

B) Enrichissement sélectif

Prélèvement de 1 mL de solution mère de pré-enrichissement pour ensemencement dans 9 mL de bouillon sélénite cystine, contenu dans un tube à essai. Homogénéisation du mélange à l'aide d'un agitateur magnétique. Recouvrement du tube par un film plastique, suivi du placement en incubateur à 37 °C pendant 24 heures(figure 27).

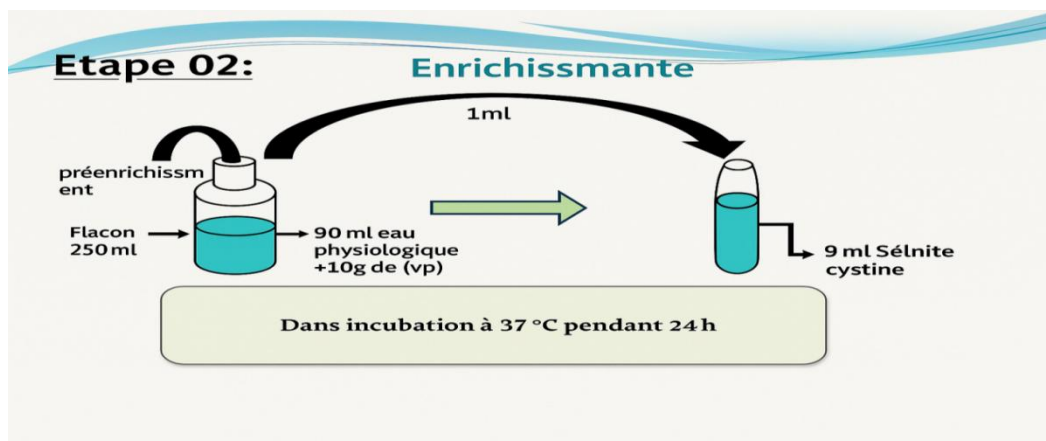


Figure 27: Étape de enrichissement

C) Dilution décimale

Lors de la dilution décimale, une première dilution au 1/10 (10^{-1}) a été réalisée. Un volume de 1 mL de suspension mère issue de l'enrichissement a été prélevé puis transféré dans un tube contenant 9 mL de diluant stérile. Le mélange a été homogénéisé à l'aide d'un vortex (figure 28).

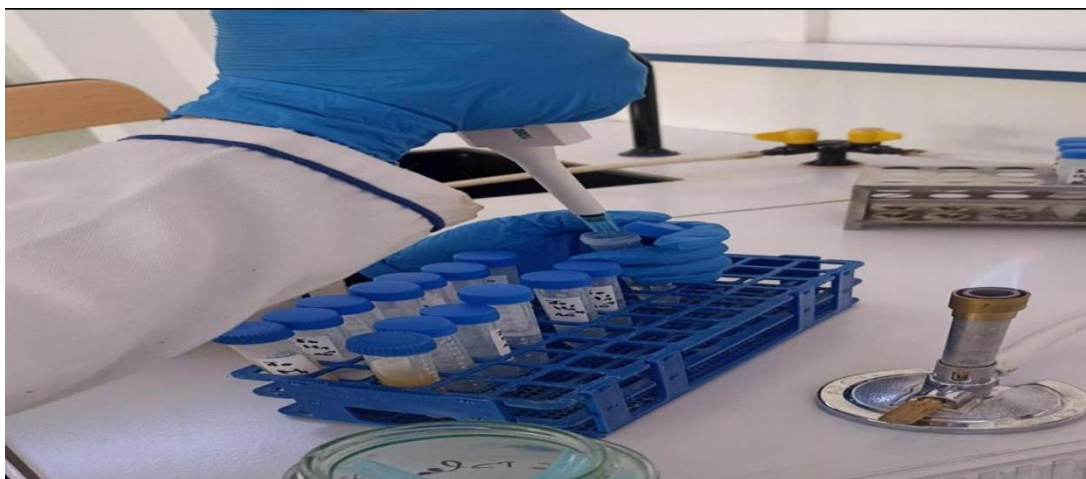


Figure 28:Dilution décimale (photo personnel 2025)

Une deuxième dilution au $1/100$ (10^{-2}) a été effectuée en prélevant 1 mL de la dilution 10^{-1} , transféré dans un tube contenant 9 mL de diluant stérile. Le mélange a été homogénéisé au vortex, permettant d'obtenir la dilution 10^{-2} .

Les dilutions ont été poursuivies jusqu'à atteindre la dilution souhaitée (10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6}), en répétant les mêmes étapes : prélèvement de 1 mL de la dilution précédente, transfert dans 9 mL de diluant stérile, puis homogénéisation au vortex (figure 29).

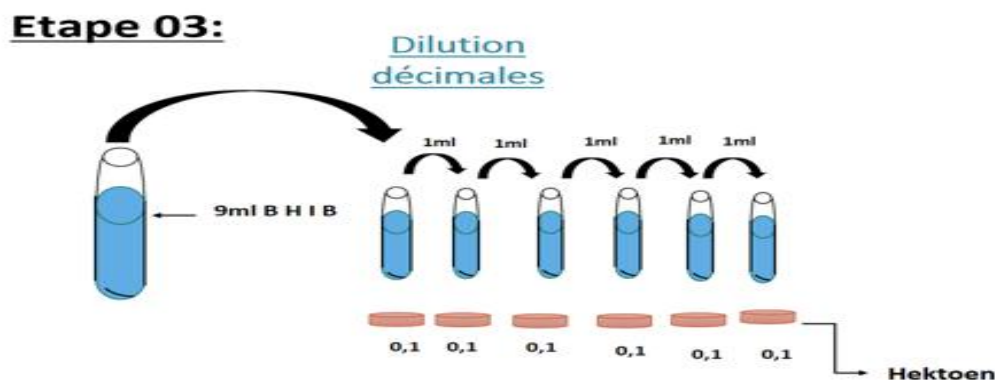


Figure 29:Etapes de dilution décimal

Après la préparation de milieu Hektoen , est placé dans les boîtes de Pétri stérilisée.

D. La méthode utilisé d'ensemencement

La méthode d'ensemencement par étalement en surface a été utilisée, principalement pour le comptage des colonies après dilution. Un volume de 0,1 mL de la dilution microbienne a été prélevé puis déposé au centre d'une boîte de Pétri contenant un milieu Hektoen (agar Hektoen). La suspension a été étalée uniformément à l'aide d'un râtelier en verre stérile (pipette Pasteur). Après l'étalement, la boîte a été laissée à sécher afin de permettre l'absorption du liquide (figure 30) .



Figure 30 : Etape d'ensemencement

Après l'étalement, la boîte a été laissée à sécher afin de permettre l'absorption du liquide. puis incubée dans des conditions appropriées à la croissance des bactéries entériques. (à température 37 °C pendant 24H)

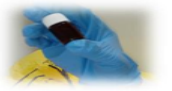

Résultat et discussion

I. Extraction des huiles essentielles

1. Rendement des huiles essentielles étudiées

Le rendement en huile essentielle est défini comme le rapport entre la masse d'huile obtenue et la masse sèche de la matière végétale utilisée. Dans cette étude, les huiles essentielles de deux plantes aromatiques, le giroflier (*Syzygium aromaticum*) et le laurier noble (*Laurus nobilis*), ont été extraites par hydrodistillation (Tableau 06).

Tableau 06 : Les caractéristiques du girofle et du laurier

Les plantes	Odeur	Couleur	Aspect physique	Photo
Girofle	Très forte (épicée)	Jaune clair	Liquide mobile	
<i>laurier</i>	agréable	Transparent	Liquide mobile	

1.1 Rendement en huile essentielle du giroflier (*Syzygium aromaticum*)

L'huile essentielle extraite du giroflier par hydrodistillation se présente sous forme d'un liquide transparent à légèrement jaune, dégageant une odeur forte et caractéristique du clou de girofle.

1.2 Rendement en huile essentielle du laurier (*Laurus nobilis*)

L'huile essentielle extraite du laurier par hydrodistillation se présente sous forme d'un liquide transparent à légèrement jaune, dégageant une odeur forte et caractéristique des feuilles de laurier (Tableau 07).

Tableau 07: Quantités et Rendements des Plantes de Girofle et Laurier

Les plantes	La quantité de plante (g)	Le rendement (%)
Girofle	200	1,5
<i>laurier</i>	200	0,88

Le rendement en huile essentielle du girofle (**1,5 %**) est nettement supérieur à celui du laurier (**0,88 %**). Cette différence s'explique principalement par la partie de la plante utilisée les boutons floraux du girofle sont très concentrés en composés volatils, notamment l'eugénol, un phénol majoritaire qui facilite une extraction plus riche. À l'inverse, l'huile essentielle de

Chapitre III : Partie pratique

laurier est extraite des feuilles, qui contiennent naturellement une quantité plus faible de ces composés.

Ces données montrent que le rendement varie selon la nature botanique et la composition chimique des organes végétaux. Elles soulignent aussi qu'un rendement plus bas ne signifie pas nécessairement une huile de moindre intérêt, car d'autres critères comme la concentration en molécules actives ou les propriétés sensorielles peuvent valoriser l'huile essentielle extraite.

- Le rendement des huiles essentielles de girofle et laurier et d'autres plantes (Tableau 08).

Tableau 08: Comparaison de rendement des huiles essentielles entre le girofle et laurier et d'autres plantes.

Les plantes	Girofle (cloude girofle)	laurier	Lavande (Cavanagh & Wilkinson, 2002, Phytotherapy Research)	Menthe poivrée (Kumar et al., 2015, Industrial Crops and Products)	Eucalyptus.	Thym (Sefidkon et al., 2007, Journal of Agricultural Science)	Romarin (Bozin et al., 2007, Food Chemistr)
Rendement	1,5 %	0,88 %	2,0 %	1,5 %	3,0 %	1,7 %	1,8%

Le rendement en huile essentielle varie notablement selon les plantes étudiées. L'eucalyptus se distingue par un rendement élevé (3,0 %), facilitant une production industrielle importante. La lavande (2,0 %), le romarin (1,8 %) et le thym (1,7 %) offrent des rendements modérés, alliant quantité et qualité. Le girofle (1,5 %) et la menthe poivrée (1,5 %) présentent des rendements moyens, mais leurs huiles sont très prisées pour leurs propriétés spécifiques. Enfin, le laurier, avec un rendement plus faible (0,88 %), nécessite plus de matière première, mais reste valorisé pour son huile essentielle concentrée et ses usages variés. Ainsi, le choix de la plante dépend à la fois du rendement et de la qualité recherchée.

- Le rendement en huile essentielle de *clous de girofle* et de laurier est diffère d'un pays à un Autre (Tableau 09)(Tableau 10)

Tableau 09: Comparaison des rendements en huile essentielle de *clous de girofle* de différents pays (FAO).

Pays	Partie utilisée	Rendement en huile essentielle (%)
Indonésie	Clous	17%
Madagascar	Clous	12.5%
Tanzanie	Clous	15 %
Algérie(Sétif)	Clous	1.5 %

Chapitre III : Partie pratique

Le rendement en huile essentielle des clous de girofle en Algérie(Sétif) est de 1,5 %, ce qui reste sensiblement inférieur aux rendements enregistrés dans les principaux pays producteurs tropicaux. Cette différence peut être due à des facteurs comme le climat semi-aride, une qualité végétale moins concentrée en eugénol, ou encore des procédés de distillation moins performants. (FAO)

Tableau 10: Comparaison des rendements en huile essentielle de clous de laurier de différents pays (FAO).

Pays	Partie utilisée	Rendement en huile essentielle (%)
Turquie	Feuilles	2 %
Maroc	Feuilles	1.5%
France	Feuilles	1.35 %
Algérie(Assafia, Laghouat)	Feuilles	0.88 %

Le rendement en huile essentielle extrait des feuilles de laurier en Algérie(Assafia, Laghouat) est estimé à 0,88 %, une valeur qui se situe dans la fourchette inférieure des rendements observés au niveau international. Ce résultat peut être influencé par plusieurs facteurs :

- la variété botanique locale,
- les conditions climatiques et pédologiques,
- et les techniques de distillation employées, souvent artisanales ou semi-industrielles.

(FAO)

II. Test bactériologiques par la microdilution

1 . Évaluation de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de girofle et de laurier contre *Salmonella* spp

Les tests réalisés ont montré que l'huile essentielle de girofle a produit des zones d'inhibition de (16 mm et 19 mm), tandis que l'huile essentielle de laurier a montré des zones de(15 mm et 21 mm), indiquant une activité antimicrobienne modérée pour les deux huiles. La zone d'inhibition a été mesurée à l'aide d'une règle graduée (figure 31.32)

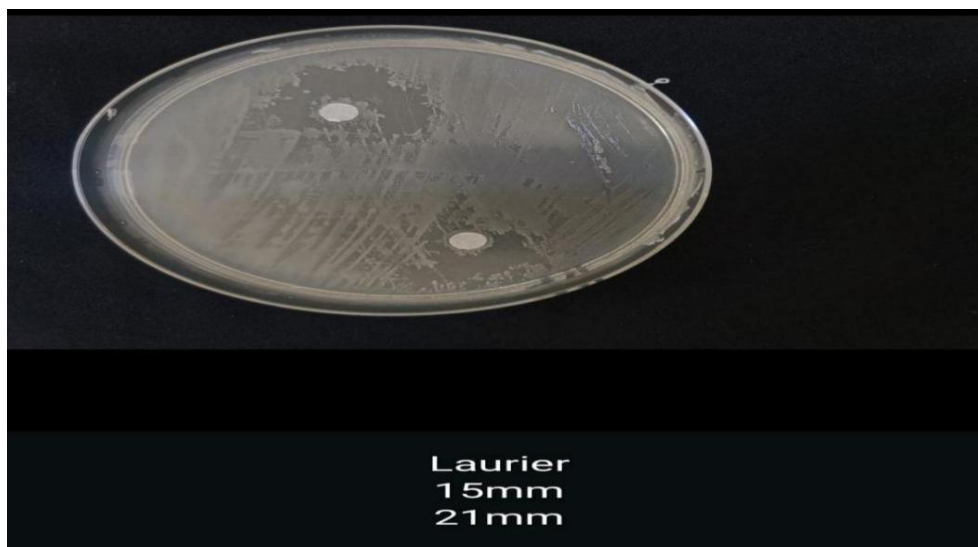


Figure 31 : Effet inhibiteur de l'huile essentielle laurier sur la souche bactérienne testée *Salmonella* (photo personnel2025)

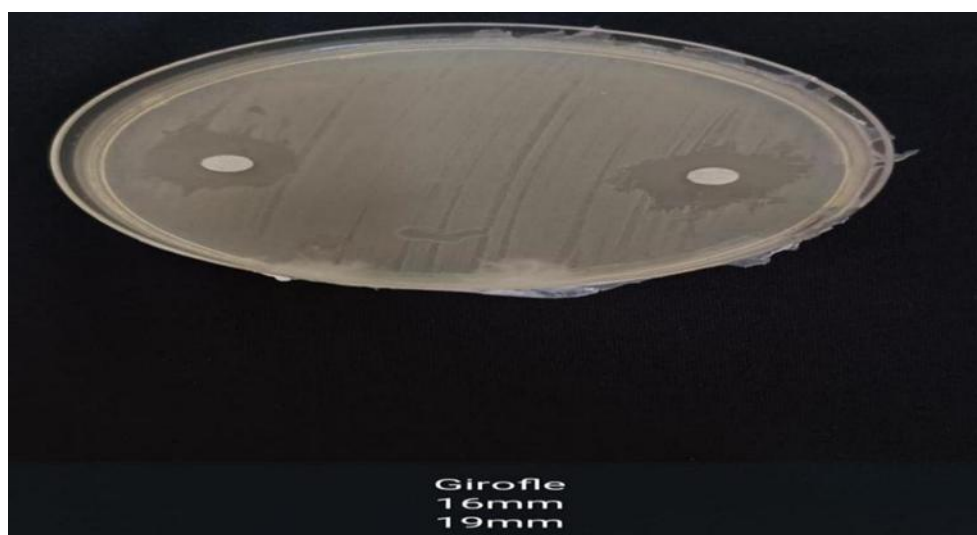


Figure 32 : Effet inhibiteur de l'huile essentielle girofle sur la souche bactérienne testée *salmonella* (Photo personnel 2025)

Les résultats obtenus par la méthode des disques ont démontré que les huiles essentielles de girofle (*Syzygium aromaticum*) et de laurier (*Laurus nobilis*) possèdent une activité antibactérienne notable contre *Salmonella* spp.. L'huile de girofle a présenté des zones d'inhibition de 16 mm et 19 mm, principalement liée à la présence d'eugénol, un composé majeur connu pour perturber les membranes cellulaires bactériennes. **Hammer, et al., (1999).**

L'huile essentielle de laurier (*Laurus nobilis*) a présenté des zones d'inhibition de 15 mm et de 21 mm montrant une variation de l'activité antibactérienne. Cette variabilité peut s'expliquer par la nature et la concentration des composés actifs, tels que le 1,8-cinéole et le linalol. L'efficacité antimicrobienne observée dépend ainsi de la composition chimique des

huiles, de la concentration des principes actifs, ainsi que de leurs mécanismes d'action spécifiques sur les bactéries. Ces résultats confirment que les deux huiles essentielles possèdent une activité antimicrobienne contre *Salmonella* spp. **Bouyahya et al., 2019**

III. Test bactériologiques macrodilution

1. Activité des huiles essentielles de girofle sur la bactérie *Salmonella* spp

Les huiles essentielles de girofle (*Syzygium aromaticum*) présentent une activité antimicrobienne efficace contre *Salmonella* spp., un genre de bactéries pathogènes responsables d'infections alimentaires courantes. Cette activité est principalement attribuée à l'eugénol, le composé majoritaire de l'huile essentielle, qui agit en perturbant la membrane cellulaire bactérienne et en altérant les fonctions métaboliques essentielles. Des études *in vitro* ont démontré que l'huile essentielle de girofle peut inhiber la croissance de *Salmonella* spp. à des concentrations relativement faibles, ce qui en fait une option prometteuse comme agent naturel dans la conservation des aliments et la prévention des contaminations bactériennes. Toutefois, son utilisation doit être bien dosée afin d'éviter d'éventuels effets indésirables. **Burt, S. (2004).**

2. Activité des huiles essentielles de l'aurier sur la bactérie *Salmonella* spp

Les huiles essentielles de laurier (*Laurus nobilis*) présentent une activité antimicrobienne notable contre *Salmonella* spp., un genre de bactéries responsables d'intoxications alimentaires. Cette activité est principalement liée à la présence de composés bioactifs tels que le 1,8-cinéole, le linalol et le eugénol, qui agissent en perturbant la membrane cellulaire bactérienne et en inhibant la croissance bactérienne. Des études *in vitro* ont démontré que l'huile essentielle de laurier peut inhiber la prolifération de *Salmonella* spp. à des concentrations variables selon la composition chimique de l'huile, qui dépend notamment des conditions d'extraction et de la provenance botanique. Ces résultats suggèrent un potentiel intéressant pour l'utilisation des huiles essentielles de laurier comme agents naturels dans la conservation des aliments et la prévention des contaminations microbiennes. **Étude in vitro et in vivo (Algérie, 2015) Karima Ould Yerou et al .**

- Formule de calcul des UFC/mL :

$$N = \frac{\sum C}{V (n_1 + 0.1 n_2) d}$$

- $\sum C$: est la somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues de deux dilutions successives et dont au moins une contient 15 colonies.

- V : est le volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte, en millilitres.

- n_1 : est le nombre des boîtes retenues à la première dilution

- n_2 : est le nombre des boîtes retenues à la seconde dilution.

- d : est le taux de dilution correspondant à la première dilution retenue.

3. Test de l'effet des huiles essentielles de girofle et de laurier sur les salmonella dans les viandes de poulet par macrodilution

Les résultats du test de l'effet des huiles essentielles de girofle et de laurier sur les Salmonella présentes dans les viandes de poulet, réalisé par macrodilution, sont présentés dans le **Tableau 11, figure 33, 34, 35**.

Chapitre III : Partie pratique

Tableau11 : Effet des huiles essentielles de girofle et de laurier sur la charge en salmonella dans les viandes de poulet stockées au froid

Groupes			J0		J3		J6		J9	
			Moyenne ± Ecart-type		Moyenne ± Ecart-type		Moyenne ± Ecart-type		Moyenne ± Ecart-type	
Lot témoin	UFC/g	N1	3×10^8	1.9×10^8 ± 1.5×10^8	1.1×10^9	7.4×10^8 ± 5.7×10^8	1.1×10^9	1×10^9 ± 9×10^7	1.3×10^9	1.1×10^9 ± 1.8×10^8
		N2	2.5×10^8		1×10^8		1×10^9		1×10^9	

Chapitre III : Partie pratique

	Log ₁₀ UFC/g	N3	2.2x10 ⁷	8.1 ±0.6 ^a	9.4x10 ⁸	8.7±0.6 ^a	9.6x1 ⁸	9.02±0.03 ^a	9.3x10 ⁸	9.03 ±0.07 ^a
		N1	8.5		9		9		9.1	
		N2	8.4		8		9		9	
Lot traité huile1 (girofle)	UFC/g	N1	5.9x10 ⁷	7.9x10 ⁷ ± 3.6x10 ⁷	1.8x10 ⁶	2x10 ⁸ ± 3.2x10 ⁸	2x10 ⁷	7.2x10 ⁷ ± 4.7x10 ⁷	7.8x10 ⁸	8.8x10 ⁷ ± 2x10 ⁷
		N2	5.7x10 ⁷		5.7x10 ⁸		1.1x10 ⁸		7.5x10 ⁷	
		N3	1.2x10 ⁸		4.4x10 ⁷		7.8x10 ⁷		1.1x10 ⁸	
	Log ₁₀ UFC/g	N1	7.8	7.8±0.1 ^a	6.3	7.6±1.2 ^a	7.3	7.7±0.4 ^b	7.9	7.9±0.09 ^b
		N2	7.7		8.7		8		7.9	
		N3	8		7.6		7.9		8	
Lot traité huile2 (l'aurier)	UFC/g	N1	7.2x10 ⁷	6.8x10 ⁷ ± 4.6x10 ⁶	1.8x10 ⁶	2.6x10 ⁸ ± 3.9x10 ⁸	4.2x10 ⁷	1.4x10 ⁸ ± 1.8x10 ⁸	1.1x10 ⁸	1.3x10 ⁸ ± 1.4x10 ⁷
		N2	6.3x10 ⁷		7.1x10 ⁷		3x10 ⁷		1.4x10 ⁸	
		N3	7x10 ⁷		7.2x10 ⁸		3.5x10 ⁸		1.4x10 ⁸	
	Log ₁₀ UFC/g	N1	7.5	7.8±0.03 ^a	6.3	7.6±1.3 ^a	7.6	7.8±0.6 ^b	8	8.1±0.05 ^c
		N2	7.8		7.9		7.5		8.1	
		N3	7.8		8.9		8.5		8.1	

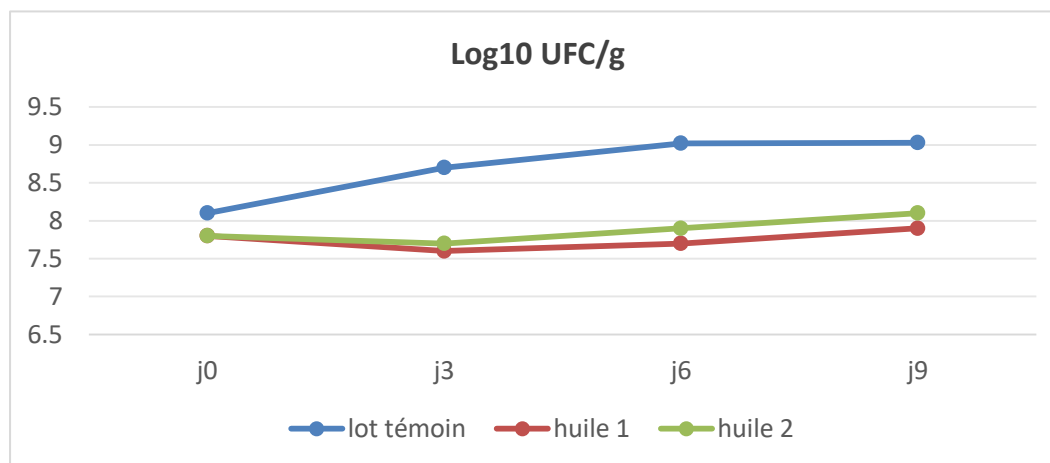


Figure 33 :Évolution comparative des scores de qualité des huiles au cours du temps



Figure 34:Dénombrement de la bactérie salmonella spp (H1 girofle) jour 9(photo personnel2025).



Figure 35 :Dénombrement de la bactérie salmonella spp (H2 laurier) jour 9 (Photo personnel2025).

Dans cette étude, l'efficacité antimicrobienne des huiles essentielles de girofle et de laurier a été évaluée en comparaison avec un témoin non traité, à travers le suivi de l'évolution de la charge bactérienne de Salmonella au fil du temps.

Aux jours 0 et 3, aucune différence statistiquement significative n'a été observée témoin ($\text{Log}_{10} 8.1 \text{ UFC/g}$) et H1 ($\text{Log}_{10} 7.8 \text{ UFC/g}$) H2 ($\text{Log}_{10} 7.8 \text{ UFC/g}$), ce qui indique une répartition homogène de la contamination initiale ainsi qu'une absence d'effet immédiat des huiles essentielles testées. À partir du jour 6, une réduction significative de la charge bactérienne a été constatée dans les groupes traités à l'huile de girofle ($\text{Log}_{10} 7.7 \text{ UFC/g}$) et à l'huile ($\text{Log}_{10} 7.8 \text{ UFC/g}$) de laurier par rapport au témoin ($\text{Log}_{10} 9.02 \text{ UFC/g}$), ce qui suggère l'apparition d'un effet antimicrobien différé.

Au jour 9, une distinction statistiquement significative a été observée entre les trois groupes, mettant en évidence des niveaux d'efficacité différents. L'huile de girofle ($\text{Log}_{10} 7.9 \text{ UFC/g}$) a montré une activité antimicrobienne supérieure à celle du laurier ($\text{Log}_{10} 8.1 \text{ UFC/g}$), qui

Chapitre III : Partie pratique

reste néanmoins plus efficace que le témoin ($\text{Log}_{10} 9.03 \text{ UFC/g}$). Ce résultat indique que l'huile de girofle pourrait être plus prometteuse dans la réduction de la charge bactérienne de *Salmonella*. Ces observations renforcent l'intérêt de l'utilisation des huiles essentielles, en particulier celle de girofle, comme alternative naturelle aux agents antimicrobiens classiques, dans le cadre de stratégies de lutte contre les infections bactériennes et de réduction de l'usage des antibiotiques.

L'analyse de la courbe montre qu'au premier jour, la différence entre les échantillons traités avec les huiles essentielles et le témoin est légère. Toutefois, dès le troisième jour, une distinction plus marquée devient apparente. En effet, l'activité bactérienne dans l'échantillon témoin atteint $\log_{10} 8,7$, tandis qu'elle reste plus faible dans les échantillons traités avec les huiles girofle et laurier ($\log_{10} 7,6$), ce qui indique le début de l'effet antimicrobien des huiles. Au sixième jour, l'activité bactérienne dans le témoin ($\log_{10} 9$) continue d'augmenter, alors qu'elle reste significativement plus basse dans les échantillons traités pour les deux huiles ($\log_{10} 7,7$). Au neuvième jour, le témoin présente une charge bactérienne de $\log_{10} 9,03$, tandis que les huiles girofle et laurier continuent à exercer leur effet inhibiteur : $\log_{10} 7,9$ pour l'huile de clou de girofle et $\log_{10} 8,1$ pour l'huile de laurier.

Ces résultats suggèrent que, bien que l'activité bactérienne augmente légèrement au fil des jours dans les échantillons traités, elle reste nettement inférieure à celle observée dans le témoin non traité. La stabilité relative de l'activité antimicrobienne observée entre le premier et le neuvième jour met en évidence l'efficacité prolongée des huiles essentielles de clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) et celle de feuilles de laurier (*Laurus nobilis*) ont démontré un effet antibactérien remarquable contre *Salmonella* dans les viandes de poulet. Ainsi, leur utilisation pourrait permettre de prolonger la durée de conservation des viandes blanches jusqu'au neuvième jour de stockage à 4 °C, tout en maintenant une qualité microbiologique satisfaisante.

Les molécules présentes dans les huiles essentielles possèdent principalement un caractère hydrophobe (Sikkema J. et *al.*, 1995), ce qui leur permet de s'insérer facilement dans la bicouche phospholipidique des membranes cellulaires. Cette interaction perturbe l'intégrité de la membrane, entraînant une augmentation de sa perméabilité. Il en résulte une fuite des constituants intracellulaires, notamment des ions potassium (K^+), en raison d'une perturbation du gradient chimio-osmotique (Cox S. et *al.*, 2000 ; Souza E.L. et *al.*, 2006). Ce mécanisme contribue significativement à l'effet antimicrobien des huiles essentielles.

Conclusion et perspectives

Conclusion Générale

Face à la recrudescence des cas d'intoxications alimentaires causées par des bactéries pathogènes telles que *Salmonella spp.* et à la montée inquiétante de la résistance aux antibiotiques, la recherche de solutions naturelles alternatives devient une priorité. Ce travail s'inscrit dans cette dynamique en étudiant l'effet antimicrobien des huiles essentielles de girofle (*Syzygium aromaticum*) et de laurier (*Laurus nobilis*) sur des souches de *Salmonella* isolées de viande de poulet.

Dans cette étude, nous avons procédé à l'extraction des huiles essentielles des deux plantes par hydrodistillation, puis évalué leur efficacité antimicrobienne à travers des tests **in vitro**. Les résultats obtenus ont montré que les deux huiles possèdent un pouvoir antibactérien intéressant contre *Salmonella spp.*, avec une activité plus marquée pour l'huile essentielle de girofle, probablement en raison de sa forte teneur en eugénol, un composé connu pour ses puissantes propriétés antimicrobiennes. L'huile essentielle de laurier, quant à elle, a également démontré une inhibition significative, notamment grâce à la présence de 1,8-cinéole et d'autres composés terpéniques actifs.

Ces résultats mettent en évidence le potentiel de ces extraits naturels dans la lutte contre les bactéries pathogènes d'origine alimentaire et suggèrent leur possible utilisation comme agents de conservation naturels dans le domaine agroalimentaire, en particulier pour améliorer la sécurité sanitaire des viandes de volaille.

La combinaison des savoirs traditionnels et de la recherche scientifique offre des opportunités prometteuses pour la découverte de substances naturelles à activité biologique. À la lumière des résultats obtenus, il serait pertinent d'élargir le champ de ce travail. Plusieurs pistes de recherche s'ouvrent ainsi :

- Évaluer l'efficacité des huiles essentielles en conditions de conservation de la viande ;
- Encourager l'intégration des huiles essentielles, notamment de girofle, dans les procédés de conservation des viandes de volaille, en tant qu'agents naturels antimicrobiens.

Conclusion Générale

- Améliorer les techniques d'extraction locales (hydrodistillation) pour augmenter le rendement et la qualité des huiles essentielles produites en Algérie.
- Réaliser des études sensorielles pour évaluer l'acceptabilité des produits traités aux huiles essentielles par les consommateurs.
- Étendre les tests à d'autres souches pathogènes alimentaires
- Associer l'utilisation des huiles essentielles à d'autres technologies de conservation (réfrigération) afin de renforcer leur action antimicrobienne.

- Encourager l'établissement d'un cadre réglementaire pour l'usage des huiles essentielles dans l'industrie alimentaire.

Ce travail contribue ainsi à la valorisation des plantes aromatiques à propriétés antimicrobiennes et ouvre de nouvelles perspectives pour une bioconservation naturelle, efficace et durable des aliments.

Bibliographie

Bibliographie

- Abou Zeid, A. (1988). Essential oil extraction: A review of traditional and modern methods. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 10(1), 1–15.
- Anton, R., & Lobstein, A. (2005). *Plantes médicinales: Composition et propriétés*. Strasbourg : Éditions Vigot.
- Anton, A., Smith, B., & Johnson, C. (2005). Diversity and distribution of Lauraceae in the tropics. *Botanical Journal*.
- Althaus, D., Zweifel, C., & Stephan, R. (2017). Microbial contamination in poultry slaughterhouses: A review. *Journal of Food Protection*, 80(5).
- Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). (2019). *Sources de dangers chimiques dans les aliments*. [URL]
- Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). (2014). *Dangers alimentaires : Un guide pour l'industrie*.
- Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). (2014). *Dangers alimentaires : Un guide pour l'industrie*.
- Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). (2019). *Sources de dangers chimiques dans les aliments*. [URL] .
- Allaoui, S. (2018). *La transformation alimentaire du poulet et sa valeur nutritionnelle*.
- Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). *World agriculture towards 2030/2050: The 2012 revision*. ESA Working Paper No. 12-03, FAO, Rome.
- Baba Aissa, F. (1991). *Les plantes aromatiques et médicinales en Algérie*. Alger : Office des Publications Universitaires.
- Barla, J. B., Jullien, F., & Moretti, C. (2007). *Diversité et classification des plantes aromatiques*. Paris : Éditions Scientifiques.
- Barbalet, S. (2015). *Le giroflier : historique, description et utilisations de la plante et de son huile essentielle* [Mémoire de pharmacie]. Université de Lorraine.
- Baudoux, D., & Bokbot, Y. (2005). *Symbolisme des plantes dans les cultures anciennes*. Revue d'Histoire et de Culture.
- Beloued, A. (2001). *Flore et végétation de l'Algérie : Les Lauraceae*. Alger : Algerian Journal of Botany.
- Beloued, A. (2005). *Plantes médicinales d'Algérie*. Alger : Éditions ENAG.
- Brenner, D. J., & Farmer, J. J. (2005). *Bergey's manual of systematic bacteriology* (Vol. 2). Springer.
- Benoit. (2015). *État des lieux sur l'aromathérapie dans les officines : enquête sectorielle dans le département de Vienne* [Thèse de doctorat, Université de Poitiers, Faculté de Médecine et de Pharmacie].
- Bruneton. (2009). *Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales* (4^e éd.). Paris : Lavoisier.
- Brunton. (2004). *Pharmacognosie photochimie plantes médicinales* (3^e éd.). Paris.
- Bouyahya, A., Ibjibijen, J., Abrini, J., Bakri, Y., & Dakka, N. (2019). *Chemical composition and antibacterial activity of Laurus nobilis essential oil against pathogenic bacteria*. Natural Product Research

Bibliographie

- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Effets biologiques des huiles essentielles – Une revue. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475.
- Benabdelkader, T. (2012). Histoire et applications des huiles essentielles en médecine. *Revue de Phytothérapie*, 10(3), 145–152.
- Benkaci-Ali, F., Baaliouamer, A., & Meklati, B. Y. (2007). Comparaison des extraits de graines de coriandre et de cumin marocains obtenus par hydrodistillation et par hydrodistillation assistée par micro-ondes. *Journal of Essential Oil Research*, 19(1), 86–90.
- Bhattacharya, S., & Dhar, P. (2012). Extraction des huiles essentielles à l'aide de solvants différents. *International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry*, 2(1), 232–237.
- Buchbauer, G., Jirovetz, L., & Nikiforov, A. (1993). Aromathérapie : utilisation des fragrances et des huiles essentielles comme médicaments. *Flavour and Fragrance Journal*, 8(3), 157–164.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—A review. *Food and Chemical Toxicology*.
- Ballabio, C., & Goetz, M. (2010). Caractéristiques botaniques du *Laurus nobilis* L. *Journal of Botany*, 45(3).
- Barla, A., Özkan, G., & Ceylan, K. (2007). Commercial uses of Lauraceae species in Turkey. *Journal of Ethnopharmacology*.
- Belkacemi, K., & Bouzid, M. (2010). L'évolution de l'agriculture et de l'élevage en Algérie post-indépendance. *Revue des Sciences Sociales*, 15(2).
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *International Journal of Food Microbiology*.
- Bornert, L. (2000). Contamination of poultry products by *Salmonella*: Sources and prevention. *Journal of Food Protection*, 63(5).
- Camart-Pérét, P. (2006). *Techniques de laboratoire en microbiologie médicale*. Paris : Elsevier Masson.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods — a review. *International Journal of Food Microbiology*,
- Bornert, L. (2000). Contamination of poultry products by *Salmonella*: Sources and prevention. *Journal of Food Protection*, 63(5).
- Chouiteh, A. (2012). *Composés aromatiques des huiles essentielles : propriétés chimiques et biologiques*. Saarbrücken : Lambert Academic Publishing.
- Chaieb, K., Hajlaoui, H., Zmantar, T., Kahla-Nakbi, A. B., Rouabhia, M., Mah-Douani, K., & Bakhrouf, A. (2007). The chemical composition and biological activity of clove essential oil. *Phytotherapy Research*.
- Cox, S. D., Mann, C. M., Markham, J. L., Bell, H. C., Gustafson, J. E., Warmington, J. R., & Wyllie, S. G. (2000). The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *Journal of Applied Microbiology*.
- Cardinale, E., Tall, F., Guèye, E. F., Cissé, M., & Salvat, G. (2000a). Risk factors for *Campylobacter spp.* infection in Senegalese broiler-chicken flocks. *Preventive*

Bibliographie

- Veterinary Medicine*, 44(1-2).
- Cohen, N., Ennaji, H., Bouchrif, B., Hassar, M., & Karib, H. (2007). Comparative study of microbiological quality of raw poultry meat at various stages of production in Morocco. *Journal of Food Protection*, 70(3).
 - Canadian Food Inspection Agency. (2021). *Physical hazards in food*.
 - Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2021). *Foodborne germs and illnesses*.
 - Canadian Food Inspection Agency. (2014). *Physical hazards in food*.
 - Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2021). *Salmonella Infection*. Récupéré de <https://www.cdc.gov>
 - Courtial, A. (2005). *Guide pratique des huiles essentielles*. Paris : Éditions Médicales.
 - Courtial, A. (2005). *Guide pratique des huiles essentielles*. Paris : Éditions Médicales.
 - Corry, J. E. L., James, C., James, S. J., & Hinton, M. (2002). Microbial, chemical and physical hazards in broiler carcasses associated with transport and lairage. *International Journal of Food Microbiology*, 74(1-2).
 - CDC. (2021). *Foodborne Germs and Illnesses*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/foodsafety/foodborne-germs.html>
 - CDC. (2023). *Salmonella and Food*. <https://www.cdc.gov/salmonella/index.html>
 - CDC. (2021). *Salmonella prevention*. Récupéré de <https://www.cdc.gov/salmonella/prevention.html>
 - Dorosso, A. (2002). *La chimie des huiles essentielles : origines et classifications*. Paris : Éditions Scientifiques.
 - Doyle, M. P., & Beuchat, L. R. (2007). *Food microbiology: Fundamentals and frontiers* (3e éd.). ASM Press.
 - Dorosso, R. (2002). Conservation des huiles essentielles : techniques et défis. *Journal of Essential Oil Research*, 14(3), 145–150.
 - Eloukili, M. (2013). *Contrôle qualité des huiles essentielles : Méthodes analytiques et applications*. Rabat : Éditions Scientifiques.
 - Étude in vitro et in vivo (Algérie, 2015) Karima Ould Yerou et al. ont démontré que l'huile essentielle de laurier noble de l'ouest algérien inhibe Salmonella spp.
 - European Food Safety Authority. (2019). Scientific opinion on the public health risks of bacterial contamination in poultry meat. *EFSA Journal*, 17(5).
 - EFSA. (2019). The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *EFSA Journal*, 17(12).
 - Franchomme, P. (1990). *L'aromathérapie exactement : Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles*. Limoges : Roger Jollois.
 - France Ida, S. (1996). Méthodes traditionnelles d'extraction des huiles essentielles : l'enflourage. *Perfumer & Flavorist*, 21(4), 45–50.
 - Food Safety and Inspection Service (FSIS). (1988, janvier). *Salmonella Enteritidis in eggs and poultry: A review*. U.S. Department of Agriculture.
 - Finnardji, A. (1990). *Les réformes économiques et leur impact sur le secteur avicole en Algérie*. Alger : Éditions Economica.

Bibliographie

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2001). *Food safety and quality: Physical hazards*. <http://www.fao.org>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016). *The role of poultry in foodborne diseases*. <http://www.fao.org>
- FDA. (2021). *Hazard Analysis and Risk-Based Preventive Controls for Human Food: Guidance for Industry*. U.S. Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov>
- FAO/WHO. (2016). *Code of Practice on Food Allergen Management for Food Business Operators*. <https://www.fao.org/food-safety/publications/detail/en/c/415785/>
- FAO. (2009). *Guidelines for the application of food safety management systems in small and/or less-developed food businesses*. FAO.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2008). *World meat production statistics*.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2015). *Global poultry production trends*.
- Futura-Sciences. (2022). *Salmonelles : symptômes, transmission, traitement*. Récupéré de <https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/biologie-salmonelle-15672/>
- Garnero. (1996). *Le matériel végétal et les huiles essentielles. Manuel pratique : de la plante à la commercialisation*, 1–16.
- Grosso, C., & Coelho, J. A. (2006). Extraction des huiles essentielles par fluides supercritiques : une revue. *Journal of Essential Oil Research*, 18(6), 581–606.
- Gantois, I., Ducatelle, R., Pasmans, F., Haesebrouck, F., Gast, R., Humphrey, T. J., & Van Immerseel, F. (2009). Mechanisms of egg contamination by *Salmonella Enteritidis*. *FEMS Microbiology Reviews*, 33(4).
- Gouvernement de l'Ontario, Ministère de la Santé et des Soins de Longue durée. (2020). *Salmonella*. Récupéré de <https://www.ontario.ca/page/salmonella>
- Huete. (2012). *Huiles essentielles pour tous les jours*. Boulogne : Éditions Artémis.
- Heyndrickx, M., Vandekerchove, D., Herman, L., Rollier, I., Grijspeerdt, K., & De Zutter, L. (2002). Routes for *Salmonella* contamination of poultry meat: Epidemiological study from hatchery to slaughterhouse. *Epidemiology and Infection*, 129(2).
- Humphrey, T. J. (2006). *Salmonella, stress responses and food safety*. *Nature Reviews Microbiology*, 4(6).
- Hohmann, E. L. (2001). Nontyphoidal Salmonellosis. *Clinical Infectious Diseases*, 32(2).
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). (1996). *Microorganisms in foods 5: Characteristics of microbial pathogens*. Springer.
- Itavi. (2008). *Guide des bonnes pratiques d'hygiène en abattoir de volailles*. Institut Technique de l'Aviculture (ITAVI). Paris, France.
- IndexBox. (2024). *Essential Oils Market*. <https://www.indexbox.io/search/essential-oils-market>
- IndexBox. (2024). *Essential Oils Market*. <https://www.indexbox.io/search/essential-oils-market>
- Hammer, K. A., Carson, C. F., & Riley, T. V. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of Applied Microbiology*.
- Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern food microbiology* (7e éd.). Springer.

Bibliographie

- Juneja, V. K., & Sofos, J. N. (2002). *Control of foodborne microorganisms*. CRC Press.
- Koroch, A., Ranarivelo, L., Behra, O., Juliani, H. R., & Simon, J. E. (2007). Quality attributes of ginger and cinnamon essential oils from Madagascar. In Janick & Whipke (Eds.), *Issues in new crops and new uses*. ASHS Press.
- Kalemba, D., & Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*.
- Li, Q., Chen, X., Li, Y., Li, Y., Li, H., & Liu, X. (2017). Comparaison de la distillation à la vapeur et de l'extraction par solvant pour l'extraction des huiles essentielles des plantes médicinales chinoises. *Natural Product Research*, 31(6), 642–646.
- Lamaty, G., Menut, C., & Bessière, J. M. (1997). Les huiles essentielles dans l'Égypte ancienne : usage et symbolique. *Archaeology and History of Ancient Civilizations*, 12(2), 78–89.
- Lahlou, M. (2004). Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research*.
- Matos, M. F., Matos, F. J. A., Machado, M. I. L., & Craveiro, A. A. (1993). Composition chimique de l'huile essentielle d'*Ocimum americanum* L. cultivé dans le nord-est du Brésil. *Journal of Essential Oil Research*, 5(4), 429–430.
- Mabberley, D. J. (1997). *The plant-book: A portable dictionary of the vascular plants* (2e éd.). Cambridge : Cambridge University Press.
- Murray, P. R., Rosenthal, K. S., & Pfaller, M. A. (2020). *Medical microbiology* (9e éd.). Elsevier.
- Marin, C., & Lainez, M. (2009). Salmonella detection in feces during broiler rearing and after live transport to the slaughterhouse. *Poultry Science*, 88(10).
- Navarro-Silva, A. M., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., & Deans, S. G. (2000). Huiles essentielles de cultures racinaires poilues et de fruits et feuilles de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. *Journal of Essential Oil Research*, 12(2), 247–252.
- Niyonzima, E., et al. (2017). Caractérisation moléculaire et antibiorésistance des souches de Salmonella isolées chez les animaux et les humains au Burundi. *Médecine et Maladies Infectieuses*, 47(5).
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2001). *Les dangers chimiques dans les aliments*.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2005). *Rapport sur l'évolution du secteur avicole en Algérie*.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2016). *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture : Changement climatique, agriculture et sécurité alimentaire*. Rome : FAO.
- OECD/FAO. (2016). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025*. Paris : OECD Publishing.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2001). *Les dangers chimiques dans les aliments*.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2016). *La*

Bibliographie

situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture : Changement climatique, agriculture et sécurité alimentaire. Rome : FAO.

- OECD/FAO. (2016). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025*. Paris : OECD Publishing.
- Organisation mondiale de la santé (OMS). (2020). *Salmonella (non typhoïdique)*. Récupéré de <https://www.who.int>
- Pariente, J. (2001). *Étymologie des plantes méditerranéennes*. Paris : Éditions Botaniques.
- Patrakar, R. (2012). *Medicinal plants: A comprehensive review*. New Delhi : Jaypee Brothers Medical Publishers.
- Piochon, M. (2008). *L'aromathérapie : des plantes et des huiles essentielles*. Paris : Éditions Médicales Internationales.
- Popoff, M. Y., & Le Minor, L. (2005). *Antigenic formulas of the Salmonella serovars* (9e éd.). WHO Collaborating Centre for Reference and Research on Salmonella.
- Purchon, N. (2001). *The complete aromatherapy and essential oils handbook for everyday wellness*. Toronto : Robert Rose.
- Pauli, A. (2001). Les huiles essentielles en pharmacologie moderne. *Journal of Essential Oil Research*, 13(4), 247–253.
- Pharmacopée Européenne. (2008). *Monographie des huiles essentielles (01-2008: 2098)*. Strasbourg : Conseil de l'Europe.
- Quézel, P., & Santa, S. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Paris : CNRS.
- Reynaud, J. (2002). *La flore de la Méditerranée: Identification et écologie*. Marseille : Édisud.
- Ranoarisoa, K. M. (2012). *Évolution historique et état des lieux de la filière girofle à Madagascar* [Mémoire d'ingénieur]. ESSA, Antananarivo.
- Rouger, A., Tresse, O., & Zagorec, M. (2017). Bacterial contaminants of poultry meat: Sources, species, and dynamics. *Microorganisms*, 5(3).
- Richter, H. G. (1996). Lauraceae. In *Flowering Plants – Dicotyledons*. Springer.
- Rajashekara, G., Haverly, E., Halvorson, D. A., Ferris, K. E., Lauer, D. C., & Nagaraja, K. V. (2000). Multiplex PCR for the identification of *Salmonella* serotypes. *Journal of Clinical Microbiology*, 38(2).
- Rouger, A., Tresse, O., & Zagorec, M. (2017). Bacterial contaminants of poultry meat: Sources, species, and dynamics. *Microorganisms*, 5(3).
- Reverchon, E., & De Marco, I. (2006). Extraction et fractionnement de matières naturelles par fluides supercritiques. *Journal of Supercritical Fluids*, 38(2), 146–166.
- Spichiger, R., Savolainen, V., Figeat, M., & Jeanmonod, D. (2002). *Botanique systématique des plantes à fleurs*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Sayyah, M., El-Hadidi, M. N., & Hosni, H. A. (2002). Cultivation of Lauraceae in the Arab world. *Journal of Applied Botany*.

Bibliographie

- Sikkema, J. (1995). Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. *Microbiological Reviews*.
- Steven, J. (2001). The Lauraceae family: A review of its evolution and distribution. *Journal of Plant Taxonomy*.
- Staub, H., & Bayer, L. (2013). *Les huiles essentielles pour la peau et les muqueuses*. Paris : Éditions Médicales Internationales.
- Silva, J., & Leite, D. (2018). Bacterial contamination in poultry production: Sources and control measures. *Journal of Food Protection*, 81(7).
- Souza, E. L., de Barros, J. C., de Oliveira, C. E. V. & da Conceição, M. L. (2006). Influence of *Origanum vulgare* L. essential oil on enterotoxin production, membrane permeability and surface characteristics of *Staphylococcus aureus*.
- Tchoumboungang, F., Zollo, P. H. A., Boyom, F. F., Menut, C., & Bessière, J. M. (2008). Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Laurus nobilis* L. du Cameroun. *Journal of Essential Oil Research*, 20(5).
- Tisserand, R., & Young, R. (2014). *Essential oil safety: A guide for health care professionals* (2e éd.). Elsevier.
- U.S. Food and Drug Administration. (2021). *Chemical contaminants in food*. <https://www.fda.gov/food/chemical-contaminants-food>
- U.S. Food and Drug Administration. (2020). *Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP): Physical hazards*. <https://www.fda.gov>
- U.S. Food and Drug Administration. (2021). *Chemical contaminants in food*. <https://www.fda.gov/food/chemical-contaminants-food>
- USDA Food Safety and Inspection Service. (2021). *Safe handling of raw poultry*. <https://www.fsis.usda.gov>
- United States Department of Agriculture (USDA). (2019). *Projections for global poultry production*.
- USDA. (2020). *Salmonella and Food Safety*. Récupéré de <https://www.fsis.usda.gov/food-safety/salmonella>
- Watson, L., & Dallwitz, M. J. (1992). *The families of flowering plants: Descriptions, illustrations, identification, and information retrieval*.
- Wichtel. (1999). *Plantes thérapeutiques : tradition, pratiques officinales, science et thérapeutiques*. Paris : Tec & Doc.
- Willem, J. P. (2002). *Les huiles essentielles, médecine d'avenir*. Paris : Éditions du Dauphin.
- World Health Organization. (2020). *Food safety: Biological hazards*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- World Health Organization. (2015). *Food safety: Physical hazards in food*. <https://www.who.int>
- World Health Organization. (2020). *Food safety: Biological hazards*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- World Health Organization. (2020). *Food safety: Poultry production and processing*. <https://www.who.int>
- WHO. (2018). *Salmonella (non-typhoidal)*. <https://www.who.int/news-room/fact->

Bibliographie

- [sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](#)
- WHO. (2020). *Chemical risks in food*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chemical-safety-food>
 - WHO. (2018). *Five keys to safer food manual*. Organisation mondiale de la santé.
 - WHO. (2018). *Laboratory protocols for the detection and identification of Salmonella*.
 - WHO. (2018). *Escherichia coli (E. coli)*. Récupéré de <https://www.who.int>.
 - Zhiri, A., Baudoux, D., & Bokbot, Y. (2005). *Symbolisme des plantes dans les cultures anciennes*. Revue d'Histoire et de Culture.

Annexes

Annexes 01

Matériel utilisé

_Flacons 250 ml
-Tubes à vis
-Boîtes de pétri
-séléline cystine
-Hektoen enteric
- Poulet 400g
-Para film
-bouillon séléline cystine
-Barquette
-Embouts
-Eau physiologique
-Alcool, huile 1(girofle), huile2(Laurie), tween 20,
-Seringue 10 ml
-Papier aluminium épais
-Papier aluminium ordinaire
-Glacière, balance, agitateur vortex, chauffe-ballon, étuves 44, 30, 37°C,
pipettes automatique 0.1 à 1 ml, boîte porte embouts, pince, étaleur, gants,
couteaux, autoclave, béciers 1 litre et plus, plaque chauffante, bec bunsen,
marqueur permanent,
-Flacons 250 ml et plus pour stocker les milieux de cultur

Produits chimiques :

Les produits chimiques utilisés pour réaliser l'extraction et déterminer

l'activité antibactérienne sont :

-Les solvants de l'extraction : éthanol à 70%.

-Eau distillée.

-Eau physiologique.

-tween 20.

Annexe 02

Milieux de culture utilisés

Milieu sélénite cystine

Composent	Quantité (g/l)
-Peptone	5,0 g
-Lactose	4,0 g
-Sélénite de sodium (Na_2SeO_3)	4,0 g
-Cystine	0,01 g (10 mg)
-Phosphate diacide de sodium (NaH_2PO_4)	10,0 g
-Eau distillée	1 000 mL (1 L)

Milieu Mueller Hinton Agar (MHA)

Composent(MHA)	Quantité (g/l)
Hydrolysats de caséine (peptone)	17.5 g
Extrait de viande	2.0 g
Amidon	1.5 g
Calcium	20 à 25 mg
Magnésium	10 à 12.5 mg
Agar	15 g
Ph	7.4+/-0.2
Eau distillée	1 L

Annexes

Milieu Hektoen enteric

Composant	Quantité (g/l)
Peptone	12,0 g
Levure (extrait)	3,0 g
Lactose	12,0 g
Saccharose	12,0 g
Salicine	2,0 g
Bile salts (sels biliaires)	9,0 g
Chlorure de sodium	5,0 g
Citrate de sodium 1,5 g	1,5 g
Bleu de bromothymol (indicateur pH)	0,065 g
Bleu de méthylène	0,00036 g
Agar	13,5–15,0 g
Eau distillée	1000 mL (1L)
pH final	7,5 ± 0,2

Preparation le milieu *Hektoen Enteric*

Pour préparer le milieu *Hektoen Enteric*, on commence par peser 75 g de poudre déshydratée à l'aide d'une balance. La poudre est ensuite versée dans un bécher propre stérile, puis on y ajoute un litre d'eau distillée. Le mélange est chauffé sur une plaque chauffante tout en agitant, jusqu'à obtention d'une solution homogène. Une fois la dissolution complète, le milieu est transféré dans un flacon adapté, puis stérilisé en autoclave à 121 °C pendant 15 minutes. Après stérilisation, on laisse tiédir le milieu à environ 50 °C avant de le verser dans des boîtes de Petri stériles. Les boîtes sont ensuite laissées à température ambiante jusqu'à solidification, puis stockées au réfrigérateur entre 2 et 8 °C, à l'abri de la lumière.

Preparation de l'eau physiologique

La préparation de l'eau physiologique consiste à peser 8,5 grammes de chlorure de sodium (NaCl) à l'aide d'une balance de précision. La poudre est ensuite introduite dans un bécher propre, puis diluée avec un litre d'eau distillée. Le mélange est agité jusqu'à dissolution complète du sel et obtention d'une solution homogène.

Annexes03

Matériel utilisé dans l'extraction des l'huile essentielles

_matériel végétal(laurier et girofle)

_Ballon 2000ml

_Chauffe ballon

_Bécher

_Erlenmeyer

_Réfrigérant

_Entrée eau froide

_Sortie deau tiede

_Eau distillée

_Flacon