

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N°Ref :.....

Centre universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Thème :

**Activité antibactérienne des huiles essentielles de *Thymus vulgaris*,
Curcuma longa et *Coriandrum sativum* sur des salmonelles d'origine
alimentaire**

Présenté par :

- KIBECHE Mounya
- DAHMANE Faiza

Devant le jury :

Présidente :	Dr. BOUCHAIR K.	MAB	Centre universitaire-Mila
Examinatrice :	Dr. BOUCHEKRIT M.	MCA	Centre universitaire-Mila
Promotrice :	Dr. NOUICHI S.	MCA	Centre universitaire-Mila

Année universitaire : 2023/2024

*****Remerciements*****

Avant tout nous remercions ALLAH, le miséricordieux, le tout puissant et le plus clément qui nous aide et nous donne le courage de tout faire.

Nous souhaitons également exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice, Dr Nouichi Siham pour nous avoir encadrées et dirigées dans ce travail, ainsi que pour sa disponibilité, ses conseils et le temps précieux qu'elle nous a accordées.

Nos profonds remerciements vont également aux membres du jury Dr Bouhekrit Moufida et Dr Bouchair Khadidja pour le temps et l'énergie qu'ils ont consacrés pour évaluer notre travail.

Un grand merci à nos familles pour leur soutien inconditionnel, leur encouragement et leur compréhension tout au long de cette période. Leur présence et leurs mots réconfortants ont été une source de motivation constante.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire. Votre aide et votre soutien ont été inestimables.

Mounya et Faiza

Dédicaces

Je remercie DIEU le tout puissant pour nous avoir guidé et donné le

Courage pour achever ce travail que je dédie :

A la fleur de ma vie qui a donné sans limites, celle qui a été la raison de mon succès avec ses prières et son amour, Au cœur tendre, celle qui a été le premier soutien pour moi afin de réaliser mes ambitions et qui était mon refuge et mon bras droit à ce stade ma chère mère Zineb.

*A mon père, qui m'a soutenu et aidé tout au long de ma carrière, mon soutien constant, à mon soutien dans cette vie, et de lui je tire ma force, mon cher père
Azouz.*

A mes chers frères Amine, Rami, Zinedine.

A ma chère tante Souad, au bon cœur que je ne trouve pas de mots pour décrire.

*À ma cousine Hasna, ma sœur, pour ainsi dire, ma belle supportrice constante
et ma sauveuse*

À ma chère binôme Faiza

A toute ma famille, A tous mes amis.

Je remercie toutes les personnes que je n'ai pas pu citer leurs noms ici, et qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Mounya

Dédicaces

Louange à Dieu, grâce auquel les bonnes œuvres sont faites, Louange à Dieu qui m'a aidé à terminer mon parcours académique avec succès et que je conclus aujourd'hui avec ce travail que je dédie :

A mon cher père Mouhamed, A l'homme de ma vie mon exemple éternel celui qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études, Qui est toujours présent dans mon cœur et j'aurais tant aimé que tu sois parmi nous à ce moment, puisse dieu l'accueillir en son vaste paradis.

A la lumière de mes jours, la flamme de mon cœur, La source de mes efforts, ma vie et bonheur Ma Mère Massouda Qui me donne toujours l'espoir de vivre et Qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

À mes adorables frères Samir et Karim et ma plus belle Sœur Nawal, Merci d'être toujours à mes côtés, par votre présence, par votre amour dévoué et votre tendresse, pour donner du goût et du sens à ma vie.

A mes chères amie Ahlem, Dounia, Kenza, Mounya et Aichouch.

A toute la famille Dahmane.

A tous ceux que j'ai connu et je n'ai pas pu citer.

Faiza

Résumé

Cette étude avait pour objectif d'extraire les huiles essentielles du thym (*Thymus vulgaris*), du curcuma (*Curcuma longa*) et de la coriandre (*Coriandrum sativum*), d'évaluer leur activité antibactérienne contre sept souches de *Salmonella* provenant d'aliments contaminés, et de tester leur potentiel en tant qu'agents de bio-conservation naturels pour prévenir la contamination par *Salmonella* dans les produits alimentaires.

Les huiles ont été obtenues par hydrodistillation, avec des rendements de 1,72 % pour le thym, 0,81 % pour la coriandre et 1,66 % pour le curcuma. Par la suite, la méthode de l'aromatogramme a été utilisée pour évaluer l'efficacité des trois huiles essentielles sur les sept souches.

Les résultats obtenus ont montré une activité antibactérienne variable d'une huile à l'autre et d'une souche bactérienne à l'autre où le thym a montré une activité antibactérienne nette contre cinq souches avec des zones d'inhibition allant de 28 à 66 mm. L'activité de l'huile de coriandre était plus limitée (7 à 34 mm) et le curcuma n'a montré aucune activité.

Les tests en micro-atmosphère ont confirmé l'efficacité de l'huile essentielle de thym, avec des diamètres d'inhibition allant de 23 mm à 41 mm. L'huile essentielle de coriandre a présenté une activité modérée contre certaines souches de *Salmonella*, avec des diamètres d'inhibition de l'ordre de 9 mm et 10 mm. En revanche, l'huile essentielle de curcuma n'a démontré aucune activité antibactérienne.

Les concentrations minimales inhibitrices (CMI) ont été déterminées entre 0,78% et 6,25% pour le thym, et entre 0,39% et 3,125% pour la coriandre.

Cependant, l'huile de thym n'a pas réussi à inhiber la croissance de *Salmonella* dans de la crème fraîche, et n'a donc pas pu être utilisée comme conservateur alimentaire.

Mots clés : Huile essentielle, thym, curcuma, coriandre, *Salmonella*, activité antibactérienne, bio-conservation.

Abstract

The aim of this study was to extract the essential oils of thyme (*Thymus vulgaris*), turmeric (*Curcuma longa*), and coriander (*Coriandrum sativum*), evaluate their antibacterial activity against seven *Salmonella* strains from contaminated food, and test their potential as natural bio-preservative agents to prevent *Salmonella* contamination in food products.

The oils were obtained by hydrodistillation, with yields of 1.72% for thyme, 0.81% for coriander, and 1.66% for turmeric. The aromatogram method was then used to evaluate the efficacy of the three essential oils on the seven strains.

The results showed variable antibacterial activity from one oil to another and from one bacterial strain to another, where thyme showed clear antibacterial activity against five strains with inhibition zones ranging from 28 to 66 mm. The activity of coriander oil was more limited (7 to 34 mm), and turmeric showed no activity.

Micro-atmosphere tests confirmed the effectiveness of thyme essential oil, with inhibition diameters ranging from 23 mm to 41 mm. Coriander essential oil showed moderate activity against certain *Salmonella* strains, with inhibition diameters around 9 mm and 10 mm. In contrast, turmeric essential oil did not demonstrate any antibacterial activity.

The minimum inhibitory concentrations (MICs) were determined to be between 0.78% and 6.25% for thyme, and between 0.39% and 3.125% for coriander.

However, thyme oil failed to inhibit the growth of *Salmonella* in fresh cream and could not be used as a food preservative.

Keywords: Essential oil, thyme, turmeric, coriander, *Salmonella*, antibacterial activity, bio-preservative.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى استخلاص الزيوت العطرية من الزعيترة (*Thymus vulgaris*)، والكرم (*Curcuma longa*)، والكزبرة (*Coriandrum sativum*)، لتقييم نشاطها المضاد للبكتيريا ضد سبع سلالات من السالمونيلا تم الحصول عليها من الأطعمة الملوثة، واختبار قدرتها كمضاد حيوي طبيعي واستعمالها كمواد حافظة لمنع تلوث السالمونيلا في المنتجات الغذائية.

تم الحصول على الزيوت عن طريق التقطير المائي، مع إنتاجية 72.1% للزعيترة، 81.0% للكزبرة و 66.1% للكرم. وبعد ذلك، تم استخدام طريقة aromatoqramme لتقييم فعالية الزيوت الأساسية الثلاثة على السلالات البكتيرية السبعة.

أظهرت النتائج المتحصل عليها نشاطا مضادا للبكتيريا متباينا من زيت إلى آخر ومن سلالة بكتيرية إلى أخرى حيث أظهرت الزعيترة نشاطا مضادا واضحا ضد خمس سلالات بمناطق تثبيط تراوحت بين 28 إلى 66 ملم. كان نشاط زيت الكزبرة محدوداً أكثر (7 إلى 34 ملم) ولم يظهر الكرم أي نشاط.

أكدت طريقة micro-atmosphère فعالية زيت الزعيترة الأساسي، حيث تتراوح أقطار التثبيط من 23 ملم إلى 41 ملم. أظهر زيت الكزبرة الأساسي نشاطاً معتدلاً ضد سلالات معينة من السالمونيلا، حيث تراوحت أقطار التثبيط بين 9 ملم و 10 ملم. في المقابل، لم يظهر زيت الكرم الأساسي أي نشاط مضاد للبكتيريا.

تم تحديد التركيزات المثبطة الدنيا MICs بين 78.0% و 25.6% للزعيترة، وبين 39.0% و 125.3% للكزبرة. ومع ذلك، فشل زيت الزعيترة في منع نمو السالمونيلا في الكريمة الطازجة، وبالتالي لا يمكن استخدامه كمادة حافظة للأغذية.

الكلمات المفتاحية: الزيت العطري، الزعيترة، الكرم، الكزبرة، السالمونيلا، النشاط المضاد للبكتيريا، الحفظ البيولوجي.

Tables des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....	1
-------------------	---

Synthèse bibliographique

<i>Chapitre I : Généralités sur les plantes aromatiques.....</i>	<i>3</i>
--	----------

I.1. Définition des plantes aromatiques.....	4
--	---

I.2. Usage des plantes aromatiques	4
--	---

I.2.1. Alimentaire.....	4
-------------------------	---

I.2.2. Cosmétique.....	4
------------------------	---

I.3. Aromathérapie	5
--------------------------	---

I.4. Généralités sur les plantes étudiées	5
---	---

I.4.1. Coriandre (<i>Coriandrum sativum</i> L.)	5
--	---

I.4.1.1. Définition.....	5
--------------------------	---

I.4.1.2. Etymologie	5
---------------------------	---

I.4.1.2. 1. Nom scientifique	5
------------------------------------	---

I.4.1.2. 2. Noms vernaculaires	5
--------------------------------------	---

I.4.1.3. Classification et systématique.....	6
--	---

I.4.1.4. Description botanique	6
--------------------------------------	---

Les feuilles	7
--------------------	---

L'inflorescence	7
-----------------------	---

Les fruits.....	7
-----------------	---

I.4.1.5. Origine et répartition géographique	8
--	---

I.4.1.6. Composition chimique	8
-------------------------------------	---

I.4.1.7. Utilisation de la coriandre	9
--	---

I.4.2. Curcuma (<i>Curcuma longa</i> L.).....	10
--	----

I.4.2.1. Définition.....	10
--------------------------	----

I.4.2.2. Etymologie	10
I.4.2.3. Description botanique	11
I.4.2.4. Classification systématique.....	13
I.4.2.5. Origine et répartition géographique	13
I.4.2.6. Composition chimique.....	13
I.4.2.7. Utilisation du curcuma.....	15
I.4.2.7.1. Utilisation alimentaire.....	15
I.4.2.7.2. Utilisation médicinale	15
I.4.2.7.3. Utilisation cosmétique.....	15
I.4.2.7.4. Utilisation industrielle.....	16
I.4.3. Le thym (<i>Thymus vulgaris</i>).....	16
I.4.3.1. Généralités et nomenclature.....	16
I.4.3.2. Description botanique	16
I.4.3.3. Classification et systématique.....	17
I.4.3. 4. 1. Dans le monde	18
I.4.3. 4. 2. En Algérie.....	18
I.4.3.5. Composition chimique.....	19
I.4.3.6. Utilisation du <i>Thymus vulgaris</i>	19
I.4.3.6.1. Usage culinaire	19
I.4.3.6.2. Usage en thérapie et en pharmacologie	20
I.4.3.6.3. En cosmétique	20
Chapitre II : Généralités sur les huiles essentielles (HE).....	21
II.1. Définition des huiles essentielles (HE)	22
II.2. Historique.....	22
II.3. Principales caractéristiques des huiles essentielles.....	22
II.3.1. Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles	22
II.3.2. Caractéristiques biologiques des huiles essentielles.....	23
II.3.3. Les caractéristiques physico -chimiques des huiles essentielles.....	24
II.4. Localisation des huiles essentielles dans la plante	25
II.5. Composition chimique des huiles essentielles	26
II.5.1. Terpénoïdes.....	26
II.5.2. Phénylpropanoïdes	27
II.5.3. Autres composés dérivés.....	27
II.6. Les voies d'utilisation des huiles essentielles	28

II.7. Domaines d'utilisation des huiles essentielles	28
II.8. Toxicité des huiles essentielles.....	29
II.9. Les méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	30
II.9.1. Extraction par hydrodistillation	30
II.9.2. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau.....	30
II.9.3. L'hydro diffusion	31
II.9.4. Expression à froid	31
II.9.5. Extraction par solvant organique	32
II.9.6. Extraction par le CO2 supercritique	32
II.9.7. Extraction par micro-ondes	33
II.9.8. Distillation sèche	34
II.10. Condition de conservation et étiquetages des huiles essentielle	34
II.10.1. Conservation	34
II.10.2. Étiquetage.....	35
Chapitre III : Matériels et méthodes	36
Objectif et contexte de l'étude.....	37
III.1. Matériels.....	37
III.1.1. Matériel biologique	37
III.1.1.1. Matériel végétal.....	37
III.1.1.2. Matériel bactérien.....	37
III.1.2. Matériel de laboratoire	38
III.2. Méthodes.....	38
III.2.1. Questionnaire.....	38
III.2.2. Investigation expérimentale	39
III.2.2. 1. Extraction des huiles essentielles	39
III.2.2.2. Calcul du rendement de l'extraction	40
III.2.3. Etude de l'activité antibactérienne des huiles extraites	41
III.2.3.2. Préparation des souches bactériennes	41
III.2.3.3. Etude de l'activité antibactérienne in vitro	42
III.2.3.3.1 . Méthode de diffusion de disques.....	42
III.2.3.3.2 Méthode du micro-atmosphère.....	45
III.2.3.3.3 . Détermination des CMI.....	45
III.2.3.2 4. Évaluation de l'activité antibactérienne des HEs sur les souches de <i>Salmonella</i> dans un aliment	46

Interprétation des tests biochimiques.....	51
Chapitre IV : Résultats et Discussion	53
IV.1. Résultats de l'enquête ethnobotanique.....	54
IV.2. Résultats du travail expérimental.....	74
IV.2. 1. Rendement en huiles essentielle.....	74
IV.2. 2. Propriétés organoleptiques des huiles essentielles extraites.....	76
IV.3. Résultats de l'étude de l'activité antibactérienne in vitro.....	76
IV.3.1. Méthode de diffusion de disques sur milieu gélosé	76
IV.3.2. Résultats de la méthode du micro-atmosphère.....	80
IV.3.3. Détermination des CMI	82
IV.3.4. Résultats de l'étude l'activité antibactérienne de l'HE du thym dans un aliment	85
Conclusion et perspectives	89
Références bibliographiques	91
Annexes	106

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation.

ATB : antibiotique.

ATCC : American Type Culture Collection.

BMH : bouillon Mueller Hinton.

CMI : Concentration minimale inhibitrice.

DMSO : Diméthylsulfoxyde.

GN : gélose nutritive.

HE : Huile essentielle.

ml : millilitre .

mm : millimètre.

NaCl : Chlorure de Sodium.

µL : microlitre.

µg : microgramme .

CFU/ml : unité formant colonie/ millilitre.

VMHD : vacuum microwave hydrodistillation.

M' : masse d' Huile essentielle obtenue après l'extraction.

M : masse de la matière végétale utilisée.

RHE : rendement d'huile essentielle.

AML : Amoxicilline.

NOR : Norfloxacin.

EPT : Eau peptonnée tamponnée.

MKTTn : bouillon Muller-Kaufmann au tétrathionate/novobiocine.

TSI : Triple sugar iron.

TDA : tryptophane désaminase.

pH : potentiel hydrogène.

Liste des tableaux

Tableau 1: L'utilisation de quelques plantes aromatiques en gastronomie et en cuisine	4
Tableau 2 : Les dénominations de curcuma.....	10
Tableau 3: Classification systématique du curcuma	13
Tableau 4: Valeur nutritionnelle et énergétique de <i>Curcuma longa</i> L.....	14
Tableau 5: Composition chimique de l'huile essentielle de <i>T. vulgaris</i>	19
Tableau 6: Souches bactériennes étudiées	38
Tableau 7: Interprétation des tests biochimiques.....	51
Tableau 8: Rendement en huiles essentielle des trois épices utilisés	74
Tableau 9: Propriétés organoleptiques des huiles essentielles extraites.....	76
Tableau 10: Sensibilité des souches bactériennes testées vis-à-vis les trois HEs	77
Tableau 11: Valeurs des diamètres d'inhibition par la phase volatile des souches testées	81
Tableau 12: Résultats de la méthode CMI.....	82
Tableau 13: les résultats d'activité antibactérienne d'huile <i>Thymus vulgaris</i> dans la crème fraiche.....	86

Liste des figures

Figure 1: <i>Coriandrum sativum</i> L.....	6
Figure 2: Morphologie des tiges et feuilles de coriandre	6
Figure 3: Feuille de la coriandre A : au stade végétatif, B : au stade de floraison	7
Figure 4: La fleur de coriandre (<i>Coriandrum sativum</i> L).....	7
Figure 5: Différents stades de développements des fruits du coriandre	8
Figure 6: Rhizome et poudre de <i>Curcuma longa</i> L.....	10
Figure 7: Rhizomes du <i>Curcuma longa</i> L.....	11
Figure 8: Feuilletage de <i>Curcuma longa</i> L.....	11
Figure 9: Fleur du <i>Curcuma longa</i> L.....	12
Figure 10: Répartition géographique du genre <i>Curcuma longa</i> L	13
Figure 11: La structure chimique.....	15
Figure 12: Structures de base des Flavonides	15
Figure 13: Aspects morphologiques de <i>Thymus vulgaris</i> L.....	17
Figure 14: Distribution géographique du thym dans le monde	18
Figure 15 : Poils sécréteurs	25
Figure 16: Unité isoprénique.....	26
Figure 17 : Classement des terpénoïdes selon le nombre d'unités isoprène entrant dans leur composition	26
Figure 18: Structure de certains composés des HEs	27
Figure 19: Montage d'extraction par Hydrodistillation	30
Figure 20: Montage d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau.....	31
Figure 21: Schéma du dispositif de l'hydro-diffusion.....	31
Figure 22: Montage de l'expression à froid.....	32
Figure 23: Extraction par le CO ₂ supercritique	33
Figure 24 : Montage d'extraction par micro- ondes.....	34
Figure 25 : Appareil de l'extraction des huiles essentielle (Clevenger)	39
Figure 26: Etapes de l'extraction des huiles essentielles	40
Figure 27: Préparation du milieu de culture.....	41
Figure 28: Ensemencement des bactéries	41
Figure 29: Incubation des bactéries	42
Figure 30: Etapes de préparation de la suspension bactérienne.....	43
Figure 31: Ensemencement bactérien sur milieu Mueller Hinton	43
Figure 32: Etapes de distribution des disques	44
Figure 33: Etapes de la méthode du micro-atmosphère.....	45
Figure 34: Illustration de la méthode en micro-atmosphère.....	45
Figure 35: Détermination de la CMI par la méthode de micro-dilution sur plaque.....	46
Figure 36: Etape de pré-enrichissement.....	47
Figure 37: Isolement sur milieu Hecktoen	48
Figure 38 : Colonies caractéristiques de <i>Salmonella</i>	48
Figure 39 : colonies autres que Salmonelle (témoin négatif).....	48
Figure 40: Confirmation biochimique sur le milieu TSI.....	49

Figure 41 : Réactions typiques de <i>Salmonella</i> sur milieu TSI.....	49
Figure 42: Confirmation biochimique sur le milieu urée	50
Figure 43: Lecture du test uréase.....	50
Figure 44: Test d'indole par réactif de Kovacs.....	50
Figure 45: Test TDA.....	51
Figure 46: Digramme des différentes étapes de la recherche des salmonelles	52
Figure 47: Origine des personnes qui ont participé à l'enquête	54
Figure 48: Types des régions concernées par l'enquête.....	54
Figure 49: Catégories d'âge des participantes à l'enquête	55
Figure 50: Niveau intellectuel des participantes	55
Figure 51: Profession des participantes	56
Figure 52: Taux de familiarité avec les huiles essentielles.....	56
Figure 53: Niveau de connaissance pour les huiles essentielles.....	57
Figure 54: Pourcentage d'utilisation des huiles essentielles	57
Figure 55: Principaux usages des huiles essentielles par les utilisatrices	58
Figure 56: Fréquence de cuisson.....	59
Figure 57: Taux d'utilisation de la coriandre dans les plats cuisinés	59
Figure 58: Plats dans lesquels la coriandre est ajoutée	60
Figure 59: Taux d'utilisation du curcuma.....	61
Figure 60: Plats dans lesquels le curcuma est ajouté.....	61
Figure 61: L'utilisation de thym aux plats	62
Figure 62: Plats dans lesquels le thym est ajouté.....	62
Figure 63: Connaissances sur les bienfaits potentiels de curcuma pour santé.....	63
Figure 64: Connaissances sur les bienfaits potentiels de coriandre pour santé	63
Figure 65: Connaissances sur les bienfaits potentiels du thym pour santé.....	64
Figure 66: bienfaits possibles de coriandre.....	64
Figure 67: Bienfaits possibles de curcuma	65
Figure 68: Bienfaits possibles de thym.....	66
Figure 69: Connaissance de la possibilité d'obtention des HEs des plantes étudiées	66
Figure 70: Taux d'utilisation d'huile de coriandre.....	67
Figure 71: Fins d'utilisation d'huile essentielles de coriandre	68
Figure 72: Utilisation d'huile essentielle de curcuma	68
Figure 73: Fins d'utilisation de l'huile essentielles de curcuma	69
Figure 74: Taux d'utilisation d'huile essentielle de thym	69
Figure 75: Modes d'utilisation de l'huile essentielle de thym	70
Figure 76: Effets résultant de l'utilisation de l'huile essentielle de coriandre.....	70
Figure 77: Effets résultant de l'utilisation de l'huile essentielle de curcuma	71
Figure 78: Effets résultant de l'utilisation de l'huile essentielle de thym.....	71
Figure 79: Niveau de connaissance de la possibilité d'utiliser les huiles essentielles comme des conservateurs naturels.....	72
Figure 80: Degré d'intérêt pour l'utilisation des HEs de coriandre, de curcuma et du thym.....	72
Figure 81: Principaux sujets d'inquiétudes concernant l'utilisation des trois HEs	73
Figure 82: Aspect des trois huiles essentielles extraites.....	76
Figure 83: Exemple de résultats de la sensibilité des souches de <i>Salmonella</i> envers les différentes HEs et ATB par chromatogramme	80

Figure 84: Exemple de résultats de la sensibilité des souches de <i>Salmonella</i> envers les phases volatiles des trois HEs	82
Figure 85: Résultats de la détermination de la CMI de l'HE du thym	84
Figure 86: Résultats de la détermination de la CMI de l'HE de la coriandre	85

Introduction

Depuis des temps immémoriaux, l'homme a reconnu et exploité les plantes aromatiques à des fins alimentaires et médicinales. Ces plantes contiennent une grande diversité de composés chimiques (huile essentielle, flavonoïdes, vitamines, etc.) aux caractéristiques et activités physico-chimiques très variées, et possédant différentes activités biologiques (antimicrobiennes, antioxydants, antivirales, etc.) (Michel, 2011). Souvent, c'est la fraction d'huile essentielle (HE) qui confère à ces plantes leurs vertus, qu'il s'agisse de propriétés thérapeutiques pour traiter les infections ou de capacités de conservation des aliments. Au-delà de ces aspects, les plantes aromatiques jouent un rôle essentiel dans notre alimentation, apportant saveurs, arômes et bienfaits pour la santé.

Une huile essentielle (HE) est un produit odorant de composition chimique complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie. Cette matière première peut provenir de différentes parties de la plante : feuilles, tiges, bulbes, racines, graines, fleurs, écorce, etc (Bruneton, 2009). La production des huiles essentielles fait appel à des procédés spécifiques, tels que : l'entraînement à la vapeur d'eau, la distillation sèche et des procédés mécaniques sans chauffage. De nombreuses huiles essentielles présentent des activités biologiques intéressantes, notamment antibactériennes. Leur effet antimicrobien a été largement étudié par les chercheurs, qui ont mis en évidence leur capacité à inhiber ou à détruire certaines bactéries pathogènes (Mangalagiri *et al.*, 2021 ; Gheorghita *et al.*, 2022).

D'autre part, les salmonelles sont des bactéries gram-négatives responsables de nombreuses toxi-infections alimentaires, pouvant entraîner des symptômes graves chez les personnes infectées. Leur présence dans une grande variété de produits alimentaires, tels que la viande, les œufs, les produits laitiers ou les fruits et légumes, en fait un enjeu majeur de santé publique et de sécurité alimentaire. Au-delà des conséquences sanitaires, les contaminations par les salmonelles engendrent également des coûts économiques importants pour les entreprises alimentaires, avec des rappels de produits, des pertes de production et des dommages à la réputation.

Face à cette menace, le développement de solutions de bio conservation, comme l'utilisation d'huiles essentielles, représente une piste prometteuse pour prévenir la contamination des aliments par les salmonelles et assurer la sécurité des consommateurs. La maîtrise de ces agents pathogènes est un défi crucial pour garantir la salubrité des produits alimentaires.

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est d'extraire les huiles essentielles de thym (*Thymus vulgaris* L.), de curcuma (*Curcuma longa* L.) et de coriandre (*Coriandrum sativum*

Introduction générale

L.), et d'évaluer leur activité antibactérienne in vitro contre des souches de *Salmonella* isolées à partir d'aliments contaminés, et de tester si ces huiles essentielles pourraient être utilisées comme agents naturels de bio-conservation pour prévenir la contamination par *Salmonella* dans les produits alimentaires.

Ainsi, notre travail se divise en deux parties :

✚ La première partie c'est la partie bibliographique, qui comprend :

- Le chapitre I qui présente des généralités sur les plantes aromatiques et leurs domaines d'application, en se focalisant sur trois plantes spécifiques : le thym (*Thymus vulgaris* L.), le curcuma (*Curcuma longa* L.) et la coriandre (*Coriandrum sativum* L.).

- Le chapitre II illustre les généralités sur les huiles essentielles, abordant leur historique, leur localisation, leur composition, leurs caractéristiques, leurs domaines d'utilisation, leurs voies d'utilisation, leurs méthodes d'extraction et leur conservation.

✚ La deuxième partie de ce travail est la partie pratique, qui se décompose à son tour en deux étapes :

- Une enquête ethnobotanique sur les plantes aromatiques et les huiles essentielles extraites de ces plantes, mettant l'accent sur le thym, la coriandre et le curcuma.
- Des travaux expérimentaux dans le laboratoire pour extraire les huiles essentielles de ces trois plantes par hydrodistillation, évaluer leur activité antibactérienne vis-à-vis des souches de *Salmonella* dans un milieu de culture et après leur incorporation dans une matrice alimentaire.

*Chapitre I : Généralités sur
les plantes aromatiques*

I.1. Définition des plantes aromatiques

La notion de plantes aromatiques indique des plantes ayant un arôme parfumé ou sucré, on parle aussi de plantes à huiles essentielles. Ces huiles s'accumulent dans certains organes spécifiques ou parties de plantes. Ces plantes autrement définies, sont les végétaux qui contiennent suffisamment de molécules aromatiques dans un ou plusieurs organes producteurs, tels que les feuilles, les fleurs, les tiges, les fruits, les écorces et les racines (**Neffati et Sghaier, 2014**).

I.2. Usage des plantes aromatiques

I.2.1. Alimentaire

L'utilisation des plantes aromatiques est solidement ancrée dans la gastronomie des cultures méditerranéennes. Des herbes telles que la menthe, l'origan, le persil, le romarin et la sauge jouent un rôle essentiel dans notre alimentation quotidienne, tout en offrant des avantages thérapeutiques indéniables (**Foued, 2018**). Le tableau 01 présente l'utilisation de quelques plantes aromatiques en gastronomie et en cuisine (**Tableau 01**).

Tableau 1 : L'utilisation de quelques plantes aromatiques en gastronomie et en cuisine (Foued, 2018).

Plantes aromatiques	Leurs usages en cuisine
Sauge	Ses feuilles peuvent être utilisées dans les salades et pour aromatiser la viande
Orange	Ses feuilles peuvent être placées sous la peau du poulet ou en les intercalant avec les bardes autour de la caille.
Romarin	Se marie bien avec les viandes blanches.
Coriandre	S'associe bien avec les fruits de mer et peut également être utilisé dans les desserts tels que l'ananas frais et la salade d'orange

I.2.2. Cosmétique

Les usages cosmétiques de certains produits naturels peuvent être succinctement répertoriés de la manière suivante (**Aburjai et Natsheh, 2003**) :

- Pour les soins de la peau, incluant la gestion de la sécheresse, de l'eczéma, de l'acné, des taches et des boutons, ainsi que pour les propriétés anti-radicaux libres, anti-inflammatoires, anti-âge et de protection cutanée.

Chapitre 01 : Généralités sur les plantes aromatiques

- Utilisés dans les soins capillaires en tant que stimulateurs de croissance capillaire, traitement des pellicules, teintures capillaires et pour traiter divers problèmes liés aux cheveux et au cuir chevelu, tels que les pellicules.

I.3. Aromathérapie

L'aromathérapie est une branche de la phytothérapie qui utilise les extraits aromatiques des plantes à des fins thérapeutiques. Elle se base sur l'utilisation d'huiles essentielles chémotypées extraites de plantes aromatiques, pouvant être appliquées de différentes manières. L'aromathérapie scientifique repose sur des données solides issues de la recherche clinique et en laboratoire, offrant une approche thérapeutique naturelle, efficace et complémentaire à d'autres méthodes de soins (Kachetel et Sahmi, 2017).

I.4. Généralités sur les plantes étudiées

I.4.1. Coriandre (*Coriandrum sativum* L.)

I.4.1.1. Définition

La coriandre, scientifiquement connue sous le nom de *Coriandrum sativum* L., est une plante annuelle et herbacée appartenant à la famille des Apiacées. Son nom dérive du terme grec "Koris", qui signifie punaise, en raison de l'odeur désagréable et fétide émise par la plante verte et ses fruits non mûrs. La variété de coriandre verte, également appelée coriandre, persil chinois, mexicain ou japonais, est largement utilisée à travers le monde. Elle est particulièrement appréciée au Moyen-Orient, dans de nombreuses régions d'Asie du Sud et dans la plupart des régions d'Amérique latine (Ghedira et Goetz, 2015).

I.4.1.2. Etymologie

I.4.1.2.1. Nom scientifique

Coriandrum sativum L.

I.4.1.2.2. Noms vernaculaires

- Nom français : coriandre, persil arabe, persil chinois, persil mexicain ;
- Nom anglais : coriander, cilantro, chinese parsley
- Nom vernaculaire arabe : كزبرة
- Nom vernaculaire kabyle : Lkesbar. (Kachetel et Sahmi, 2017).

I.4.1.3. Classification et systématique

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Tracheobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Ordre : Apiales
- Famille : Apiaceae
- Genre : *Coriandrum*
- Espèce : *Coriandrum sativum* L. (**Figure 01**) (**Kachetel et Sahmi, 2017**).



Figure 1: *Coriandrum sativum* L (**Kachetel et Sahmi, 2017**).

I.4.1.4. Description botanique

La coriandre, plante annuelle à racine pivotante, se caractérise par des tiges élancées, ramifiées et dressées mesurant généralement de 30 à 60 cm en floraison, pouvant atteindre 1,4 m (**Figure 02**) (**Diederichsen, 1996**).



Figure 2: Morphologie des tiges et feuilles de coriandre (Amara, 2016)

- **Les feuilles**

Les feuilles se caractérisent par leur couleur vert clair et leur texture lisse, notamment sur la face inférieure. Les feuilles situées à la base de la plante sont attachées à la tige par un pétiole, elles ont une forme pennatiséquée avec des incisions et des bords dentelés. En revanche, les feuilles supérieures sont sans pétiole, finement découpées en lanières et sont dotées d'une gaine longue et large (**Figure 03**) (**Dupon, 2007**).



Figure 3: Feuille de la coriandre A : au stade végétatif, B : au stade de floraison. :
(**Marouche et Allouma, 2017**).

- **L'inflorescence**

C'est une ombelle, les fleurs se disposent de manière radiale et régulière au centre de l'ombelle, mais deviennent irrégulières à la périphérie. Elles se composent de 5 sépales, 5 pétales blancs ou rosés, 5 étamines, 2 styles relativement longs et un ovaire super-bi carpellaire (**Figure 04**) (**Marouche et Allouma, 2017**).



Figure 4: La fleur de coriandre (*Coriandrum sativum* L) (Damma et Kerboua, 2018).

- **Les fruits**

Les fruits frais présentent une teinte verte et exhalent un parfum similaire à celui des feuilles. Au fur et à mesure de leur maturation, ils évoluent vers une couleur beige, puis ocre-

brun clair, dévoilant une fragrance plus prononcée. Ces fruits sont des schizocarpes (diakènes) qui possèdent une forme sphérique très régulière de 2 à 5 mm (**Figure 05** ((**Teuscher *et al.*, 2005**)).



A : Fruits verts **B** : Fruits murs **C** : Fruits murs et secs

Figure 5: Différents stades de développements des fruits du coriandre (**Anonyme, 2016**).

I.4.1.5. Origine et répartition géographique

La coriandre, une plante aromatique largement cultivée, a probablement son origine dans le bassin méditerranéen de l'Asie Mineure ou du Proche-Orient (**Vanier, 2006**). Elle est cultivée dans les zones tempérées du monde entier, notamment en Ukraine, en Russie, en Chine, en Inde, au Pakistan, au Maroc, en Argentine, au Mexique et en Roumanie. Elle est également cultivée en Europe de l'Est et en Russie. En Algérie, elle est très répandue et même cultivée dans le désert (**Quezel et Santa, 1963**).

I.4.1.6. Composition chimique :

La coriandre contient divers pigments caroténoïdes, tels que la provitamine A (**Santé Canada, 2010**). Elle renferme également des métabolites secondaires tels que des flavonoïdes (comme le 3-O-glycosides de quercétol et de Kaempférol), ainsi que des acides-phénols (acide caféique, acide férulique, acide gallique et acide chlorogénique), considérés comme des antioxydants (**Bajpai *et al.*, 2005**), et des vitamines hydrosolubles, notamment la vitamine K et la vitamine C (**Lorenz, 2001**).

Par ailleurs, la coriandre renferme des terpénoïdes, des coumarines, et des huiles essentielles, dont les compositions chimiques varient selon le chémotype, l'origine et la période de récolte. Les tiges présentent une huile essentielle différente de celle des feuilles et des fruits, principalement dominée par le phytol (environ 60%). (**Teuscher *et al.*, 2005**). Tandis que les fruits (ou graines) renferment :

- **Huile essentielle** 0,1 à 2% son principale constituant est le linalol ou coriandrol (45 à 85%) ; il est accompagné d' α -pinène (1 à 15%), de limonène (0 à 4%), de γ -terpinène (Traces

Chapitre 01 : Généralités sur les plantes aromatiques

à 15%), de p-cymène (0 à 15%), de camphre (0 à 10%), de géraniol (0 à 7%) et D'acétate de géranyle (1 à 20%).

- **Lipides** : 13 à 21%, avec de fortes teneurs en acide pétrosélinique ($\approx 38\%$)
- **Hydroxycoumarines** : présente en très faible quantité : scopolétole et ombélliférone
- **Dérivés de l'acide hydroxycinnamique** : acide caféique, souvent accompagné de dérivés de l'acide quinique, comme les acides chlorogénique, 4 et 5-caféoylquinique, p-coumaroylquinique et féruloyl-quinique.
- **Triterpènes** : coriandrinodiol (**Teuscher *et al.*, 2005**).

I.4.1.7. Utilisation de la coriandre

L'huile essentielle extraite des grains de la coriandre s'avère être un remède précieux pour apaiser divers troubles digestifs mineurs. Elle trouve également son application dans le traitement d'infections gastro-intestinales telles que la gastrite infectieuse, la diarrhée, et les intoxications alimentaires telles que la Turista (**Greger, 1987**). Cette huile essentielle des fruits est également appréciée pour ses propriétés analgésiques, notamment dans le soulagement des douleurs articulaires et musculaires. De plus, elle est utilisée dans des formulations dermatologiques telles que des crèmes et des lotions pour favoriser la guérison de la peau. En raison de sa faible toxicité et de ses propriétés antibactériennes, l'huile essentielle de coriandre joue également un rôle dans l'industrie alimentaire en aidant à préserver les aliments (**Prior *et al.*, 2007**).

L'huile essentielle extraite des fruits mûrs de la coriandre démontre des propriétés antifongiques, antivirales, et antibiotiques, agissant contre des pathogènes tels que les colibacilles, les salmonelles, les staphylocoques et les streptocoques, y compris ceux résistants à certains antibiotiques (**Greger, 1987**).

Les graines sèches de coriandre, souvent utilisées comme épice dans la cuisine orientale, notamment dans la poudre de curry qui en contient entre 30 et 40% (**Mighri, 2010**), sont largement appréciées. Quant aux feuilles fraîches, elles sont consommées à l'échelle mondiale, ajoutant une saveur aux crudités et pouvant être incorporées aux plats chauds en fin de cuisson (**Louaar *et al.*, 2008**).

Outre ses applications dans la sphère alimentaire et la santé humaine, l'huile essentielle de coriandre trouve des utilisations dans l'industrie pharmaceutique, où elle est employée pour masquer l'amertume de certains médicaments. Elle est également utilisée comme agent odorant

Chapitre 01 : Généralités sur les plantes aromatiques

dans la fabrication de produits d'entretien, de lessives, de produits cosmétiques et en parfumerie (Grieve, 1971).

I.4.2. Curcuma (*Curcuma longa* L.)

I.4.2.1. Définition

Curcuma longa, une plante tropicale de la famille des zingibéracées, possède un rhizome qui est une source naturelle de composés appelés curcuminoïdes, fréquemment utilisés en médecine traditionnelle (Pikulthong *et al.*, 2016). La production de curcuminoïdes par *Curcuma longa* démontre des propriétés bénéfiques telles qu'un pouvoir antioxydant, anti-inflammatoire, antibactérien, antifongique, antiviral et anti-cardiogénique, (Loap, 2008). Son rhizome est largement utilisé pour donner de la couleur et de la saveur aux aliments sous forme de poudre, appelée curcuma (Figure 06) (Hermann *et al.*, 1991).



Figure 6: Rhizome et poudre de *Curcuma longa* L (Mebarkia et Miloudi, 2022).

I.4.2.2. Etymologie :

Le tableau suivant (Tableau 02) présente les noms du curcuma dans différentes langues :

Tableau 2 : Les dénominations de curcuma (Latreche et Temame, 2020).

La langue	Français	Anglais	Allemand	Italien	Suiduas	Chinois	Egyptien
Nom	Terra-méritan, Safran d'inde ou racine de safran	Turmeric	Kurkuma, gelbwurzel	Curcuma	Gurkmija	Tsan_lan	Timmer

I.4.2.3. Description botanique

Curcuma longa est une plante herbacée de grande envergure, caractérisée par sa nature vivace, sa robustesse et son port érigé et arbustif. Elle prospère dans tous les climats tropicaux et peut atteindre une hauteur maximale de 1,50 mètres. Cette plante est pérenne grâce à son rhizome épais, charnu et ramifié. (Wichtel et Anton, 2003 ; Divakaruni, 2006).

- **Le rhizome**

Les rhizomes principaux, de forme ovoïde, donnent naissance au curcuma rond, tandis que les rhizomes secondaires produisent le curcuma long. Ces rhizomes, épais et écailleux, présentent des rides dues à la dessiccation et affichent une couleur jaune orangé en section et gris brunâtre en surface (figure 07). Lorsqu'ils sont sectionnés, ces rhizomes dégagent une odeur aromatique (Delaveau, 1987).



Figure 7: Rhizomes du *Curcuma longa* L (Leroy, 2019).

- **Les feuilles**

Sont larges et naissent à partir du rhizome. Elles sont alternes et distiques, présentent un pétiole engainant, portant un limbe penninervé, oblong-lancéolé, long d'une cinquantaine de centimètres, glabre sur les deux faces (figure 08) (Cheikh, 2012).



Figure 8: Feuilletage de *Curcuma longa* L (Grugeau, 1995)

- **Les fleurs**

Les fleurs de *Curcuma longa* se développent sur une longue tige, formant une inflorescence émergeant du cœur des feuilles et mesurant de 12 à 20 cm. Cette structure florale abrite de nombreuses fleurs, caractérisées par une teinte blanche. La période de floraison s'étend du mois de mai au mois de septembre. Les fleurs ne dégagent pas de parfum, elles présentent :

- Un calice tubulaire court avec trois dents inégales.
- La corolle de la fleur est également tubulaire à la base, puis se divise en trois lobes jaunes inégaux.
- L'ovaire, situé en dessous, est trilobulaire et le style, terminé par un stigmate simple et en crochet (**Figure 09**) (**Itokawa et al., 2008**).



Figure 9: Fleur du *Curcuma longa* L (**Khedis et Aid, 2020**).

- **Les tiges**

La tige de *Curcuma longa* présente deux types distincts :

- Pseudo-tiges : courtes, épaisses et constituées par les gaines foliaires des feuilles inférieures. Elles supportent les feuilles supérieures.
- Tiges florales : plus longues, mesurant entre 12 et 15 cm, et sont recouvertes par des gaines dépourvues de limbe. Elles se terminent par une inflorescence centrale. (**Arvy et Gallouin, 2003**).

- **Les fruits**

Le fruit du *curcuma* est une capsule globuleuse qui n'est pas produite chez l'espèce *Curcuma longa*, plante stérile disséminée par division de son rhizome. (**Loap, 2008**).

I.4.2.4. Classification systématique

Le tableau n 03 présente la classification de l'espèce *Curcuma longa*

Tableau 3: Classification systématique du curcuma (Delaveau, 1987)

Règne	Plantae
Sous embranchement	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Ordre	Zingiberales
Famille	Zingiberaceae
Genre	<i>Curcuma</i>
Espèce	<i>Curcuma longa</i> L.

I.4.2.5. Origine et répartition géographique

Originaire du Sud- Est asiatique, le *Curcuma* est cultivé essentiellement dans les régions tropicales jusqu'à 2000 m d'altitude, en Inde, en Chine, aux Antilles, en Malaisie, au Brésil, à Ceylan aux Philippines, à Java et Haïti (Figure10) (Grugeau, 1995).

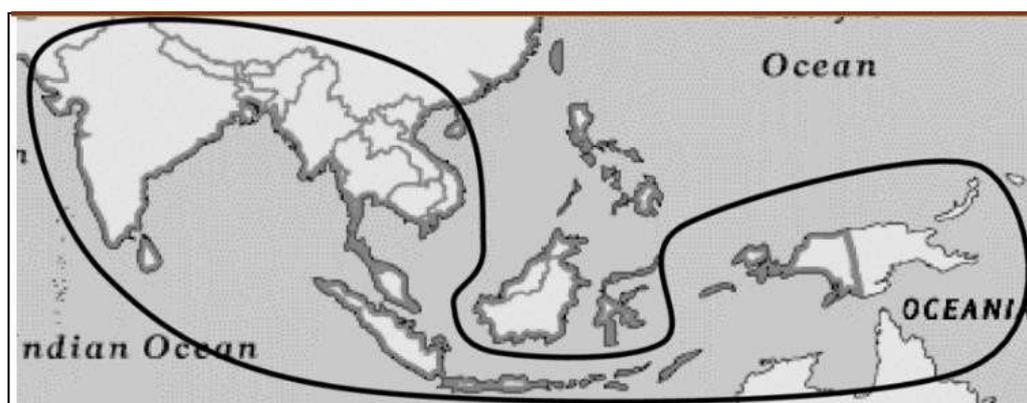


Figure 10: Répartition géographique du genre *Curcuma longa* L. (Sirirugsa et al., 2007).

I.4.2.6. Composition chimique

D'après Nasri *et al.* (2014), la plante *Curcuma longa* L. est constituée de divers éléments, notamment 69,4% de glucides, 6,3% de protéines, 5,1% de matières grasses, 3,5% de minéraux, 13,1% d'humidité, 5,8% d'huile essentielle (Shahid, 2016), ainsi que d'autres valeurs nutritionnelles et énergétiques présentées dans le tableau 04 :

Chapitre 01 : Généralités sur les plantes aromatiques

Tableau 4: Valeur nutritionnelle et énergétique de *Curcuma longa* L. (Shahid, 2016)

Composition du curcuma (pour 100 grammes)					
Énergie	354 Calories	Minéraux		Vitamines	
Eau	11.36 g	Calcium	183.00 mg	Vitamine A et B12	0.00 µg RAE
Protéine	7.83 g	Cuivre	603.00 µg	Vitamine B1	0.15 mg
Sucre	3.21 g	Fer	41.42 mg	Vitamine B2	0.23 mg
Fibre	21.10 g	Magnésium	193.00 mg	Vitamine B3	5.14 mg
Acides gras		Manganèse	7.83 mg	Vitamine B6	1.80 mg
Total	9.88 g	Phosphore	268.00 mg	Vitamine B9	39.00 µg DFE
Omega 3	0.48 g	Potassium	2525.00 mg	Vitamine C	25.90 mg
Omega 6	1.69 g	Autres		Vitamine D	0.00 µg
Omega 9	1.66 g	Phytostérol	82.00 mg	Vitamine E	3.10 mg
Gras saturés	3.12 g	Curcumine	3888.80 mg	Vitamine k	13.40 µg

- **Les huiles essentielles** du curcuma sont à l'origine de son parfum distinctif. Elles sont principalement composées de dérivés terpéniques tels que les monoterpènes et les sesquiterpènes, notamment l' α et la β turmérone (Cadet, 2020). Ces huiles essentielles sont extraites par distillation (Anne et Vaquier, 2010).
- **Les curcuminoïdes**, des polyphénols à la teinte jaune (Revathy *et al.*, 2011), sont traditionnellement extraits de la poudre de curcuma à l'aide de solvants organiques polaires comme les alcools, l'acétone ou l'acétate d'éthyle. Leur formule brute est $C_{21}H_{20}O_6$, avec un poids moléculaire de 368,37 (Ntoutoume, 2015). Ce sont des 1,7-diaryl-hepta-1,6-diène-3,5-diones, dont la curcumine est le composant principal, accompagnée d'autres pigments importants tels que la monodesméthoxycurcumine et la bisdesméthoxycurcumine (Figure 11) (Heymonet, 2013).
- **Les flavonoïdes**, des pigments végétaux, peuvent être simples ou glycosylés, et jouent un rôle crucial dans la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles (Krief, 2003). Ils se composent d'un squelette à 15 atomes de carbone (C6-C3-C6), qui correspond à la structure du diphenylpropane (Figure 12) (Collin et Crouzet, 2011).

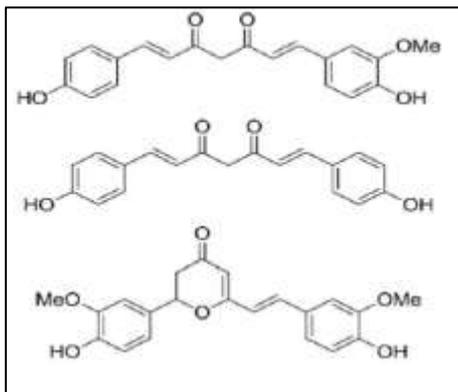


Figure 11: La structure chimique des Principaux curcuminoides (Jourdan, 2015).

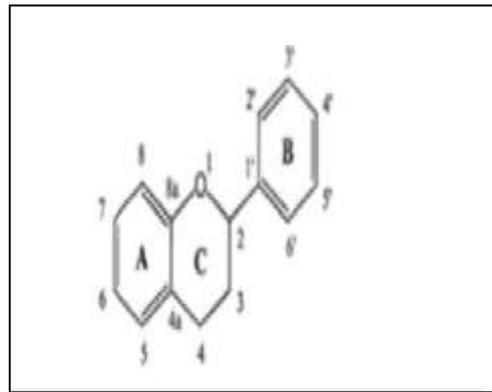


Figure 12: Structures de base des Flavonides (Collin et Crouzet, 2011).

I.4.2.7. Utilisation du curcuma

I.4.2.7.1. Utilisation alimentaire

Curcuma longa L. est largement employé dans l'industrie alimentaire pour ses qualités gustatives et colorantes. Les rhizomes de curcuma, une fois broyés, produisent une poudre d'un orange-jaune profond qui est couramment utilisée comme épice dans les plats de curry et autres spécialités d'Asie du Sud et de l'Est. Elle sert également à colorer les condiments et la moutarde. Son principal composant actif est la curcumine, qui confère une saveur distinctement terreuse, légèrement amère et chaude, ainsi qu'une odeur rappelant la moutarde (Habbachi *et al.*, 2013).

I.4.2.7.2. Utilisation médicinale

Le curcuma est reconnu depuis des siècles dans différentes régions du monde pour ses propriétés antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires. Des recherches ont même suggéré que le curcuma peut avoir des effets thérapeutiques similaires à certaines classes de médicaments, notamment les anti-inflammatoires, les antidépresseurs, la chimiothérapie, les anticoagulants, les analgésiques, les médicaments contre le diabète, l'arthrite, le cholestérol et les stéroïdes (Wun, 2003)

I.4.2.7.3. Utilisation cosmétique

Le curcuma est un ingrédient utilisé dans les soins de beauté depuis des générations. Il offre une solution naturelle et abordable pour traiter divers problèmes de peau et de cheveux. On le

Chapitre 01 : Généralités sur les plantes aromatiques

retrouve dans les recettes traditionnelles ainsi que dans les produits commerciaux tels que les crèmes, les masques, les savons, les huiles et les shampoings (Seggani et Boukehil, 2017).

I.4.2.7.4. Utilisation industrielle

La racine en poudre du curcuma a été utilisée pour fabriquer un colorant jaune profond pour les tissus (Habbachi *et al.*, 2013).

I.4.3. Le thym (*Thymus vulgaris* L)

I.4.3.1. Généralités et nomenclature

Le genre *Thymus*, l'un des 220 genres les plus riches en diversité au sein de la famille des labiées, réputée pour leurs huiles essentielles parfumées, trouve son foyer principal dans la partie occidentale du bassin méditerranéen (Morale, 2002).

Thymus vulgaris, également appelé localement « zaitra », est l'espèce la plus célèbre. Le nom « *Thymus* » provient du mot grec « *Thymos* », signifiant « parfumé », en raison de l'odeur agréable émanant de la plante. Cette espèce est un élément distinctif de la flore méditerranéenne, reconnue non seulement pour ses qualités aromatiques, mais également pour ses nombreuses propriétés médicinales (Iserine, 2001).

Thymus vulgaris a été ainsi nommé par Carl Von Linné en 1753 et reste le nom utilisé par toutes les nomenclatures scientifiques (Bel-malha *et al.*, 2015).

Les noms vernaculaires de l'espèce *Thymus vulgaris* sont les suivants :

Arabe : Zaitra

Français : thym commun, thym vulgaire, thym de jardins, farigoule et barigoule.

Allemand: Thymian, Echter Thymian, Garten thymian, Römischer thymian.

Anglais : common thym, garden thym (Teuscher *et al.*, 2005).

I.4.3.2. Description botanique

- **La plante** : est une Plante herbacée souvent velue, constituant un petit sous-arbrisseau vivace et touffu. Ses rameaux, très aromatiques, mesurent entre 7 et 30 cm de hauteur et affichent une teinte grisâtre ou vert grisâtre (Figure 13).

Chapitre 01 : Généralités sur les plantes aromatiques

- **La tige** : généralement quadrangulaire, présente souvent des renflements aux nœuds. Elle est ligneuse à la base et devient presque cylindrique vers le sommet, avec des ramifications ligneuses nombreuses regroupées en une touffe dense.
- **Les feuilles** : de petite taille et ovales, ont un bord roulé. Les nervures latérales sont distinctes en dessous, avec des sommets obtus et des points sur la face supérieure. Elles sont portées par des pétioles très courts et ont une teinte blanchâtre sur leurs faces inférieures opposées, disposées en paires croisant d'un nœud à l'autre.
- **Les fleurs** : se présentent en grappes de 2 ou 3 à la jonction des feuilles, formant des glomérules ovoïdes. Elles sont petites et zygomorphes, tandis que le calice est recouvert de poils rigides, prenant la forme d'un tube renflé à la base et mesurant entre 3 et 4 mm de long. Composé de 5 sépales fusionnés en deux lèvres inégales, le calice présente une lèvre supérieure tridentée et une lèvre inférieure bilobée, bordée de cils et arquée. Quant à la corolle, elle varie en taille, est bilabée et de couleur mauve.
- **Le fruit** : un tétrakène, renferme à maturité quatre petites graines d'un à peine un millimètre de diamètre, allant du brun clair au brun foncé.
- **La floraison** : a lieu du mois de juin au mois d'octobre (Goetz et Ghedira, 2012).

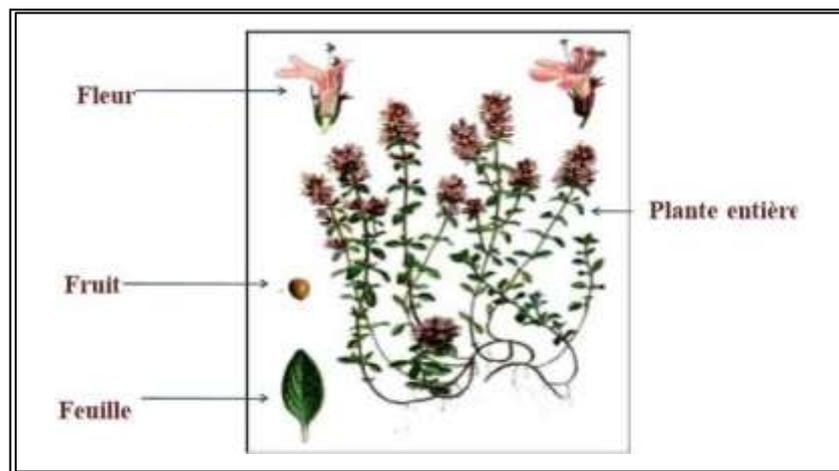


Figure 13: Aspects morphologiques de *Thymus vulgaris* L. (Iserin, 2001)

I.4.3.3. Classification et systématique

Règne : Plantae.

Sous-règne: Tracheobionta.

Division : Magnoliophyta.

Classe : Magnoliopsida.

Sous-classe : Asterdae.

Ordre : Lamiales.

Famille : Lamiaceae.

Genre : *Thymus*.

Espèce : *Thymus vulgaris* L (Zeghad, 2009).

I.4.3. 4. Origine et répartition géographique

I.4.3. 4. 1. Dans le monde

Le thym est une plante répandue dans plusieurs régions du monde, notamment en Europe, en Asie occidentale et en Méditerranée (**Figure 14**). Il est également présent en Afrique du Nord (Maroc, Tunisie, Algérie, Libye), en Éthiopie, en Arabie, en Égypte, dans les îles Canaries, Madère, les Açores, l'Himalaya et même aux limites de la région tropicale et au Japon. Il pousse également dans les régions nordiques jusqu'en Sibérie et dans le nord de l'Europe, jusqu'aux abords du Groenland (**Morales, 1997**). La région de l'ouest méditerranéen est considérée comme le berceau du genre *Thymus*, avec l'espèce *T. vulgaris* étant particulièrement présente du sud de l'Europe à l'Italie (**Peter, 2004**)

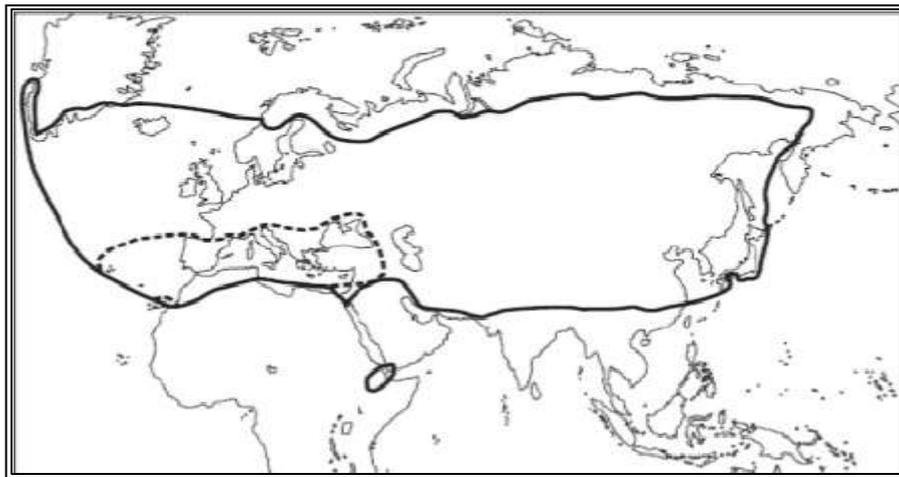


Figure 14: Distribution géographique du thym dans le monde (**Morales, 1997**).

I.4.3. 4. 2. En Algérie

Le genre *Thymus* a colonisé le territoire de l'Algérie avec 12 espèces (**Dob et al., 2006**). Ces espèces sont réparties le long du territoire national, du Nord algérois à l'Atlas saharien, et du constantinois à l'oranais (**Kabouche et al., 2005**).

I.4.3.5. Composition chimique

De nombreuses recherches ont mis en évidence la richesse en divers constituants des parties aériennes de *Thymus vulgaris*, dont la concentration varie en fonction des conditions géographiques, climatiques, de séchage, de stockage et des méthodes d'analyse (extraction et détection). La capacité d'hybridation aisée de cette espèce entraîne une grande variabilité intraspécifique, ce qui peut affecter l'uniformité du rendement en extrait et sa composition chimique (Balladin et Headley, 1999 ; Amiot, 2005).

Thymus vulgaris contient une huile volatile de teinte pâle, jaune ou rouge, dégageant une odeur riche et aromatique, ainsi qu'un goût persistant, corsé et épicé (Farrell, 1998). Cette huile essentielle est caractérisée par une quantité variable de phénols, parmi lesquels le thymol et le carvacrol figurent parmi les principaux constituants. Elle contient également d'autres composants minoritaires comme présentés dans le tableau 05 (Abdelli, 2017).

Tableau 5: Composition chimique de l'huile essentielle de *T. vulgaris* (Abdelli, 2017)

Espèce	Familles	Composition
<i>Thymus vulgaris</i>	Phénols (20 – 80%)	Thymol (30 – 70%)
		Carvacrol (3 – 15%)
	Alcools	Linalool (4 - 6.5%)
		α -terpinéol (7.8 – 8.9%)
	Monoterpènes hydrocarbonés	p-cymène (15 – 20%)
		γ -terpinène (5 – 10%)
		Bornéole, camphre, limonène, myrcène, β -pinène, trans-sabinène hydrate, terpinène-4-ol (0.5 – 1.5%)
	Sesquiterpènes hydrocarbonés	β -caryophyllène (1 – 3%)

I.4.3.6. Utilisation du *Thymus vulgaris*

I.4.3.6.1. Usage culinaire

Le thym est une herbe culinaire prisée dans diverses régions du globe, notamment en Algérie, pour enrichir le goût des plats, des fromages et même des boissons alcoolisées (Djeroumi et Nacef, 2004; Daidj, 2007; Mayer, 2012). *Thymus vulgaris*, son espèce, est

cultivée en abondance en Europe et aux États-Unis, principalement pour son utilisation dans l'assaisonnement des poissons, des volailles, des potages et des légumes (**Özcan et Chalchat, 2004**).

I.4.3.6.2. Usage en thérapie et en pharmacologie

Le thym possède de nombreuses propriétés bénéfiques et peut être utilisé de différentes manières. Il peut soulager les spasmes gastro-intestinaux, les problèmes de digestion, l'inflammation des gencives (**Carrió, et Vallès, 2012 ; Ahmed, et al., 2016**), et les affections cutanées telles que l'acné et l'eczéma (**Gilca et al., 2018**). De plus, il peut être bénéfique pour les problèmes rénaux et agir comme un antiseptique pour les infections pulmonaires et intestinales (**Mouhi, 2017**). En médecine traditionnelle, le thym est utilisé pour traiter les affections respiratoires et renforcer le système cardiaque (**Dauqan et Abdullah, 2017**).

I.4.3.6.3. En cosmétique

Le thym est largement utilisé comme ingrédient dans la formulation de produits cosmétiques. Son huile essentielle précieuse, riche en thymol, est fréquemment ajoutée à la fabrication de savons, produits de beauté, parfums, détergents, articles de toilette, articles d'hygiène, et divers autres produits. Des études suggèrent que les huiles essentielles de thym pourraient avoir un rôle dans la prévention de la perte de cheveux et des éruptions d'acné (**Bentayeb et Djemmal, 2014; Amri et Hadfi, 2023**).

*Chapitre II : Généralités sur
les huiles essentielles (HE)*

II.1. Définition des huiles essentielles (HE)

Il s'agit de composés huileux et volatils, caractérisés par des arômes et des saveurs souvent prononcés, obtenus à partir des diverses parties de certaines plantes aromatiques. Ces substances sont extraites à travers des procédés tels que la distillation, l'enfleurage, l'expression, l'utilisation de solvants ou d'autres méthodes (**Belaiche, 1979 ; Valnet, 1984 ; Wichtel et Anthon, 1999**).

Selon la norme française AFNOR NF T75-006, une huile essentielle est définie comme un produit issu d'une matière première végétale, obtenu soit par distillation à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des *Citrus*, et séparé de la phase aqueuse par des méthodes physiques (**Garnero, 1996**).

II.2. Historique

La distillation à la vapeur d'eau pour extraire des huiles essentielles a été utilisée pour la première fois par Ibn Sinna, également connu sous le nom d'Avicenne, un médecin arabe du Xe siècle. C'est lui qui a inventé un alambic et produit la première huile essentielle pure. Au XIIe siècle, à la fin des Croisades, les chevaliers ont introduit en Europe les découvertes liées à la distillation à la vapeur d'eau et à l'utilisation des huiles essentielles, marquant ainsi l'arrivée de l'aromathérapie en Occident (**Veyrune, 2019**). René-Maurice Gattefosse, considéré comme le père de l'aromathérapie scientifique, a joué un rôle clé dans le développement de cette pratique. En 1910, après s'être brûlé la main, il a découvert les propriétés curatives des huiles essentielles en utilisant de l'huile essentielle de lavande. Cet événement l'a incité à étudier les huiles essentielles et a donné naissance au terme "aromathérapie" (**Abadlia et Chebbour, 2014 ; Laurent, 2017**). Aujourd'hui, l'aromathérapie est largement pratiquée dans le monde entier et fait l'objet de recherches approfondies, en particulier dans le domaine de l'aromathérapie biologique certifiée (**Desramaux, 2018**).

II.3. Principales caractéristiques des huiles essentielles

II.3.1. Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles présentent des caractéristiques organoleptiques telles que leur odeur, leur apparence et leur couleur (**Guerrouf, 2017**) :

- Couleur : la plupart des huiles essentielles sont incolores ou d'un jaune pâle, à l'exception de certaines, comme l'huile d'Achillée et l'huile de Matricaire, qui se distinguent par

une teinte bleue à bleu verdâtre, due à la présence d'azulène et de chamazulène (**Lamamra, 2007**).

- Odeur : les huiles essentielles sont facilement reconnaissables grâce à leur parfum, qui peut être très agréable (comme la lavande ou le romarin) ou répulsif (comme la bardane) (**Rahmouni, 2014**).
- Aspect : ces huiles sont liquides à température ambiante et volatiles, les distinguant ainsi des huiles dites fixes. Elles sont liposolubles, solubles dans les solvants organiques courants et dans l'alcool, pouvant être entraînées par la vapeur d'eau, mais elles sont très peu solubles dans l'eau. Par conséquent, l'utilisation d'un tensioactif est indispensable pour les suspendre dans l'eau (**Lakhdar, 2015**).

II.3.2. Caractéristiques biologiques des huiles essentielles

Diverses propriétés thérapeutiques sont observées lors de l'utilisation des huiles essentielles, parmi lesquelles se distinguent leurs caractéristiques :

- Antimicrobiennes : Ces huiles sont reconnues pour leur capacité à inhiber la croissance des microorganismes pathogènes et contaminants. Certaines d'entre elles, telles que les huiles essentielles d'agrumes, de lavande, de menthe, de genévrier, de l'arbre à thé, de thym et d'eucalyptus, sont même classées comme sûres pour cet usage (**Lamamra, 2018**).
- Action antivirale : Certains types d'huiles essentielles, notamment celles riches en phénols et en monoterpénols, démontrent une capacité à combattre les infections virales. Des exemples comprennent les huiles de ravintsara, de bois de hôte et de cannelle de Ceylan (**Florence, 2012**).
- Amélioration de la circulation sanguine : De nombreuses huiles essentielles agissent comme des alliés puissants pour le système circulatoire en stimulant la circulation sanguine, en réduisant les hémorroïdes et en soulageant les sensations de jambes lourdes. Les huiles de citron, de genièvre, de menthe poivrée et de sauge sont reconnues pour leurs effets positifs dans ce domaine (**Fekih, 2014**).
- Anti-inflammatoires : Les aldéhydes présents dans de nombreuses huiles essentielles sont réputés pour leur capacité à réduire les inflammations. Par exemple, l'huile essentielle de clou de girofle est utilisée pour apaiser les douleurs dentaires (**Fekih, 2014**).
- Effets antitumoraux : Certaines huiles essentielles présentent des activités antitumorales et sont intégrées dans des traitements préventifs contre certains types de cancers. Par exemple,

l'huile de graines de nigelle et l'huile de mélisse officinale ont démontré leur efficacité contre des lignées cellulaires cancéreuses humaines (**Daouda, 2015**)

- Amélioration de la digestion : Certaines huiles essentielles, telles que celles du basilic et d'anis, sont efficaces pour prévenir la formation de gaz dans l'abdomen, tandis que d'autres, comme celles de cumin, d'estragon et de menthe poivrée, favorisent la production de sucs gastriques pour une meilleure digestion (**Fekih, 2014**).
- Soulagement de la douleur : Certaines huiles essentielles ont des propriétés analgésiques ou anesthésiques locales. Par exemple, l'huile de camomille noble est utilisée pour des anesthésies locales, tandis que l'huile de menthe poivrée est bénéfique pour soulager les migraines (**Vangelder, 2017**).
- Action antiparasitaire : Certaines huiles essentielles, telles que la citronnelle et le pyrèthre, sont reconnues pour leurs propriétés insecticides efficaces. De plus, les huiles essentielles d'ail, de poireau et d'oignon démontrent une efficacité contre les champignons phytopathogènes (**Samate, 2002**).
- Propriétés antispasmodiques : Les huiles essentielles de marjolaine et de lavande sont reconnues pour leur capacité à calmer les spasmes, c'est-à-dire les contractions involontaires du corps, tant au niveau des reins que des organes internes (**Fekih, 2014**).

II.3.3. Les caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles

En ce qui concerne leurs propriétés physico-chimiques, les huiles essentielles constituent un groupe très homogène (**Bruenton, 1993**). Présentant les caractéristiques suivantes :

- Elles se trouvent à l'état liquide à température ambiante.
- Elles ne possèdent pas la texture grasse et onctueuse des huiles fixes.
- Elles sont volatiles et généralement peu colorées.
- Les huiles essentielles riches en monoterpènes affichent une faible densité.
- L'indice de réfraction varie principalement en fonction de la teneur en monoterpènes et en dérivés oxygénés. Une concentration élevée en monoterpènes induit un indice élevé, tandis qu'une teneur élevée en dérivés oxygénés produit l'effet inverse.
- Elles présentent une bonne solubilité dans les alcools à forte teneur alcoométrique ainsi que dans la plupart des solvants organiques, mais elles manifestent une faible solubilité dans l'eau.
- Du fait de leur composition principalement constituée de composés asymétriques, les huiles essentielles démontrent un pouvoir rotatoire.

- Ces huiles sont particulièrement sensibles à l'oxydation, facilement altérables et ont la propension à se polymériser, conduisant à la formation de résidus résineux. Il est donc recommandé de les stocker à l'abri de la lumière et de l'humidité (**Zabeirou et Hachichou, 2005**).

II.4. Localisation des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles peuvent être présentes dans toutes les parties des plantes aromatiques, couvrant une gamme variée d'organes végétaux.

- **Les fleurs** : telles que l'oranger, la rose et la lavande, de même que les boutons floraux comme le girofle, ou les bractées comme l'ylang-ylang.
- **Les feuilles** : de plantes telles que l'eucalyptus, la menthe, le thym, le laurier, la sarriette, la sauge, ainsi que les aiguilles de pin et de sapin.
- **Les organes souterrains** : comme les racines (vétiver, angélique) et les rhizomes (gingembre, acore),
- **Les fruits** : comme le fenouil, l'anis et les épicarpes des *Citrus*.
- **Les graines** : à l'exemple de la noix de muscade,
- **Le bois et les écorces** : comme la cannelle, le santal et le bois de rose.

Ces huiles essentielles sont stockées dans des structures cellulaires spécialisées telles que les cellules à huile essentielle, les cellules à poils sécréteurs (comme dans la menthe) (**figure 16**) et les canaux sécréteurs. Leur présence dans les plantes est probablement liée à un rôle défensif, offrant une protection contre les insectes et les champignons tout en agissant de manière répulsive contre les herbivores (**Bernard et al., 1988**).

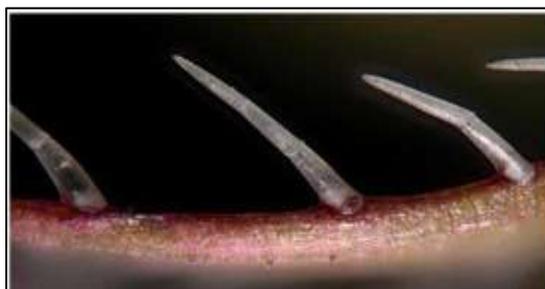


Figure 15 : Poils sécréteurs (**Bruneton, 2004**)

II.5. Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles (HEs) sont des mélanges complexes de plus de 60 composés chimiques différents, parmi lesquels se trouvent généralement deux ou trois composants principaux. Ces principaux composants représentent un ratio de 20 à 70% dans le mélange. Des composés supplémentaires sont souvent présents en quantités minimales, tels que le linalol, qui prédomine dans l'huile de *Coriandrum sativum*. En général, ces composants majeurs influent sur les propriétés biologiques de l'huile essentielle respective (Bakkali *et al.*, 2008).

La plupart des constituants des huiles essentielles appartiennent à deux catégories : les terpénoïdes et les composés aromatiques (Patra et Saxena, 2010).

II.5.1. Terpénoïdes

Les terpènes, également connus sous le nom d'isoprénoïdes, constituent le groupe le plus diversifié de composés secondaires présents dans les plantes. Ils dérivent de la structure de base de l'isoprène (C₅H₈). La classification des terpènes est basée sur le nombre d'unités isoprène répétitives (Figure 17), ce qui les regroupe en monoterpénoïdes (C₁₀), sesquiterpénoïdes (C₁₅) et diterpénoïdes (C₂₀) (Benchaar *et al.*, 2008).

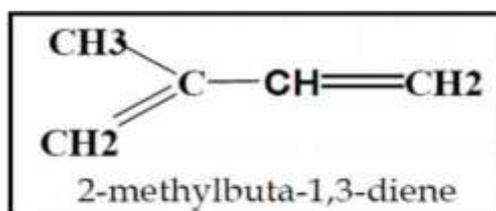


Figure 16: Unité isoprénique (Benchaar *et al.*, 2008)

Les sesquiterpénoïdes et monoterpénoïdes entrent en grande majorité dans la composition des HEs (Figure 18) (Benchaar *et al.*, 2008).

Diagramme de l'isoprène = terpène montrant la structure de base en accolades avec un indice n.

n	C	Terpène :	Exemples
1	C ₅	Hemiterpène :	Isoprène
2	C ₁₀	Monoterpène :	Nérol, myrcène
3	C ₁₅	Sesquiterpène :	la chaîne de la chlorophylle, vitamine E
4	C ₂₀	Diterpène :	Huiles essentielles
6	C ₃₀	Triterpène :	Phytostérols
8	C ₄₀	Tetraterpène :	caroténoïdes
>8	>40	Polyterpène :	protéines, cytoquinine

Figure 17 : Classement des terpénoïdes selon le nombre d'unités isoprène entrant dans leur composition (Benchaar *et al.*, 2008)

II.5.2. Phénylpropanoïdes

Les huiles essentielles (HEs) contiennent généralement des concentrations plus faibles de phénylpropanoïdes par rapport aux terpènes, bien que certaines plantes puissent présenter des niveaux plus élevés de ces composés. Les phénylpropanoïdes sont principalement dérivés de l'acide aminé phénylalanine et sont constitués d'une chaîne carbonée liée à un cycle aromatique à six carbones. La structure de certains de ces composés impliqués dans la formation des huiles essentielles est également illustrée (**Figure 19**) (**Sangwan *et al.*, 2001**).

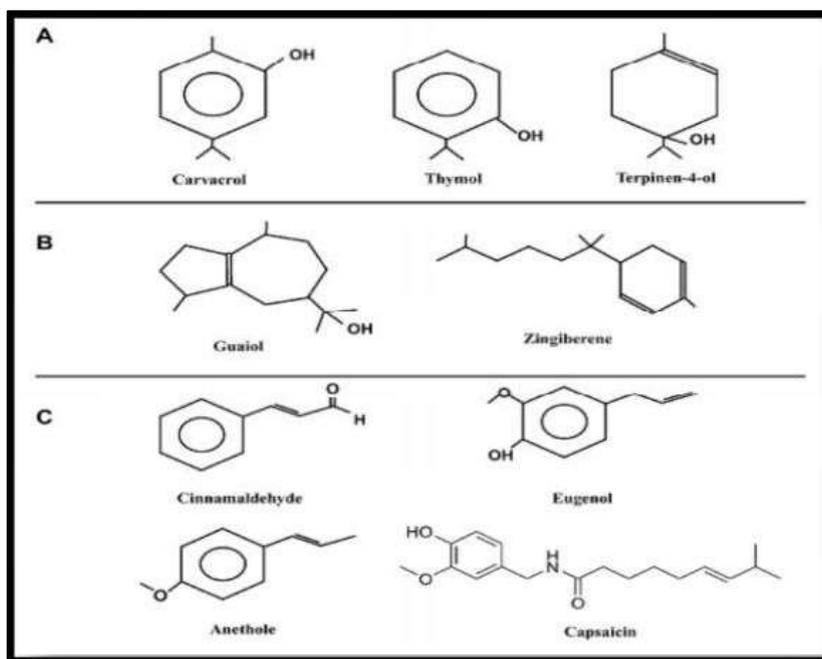


Figure 18: Structure de certains composés des HEs (**Calsamiglia *et al.*, 2007**).

(A) : monoterpénoïdes, (B) : sesquiterpénoïdes, (C) phénylpropanoïdes

II.5.3. Autres composés dérivés

Ces composés émergent suite à la conversion de molécules non volatiles au sein des huiles essentielles (HEs). Ils résultent de la dégradation des terpènes ou des acides gras, qui contribuent fréquemment à l'arôme des fruits.

Les composés soufrés et azotés sont généralement peu présents dans les huiles essentielles. Leur extraction se réalise à l'aide de solvants tels que les homologues des phénylpropanes et les diterpènes (**Khalil et Farida, 2020**).

II.6. Les voies d'utilisation des huiles essentielles

Il existe diverses méthodes d'utilisation des huiles essentielles, on peut citer :

II.6.1. La voie orale : Cette approche doit être adoptée uniquement sur les conseils d'un aromathérapeute. Il est crucial de ne jamais ingérer une huile pure, car cela pourrait entraîner des brûlures. De plus, il est recommandé de ne pas dépasser trois gouttes (**Scimeca, 2006 ; Garreta, 2007**).

II.6.2. La voie respiratoire : Les H.E. sont rapidement absorbées par les petites cellules ciliaires qui tapissent notre système respiratoire, de nos fosses nasales jusqu'aux les alvéoles pulmonaires (**Bencheikh, 2017**).

II.6.3. La voie cutanée : Cette voie est considérée comme idéale en raison de sa sécurité et de son efficacité. En général, les huiles sont utilisées à des concentrations très diluées, notamment par le biais de massages ou d'applications locales, en fonction de la zone et de l'affection à traiter. D'autres formes d'application, telles que les pommades ou les bains, sont également envisageables (**Festy, 2011**).

Quelle que soit la méthode choisie, les huiles essentielles pénètrent dans notre organisme pour atteindre la circulation sanguine, les transportant ainsi vers la zone malade (**Scimeca et Tétou, 2005**).

II.7. Domaines d'utilisation des huiles essentielles

L'usage des huiles essentielles est extrêmement varié, et il dépend étroitement de la source, de la qualité, et de la méthode d'extraction de ces composés. En général, on les utilise dans divers domaines (**Ríos, 2016**) :

II.7.1. En cosmétique : elles servent à apporter une agréable fragrance aux produits, à masquer l'odeur des principes actifs, et à favoriser une utilisation régulière grâce au plaisir qu'elles procurent. L'aromathérapie, une branche de la phytothérapie, exploite également les huiles essentielles pour prévenir et soulager certains maux, ainsi que pour promouvoir la santé et le bien-être.

II.7.2. En dentisterie : un exemple célèbre est la Listerine, conçue au 19^e siècle comme antiseptique chirurgical puissant et utilisée également en soins bucco-dentaires sous forme de bains de bouche (**Bouzabata, 2015**).

II.7.3. Dans l'industrie agroalimentaire : ces substances sont principalement employées pour substituer les conservateurs chimiques ou synthétiques néfastes pour la santé. Ainsi, en raison des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certains ingrédients, elles peuvent améliorer et préserver le goût des aliments (**Hadjadj et Nouri, 2022**).

II.8. Toxicité des huiles essentielles

Bien que les huiles essentielles soient des composés naturels, leur caractère naturel ne garantit pas automatiquement leur innocuité pour la santé humaine. Par conséquent, il est crucial de bien comprendre le produit, de le choisir en fonction de critères qualitatifs stricts, de respecter scrupuleusement les doses recommandées, d'opter pour un mode d'administration approprié, et ce afin de prévenir d'éventuels effets indésirables et interactions avec d'autres médicaments. Les huiles essentielles peuvent présenter plusieurs types de toxicité :

- **Toxicité dermique :** L'application locale des huiles essentielles en parfumerie ou en cosmétique, sur la peau, peut entraîner des irritations, des allergies, voire une sensibilité accrue à la lumière. C'est le cas notamment des huiles essentielles de thym, d'origan et de sarriette, reconnues pour leur potentiel irritant et agressif, ainsi que des essences d'agrumes telles que le pamplemousse et le citron, qui peuvent provoquer une photosensibilisation avec des réactions cutanées après une exposition au soleil (**Couic-Marinier et Lobstein, 2013**).
- **Neurotoxicité :** L'utilisation prolongée de certaines huiles essentielles peut entraîner des effets convulsivants et abortifs. C'est notamment le cas des huiles essentielles riches en thuyones, telles que celles issues du thuya, de l'absinthe et de la sauge officinale, qui présentent des propriétés neurotoxiques (**Franchomme et Penoel, 1990 ; Couic-Marinier et Lobstein, 2013**).
- **Toxicité par voie orale :** Une ingestion involontaire d'huile essentielle peut entraîner une toxicité significative, voire conduire à un état de coma ou même au décès, en fonction du type et de la quantité ingérée. Il est important de noter que les huiles essentielles très liquides peuvent pénétrer dans les voies respiratoires en cas d'ingestion accidentelle ou de vomissements, ce qui pourrait provoquer une inflammation pulmonaire et éventuellement conduire à une pneumonie (**Agrane et Dorbane, 2017**).

II.9. Les méthodes d'extraction des huiles essentielles

Il existe plusieurs méthodes de distillation dont voici les principales :

II.9.1. Extraction par hydrodistillation

L'hydrodistillation, méthode la plus simple et la plus ancienne, repose sur les principes de distillation hétérogène, impliquant l'application des lois physiques de Dalton et de Raoult. Dans ce processus, la matière végétale est immergée dans un ballon lors de l'extraction en laboratoire ou dans un alambic industriel rempli d'eau, chauffé à une source de chaleur. La chaleur provoque la rupture des cellules végétales, libérant ainsi les molécules odorantes. Ces molécules aromatiques forment un mélange azéotropique avec la vapeur d'eau. Les vapeurs sont ensuite condensées dans un réfrigérant, permettant la séparation des huiles essentielles de l'eau en raison de leur différence de densité. Au laboratoire, le Clevenger est le système couramment utilisé pour l'extraction des huiles essentielles (**Figure 20**) (Mehani, 2015).

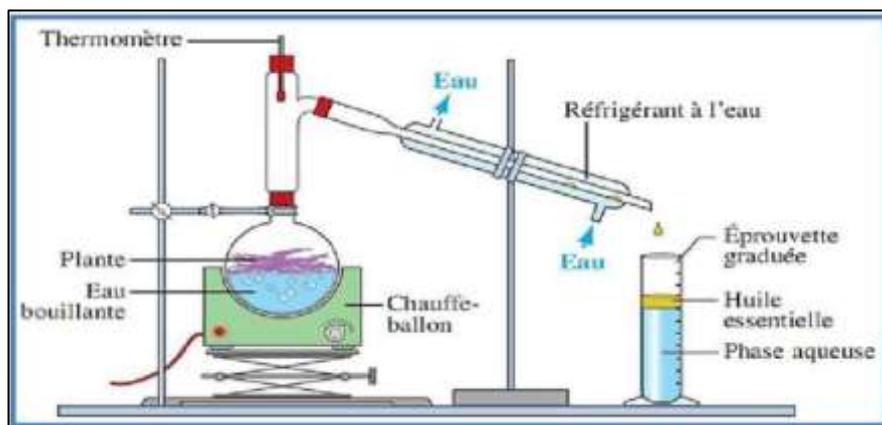


Figure 19: Montage d'extraction par Hydrodistillation (Guerrouf, 2017)

II.9.2. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

Contrairement à l'hydrodistillation, cette méthode n'implique pas de contact direct entre l'eau et la matière végétale à traiter. Un générateur de vapeur d'eau alimenté par une chaudière traverse la matière végétale positionnée au-dessus d'une grille. Lorsque la vapeur passe à travers le matériau, les cellules se rompent, libérant ainsi l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'effet de la chaleur, formant ainsi un mélange de « eau + huile essentielle ». Ce mélange est ensuite dirigé vers le condenseur et l'essencier, avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique, à savoir l'huile essentielle (**Figure 21**) (Mehani, 2015).

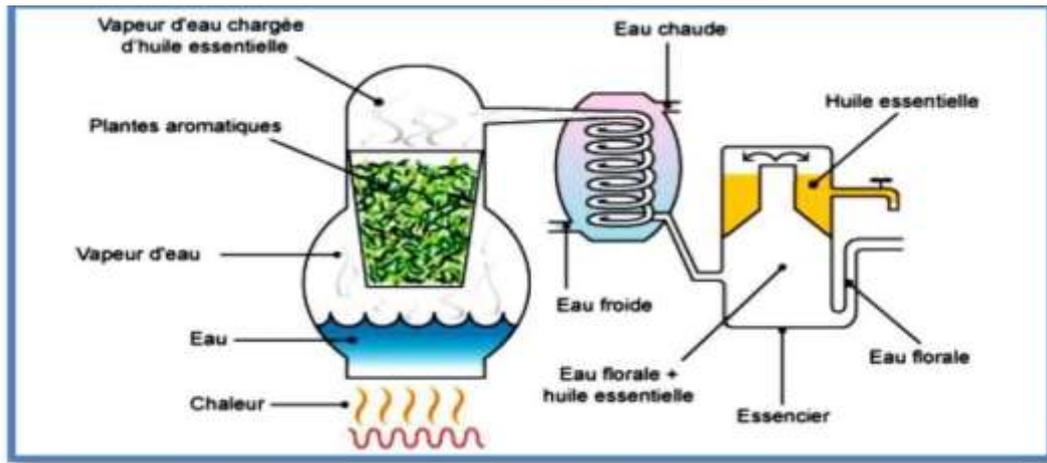


Figure 20: Montage d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau (Guerrouf, 2017)

II.9.3. L'hydro diffusion

Cette méthode implique l'injection descendante de vapeur d'eau à travers la masse végétale, de haut en bas. Contrairement aux méthodes conventionnelles de distillation où le flux de vapeur est ascendant, dans cette approche, la vapeur traverse la biomasse végétale de manière descendante. Les avantages de cette technique se manifestent par une amélioration tant qualitative que quantitative de l'huile récoltée, ainsi que par des économies de temps de vapeur et d'énergie (Figure 22) (Roux, 2008).

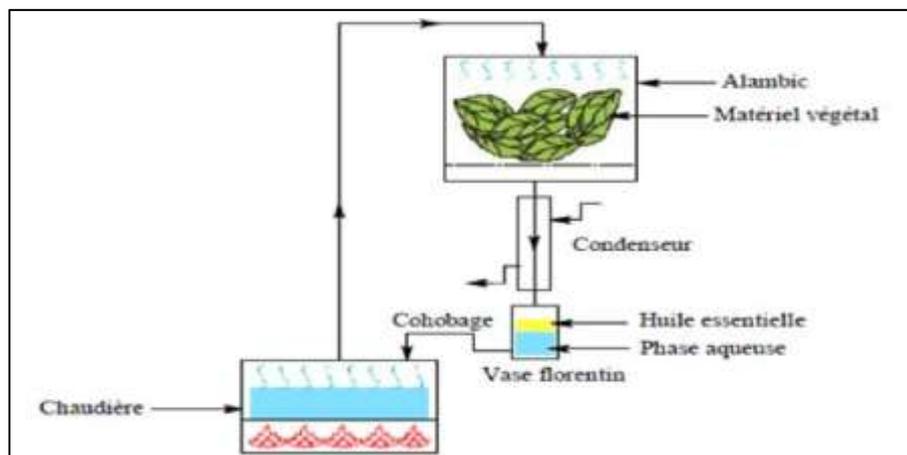


Figure 21: Schéma du dispositif de l'hydro-diffusion (Djarallah et Bensaci, 2020)

II.9.4. Expression à froid

L'expression à froid ou « pression à froid » désigne un procédé mécanique qui exclut toute hydrolyse. C'est une méthode simple mais limitée, adaptée uniquement à l'extraction de l'essence présente dans les zestes frais des agrumes du genre Citrus (Laurent, 2017).

Chapitre 02 : Généralités sur les huiles essentielles

Ces produits sont fragiles en raison de leur composition riche en terpènes et en aldéhydes, ce qui justifie leur extraction par pression à froid. Le principe de cette technique repose sur la rupture des parois des sacs d'huile présents dans les pelures de fruits en comprimant le matériel végétal placé dans des sacs spéciaux, à travers lesquels un courant d'eau froide est ensuite passé. Ce courant entraîne avec lui l'huile volatile, qui est ensuite isolée (**Figure23**) (**Belsito et al., 2007 ; Ferhat et al., 2016**).

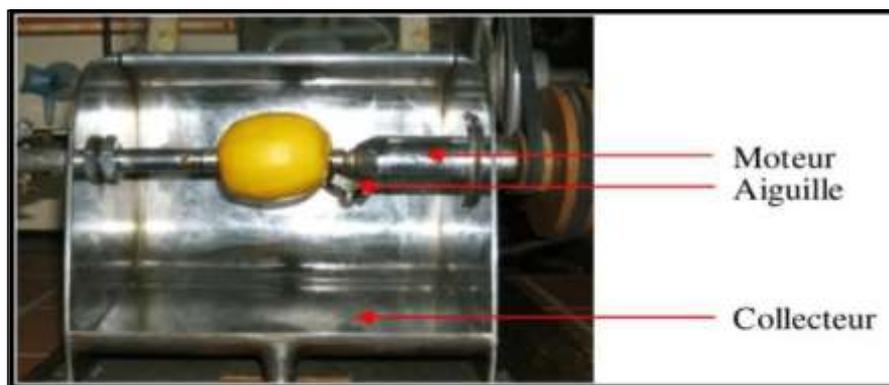


Figure 22: Montage de l'expression à froid (**Ferhat, 2007**)

II.9.5. Extraction par solvant organique

Cette méthode est employée pour extraire des huiles essentielles à partir de plantes présentant une faible concentration d'essence ou pour les essences qui ne peuvent pas être obtenues par distillation. Elle repose sur la capacité de certains solvants organiques à dissoudre les composants des huiles essentielles. Dans ce processus, les plantes sont épuisées en utilisant un solvant volatil, dont l'évaporation laisse un résidu cireux très aromatique et hautement coloré, appelé "concrète". Le traitement de cette concrète par de l'alcool absolu produit ce qu'on appelle "l'absolue" (**Bruneton, 1993 ; Thierry et al., 1998**).

Les solvants les plus couramment utilisés à ce jour incluent l'hexane, le cyclohexane et l'éthanol, tandis que le dichlorométhane et l'acétone sont utilisés de manière moins fréquente. Le choix du solvant doit non seulement être autorisé, mais il doit également être stable face à la chaleur, à la lumière et à l'oxygène (**Pare et al., 1989**).

II.9.6. Extraction par le CO₂ supercritique

La méthode repose sur un principe général où le dioxyde de carbone (CO₂), soumis aux conditions de température et de pression souhaitées, traverse la matière végétale pour extraire et volatiliser les molécules aromatiques. Le mélange obtenu est ensuite dirigé vers un

séparateur, où le CO₂ est relâché et vaporisé, pouvant être éliminé ou recyclé. Pendant ce processus, l'extrait se condense et est récupéré (Fernandez et Chemat, 2012). L'aspect novateur de cette technique d'extraction réside dans l'utilisation d'un solvant particulier, le CO₂ supercritique. Au-delà de son point critique ($P = 73,8$ bars et $T = 31,1$ °C), le CO₂ possède des propriétés intermédiaires entre celles des liquides et des gaz, lui conférant un excellent pouvoir d'extraction, ajustable grâce aux variations de température et de pression. Les avantages de cette méthode sont nombreux : le CO₂ supercritique est un solvant naturel, chimiquement inerte, non inflammable, non toxique, sélectif, facilement accessible et peu coûteux (Pellerin, 1991). Actuellement, cette technique est largement considérée comme la plus prometteuse, produisant des extraits volatils de qualité exceptionnelle tout en préservant pleinement l'essence originelle de la plante (figure 24) (Nouioua et al., 2022).

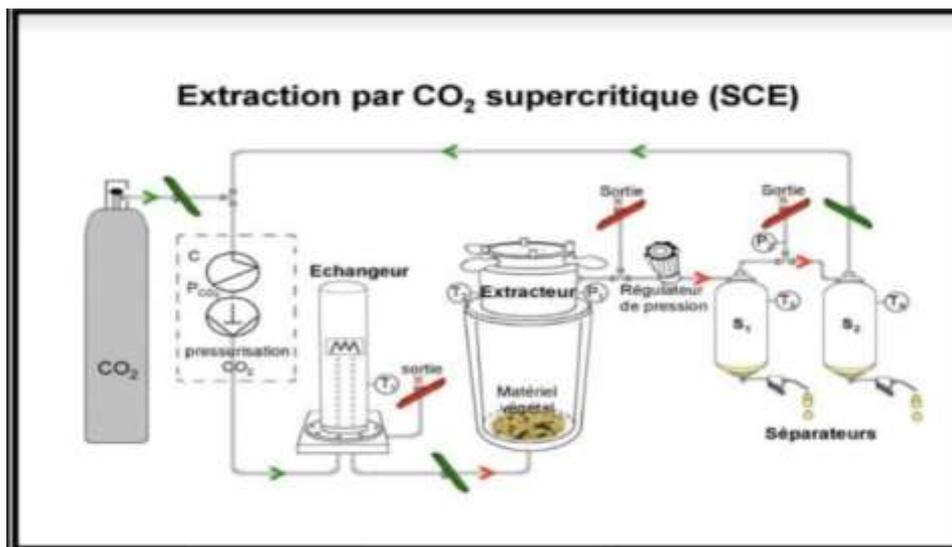


Figure 23: Extraction par le CO₂ supercritique (Bahadj et al., 2023)

II.9.7. Extraction par micro-ondes

Le procédé d'extraction par micro-ondes, connu sous le nom de Vacuum Microwave Hydrodistillation (VMHD), consiste à extraire l'huile essentielle en utilisant un rayonnement micro-ondes à énergie constante et une séquence de mise sous vide. Seule l'eau contenue dans la matière végétale est impliquée dans le processus d'extraction des essences. Lorsque la matière végétale fraîche est exposée à une pression réduite de manière séquentielle dans l'enceinte d'extraction, elle entre rapidement en ébullition sous l'effet combiné du chauffage sélectif des micro-ondes. Cela facilite le transfert du contenu cellulaire vers l'extérieur du tissu biologique, permettant ainsi la récupération de l'essence par condensation, refroidissement des vapeurs, et décantation des condensats. Cette méthode offre des avantages tels que la rapidité, l'économie

d'énergie et d'eau, ainsi qu'un extrait exempt de résidus de solvant(**figure25**) (**Mompon, 1994** ; **Brian, 1995**).

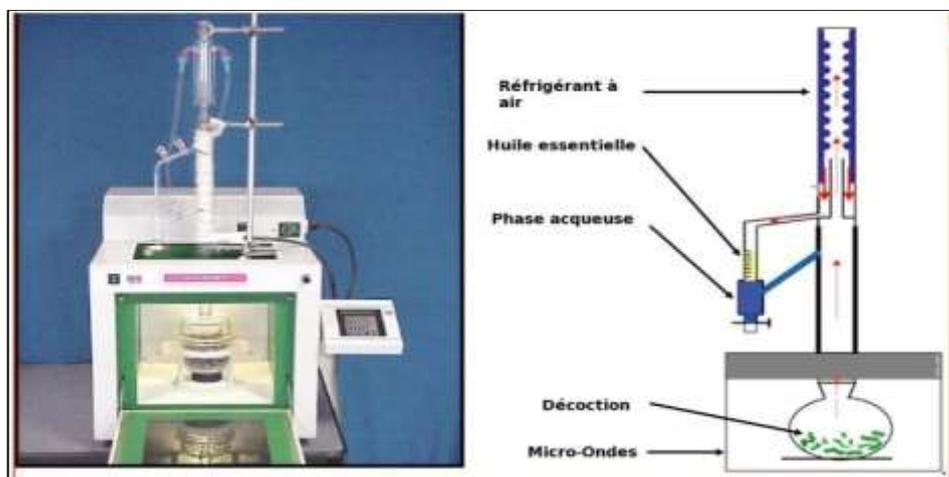


Figure 24 : Montage d'extraction par micro- ondes (**Bencheikh, 2017**)

II.9.8. Distillation sèche

Cette méthode concerne l'extraction des huiles essentielles (HE) spécifiques des végétaux fragiles comme les pétales de rose. Dans le domaine de l'extraction végétale, la distillation sèche implique de chauffer les plantes ou leurs parties de manière très douce, sans ajouter d'eau ni de solvants organiques, puis de condenser les substances volatiles. Un avantage notable de cette méthode est la température d'extraction inférieure à 100°C, ce qui préserve l'intégrité de certaines molécules thermosensibles. Toutefois, bien que cette technique améliore la qualité des HE extraites, elle conduit à des rendements très faibles en raison de sa nature (**Duval, 2012**).

II.10. Condition de conservation et étiquetages des huiles essentielle :

II.10.1. Conservation :

Les huiles essentielles sont sujettes à diverses altérations, principalement dues à l'air, la lumière, la chaleur et la présence de métaux lourds. Pour limiter ces effets, il est recommandé de les conserver dans des conditions spécifiques telles qu'une atmosphère d'azote, des flacons de faibles volumes avec des billes de verre dispersées à la surface pour réduire l'oxydation par l'air. Les contenants en verre brun, aluminium ou acier inoxydable sont préférables pour prévenir la détérioration due à la lumière ou aux métaux lourds (**Baudoux, 2005**).

Le bouchon doit être hermétiquement fermé pour éviter l'évaporation. Le stockage doit être effectué à des températures entre +4°C et +20°C pour assurer une conservation optimale, garantissant ainsi la qualité des huiles essentielles naturelles et pures pendant au moins 5 ans, tandis que les essences de *Citrus* peuvent être conservées pendant environ 3 ans dans les mêmes conditions (Samate, 2002).

II.10.2. Étiquetage

Conformément aux diverses réglementations en vigueur, l'étiquetage des huiles essentielles doit inclure les éléments suivants :

- Identification précise de la matière première végétale utilisée, comprenant à la fois le nom scientifique et vernaculaire pour une identification optimale ;
 - Indication de la partie de la plante utilisée dans le processus d'extraction ;
 - Mention du nom de l'huile essentielle et/ou de son chémotype, le cas échéant ;
 - Description de la méthode de production employée pour obtenir l'huile essentielle ;
 - Affichage des symboles et des avertissements de danger conformément aux normes de classification en vigueur ;
- Mention obligatoire de la pureté de l'huile essentielle (100%) et de la nécessité de la tenir hors de la portée des enfants ;
- Indication de la quantité contenue dans le récipient, particulièrement pour les produits destinés au grand public ;
- Identification chimique des substances dangereuses, le cas échéant, conformément à une nomenclature internationale reconnue, lorsque l'huile essentielle est un mélange ;
- Inclusion du numéro de lot, de la date de production et de la date de péremption ;
- Coordonnées des détails du fournisseur, comprenant son nom, son adresse et son numéro de téléphone (Duval, 2012 ; ChemSuisse, 2014).

*Chapitre III : Matériels et
méthodes*

Objectif et contexte de l'étude

Le but de cette étude était d'évaluer l'effet antibactérien des huiles essentielles de thym, curcuma et coriandre sur des souches bactériennes appartenant au genre *Salmonella*. L'étude s'est déroulée entre mars et mai et a été menée en deux parties distinctes :

- La première partie consiste en une enquête ethnobotanique menée en utilisant un questionnaire et portant sur l'utilisation générale des plantes étudiées en tant qu'épices et de leurs huiles essentielles.
- La seconde partie de l'étude consiste en une investigation expérimentale, qui à son tour s'est articulée en trois parties distinctes. Les huiles essentielles des trois plantes aromatiques sont d'abord extraites. Puis leur activité antibactérienne est évaluée dans un premier temps par la méthode d'aromatogramme ensuite dans une matrice alimentaire choisie afin de simuler des conditions réelles d'utilisation.

III.1. Matériels

III.1.1. Matériel biologique

III.1.1.1. Matériel végétal

Pour extraire les huiles essentielles destinées à être testées durant cette étude nous avons utilisé trois types de matériel végétal, tous achetés auprès des herboristes sur le marché local :

- Curcuma : La poudre des rhizomes séchés du curcuma a été utilisée.
- Thym : les feuilles sèches moulues de thym ont été utilisées.
- Coriandre : nous avons préféré d'extraire son huile essentielle à partir des grains.

III.1.1.2. Matériel bactérien

Dans cette étude, nous avons examiné l'effet antibactérien de différentes huiles essentielles testées sur sept souches de *Salmonella* isolées de denrées alimentaires. Ces souches appartenaient au genre *Salmonella*, un groupe important de bactéries Gram négatives responsables d'un large éventail de maladies chez l'homme et les animaux, notamment les toxi-infections alimentaires (Larry, 2022).

Les souches choisies pour cette étude ont été isolées de la viande de volaille et de la viande rouge provenant de différentes sources.

Chapitre 03 : Matériels et méthodes

- Viande de volaille : les souches ont été isolées de la viande de volaille issue des différents abattoirs et tueries avicoles de la wilaya d'Alger.
- Viande rouge : les souches ont été récupérées de la viande rouge des bovins et ovins abattus aux abattoirs de l'Hussein Dey et d'El-Harrach à Alger.

Les souches de *Salmonella* étudiées ont été isolées selon la norme ISO 6579 :2002. Elles ont ensuite été sérotypées selon le schéma de Kauffman-White à l'Institut Pasteur d'Algérie.

Ces souches sont présentées dans le tableau 06.

Tableau 6: Souches bactériennes étudiées

Numéro de la souche	Espèce	Source
1	<i>Salmonella</i> Typhimurium	Viande de volaille
2	<i>Salmonella</i> Kentucky	Viande de volaille
3	<i>Salmonella</i> Enteritidis	Viande de volaille
9	<i>Salmonella</i> Typhimurium	Viande ovine
15	<i>Salmonella</i> Kentucky	Viande ovine
16	<i>Salmonella</i> Richmond	Viande bovine
17	<i>Salmonella</i> Havana	Viande bovine

III.1.2. Matériel de laboratoire

Les appareils, matériaux et produits utilisés pour étudier l'activité bactérienne des trois huiles essentielles sont répertoriés dans l'annexe I.

III.2. Méthodes

III.2.1. Questionnaire

Afin de recueillir des informations sur les connaissances, les attitudes et les pratiques de la population locale en matière d'utilisation des huiles essentielles de curcuma, de coriandre et de thym, un questionnaire a été élaboré et distribué auprès de 100 femmes dans différentes communes de la wilaya de Mila. L'échantillon a été sélectionné de manière aléatoire, en veillant à une représentation proportionnelle de la population en termes d'âge et du niveau d'éducation. Le questionnaire a été initialement rédigé en français, puis traduit en arabe pour garantir une compréhension optimale par les participantes. Le questionnaire leurs a été administré par le biais d'entretiens en face-à-face.

Ce questionnaire était divisé en six sections distinctes :

- La première section visait à recueillir des informations de base sur les participantes, telles que leur âge, leur niveau d'éducation, leur profession et leur lieu de résidence.
- La deuxième section avait pour objectif l'évaluation des connaissances générales des participantes sur les huiles essentielles.
- Dans la troisième section, nous cherchions à explorer les pratiques culinaires des participantes, en particulier leur utilisation des épices.
- La section 4 portait sur l'utilisation culinaire du curcuma, de la coriandre et du thym par les participantes à cette enquête.
- Dans la cinquième section nous avons essayé à évaluer les connaissances des participantes sur les avantages potentiels pour la santé des trois épices étudiées.
- Et enfin, la section 6 a porté sur les connaissances des participantes sur les huiles essentielles de ces épices, ainsi que leur utilisation.

III.2.2. Investigation expérimentale

III.2.2. 1. Extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles de curcuma, coriandre et thym ont été extraites par la méthode d'hydrodistillation au moyen d'un dispositif d'extraction de type Clevenger qui utilise de la vapeur d'eau pour transporter les huiles essentielles (**Figure 25**).



Figure 25 : Appareil de l'extraction des huiles essentielle (Clevenger) (**photo personnelle**)

Le processus d'extraction a suivi les étapes suivantes (**Figure 26**) :

- Une quantité de 50 ou 100 grammes du matériel végétal de chaque type d'épices étudiés a été pesée et broyée dans un mortier.

Chapitre 03 : Matériels et méthodes

- Le broyat est rajouté dans un ballon chauffant de 1 litre rempli à moitié (500 ml) d'eau distillée.
- Le mélange est porté à ébullition. Les vapeurs chargées d'huile essentielle sont transportées à travers un tube vertical vers un serpentin de refroidissement et retombe vers le robinet de l'appareil. En raison de la différence de densité entre l'eau distillée et l'huile essentielle, l'huile reste à la surface de l'eau distillée.
- Après la récupération de la phase aqueuse, l'huile essentielle est recueillie dans un tube Eppendorf.
- L'huile essentielle a été ensuite conservée au réfrigérateur dans un tube fermé hermétiquement.



Figure 26: Etapes de l'extraction des huiles essentielles (photo personnelle)

III.2.2.2. Calcul du rendement de l'extraction

Selon la norme AFNOR (2000), le rendement en huile essentielle (HE) se définit comme la proportion entre la masse d'HE obtenue après l'extraction (M') et la masse de la matière végétale utilisée (M). Ce rendement, exprimé en pourcentage (RHE), est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{RHE (\%)} = (M'/M) \times 100$$

III.2.3. Etude de l'activité antibactérienne des huiles extraites

III.2.3.1. Préparation des souches bactériennes

Pour préparer des souches bactériennes, nous avons suivi les étapes suivantes :

- **Préparation du milieu de culture**

La gélose nutritive est coulée dans des boîtes de Petri stériles après avoir été fondue dans un bain-marie à une température de 96 °C. Le coulage a été effectué dans des conditions aseptiques pour éviter toute contamination des milieux. Les boîtes de Petri ont été laissées à solidifier à température ambiante (**Figure 27**)



Figure 27: Préparation du milieu de culture (photo personnelle)

- **Revivification des souches bactériennes**

Devant le bec Bunsen, on transfère, à l'aide d'une anse de platine stérile, chacune des souches bactériennes à partir de leurs milieux de conservation vers les boîtes de Pétri coulées à la gélose nutritive (**Figure 28**).



Figure 28: Ensemencement des bactéries (photo personnelle).

Les boites sont ensuite incubées à l'étuve à 37°C pendant 24 heures (**Figure 29**)



Figure 29: Incubation des bactéries (photo personnelle).

III.2.3.2. Etude de l'activité antibactérienne in vitro

III.2.3.2.1 Méthode de diffusion de disques

L'aromatogramme, dérivé de l'antibiogramme, évalue l'effet inhibiteur de la croissance bactérienne par une huile essentielle, en remplacement des antibiotiques. Cette méthode a pour principe de mesurer le diamètre d'inhibition autour d'un disque de cellulose imprégné de l'huile essentielle mis au contact direct d'un milieu gélosé, offrant ainsi une évaluation de son efficacité contre les bactéries (**Goncalves *et al.*, 2019**).

Nous avons utilisé cette méthode pour étudier l'activité bactérienne de trois huiles essentielles du thym, de la coriandre et du curcuma selon le protocole suivant :

- **Préparation de la suspension bactérienne**

Quelques colonies bien isolées et identiques sont prélevées à l'aide d'une anse de platine et mises dans 5 ml d'eau physiologique stérile contenant 0,9 % de sel (NaCl). La densité bactérienne des souches étudiées a été évaluée visuellement à l'aide d'un standard d'une valeur de 0,5 McFarland. On considère que cette densité correspond à une concentration d'environ $1,5 \times 10^8$ CFU/ml (**Gayathiri *et al.*, 2018**) (**Figure 30**).



Figure 30: Etapes de préparation de la suspension bactérienne (photo personnelle).

- **Ensemencement sur le milieu gélosé Mueller Hinton**

Un écouvillon stérile est trempé dans la suspension bactérienne. L'écouvillon est tourné plusieurs fois en le pressant fermement contre la paroi interne du tube pour extraire l'excès de bouillon et éviter tout ensemencement excessif.

La surface de la boîte de Petri contenant le milieu Mueller Hinton préalablement coulé et solidifié est striée trois fois, en tournant la boîte de 60° entre chaque striation.

L'ensemencement est effectué de manière à assurer une distribution uniforme de l'inoculum sur la surface de la boîte de Petri. (Figure 31).



Figure 31: Ensemencement bactérien sur milieu Mueller Hinton (photo personnelle).

Chapitre 03 : Matériels et méthodes

• Dépôt de disques

À l'aide d'une pince stérile, deux disques d'antibiotiques sont déposés sur le milieu gélosé déjàensemencé :

- Un disque d'amoxicilline (AML 10 µg)
- Un disque de norfloxacine (NOR 5 µg)

Deux disques de papier Whatman préalablement stérilisés, d'un diamètre de 6 mm, sont également déposés sur le milieu gélosé. À l'aide d'une micropipette, le premier disque est imprégné de 5 µl d'huile essentielle de curcuma, coriandre ou thym. Le deuxième disque est ensuite imprégné de 5 µl de DMSO.

Chaque boîte de Petri contient donc :

- Un disque d'antibiotique AML
- Un disque d'antibiotique NOR
- Deux disques de papier Whatman :
- ✓ Un disque imprégné d'huile essentielle (curcuma, coriandre ou thym)
- ✓ Un disque imprégné de DMSO

Les boîtes de Petri sont ensuite fermées, tournées et incubées dans l'étuve à 37 °C pendant 24 h (**Figure 32**)

La lecture des résultats se fait par la mesure du diamètre en mm de la zone d'inhibition autour de chaque disque.

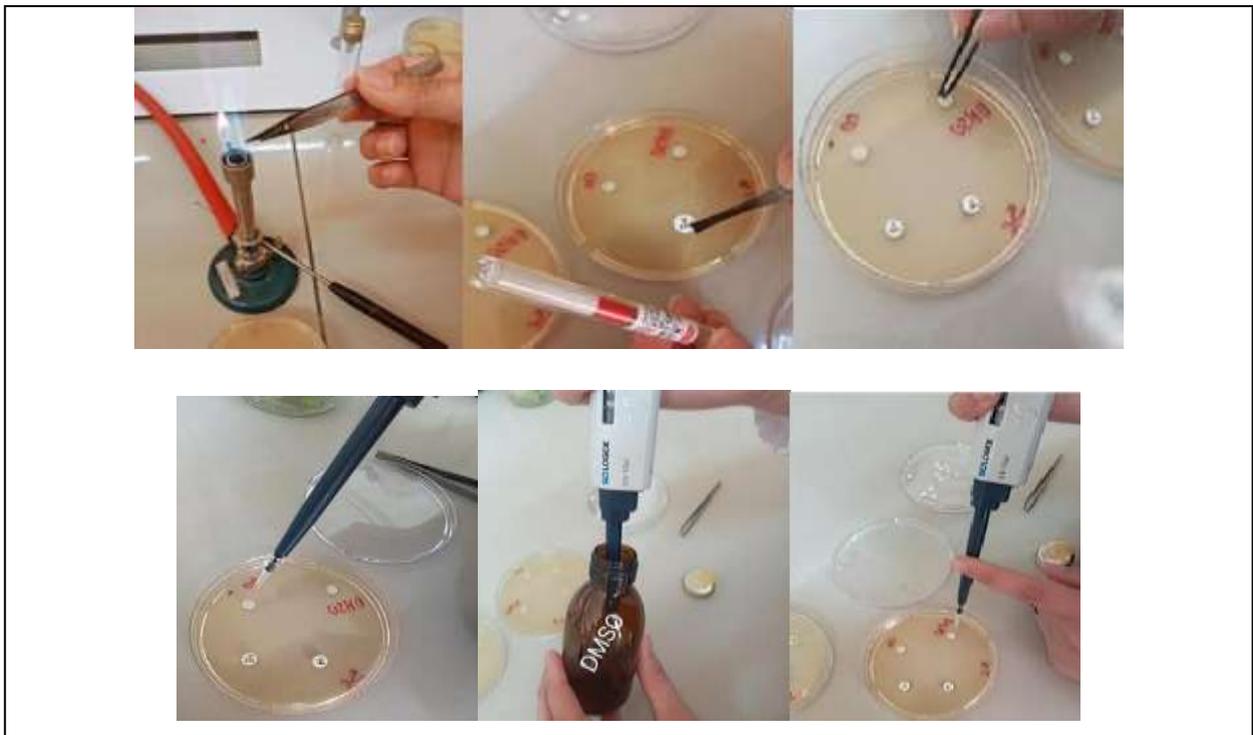


Figure 32: Etapes de distribution des disques (photo personnelle).

III.2.3.2.2 Méthode du micro-atmosphère

Nous avons utilisé cette méthode pour déterminer l'effet antibactérien des composants volatils des huiles essentielles sur les souches de *Salmonella*. Le protocole utilisé est similaire à celui de l'aromatogramme, sauf que le disque imprégné à l'huile essentielle n'est pas mis au contact du milieu gélosé mais il est placé sur le couvercle de la boîte de Petri, qui est ensuite scellée hermétiquement avec du papier parafilm avant l'incubation (**Figures 33 et 34**).



Figure 33: Etapes de la méthode du micro-atmosphère (photo personnelle).

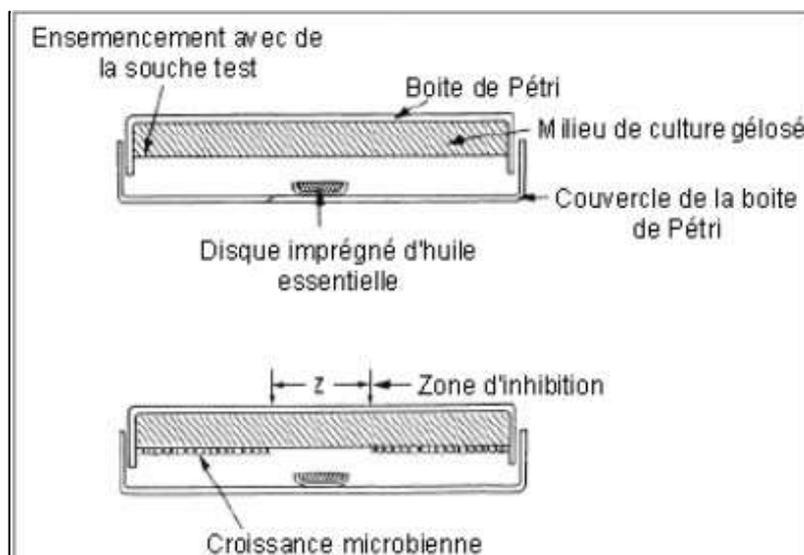


Figure 34: Illustration de la méthode en micro-atmosphère (Pibiri, 2005).

III.2.3.2.3 . Détermination des CMI

La concentration minimale inhibitrice d'une molécule à tester est la plus faible concentration qui empêche toute croissance bactérienne visible après 18 heures d'incubation dans un milieu de croissance spécifique est déterminée. Cette méthode est largement employée pour évaluer l'activité bactériostatique in vitro d'une nouvelle molécule antibactérienne (**Carryn, 2013**).

La méthode de micro-dilution en bouillon a été utilisée pour déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI) des huiles essentielles sur les souches de *Salmonella* (**Figure 35**).

Chapitre 03 : Matériels et méthodes

Les huiles essentielles ont été dissoutes dans du DMSO et des dilutions en série ont été préparées dans une microplaque de 96 puits. La gamme de concentrations testées était de 25% à 0,003%.

Pour chaque souche, une ligne de la microplaque a été utilisée. La première ligne contenait 20 µl d'huile essentielle et les dilutions suivantes ont été obtenues par dilution géométrique de base 2. Une quantité de 160 µl de bouillon Mueller Hinton (BMH) inoculé avec 20 µl d'une suspension bactérienne ont été ajoutés à chaque puits. Des puits témoins positifs (BMH inoculé) et négatifs (BMH non inoculé) ont également été inclus.

Après 18 heures d'incubation à 37 °C, la CMI a été déterminée comme la première concentration de la gamme dépourvue de croissance microbienne visible.



Figure 35: Détermination de la CMI par la méthode de micro-dilution sur plaque (photo personnelle)

III.2.3.2.4 . Évaluation de l'activité antibactérienne des HEs sur les souches de *Salmonella* dans un aliment

L'huile essentielle de thym a été sélectionnée pour son activité antibactérienne supérieure contre les souches de *Salmonella* par la technique d'aromatogramme. Deux souches de *Salmonella* les plus fréquemment impliquées dans les intoxications alimentaires, *Salmonella* Typhimurium et *Salmonella* Enteritidis, ont été choisies pour cette étude. Ces deux sérovars sont également considérés parmi les plus pathogènes et les plus résistants parmi les 2600 sérovars connus du genre *Salmonella*. Les deux souches sont originaires de la volaille.

La crème fraîche pasteurisée a été utilisée comme aliment modèle pour des raisons techniques. La crème fraîche a été divisée en portions stériles dans des tubes à essai :

- Un tube a été utilisé comme témoin négatif (crème fraîche uniquement).

Chapitre 03 : Matériels et méthodes

- Deux tubes ont été inoculés avec chacune des souches de *Salmonella* (témoins positifs).
- Trois tubes supplémentaires ont été préparés pour chaque souche, contenant de la crème fraîche inoculée et des volumes décroissantes d'huile essentielle de thym (5 μ l, 2,5 μ l et 1 μ l).

Chaque tube a été considéré comme une solution mère pour la recherche de *Salmonella* selon un protocole simplifié tiré de la norme ISO 6579. Ce protocole comporte plusieurs phases successives :

- **Phase du pré- enrichissement**

Un volume de 1 ml de l'échantillon à analyser (la solution mère) est rajouté dans 9 ml de l'eau peptonnée tamponnée (EPT), la suspension ainsi obtenue est portée à l'étuve à la température de 37°C pendant au moins 16h et au plus 20h (**figure 36**).



Figure 36: Etape de pré-enrichissement (photo personnelle)

- **Phase d'enrichissement**

A partir de la culture obtenue après le pré-enrichissement, 1 ml est transféré dans un tube à essai contenant 10 ml du bouillon Muller-Kauffmann au tétrathionate/novobio c ine (bouillon MKTTn). Le milieuensemencé est incubé à 37°C pendant 24h.

- **Phase d'isolement**

Après la période d'incubation, une goutte de la culture obtenue du milieu MKTTn estensemencée par une anse de platine sur la surface du milieu gélosé Hecktoen préalable ment coulé dans des boîtes de pétri. Les boîtes sont retournées et placées dans l'étuve à 37°C (**figure 37**).



Figure 37: Isolement sur milieu Hecktoen (photo personnelle).

Après 24h d'incubation, les boîtes sont examinées afin de rechercher la présence des colonies caractéristiques de *Salmonella* qui sont de couleur ou bleue verdâtres avec ou sans centre noir (**figure 38 et 39**).



Figure 38 : Colonies caractéristiques de *Salmonella* (photo personnelle).



Figure 39 : colonies autres que *Salmonella* (témoin négatif) (photo personnelle)

- **Phase de confirmation biochimique**

A partir de chaque boîte du milieu d'isolement, une colonie suspecte est repiquée sur les milieux suivants :

- 1) **Milieu TSI**

A l'aide d'une anse de platine, la pente inclinée du milieu estensemencée en strie, ensuite le culot est piqué profondément, les tubes ne sont pas fermés hermétiquement pour permettre d'avoir une réaction gazeuse. Les tubes sont ainsi incubés à 37°C pendant 24h (**figure 40**).



Figure 40: Confirmation biochimique sur le milieu TSI (photo personnelle).

Les réactions typiques de *Salmonella* spp correspondent à la formation de trois couleurs superposées, une pente rouge (lactose négatif), un culot jaune (glucose positif), et généralement une couleur noirâtre au centre (formation du H₂S) alors que la formation du gaz se manifeste par la formation d'une bulle latérale ou le décollement du milieu à la base de tube (**figure 41**).



Figure 41 : Réactions typiques de *Salmonella* sur milieu TSI (photo personnelle).

2) Test uréase

Dans un tube Eppendorf, 1 ml du milieu urée-indole est ensemencé par un inoculum raclé de la surface de la pente du milieu TSI à l'aide d'une anse de platine, les tubes sont ensuite portés à l'étuve à 37°C pendant 24h (**figure 42**).

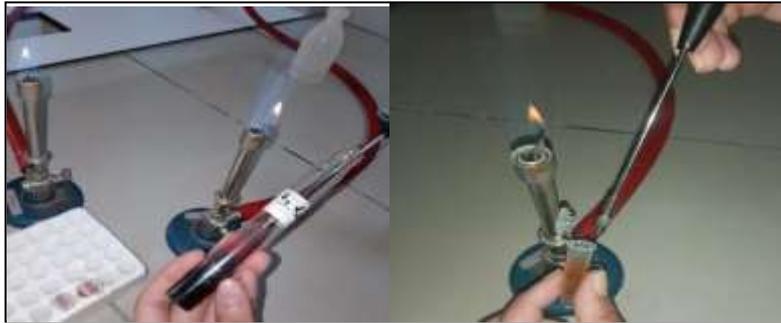


Figure 42: Confirmation biochimique sur le milieu urée (photo personnelle).

Lecture : Après incubation, les bactéries possédant une uréase transforment l'urée en carbonate d'ammonium entraînant une alcalinisation qui provoque une coloration rouge violacé du milieu en présence de rouge de phénol (La couleur originale du milieu est orange) (**Figure 43**).



Figure 43: Lecture du test uréase (photo personnelle).

2) Test indole

Sur le même milieu d'uréase, quatre à cinq gouttes de réactif de Kovacs sont ajoutées dans le tube ensemencé. Le réactif de Kovacs contient des composés aromatiques (comme la vanilline) qui réagissent avec l'indole pour former un complexe coloré sous forme d'un anneau rouge-cerise, alors qu'une couleur inchangée indique que le test est négatif (**figure 44**).



Figure 44: Test d'indole par réactif de Kovacs (photo personnelle).

3) Test TDA

La présence de tryptophane désaminase (TDA) est mise en évidence par addition sur le milieu précédent de quatre à cinq gouttes de réactif de TDA (perchlorure de fer) qui provoque la formation d'un précipité rouge en cas de réaction positive. Une couleur inchangée indique que le test est négatif (**figure 45**).



Figure 45: Test TDA (photo personnelle)

Interprétation des tests biochimiques

Les salmonelles donnent en général les réactions indiquées dans le tableau **07** suivant :

Tableau 7: Interprétation des tests biochimiques

Essais	Réaction
Glucose	+
Lactose	-
Formation de gaz	+
H ₂ S	+
Uréase	-
Indole	-
TDA	-

L'ensemble des différentes étapes de la méthode de recherche des salmonelles est schématisé dans la figure (**figure 46**).

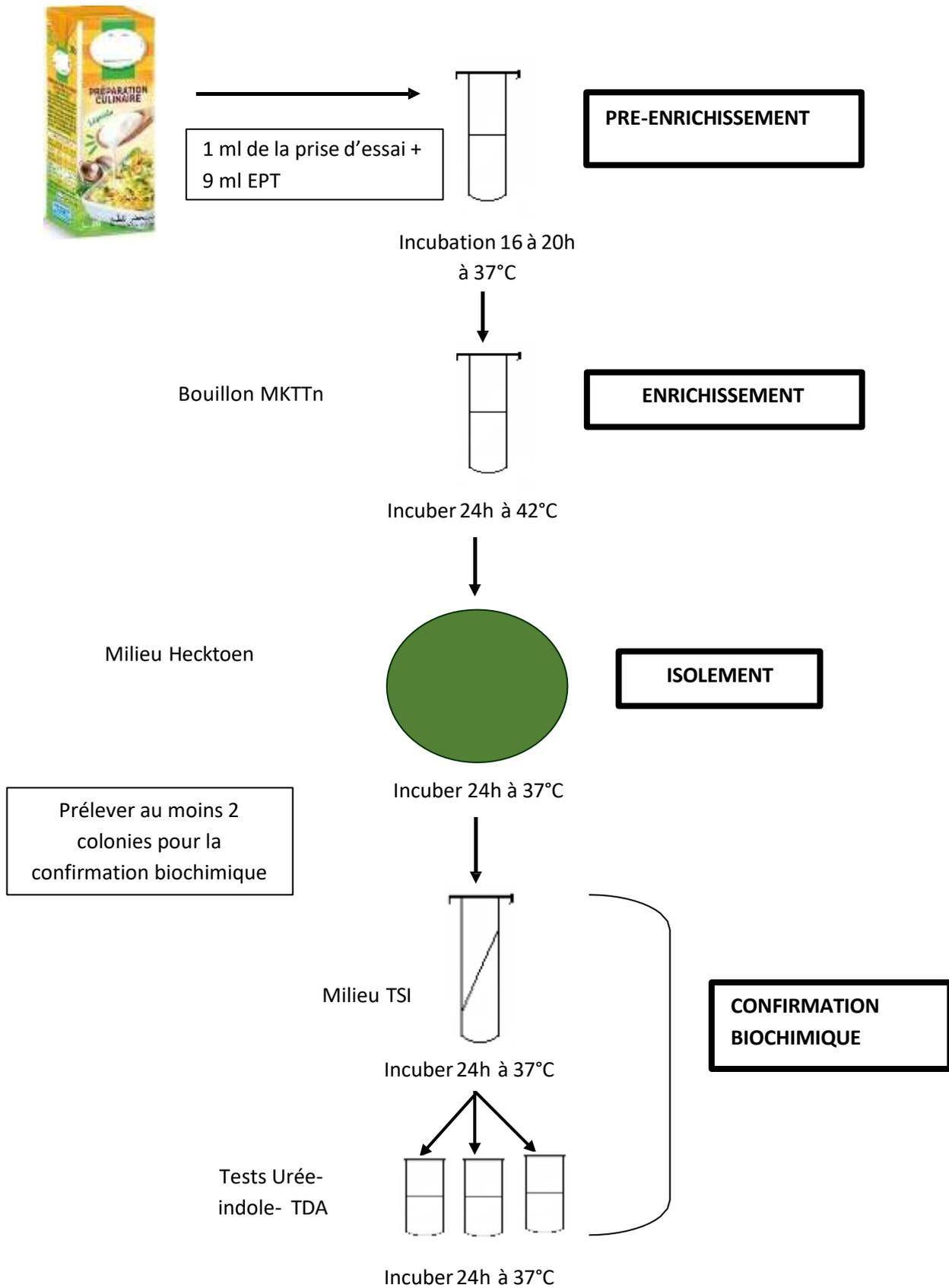


Figure 46: Diagramme des différentes étapes de la recherche des salmonelles

Chapitre IV : Résultats et Discussion

IV.1. Résultats de l'enquête ethnobotanique

Afin de faciliter la comparaison des données, nous avons converti les statistiques obtenues en colonnes graphiques et en cercles relatifs.

Section 1 : Informations générales

- **Origine des personnes enquêtées**

La majorité des personnes participant au questionnaire viennent de la municipalité de Grarem Gouga, avec 29 personnes, suivie de 17 personnes du chef-lieu de la wilaya, 12 de la commune de Rouached et 11 de Tiberguent (**Figure 47**).

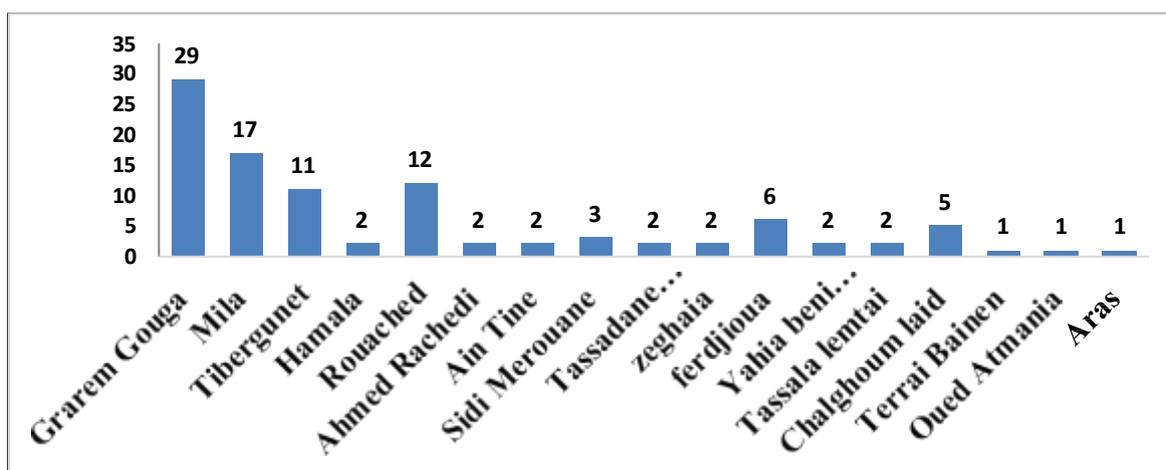


Figure 47: Origine des personnes qui ont participé à l'enquête

- **Type de la région**

La majorité des personnes interrogées viennent de zones urbaines avec 85% contre 15% de zones rurales (**Figure 48**).

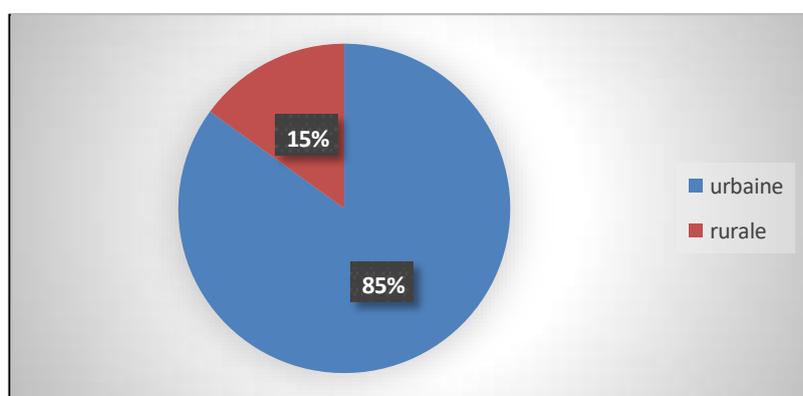


Figure 48: Types des régions concernées par l'enquête

- **Catégories d'âge**

La participation à cette enquête est dominée par la catégorie d'âge allant de 17 à 34 ans, qui représentent 47% du total des participantes, suivis du groupe des 35 à 49 ans à 32%, des 50 à 64 ans à 14%, des plus de 65 ans à 4% et enfin des 0 à 17 ans (3%), ce dernier groupe étant le moins représenté (**Figure 49**).

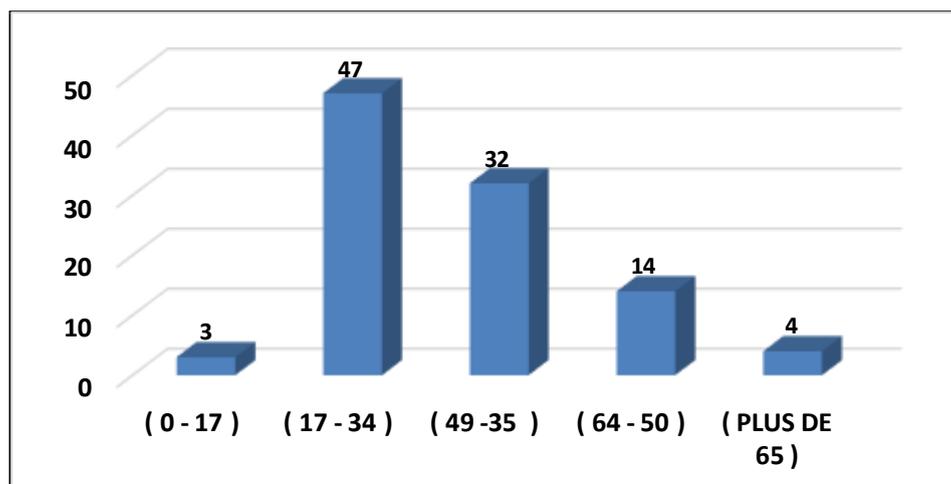


Figure 49: Catégories d'âge des participantes à l'enquête

- **Niveau intellectuel**

Concernant le niveau d'éducation des participantes, la majorité (61%) ont un niveau universitaire. Vient ensuite le niveau secondaire avec 19%, puis le niveau moyen avec 11% et enfin le niveau primaire qui ne représente que 9% des participantes (**Figure 50**).

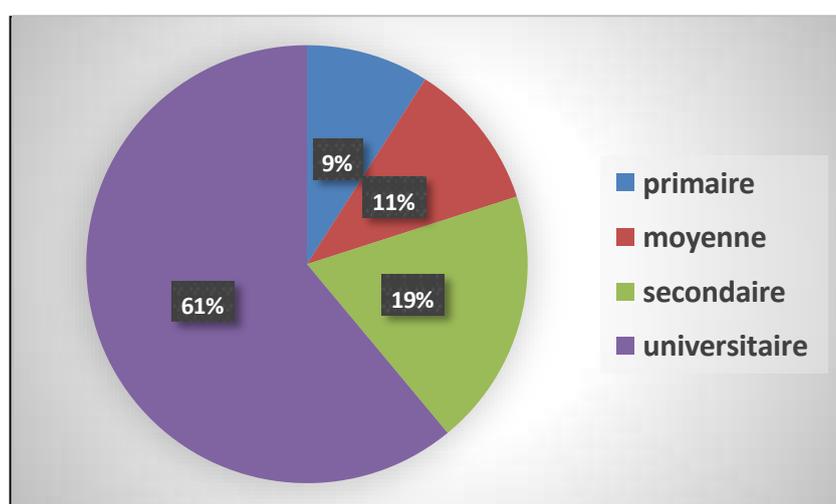


Figure 50: Niveau intellectuel des participantes

- **Profession**

La répartition des participantes selon leur profession montre que les travailleuses représentent 41% des répondantes, suivies par les étudiantes à 35% et enfin les femmes sans emploi à 24% (**Figure 51**).



Figure 51: Profession des participantes

Section 2 : Connaissance sur les huiles essentielles

- **Familiarité avec les huiles essentielles**

Selon les résultats obtenus (**figure 52**), 76% des participantes ont indiqué être familières avec les huiles essentielles, tandis que le reste ne l'était pas.

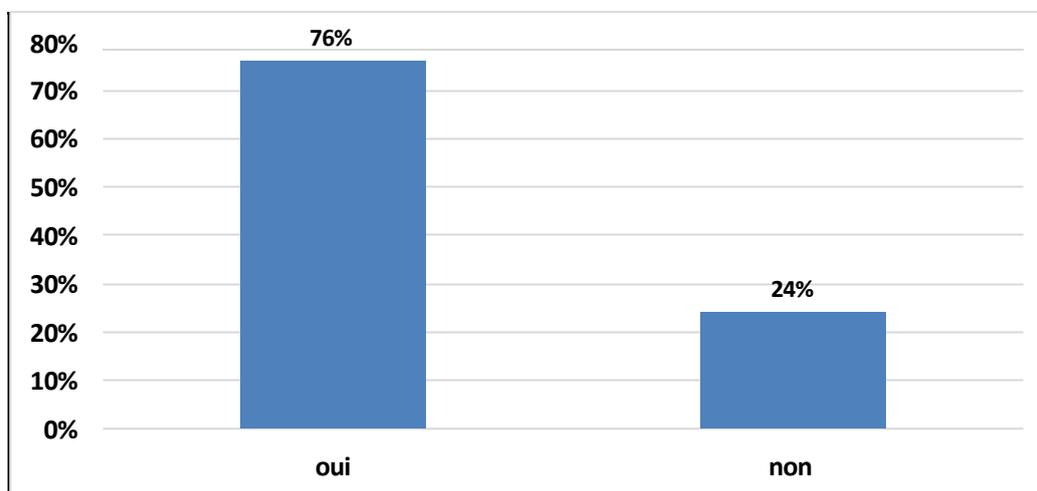


Figure 52: Taux de familiarité avec les huiles essentielles

- **Niveau de connaissances sur les huiles essentielles**

Les résultats de cette enquête ont montré que 85% des femmes interrogées avaient des connaissances moyennes sur les huiles essentielles. Par ailleurs, 12% des participantes ont déclaré avoir une connaissance faible du sujet, tandis que seulement 3% ont indiqué posséder une connaissance approfondie des huiles essentielles. Ce niveau de connaissance relativement élevé s'explique probablement par le niveau d'éducation (université) de cette population ainsi que par la large diffusion d'informations sur les huiles essentielles sur les réseaux sociaux (**figure 53**).

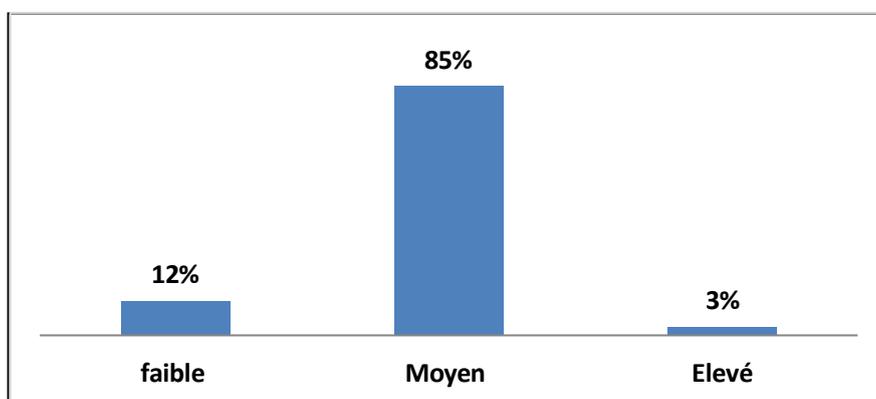


Figure 53: Niveau de connaissance pour les huiles essentielles

- **Pourcentage d'utilisation des huiles essentielles**

Le résultat de ce questionnaire est très significatif : 88% des personnes interrogées ont affirmé avoir utilisé des huiles essentielles dans leur vie quotidienne. Ce chiffre très élevé témoigne d'une adoption massive de ces produits naturels par la population étudiée (**Figure 54**).

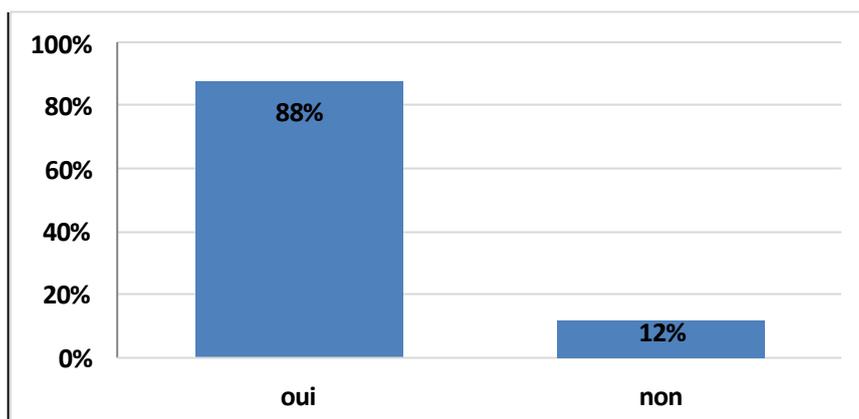


Figure 54: Pourcentage d'utilisation des huiles essentielles

Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette forte pénétration des huiles essentielles dans les habitudes de vie :

- ✓ Une sensibilisation et une connaissance approfondie des bienfaits des huiles essentielles, probablement favorisées par les campagnes d'information et la diffusion de ces produits.
- ✓ Un intérêt croissant pour les solutions de santé et de bien-être naturelles, les huiles essentielles répondant à cette demande.
- ✓ Une facilité d'accès et d'utilisation des huiles essentielles, qui les rend accessibles au grand public.

- **Fins d'utilisation des huiles essentielles**

L'analyse des réponses à cette seconde question révèle les principaux domaines d'utilisation des huiles essentielles par les femmes ayant déclaré les avoir déjà utilisé dans leur vie quotidienne (Figure 55). Ainsi, on constate que :

- ✓ 64% des utilisatrices emploient les huiles essentielles dans un but de santé et de bien-être. Cela démontre une utilisation importante de ces produits naturels à des fins thérapeutiques, de prévention ou de soulagement de certains maux.
- ✓ 63% les intègrent dans leur cuisine, soulignant l'adoption des huiles essentielles comme ingrédients aromatiques et savoureux.
- ✓ 55% les utilisent dans leur routine de beauté et de soins personnels, reflétant leur rôle croissant dans les pratiques cosmétiques naturelles.

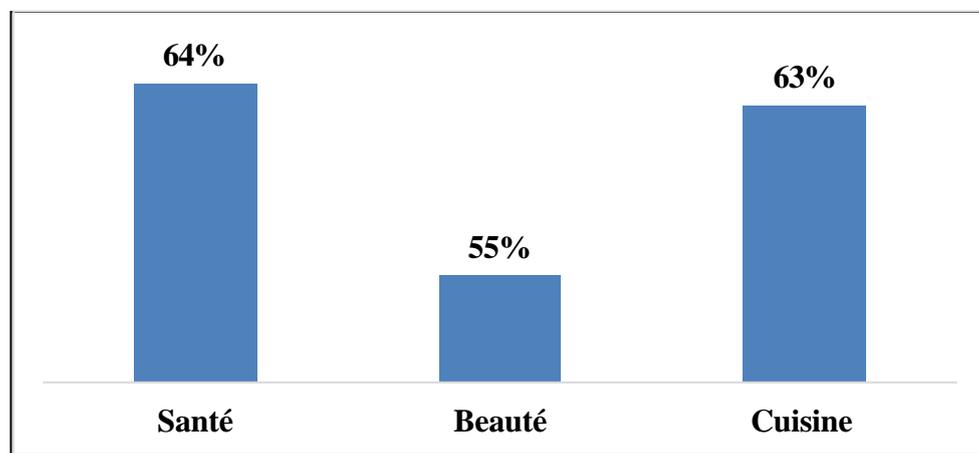


Figure 55: Principaux usages des huiles essentielles par les utilisatrices

Section 3 : Pratiques culinaires

- **Fréquence de la cuisine chez les participantes**

Les réponses collectées ont rapporté que 56% des participantes cuisinent quotidiennement. Tandis que 31% cuisinent plusieurs fois par semaine. Ce chiffre, ajouté au précédent, indique que plus de 87% des participants cuisinent régulièrement, à raison d'au moins plusieurs fois par semaine. Cela représente que la cuisine est une tâche bien ancrée dans leur vie de tous les jours. Seuls 8% cuisinent une fois par semaine, et 5% seulement le font rarement (**Figure 56**).

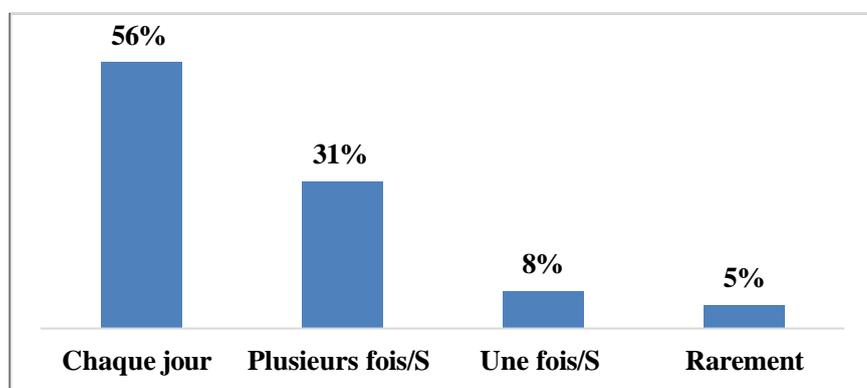


Figure 56: Fréquence de cuisson

Section 4 : Utilisation culinaire des plantes étudiées

- **Utilisation de la coriandre dans les plats cuisinés**

Les résultats montrent que la majorité des femmes interrogées (67%) utilisent de la coriandre dans la cuisine, tandis que les autres (33%) n'en utilisent pas (**Figure 57**).

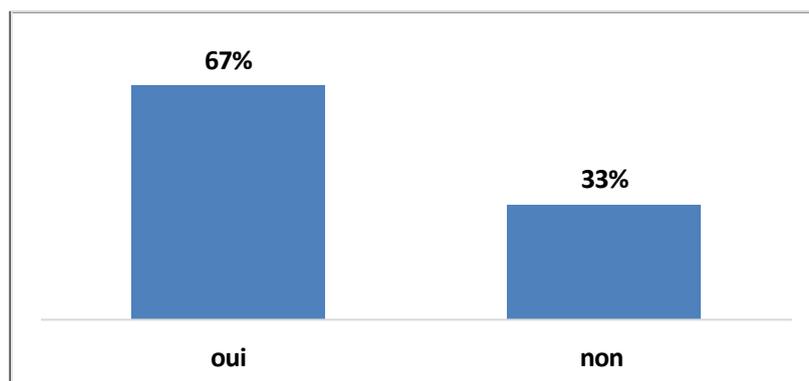


Figure 57: Taux d'utilisation de la coriandre dans les plats cuisinés

- **Types de plats dans lesquels la coriandre est souvent ajoutée**

D'après les réponses enregistrées, la coriandre semble être principalement utilisée dans une diversité de plats :

- ✓ 53 réponses ont indiqué qu'elle est incorporée dans la chorba frik
- ✓ 12 réponses la mentionnent dans la soupe
- ✓ 6 réponses la signalent dans des plats au four
- ✓ 5 réponses la citent dans les céréales et les pâtes

Les autres plats où la coriandre est utilisée de manière plus marginale (avec des chiffres inférieurs à 5) incluent divers autres mets (**Figure 58**).

Ces résultats mettent en évidence les usages culinaires les plus répandus de la coriandre et reflète probablement les habitudes alimentaires et les traditions culinaires et les goûts de la population interrogée.

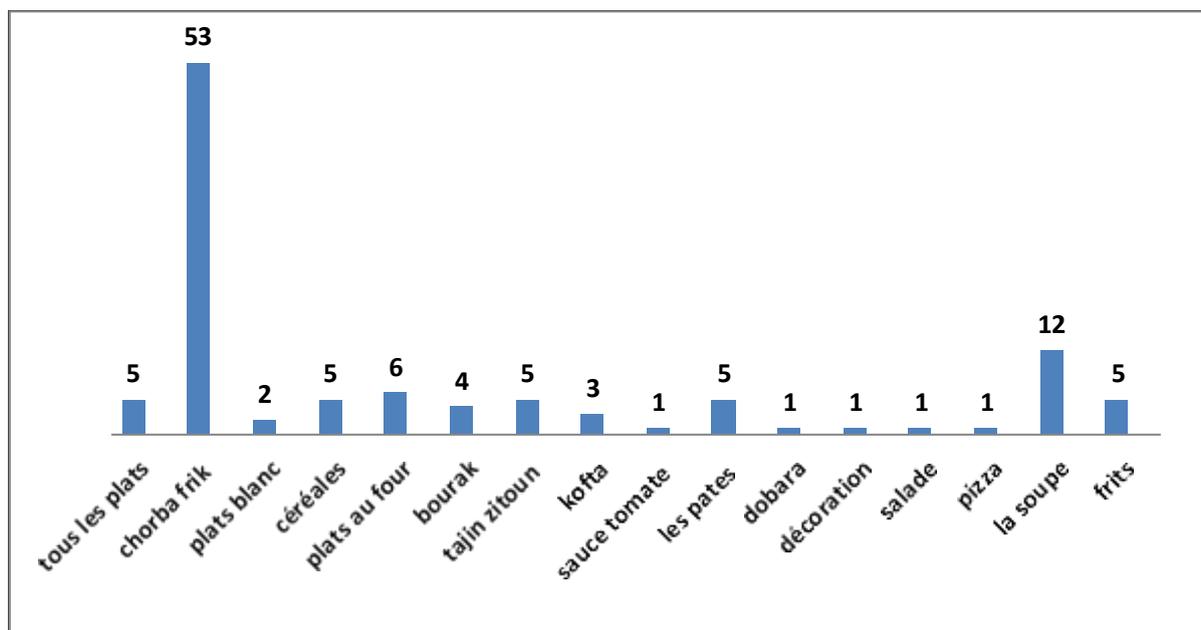


Figure 58: Plats dans lesquels la coriandre est ajoutée

- **Utilisation du curcuma dans les plats cuisinés**

Les réponses récoltées montrent que la majorité des femmes interrogées, soit 63%, indiquent ne pas utiliser de curcuma dans la préparation de leurs plats. Ce résultat suggère que l'emploi du curcuma en cuisine n'est pas encore une pratique généralisée dans notre région. Cela

Chapitre 04 : Résultats et discussion

pourrait s'expliquer par des différences de traditions culinaires, de préférences personnelles ou encore de connaissances sur les bienfaits potentiels du curcuma.

Cependant, une partie non négligeable d'entre elles (37%) affirment au contraire l'utiliser fréquemment. Cela représente environ un tiers des participantes et indique que cet épice commence à être adopté dans certaines habitudes de cuisine (**Figure 59**).

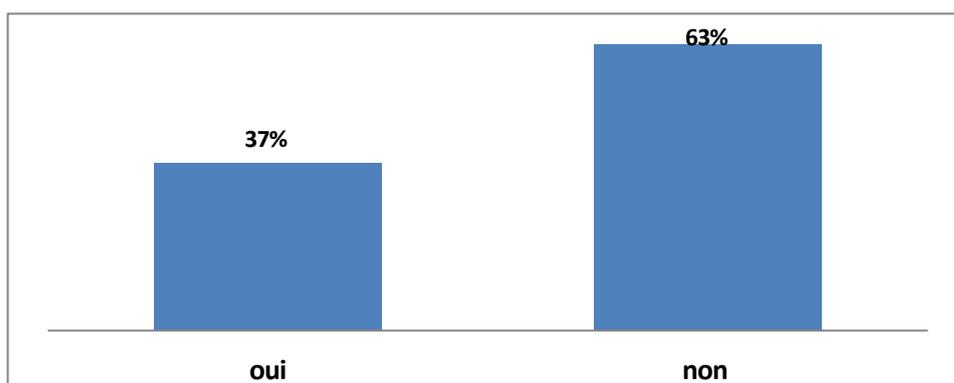


Figure 59: Taux d'utilisation du curcuma

- **Types de plats dans lesquels le curcuma est souvent intégré**

D'après les réponses obtenues (**Figure 60**), le curcuma est principalement utilisé dans deux types de plats qui sont le riz (29 personnes) et dans l'assaisonnement du poulet (13 personnes). Pour les autres plats mentionnés, comme les pâtes, les sauces blanches et autres, le nombre de personnes qui y ajoutent du curcuma est beaucoup plus faible.

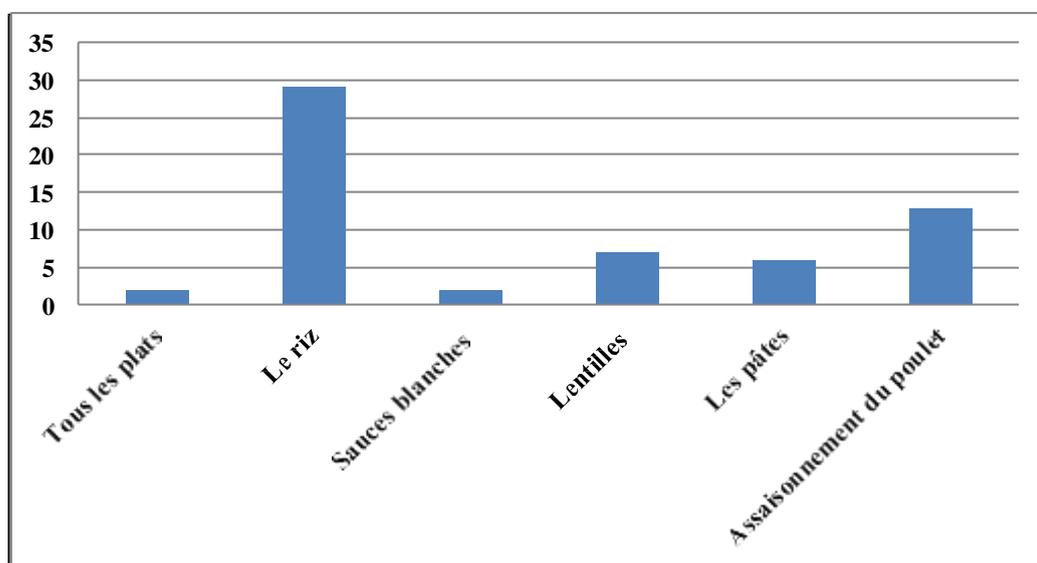


Figure 60: Plats dans lesquels le curcuma est ajouté

- **Utilisation du thym dans les plats cuisinés**

Les résultats obtenus (**Figure 61**) montrent qu'il y a autant de personnes (50%) qui apprécient et intègrent le thym dans leur cuisine que de personnes (50%) qui ne l'utilisent pas de manière régulière.

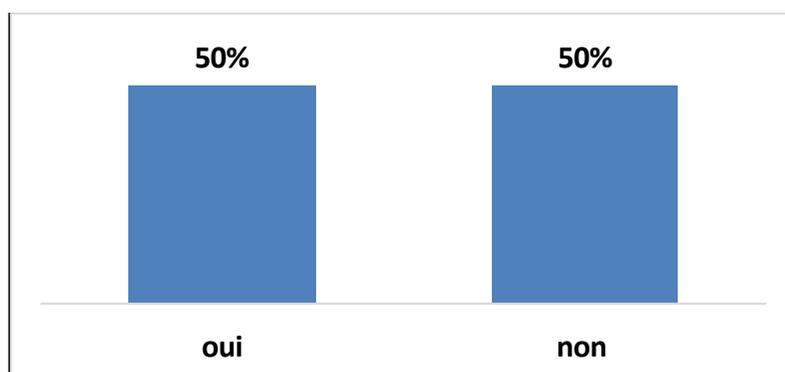


Figure 61: L'utilisation de thym aux plats

- **Plats dans lesquels le thym est ajouté**

Parmi les personnes ayant déclaré utiliser fréquemment le thym dans leurs préparations, celui-ci semble être particulièrement apprécié et employé de manière régulière dans quelques plats spécifiques. Environ un tiers (32,5%) l'utilisent régulièrement dans leurs sauces pizza. Près d'un quart (22,5%) l'ajoutent pour assaisonner la viande et le poulet. Tandis qu'une personne sur 5 (20%) l'intègre dans la préparation de leurs soupes. En revanche, son utilisation reste plus marginale dans d'autres types de plats comme les pâtes et les poissons (**Figure 62**).

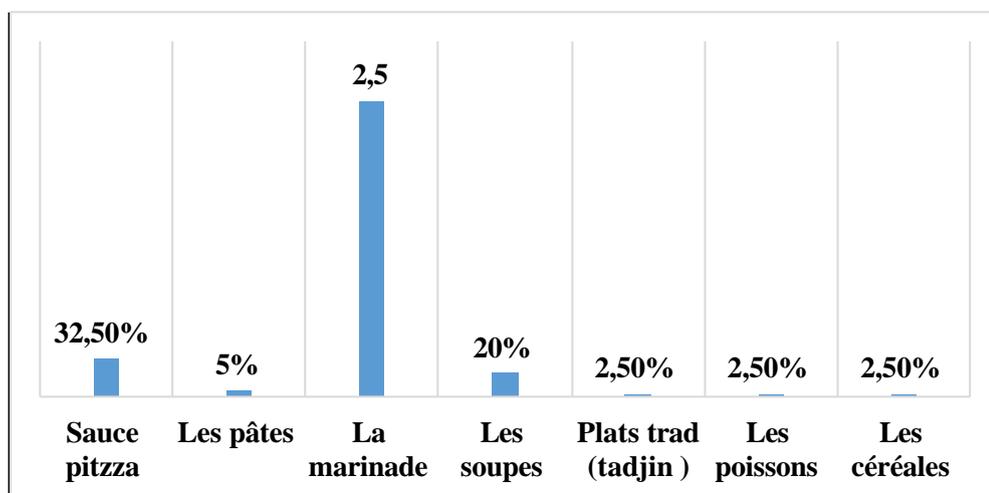


Figure 62: Plats dans lesquels le thym est ajouté

Section 5 : Connaissances sur les bienfaits potentiels des trois épices étudiés

- **Connaissances sur les bienfaits du curcuma pour santé**

Une majorité des personnes interrogées (67%) considèrent que le curcuma peut apporter des avantages pour la santé, au-delà de ses qualités gustatives. Alors qu'une petite part (5%) pense au contraire que le curcuma n'a aucun avantage pour la santé. Cependant, une part non négligeable (28%) n'a pas d'avis tranché sur la question (**Figure 63**).

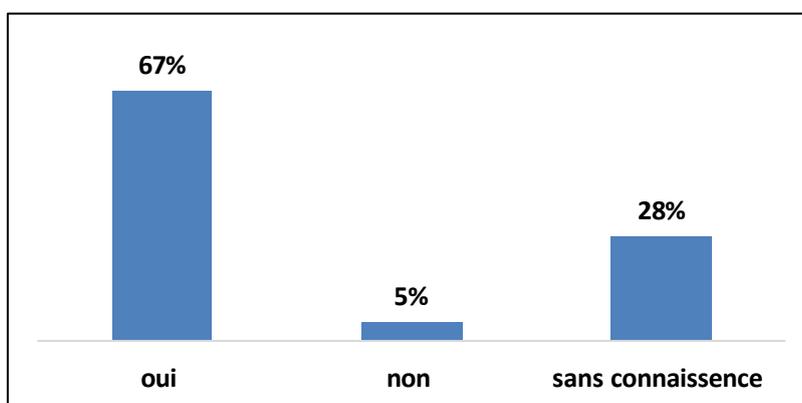


Figure 63: Connaissances sur les bienfaits potentiels de curcuma pour santé

- **Connaissances sur les bienfaits de la coriandre pour santé**

Les résultats présentés dans la **figure 64** montrent que la grande majorité des femmes interrogées, soit 87%, pensent que la coriandre a des avantages pour la santé au-delà de ses propriétés aromatiques. Une part beaucoup plus réduite, soit 6% des femmes, ne savent pas si la coriandre a ou non des bienfaits pour la santé. Enfin, 8% des femmes interrogées pensent que la coriandre n'a aucun avantage pour la santé.

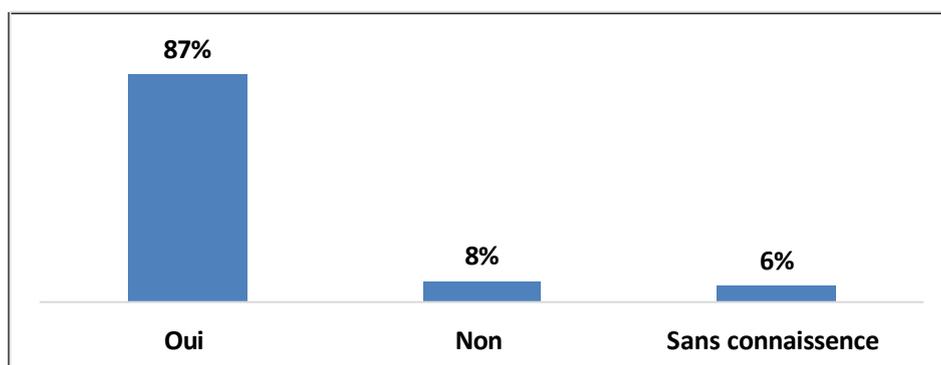


Figure 64: Connaissances sur les bienfaits potentiels de coriandre pour santé

- **Connaissances sur les bienfaits de thym pour santé**

Un taux de 75% des femmes interrogées considèrent que le thym a des avantages pour la santé. Alors que 22,5% ne savent pas si le thym a ou non des bienfaits pour la santé. Seule une toute petite part pense le contraire (**Figure 65**).

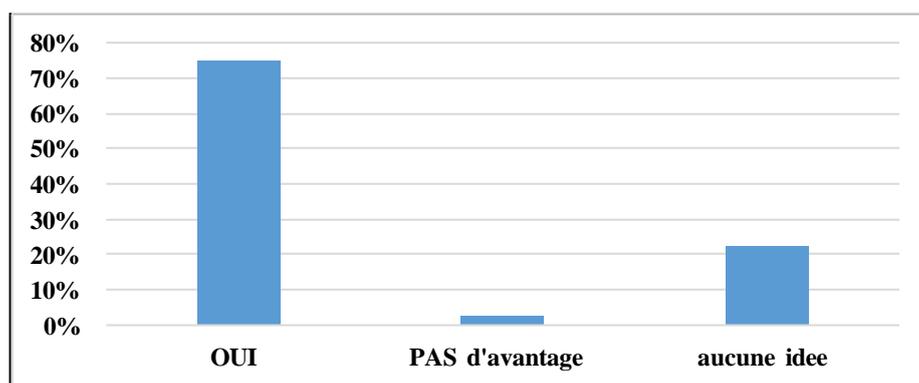


Figure 65: Connaissances sur les bienfaits potentiels du thym pour santé

- **Bienfaits possibles de coriandre**

Une grande proportion (44%) de personnes enquêtées pense que la coriandre a des avantages pour améliorer la digestion. Alors que 24% des répondantes considèrent que la coriandre pourrait renforcer le système immunitaire. Certaines (8 %) ont également évoqué des effets bénéfiques sur la tension artérielle et la mémoire..... etc (**Figure 66**)

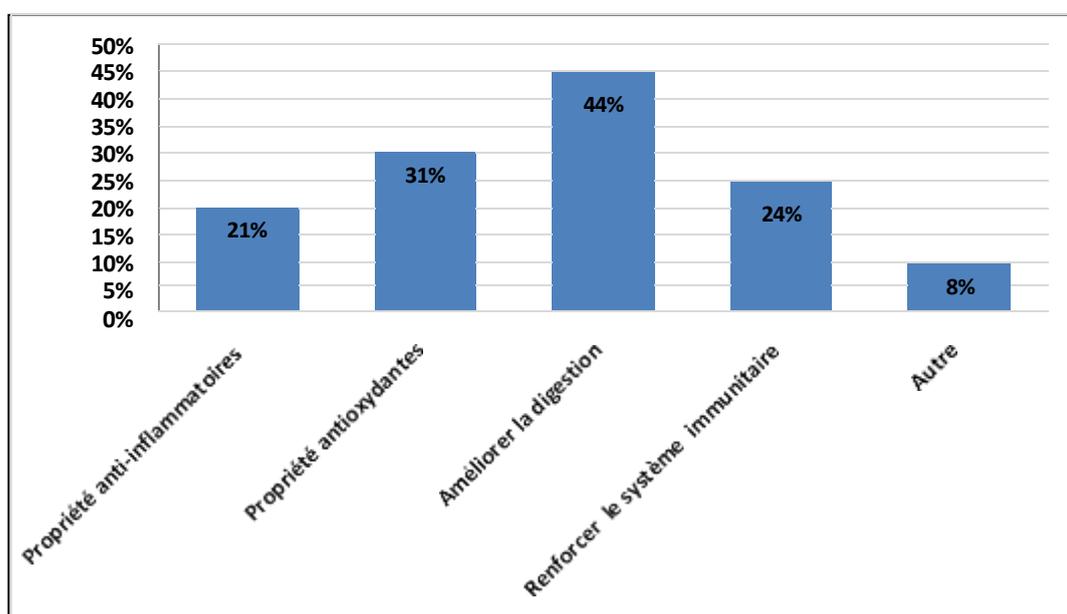


Figure 66: bienfaits possibles de coriandre

- **Bienfaits possibles du curcuma**

On constate qu'une grande proportion de personnes (23%) a déclaré que le curcuma a des avantages pour ses propriétés anti-inflammatoires. Un taux de 13% des femmes interrogées ont déclaré que le curcuma renforce le système immunitaire. Alors que quelques-unes (5%) ont mentionné d'autres avantages comme la prévention contre le développement de la maladie d'Alzheimer, le contrôler du diabète et la désinfection des brûlures etc (**Figure 67**).

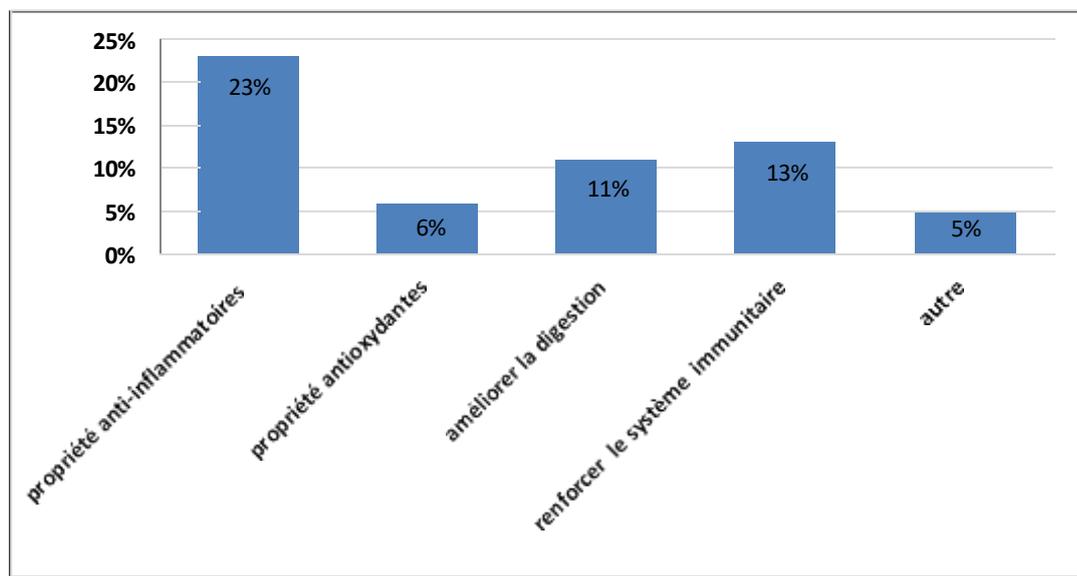


Figure 67: Bienfaits possibles de curcuma

- **Bienfaits possibles de thym**

Les résultats obtenus (**Figure 68**) montrent qu'un taux de 40% des participantes estiment que le thym a des avantages dans le renforcement du système immunitaire. Alors que 32,5% ont dit qu'il a des propriétés anti-inflammatoires. 12,5% ont indiqué qu'il a des avantages antioxydants et 10% d'entre eux ont cité d'autres avantages.

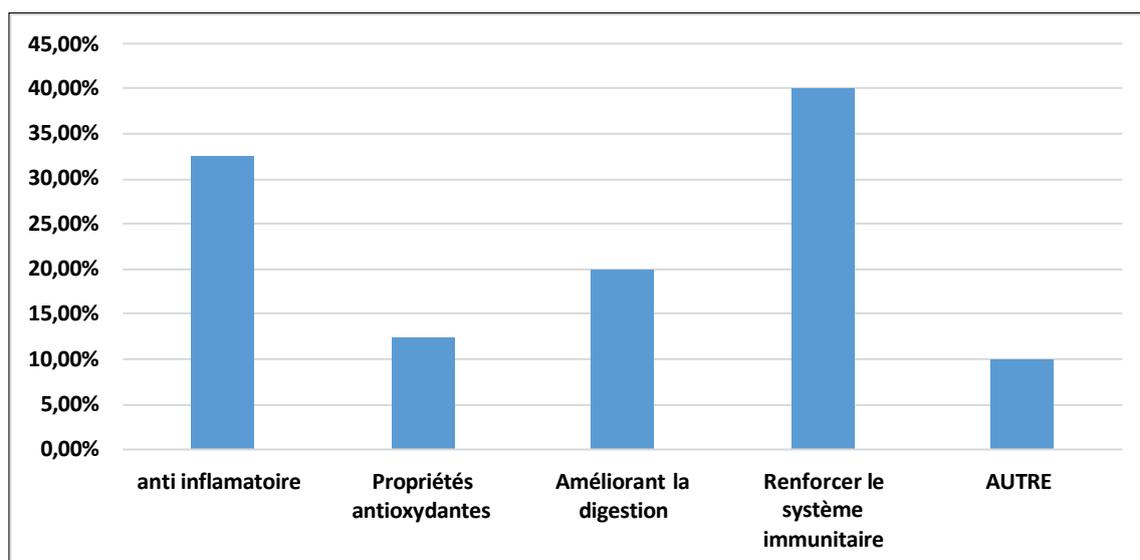


Figure 68: Bienfaits possibles de thym

Section 6 : Connaissance et utilisation des huiles essentielles de la coriandre, du curcuma et du thym

- **Connaissance de la possibilité d'extraction des HEs à partir des trois plantes aromatiques étudiées**

D'après les résultats présentés (**Figure 69**), seulement 20% des femmes interrogées savent que l'huile essentielle peut être extraite de la coriandre, du thym et du curcuma. En revanche, la grande majorité, soit 80% des femmes, ne sont pas au courant de cette possibilité.

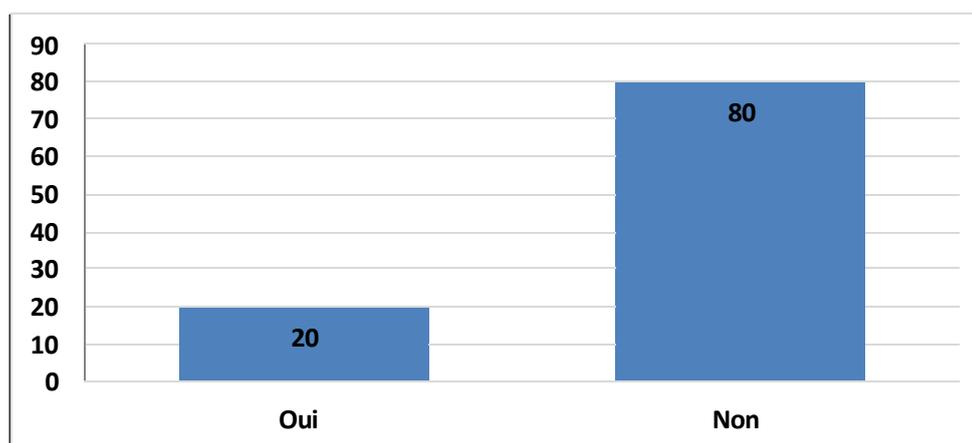


Figure 69: Connaissance de la possibilité d'obtention des HEs des plantes étudiées

- **Utilisation d'huile de coriandre**

Les résultats ci-dessous (**Figure 70**) montrent qu'une grande proportion (90%) des femmes enquêtées n'ont jamais utilisé l'huile essentielle de coriandre auparavant. Seule une très faible proportion (10%) d'entre elles en a fait usage.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce faible taux d'utilisation notamment :

- Un manque de sensibilisation et d'information du grand public sur les propriétés et les usages potentiels des huiles essentielles de coriandre.
- Leur accessibilité probablement encore limitée.
- Un coût d'achat encore élevé par une grande partie des consommateurs, limitant leur adoption plus large contrairement à la plante fraîche de prix très abordable.

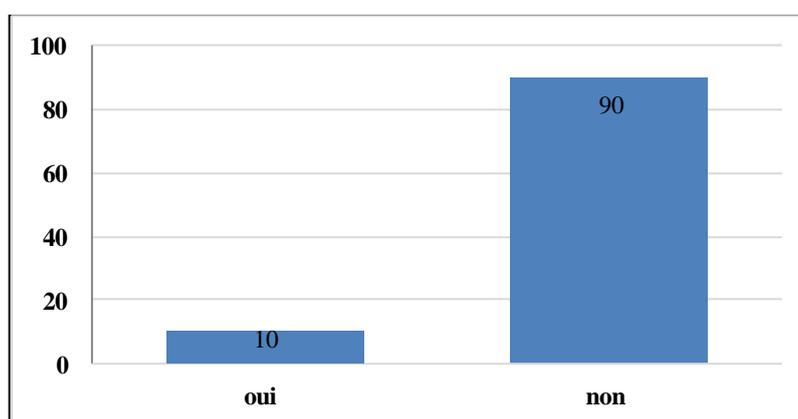


Figure 70: Taux d'utilisation d'huile de coriandre

- **Modes d'utilisation d'huiles essentielles de coriandre**

Selon les résultats présentés (**Figure 71**), parmi les 10% de femmes ayant déclaré avoir déjà utilisé l'huile essentielle de coriandre, la majorité l'utilisent à des fins de santé, soit 6 femmes interrogées. L'utilisation de cette huile pour les soins de la peau a été signalée également par 6 femmes. Ensuite, quatre d'entre elles rapportent l'utiliser en cuisine et 3 femmes, indiquent l'utiliser pour les soins des cheveux.

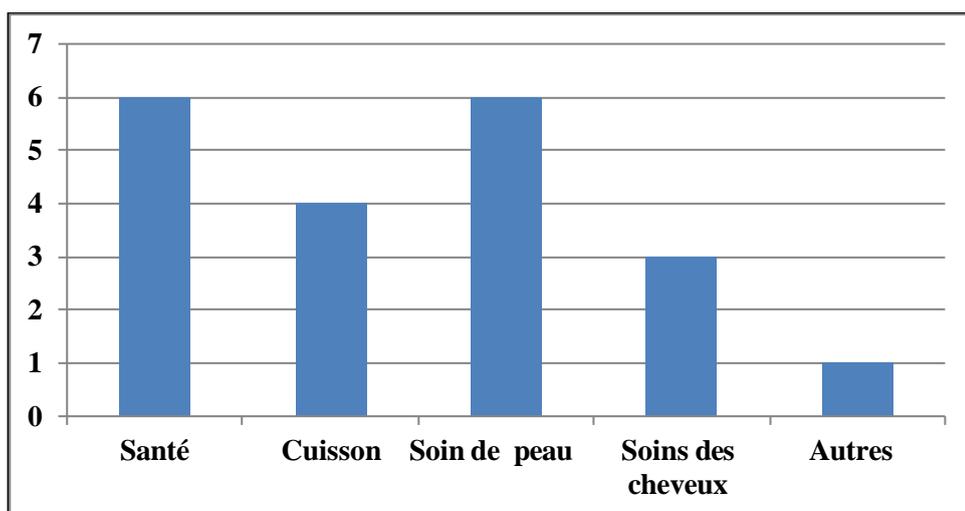


Figure 71: Fins d'utilisation d'huile essentielles de coriandre

- **Utilisation de l'huile essentielle de curcuma**

Les résultats ci-dessous (**Figure 72**) montrent qu'une grande proportion (88%) des femmes n'ont jamais utilisé l'huile de curcuma auparavant, et très peu (12%) l'ont utilisée.

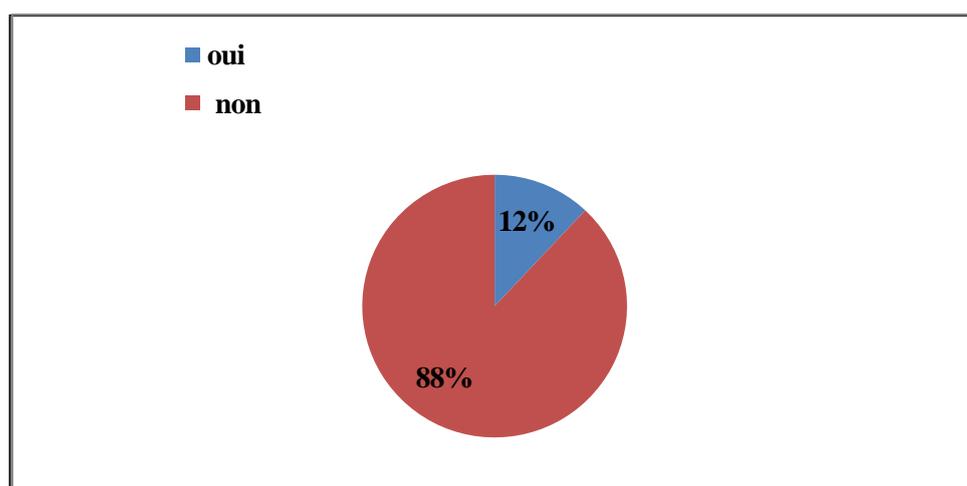


Figure 72: Utilisation d'huile essentielle de curcuma

- **Mode d'utilisation de l'huile essentielle de curcuma**

D'après les résultats (**Figure 73**), on constate que parmi les personnes qui utilisent l'huile essentielle de curcuma, la majorité l'utilisent pour les soins de la peau, soit 9 personnes interrogées, ou dans l'aromathérapie (8 personnes). Quatre femmes ont déclaré l'avoir utilisé pour les soins des cheveux. Enfin, 4 autres femmes l'utilisent souvent en cuisine.

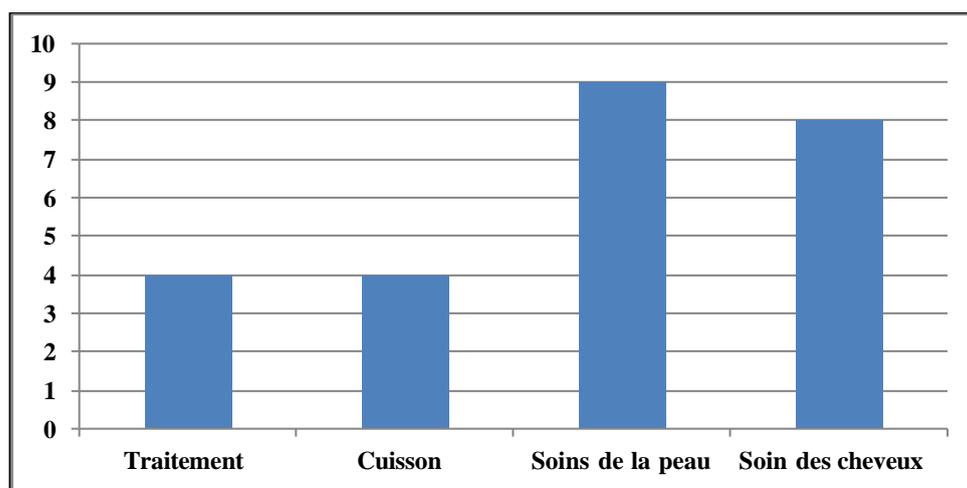


Figure 73: Fins d'utilisation de l'huile essentielles de curcuma

- **Utilisation de l'huile essentielle de thym**

Les résultats ci-dessous (**Figure 74**) montrent qu'une grande proportion (80 %) des femmes n'ont jamais utilisé d'huile de thym. A l'inverse, la proportion la plus réduite (20%) représente celles qui en ont fait l'expérience

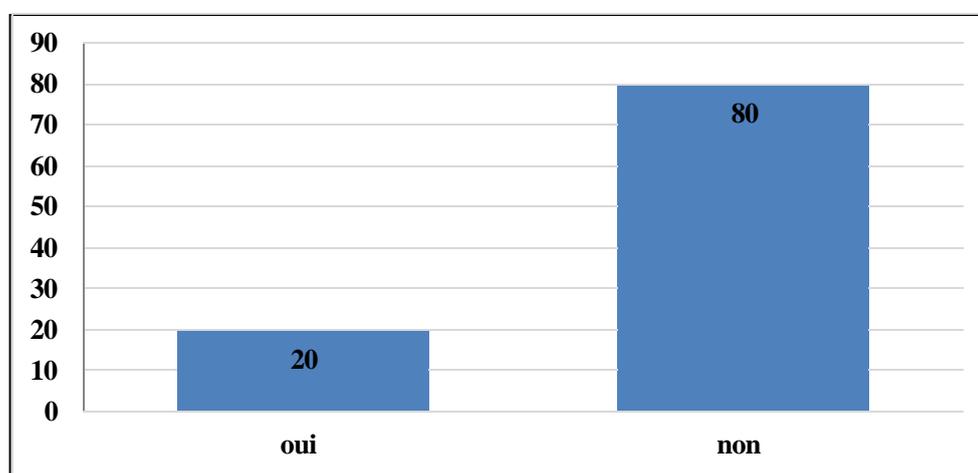


Figure 74: Taux d'utilisation d'huile essentielle de thym

- **Modes d'utilisation d'huile essentielles de thym**

A partir des résultats obtenus, nous avons observé l'utilisation de l'huile essentielle de thym dans seulement deux domaines : en santé (17,5%) et en soin de la peau (2,5%) (**Figure 75**).

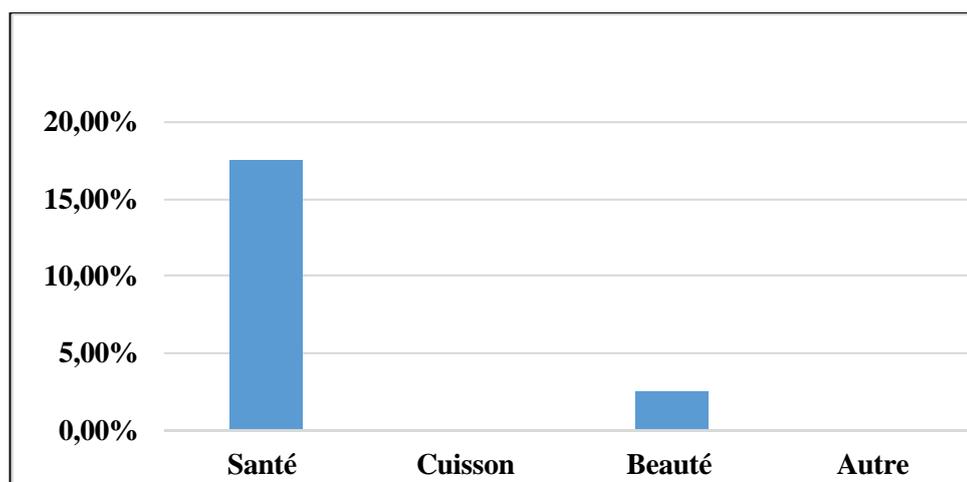


Figure 75: Modes d'utilisation de l'huile essentielle de thym

- **Effets résultant de l'utilisation de l'huile essentielle de coriandre**

Parmi les 10 femmes qui ont déjà utilisé l'huile essentielle de coriandre, seules 8 d'entre elles ont rapporté les effets constatés. Deux femmes ont indiqué que cette huile améliore la fraîcheur de leurs visages. Les 6 autres ont mentionné divers autres effets bénéfiques, notamment : l'amélioration de la digestion, le renforcement du système immunitaire, l'amélioration de la mémoire et l'ajustement du taux de cholestérol (**Figure 76**).

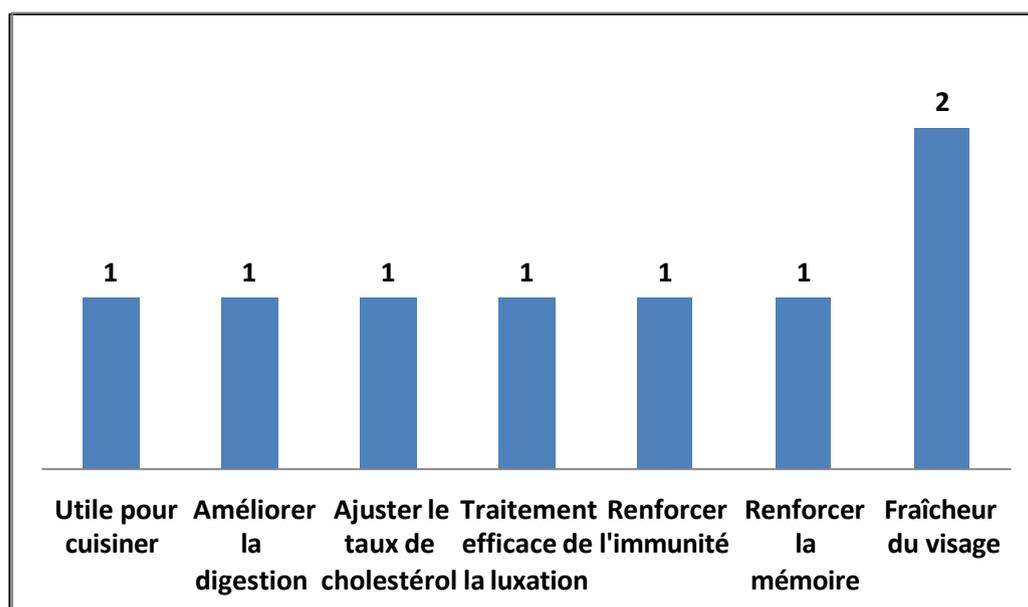


Figure 76: Effets résultant de l'utilisation de l'huile essentielle de coriandre

- **Effets résultant de l'utilisation de l'huile essentielle de curcuma**

Parmi les 12 femmes qui ont utilisé de l'huile de curcuma, 5 ont dit qu'elle améliore la fraîcheur et la purification du visage, 4 ont indiqué qu'elle améliore la digestion, 2 ont dit qu'elle donne une brillance aux cheveux et l'une a mentionné qu'elle donnait de bons résultats contre l'inflammation (**Figure 77**).

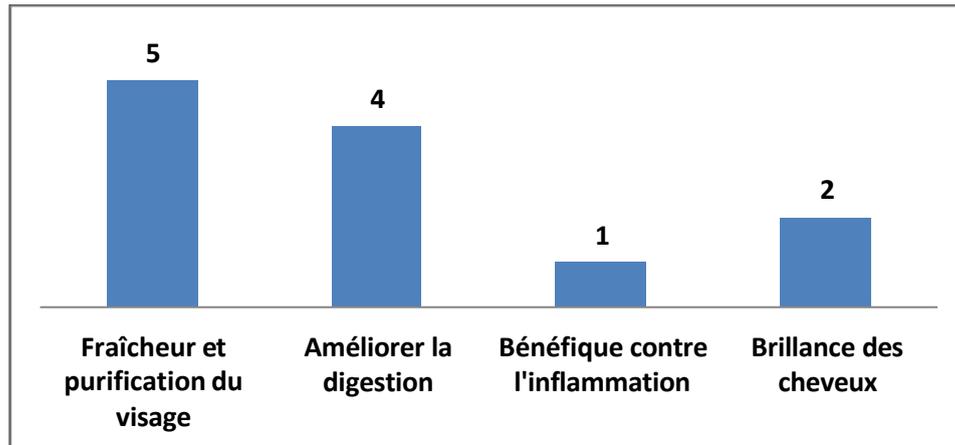


Figure 77: Effets résultant de l'utilisation de l'huile essentielle de curcuma

- **Effets résultant de l'utilisation de l'huile essentielle de thym**

Parmi les résultats observés et les effets mentionnés par les participantes après de l'utilisation de l'huile essentielle de thym, cinq (5) femmes ont mentionné qu'elle est bénéfique pour le système respiratoire. Le renforcement du système immunitaire, la réduction du stress, la régulation du cycle menstruel et le soulagement des douleurs articulaires ont été rapportés chacun par 2,5 % des répondantes (**Figure 78**).

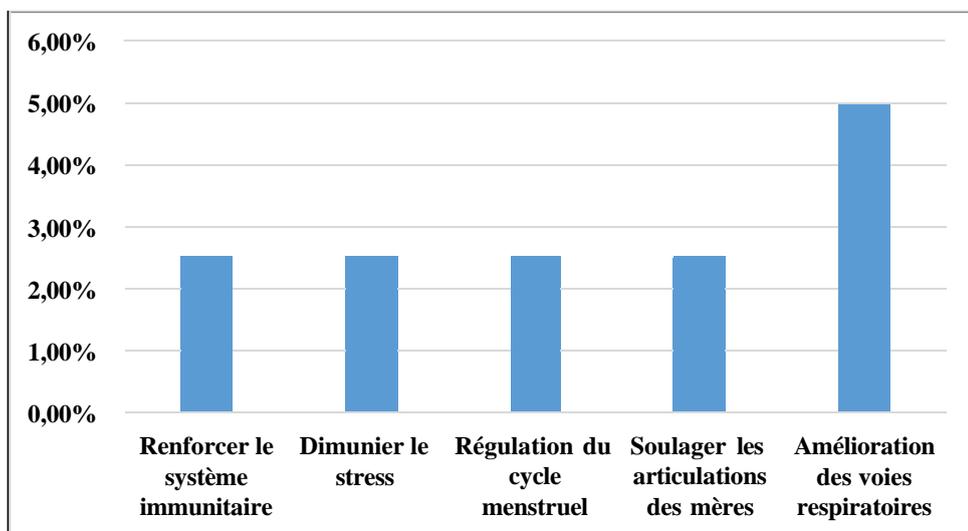


Figure 78: Effets résultant de l'utilisation de l'huile essentielle de thym

- **Connaissance de l'utilisation des huiles essentielles comme conservateurs naturels**

Les résultats représentés ci-dessous (**Figure 79**) indiquent que 51% des femmes interrogées sont conscientes du fait que les huiles essentielles peuvent être utilisées comme conservateurs naturels. Tandis que 49% des femmes enquêtées ne sont pas au courant de cette possibilité.

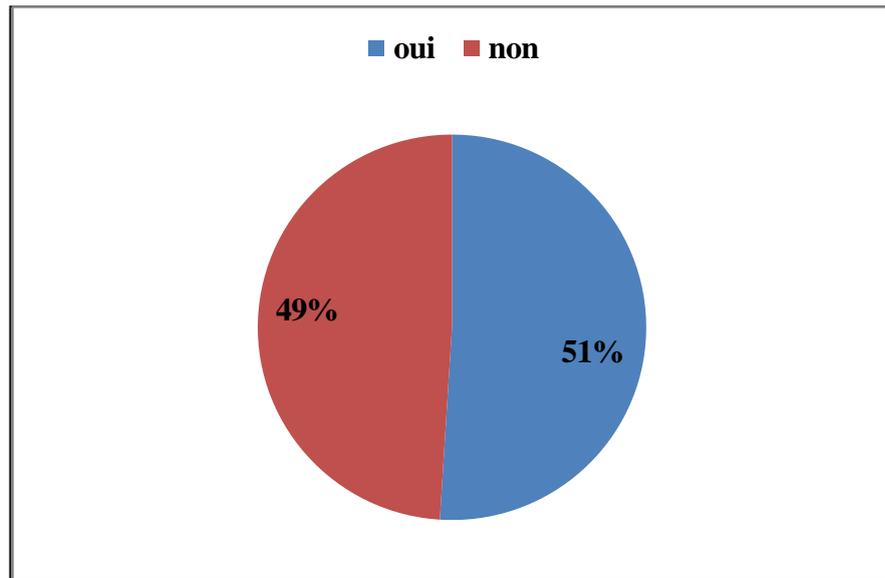


Figure 79: Niveau de connaissance de la possibilité d'utiliser les huiles essentielles comme des conservateurs naturels

- **Degré d'intérêt pour l'utilisation des HEs étudiées**

D'après les résultats obtenus (**Figure 80**), la moitié des personnes (52%) seraient tout à fait d'accord pour utiliser ces huiles essentielles dans leur cuisine de façon régulière, une fois informées de leurs bénéfices. Un autre pourcentage important (41%) a indiqué qu'ils seraient peut-être intéressés, en fonction des avantages perçus. Et seulement 7% ont dit qu'ils ne seraient pas intéressés.

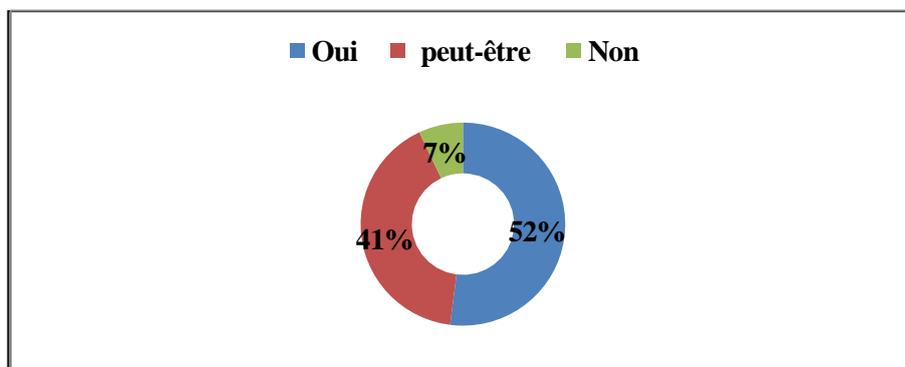


Figure 80: Degré d'intérêt pour l'utilisation des HEs de coriandre, de curcuma et du thym.

• Principales préoccupations concernant l'utilisation des trois HEs étudiées

L'analyse des réponses recueillies (**Figure 81**) met en avant les principales inquiétudes exprimées par les femmes interrogées concernant l'utilisation des huiles essentielles étudiées. Les principaux sujets de préoccupation recensés étaient :

- ✓ La sensibilité aux huiles essentielles (34,25%)
- ✓ Manque de connaissances sur les doses appropriées (32,25%)
- ✓ Goût et odeur forts (23,5%)
- ✓ Problèmes de disponibilité et d'accessibilité (21,25%)
- ✓ Interactions avec les médicaments (18%)
- ✓ Coût des huiles essentielles (16,74%)
- ✓ Effets secondaires généraux sur la santé (25,25%)

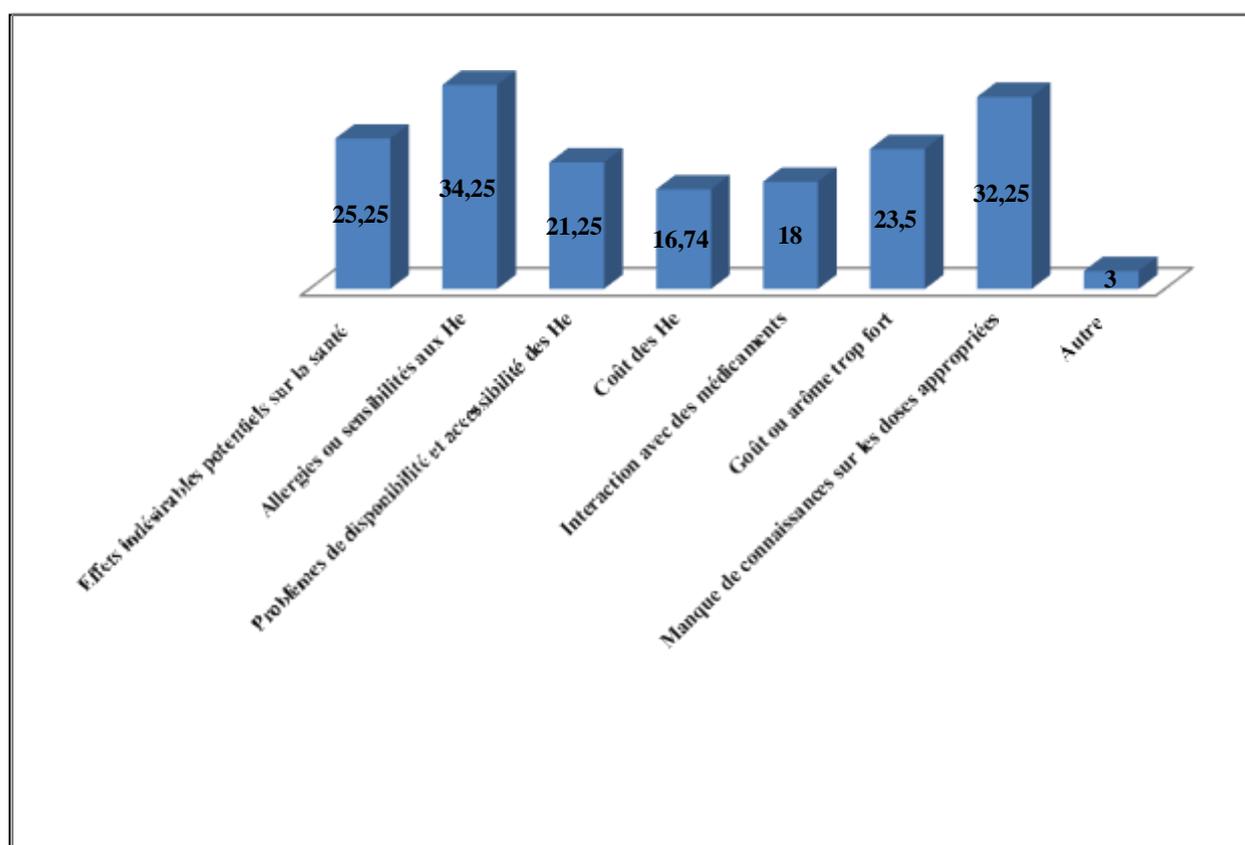


Figure 81: Principaux sujets d'inquiétudes concernant l'utilisation des trois HEs

Ces résultats soulignent la nécessité d'une communication claire et du renforcement des études sur l'utilisation sûre et appropriée de ces huiles essentielles d'une part. et d'autre part, les inquiétudes sur le goût et l'odeur forte suggèrent qu'il faudra aussi convaincre les gens des bénéfices qui compensent ces aspects.

IV.2. Résultats du travail expérimental

IV.2. 1. Rendement en huiles essentielle

Les résultats des rendements de l'hydrodistillation des trois épices sont résumés dans le tableau suivant (Tableau 08) :

Tableau 8: Rendement en huiles essentielle des trois épices utilisés

HES	Rendement de l'extraction n° 1 (%)	Rendement de l'extraction n° 2(%)	Rendement de l'extraction n° 3(%)	Rendement moyen (%)
<i>Coriandrum sativum</i>	0, 80	0, 85	0, 80	0, 81
<i>Curcuma longa</i>	1, 7	1, 7	1, 6	1, 66
<i>Thymus vulgaris</i>	1, 76	1, 68	1, 72	1,72

Les résultats obtenus dans la présente étude concernant le rendement en huile essentielle de curcuma indiquent une valeur de 1,66%, et cela résulte de l'extraction à l'aide de Clevenger à partir d'une quantité de 50 grammes de poudre de curcuma. Les études menées par **Gounder et Lingamallu (2012)** sur les rhizomes frais, séchés et durcis de la même espèce ont révélé des rendements en huiles essentielles de 3,52 %, 3,05 % et 4,45 % respectivement, calculés sur la base du poids sec. De leur côté, **Singh et al. (2010)** ont obtenu des rendements d'extraction d'huiles essentielles à partir des rhizomes de *Curcuma longa* d'environ 1,4 % et 2,9 % respectivement pour les rhizomes frais et secs. Cette différence de rendement pourrait être due à diverses raisons, notamment la nature du matériel végétal utilisé qui pourrait jouer un rôle déterminant. Nos travaux se sont appuyés sur de la poudre de curcuma sèche achetée auprès d'un vendeur d'épices, tandis que les autres études ont été menées à partir de rhizomes de curcuma frais ou séchés directement après la récolte. Par ailleurs, les processus de transformation et de stockage de la poudre de curcuma peuvent également avoir un impact important. Les étapes de séchage, de broyage et de conditionnement subies par la poudre commerciale ont pu induire une dégradation significative des huiles essentielles. De plus, des conditions de stockage inadéquates peuvent aussi contribuer à la perte de ces composés aromatiques. En outre, une hypothèse de fraude de la poudre de curcuma ne peut être écartée.

En effet, le commerce des épices et des plantes médicinales comporte malheureusement des risques de pratiques peu consciencieuses, notamment le mélange avec d'autres ingrédients pour en réduire la teneur réelle en curcuma.

D'autres facteurs liés aux conditions de culture et de récolte des plantes peuvent également intervenir. Les pratiques agronomiques, les caractéristiques pédoclimatiques ou encore le stade de récolte peuvent influencer la teneur en huiles essentielles du matériel végétal de base (**Hu et al., 2015**). Lors de l'extraction des HE, divers phénomènes interviennent dans le transfert de substances entre les phases solide, liquide et gazeuse, ce qui peut influencer la qualité et le rendement de l'huile obtenue (**Herzi, 2013**).

En ce qui concerne le rendement moyen en huile essentielle de coriandre, il a été estimé à 0,81%. Cette valeur est significativement plus élevée que celles rapportées dans des travaux antérieurs. En effet, **Amara (2016)** a obtenu un rendement de seulement 0,28%, tandis que **Ramezani et al. (2009)** ont indiqué que le rendement en huile essentielle des graines de coriandre variait entre 0,14 et 0,37%. Seuls **Ravie et al. (2007)** ont précédemment obtenu un rendement de 0,82% ce qui reste relativement similaire au résultat de la présente étude.

Quant aux échantillons de *Thymus vulgaris* extraits à l'aide de l'appareil de Clevenger, ils ont présenté un rendement moyen de 1,72% pour 50 g de matière végétale sèche, ce qui est supérieur au rendement moyen de 0,83% noté par **Nezhadali (2014)**. Une étude menée par **Bouguerra et al. (2017)** sur la plante *T. vulgaris* à Blida a révélé un taux de 1,58%, tandis qu'en **2015**, **Benbouali** a trouvé un rendement de 1,13% pour l'huile essentielle de *T. vulgaris* récoltée au printemps.

Ces variations de rendement des huiles essentielles peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, notamment la période de récolte, la zone géographique de collecte, le climat, la génétique de la plante, l'organe utilisé, le stade de développement, le degré de fraîcheur, la période de séchage, ainsi que la méthode et le matériel d'extraction employés (**Benbouali, 2006 ; Touré, 2015 ; Abdelli, 2017**).

IV.2. 2. Propriétés organoleptiques des huiles essentielles extraites

L'aspect, la couleur et l'odeur des huiles extraites sont résumés dans le tableau 09 et la (Figure 82).

Tableau 9: Propriétés organoleptiques des huiles essentielles extraites

Huile essentielle	Couleur	Aspect	Odeur
<i>Coriandrum sativum</i>	Jaune claire limpide	Liquide mobile	Agréable
<i>Curcuma longa</i>	Jaune claire	Liquide mobile	Agréable
<i>Thymus vulgaris</i>	Jaune foncée	Liquide mobile	Agréable

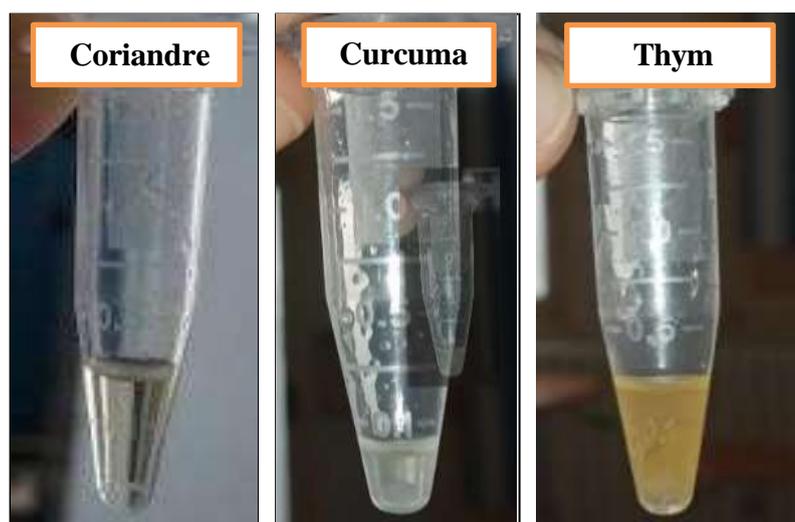


Figure 82: Aspect des trois huiles essentielles extraites (photo personnelle).

IV.3. Résultats de l'étude de l'activité antibactérienne in vitro

IV.3.1. Méthode de diffusion de disques sur milieu gélosé

La méthode de diffusion de disque (aromatogramme) a été utilisée pour évaluer l'activité antibactérienne des huiles essentielles du thym, du curcuma et de la coriandre vis-à-vis sept souches bactériennes du genre *Salmonella* d'origines alimentaires diverses (2 souches du sérovar Typhimurium, 2 souches Kentucky, une Enteritidis, une Richmond et une Havana). Le pouvoir antibactérien des huiles testées a été estimée par la mesure en millimètres (mm) des diamètres des zones d'inhibition autour des disques après 24 heures d'incubation à une température de 37°C. Les résultats sont interprétés comme suit (Ponce *et al.*, 2003).

✓ **Souche non sensible (-) ou résistante :** diamètre < 8mm.

Chapitre 04 : Résultats et discussion

- ✓ **Souche sensible (+)** : diamètre entre 9 à 14 mm.
- ✓ **Souche très sensible (++)** : diamètre compris entre 15 à 19 mm
- ✓ **Souche extrêmement sensible (+++)** : diamètre >20mm.

Les résultats obtenus du test l'aromatogramme sont présentés dans le tableau 10 et la (Figure 83).

Tableau 10: Sensibilité des souches bactériennes testées vis-à-vis les trois HEs

Numéro de la souche	Souches Bactériennes	Origine des souches	Diamètres (mm)				Sensibilité aux ATBs	
			HE-co	HE-cu	HE-th	DMS O	AML	NOR
1	<i>Salmonella</i> Typhimurium	Viande de volaille	11 (+)	6 (-)	40 (+++)	6 (-)	R	S
2	<i>Salmonella</i> Kentucky		13 (+)	6 (-)	42 (+++)	6 (-)	R	R
3	<i>Salmonella</i> Enteritidis		7 (-)	6 (-)	28 (+++)	6 (-)	R	S
9	<i>Salmonella</i> Typhimurium	Viande ovine	15 (++)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	R	R
15	<i>Salmonella</i> Kentucky		19 (++)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	R	R
16	<i>Salmonella</i> Richmond	Viande bovine	34 (+++)	6 (-)	66 (+++)	6 (-)	S	S
17	<i>Salmonella</i> Havana		16 (++)	6 (-)	54 (+++)	6 (-)	S	S

HE-co : Huile essentielle de coriandre, HE-cu : Huile essentielle de curcuma , HE-th : Huile essentielle de thym , (+) : sensible, (++) :très sensible , (+++) : extrêmement sensible, (-) : non sensible, R : résistante, S : sensible, AML : amoxicilline, NOR :norfloxac ine, DMSO :Diméthylsulfoxyde, ATBs : les antibiotiques .

Les tests d'activité antibactérienne des trois huiles essentielles (HE) étudiées ont révélé des différences importantes dans leur efficacité contre les différentes souches de *Salmonella*.

Chapitre 04 : Résultats et discussion

L'HE de thym s'est montrée très efficace contre 5 des 7 souches testées, avec de larges zones d'inhibition allant de 28 mm à 66 mm de diamètre dépassant largement le seuil de 20 mm considéré comme indicateur d'une forte activité antibactérienne des huiles essentielles.

Nos résultats sont en accord avec les travaux de **Miladi et al. (2013)** qui ont montré que l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* L. était efficace contre plusieurs bactéries Gram-négatives comme les salmonelles. Plus spécifiquement, cette huile essentielle a inhibé la croissance de *S. Typhimurium* LT2 DT104, avec un diamètre d'inhibition de 20 mm. De plus, l'étude a testé l'efficacité de l'huile de *Thymus vulgaris* contre *S. Enteritidis*. Les diamètres d'inhibition obtenus pour cette bactérie variaient de 16 mm à 45 mm. **Ed-Dra et al. (2021)** ont également observé une forte activité antibactérienne de cette huile vis-à-vis les salmonelles en enregistrant des diamètres d'inhibition compris entre 24 ± 0.4 mm et 32 ± 0.6 mm.

Deux souches de *Salmonella* (Kentucky et Typhimurium) étaient résistantes aux activités de l'HE du thym et ont montré la plus faible zone d'inhibition avec un diamètre de seulement 6 mm. Ces deux souches de salmonelles sont également résistantes aux antibiotiques testés durant cette étude et sont déjà connues pour être résistantes à de nombreuses molécules de familles différentes (**Nouichi et al., 2018**). Ceci suggère que ces bactéries ont développé des mécanismes de résistance assez puissants. Elles arrivent à se protéger contre différents types d'agents antimicrobiens, qu'il s'agisse d'antibiotiques de synthèse ou de composés naturels comme cette huile essentielle.

D'autre part, la souche de *Salmonella* Richmond a montré une grande sensibilité à l'huile essentielle testée, avec une zone d'inhibition de 66 mm de diamètre. Cependant, il est intéressant de noter que la souche de *Salmonella* Richmond est également connue pour être sensible aux antibiotiques. Cela n'est pas surprenant, car selon l'étude de **Nouichi et al. (2018)**, ce sérotype de *Salmonella* a également été parmi les plus sensibles à une large gamme des antibiotiques. Cette sensibilité accrue pourrait s'expliquer par une fragilité intrinsèque de cette souche due à l'absence de gènes de résistance. En outre, les antibiotiques et les composés actifs des huiles essentielles même s'ils peuvent agir selon des mécanismes différents sur les bactéries, la souche de *Salmonella* Richmond peut être vulnérable à ces deux types de molécules antimicrobiennes, même si leurs cibles et modes d'action ne sont pas les mêmes.

En ce qui concerne l'huile essentielle de curcuma, les résultats obtenus dans notre étude sont surprenants, car ils contrastent avec certaines données de la littérature. En effet, nous avons

Chapitre 04 : Résultats et discussion

observé que l'huile de curcuma n'a pas présenté d'activité significative contre les 7 souches bactériennes testées, avec seulement des zones d'inhibition de 6 mm de diamètre.

Ces résultats sont en désaccord avec l'étude menée par **Arumugam (2023)**, qui a rapporté que l'huile de curcuma avait la plus haute activité antimicrobienne parmi toutes les huiles essentielles testées. Cette étude a notamment observé des zones d'inhibition de 23 mm pour *Salmonella* Typhi et 20 mm pour *Escherichia coli*. De plus, les travaux de **Antunes et al., (2012)** ont également montré une faible activité inhibitrice de l'huile de curcuma sur *Salmonella* Typhimurium, avec une zone d'inhibition de $8,13 \pm 1,21$ mm.

Cependant, ces résultats positifs sont contrebalancés par les conclusions de **Lawhavinit et al., (2010)**, qui n'ont pas réussi à mettre en évidence d'effet inhibiteur de l'huile de curcuma sur différentes souches de *Salmonella* (Typhi, Typhimurium et Enteritidis).

Ces différences de résultats soulèvent des questions sur les facteurs qui peuvent influencer l'activité antimicrobienne de cette huile essentielle. Des variations dans les méthodologies employées, les volumes testés ou encore les souches bactériennes utilisées pourraient expliquer ces disparités.

Les résultats obtenus durant notre étude concernant l'huile essentielle de coriandre montrent des effets antimicrobiens variables selon les souches bactériennes testées. Cette HE s'est montrée très efficace contre la souche *Salmonella* Richmond, avec une zone d'inhibition de 34 mm. Comme nous l'avons déjà évoqué précédemment, cette souche pourrait présenter une fragilité intrinsèque plus importante vis-à-vis les différents agents antimicrobiens, en comparaison avec les autres souches testées.

Mais son activité était modérée, voire faible, contre les autres souches, avec des diamètres d'inhibition allant de 7 mm à 19 mm.

Cependant, l'activité de cette HE s'est avérée plus modérée, voire faible, contre les autres souches de bactéries, avec des diamètres d'inhibition allant de 7 mm à 19 mm seulement.

Ces résultats sont cohérents avec d'autres études antérieures. Par exemple, **Hamidi (2022)** a démontré que *Coriandrum sativum* a une action antibactérienne faible contre *Salmonella* Typhi, avec une zone d'inhibition de 9,53 mm. De même, une autre étude menée par **Teshale et al. (2013)** a montré que les HEs des fruits de *Coriandrum sativum* ont eu un effet antibactérien intéressant contre *Salmonella* Typhi, avec une zone d'inhibition de 18 mm en utilisant un volume de 15 μ L/disque. Cette quantité plus importante pourrait expliquer le diamètre d'inhibition plus grand observé par rapport à nos résultats.

D'autre part, l'étude de **Tirta et Yadnya-Putra (2020)** a rapporté un diamètre d'inhibition de seulement 9,5 mm avec la souche *Salmonella* Typhimurium, un résultat légèrement plus faible que les résultats que nous avons obtenus avec ce sérovar.

Toutefois, **Zangeneh et al. (2018)** ont enregistré une faible activité antimicrobienne, voire une inactivité, de l'espèce *Coriandrum sativum* contre *Salmonella* Typhimurium. Ce constat a été pareillement observé dans de nombreux travaux tels que ceux de **Chao et al. (2000)** et **Aliakbarlu et al. (2013)**.

La disparité entre nos résultats et ceux mentionnés par d'autres études peut être attribuée à divers facteurs tels que la variété de la matière végétale (espèce, origine géographique), la qualité des souches testées, ainsi que le degré de pureté du produit final (HE) et ses conditions de conservation (**Menaceur, 2015**).



Figure 83: Exemple de résultats de la sensibilité des souches de *Salmonella* envers les différentes HEs et ATB par aromatoigramme

IV.3.2. Résultats de la méthode du micro-atmosphère

Concernant les résultats de l'activité antibactérienne de la fraction volatile des huiles, ces dernières présentent des activités antibactériennes différentes,

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 11 et la (**Figure 84**)

Chapitre 04 : Résultats et discussion

Tableau 11: Valeurs des diamètres d'inhibition par la phase volatile des souches testées.

Numéro de la souche	Souches bactériennes	Diamètres (mm)		
		HE-co	HE-cu	HE-th
1	<i>Salmonella</i> Typhimurium	0 (-)	0 (-)	23 (+++)
2	<i>Salmonella</i> Kentucky	0 (-)	0 (-)	27 (+++)
3	<i>Salmonella</i> Enteritidis	0 (-)	0 (-)	25 (+++)
9	<i>Salmonella</i> Typhimurium	0 (-)	0 (-)	27 (+++)
15	<i>Salmonella</i> Kentucky	9 (+)	0 (-)	28 (+++)
16	<i>Salmonella</i> Richmond	0 (-)	0 (-)	41 (+++)
17	<i>Salmonella</i> Havana	10 (+)	0 (-)	25 (+++)

HE-co : Huile essentielle de coriandre, HE-cu : Huile essentielle de curcuma, HE-th : Huile essentielle de thym, (+) : sensible, (+++) : extrêmement sensible, (-) : non sensible.

La partie volatile de l'huile essentielle de thym s'est avérée très efficace contre l'ensemble des 7 souches de *Salmonella* testées, avec des diamètres d'inhibition allant de 23 mm à 41 mm, les souches les plus sensibles étant *Salmonella* Kentucky (15) et *Salmonella* Richmond (16). Cela suggère que les composés volatils présents dans l'huile de thym jouent un rôle majeur dans son activité antibactérienne.

À l'inverse, l'huile essentielle de curcuma n'a montré aucune activité antibactérienne contre ces mêmes souches. Ce résultat rejoint le constat enregistré pour la phase liquide et confirme l'absence de composants à propriétés antibactériennes dans cette HE ou par le fait que les doses utilisées n'étaient pas suffisantes.

Concernant la phase volatile de l'HE de coriandre, elle n'a montré aucune activité antibactérienne sur la majorité des souches. Seules deux souches, *Salmonella* Kentucky et

Chapitre 04 : Résultats et discussion

Salmonella Havana, ont présenté une sensibilité modérée à la phase volatile de l'huile de coriandre avec des diamètres d'inhibition de 9 mm et 10 mm respectivement. Cependant, il est possible que l'utilisation d'une quantité plus élevée de l'huile de coriandre puisse probablement donner de meilleurs résultats en termes d'activité antibactérienne de sa phase volatile et ou liquide.



Figure 84: Exemple de résultats de la sensibilité des souches de *Salmonella* envers les phases volatiles des trois HEs

IV.3.3. Détermination des CMI

Les résultats obtenus après l'étude de la CMI par la technique de micro dilution en milieu liquide sur les huiles essentielles de la coriandre et du thym sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 12: Résultats de la méthode CMI

Numéro de la souche	Souches bactériennes	CMI de HE-th (%v/v)	CMI de HE-co (%v/v)
1	<i>Salmonella</i> Typhimurium	6,25	3,125
2	<i>Salmonella</i> Kentucky	6,25	3,125
3	<i>Salmonella</i> Enteritidis	1,56	0,78
9	<i>Salmonella</i> Typhimurium	1,56	1,56
15	<i>Salmonella</i> Kentucky	0,78	1,56
16	<i>Salmonella</i> Richmond	1,56	0,39
17	<i>Salmonella</i> Havana	3,125	0,78

HE-th : huile essentielle de thym, HE-co : huile essentielle de coriandre, %v/v pourcentage volume/volume

Chapitre 04 : Résultats et discussion

Les données présentées dans le tableau révèlent une variation des valeurs des CMI en fonction des huiles essentielles utilisées et des souches bactériennes testées.

Les résultats de cette étude confirment ceux de l'aromatogramme en démontrant une activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* vis-à-vis les souches testées (**Figure 85**). Les valeurs de CMI enregistrées par l'huile de thym variaient de 0,78% avec *Salmonella* Kentucky à 6,25 % avec *Salmonella* Typhimurium (n°1) et *Salmonella* Kentucky (n° 2).

Selon l'étude de **Fadil et al. (2017)**, les résultats obtenus par la méthode de diffusion sur disque ont été corroborés par ceux de la méthode de détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI). Les résultats de la CMI ont montré que l'huile essentielle de thym présentait la plus forte activité contre *Salmonella* Typhimurium, avec une valeur de CMI de 0,25 %. Dans notre propre étude, nous avons obtenu une valeur de CMI supérieure à celle rapportée par **Fadil et al. (2017)** pour cette même souche bactérienne.

Par ailleurs, l'étude de **Marino et al. (1999)** a révélé que l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* inhibait la croissance de seulement cinq bactéries : *Salmonella* Typhimurium, *Yersinia enterocolitica*, *Shigella flexneri*, *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus aureus*, avec des concentrations minimales inhibitrices (CMI) inférieures ou égales à 2 µl/ml.

Les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles sont principalement dues à leurs composés bioactifs spécifiques, qui ont la capacité d'inhiber la croissance des micro-organismes (effet bactériostatique) et/ou d'éliminer complètement les agents pathogènes en exerçant un effet bactéricide (**Elshafie et al., 2015, 2016**). Ainsi, l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* présente une forte activité antibactérienne, attribuée en grande partie à la présence de thymol, dont les propriétés antimicrobiennes sont bien établies (**Bouhdid et al., 2006**).



Figure 85: Résultats de la détermination de la CMI de l'HE du thym (photo personnelle).

Nos résultats ont montré que les valeurs de CMI (**Figure 86**) de l'huile essentielle de *Coriandrum sativum* variaient en fonction du sérovar de *Salmonella* étudié. Les valeurs enregistrées variaient de 0,39% avec le *Salmonella* Richmond et à 3,125 % avec *Salmonella* Typhimurium n°1 et *Salmonella* Kentucky n°2. Ceci corrobore les résultats de l'aromatogramme qui ont rapporté que la souche *S. Richmond* était plus sensible que les autres. Ce constat est également en accord avec les observations de **Pellegrini et al. (2020)**, qui ont également noté que le sérotype *Salmonella* Typhimurium était le plus résistant à l'HE de coriandre avec des valeurs de CMI (en $\mu\text{L}/\text{mL}$) supérieures à la concentration maximale employée dans leur analyse.

Bien que les résultats de la méthode de l'aromatogramme n'aient pas montré d'effet antibactérien très prononcé de l'huile essentielle de coriandre, les valeurs de concentration minimale inhibitrice (CMI) obtenues pour cette huile sont généralement faibles. Cela suggère que l'huile de coriandre a en fait une grande efficacité contre les souches bactériennes étudiées. Cette différence entre les deux méthodes pourrait s'expliquer par le fait que la méthode de détermination de la CMI serait plus sensible et efficace que la méthode de l'aromatogramme pour évaluer l'activité antibactérienne de cette huile essentielle. La CMI permet en effet de déterminer la concentration minimale nécessaire pour inhiber complètement la croissance bactérienne, tandis que l'aromatogramme donne une indication de l'effet inhibiteur de manière plus qualitative, à travers les diamètres d'inhibition. Ceci est en accord avec les résultats de **Kumari et al. (2023)** qui ont rapporté que la technique de micro-dilution en milieu liquide s'avère plus performante que la méthode de diffusion sur disque en gélose pour déterminer la sensibilité des bactéries aux agents antimicrobiens.



Figure 86: Résultats de la détermination de la CMI de l'HE de la coriandre (photo personnelle).

IV.3.4. Résultats de l'étude l'activité antibactérienne de l'HE du thym dans un aliment

Cette partie a été menée afin d'évaluer l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de thym (*Thymus vulgaris*) contre deux sérovars majeurs de *Salmonella*, à savoir *Salmonella* Typhimurium et *Salmonella* Enteritidis, lorsqu'elle est incorporée dans de la crème fraîche pasteurisée. Le choix de la crème fraîche pasteurisée comme matrice alimentaire pour cette étude est particulièrement pertinent. En effet, la crème fraîche est un produit laitier très utilisé dans les plats cuisinés, mais elle présente également un risque potentiel de contamination par des bactéries pathogènes comme *Salmonella*.

En ce qui concerne le choix de ces deux sérovars, il s'explique par leur importance épidémiologique élevée dans les cas de toxi-infections alimentaires, ainsi que par leur profil de multi-résistance aux antibiotiques. Ainsi, trouver des alternatives naturelles efficaces contre ces pathogènes représente un enjeu majeur en termes de santé publique.

Les résultats obtenus (**Tableau 13**) indiquent que, quelle que soit la quantité de l'huile essentielle de thym incorporée (5 μ L, 2,5 μ L ou 0,1 μ L), la présence de *Salmonella* a été détectée dans les échantillons de crème fraîche. Cela suggère que les volumes testés n'ont pas permis d'éradiquer complètement les deux souches bactériennes dans ce type d'aliment, et ce malgré la forte activité antibactérienne de cette huile essentielle contre ces mêmes sérovars de *Salmonella* démontré par la technique de l'aromatogramme.

Chapitre 04 : Résultats et discussion

Tableau 13: les résultats d'activité antibactérienne d'huile *Thymus vulgaris* dans la crème fraîche

Les souche	Quantité de HE du thym incorporé			Témoin positif (Aliment+ bactérie)	Témoin négatif (Aliment)
	5 µL	2,5 µL	0,1 µL		
<i>Salmonella</i> Typhimurium	Présence	Présence	Présence	Présence	Absence
<i>Salmonella</i> Enteritidis	Présence	Présence	Présence	Présence	Absence

HE du thym : huile essentielle de thym

En effet, les interactions potentielles entre les composés de la crème fraîche et ceux de l'huile essentielle pourraient limiter l'activité antimicrobienne de cette dernière. **Wang et al. (2023)** ont rapporté que les caractéristiques physico-chimiques de l'aliment lui-même jouent un rôle important dans la détermination de l'efficacité des agents antimicrobiens dans les aliments. La crème fraîche est un aliment relativement riche en matières grasses, ce qui peut influencer l'efficacité des agents antimicrobiens comme les huiles essentielles. **Perricone et al. (2015)** ont expliqué ce constat par le fait que la nature hydrophobe des huiles essentielles et des lipides dans les aliments leur permet de se regrouper, entravant ainsi l'interaction entre les huiles essentielles et les microorganismes. Cela réduit la concentration en huiles essentielles dans la phase aqueuse où se trouvent les microorganismes, et par conséquent l'efficacité des huiles essentielles dans la conservation des aliments à forte teneur en matières grasses. **Alves et al. (2016)** ont rapporté que les activités antimicrobiennes combinées du carvacrol, du thymol et de l'eugénol contre *Staphylococcus aureus* étaient plus faibles dans le lait de vache que dans le milieu de culture. Alors que **Cava-Roda et al. (2012)** ont constaté que les activités inhibitrices de la cannelle, de l'écorce de cannelle, des feuilles de cannelle, du clou de girofle et de la vanilline contre *Listeria monocytogenes* et *Escherichia coli* O157 : H7 dans le lait entier étaient plus faibles que dans les produits laitiers écrémés.

En outre, la teneur élevée de protéines peut également réduire les effets des plantes antimicrobiennes et de leurs sous-produits dans l'inhibition des micro-organismes dans d'autres produits alimentaires. Cela a été rapporté par **Firouzi et al. (2007)**, **Shekarfouroush et al. (2007)**, **Oussalah et al. (2007)**, etc. Par exemple, **Liu et Yang (2012)** ont constaté que la présence de protéines laitières a augmenté la CMI d'une huile essentielle contre *Lactobacillus plantarum* dans une boisson à base d'orange et de lait.

Chapitre 04 : Résultats et discussion

Il serait, ainsi, intéressant d'évaluer l'impact des propriétés physicochimiques de la crème fraîche, telles que le pH, la teneur en matières grasses ou encore la présence d'autres composés, sur l'efficacité antibactérienne de l'huile essentielle. Des études complémentaires seraient nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes impliqués et identifier les éventuels facteurs limitants lors de l'incorporation de l'huile essentielle de thym dans ce type d'aliment. Des concentrations plus élevées ou des synergies avec d'autres agents antimicrobiens pourraient également être envisagées pour améliorer l'efficacité de cette approche de bio-conservation.

*Conclusion
et
perspectives*

Conclusion et perspectives

Les plantes aromatiques représentent une source prometteuse de molécules bioactives, notamment les huiles essentielles, qui pourraient constituer une alternative aux agents antimicrobiens conventionnels. Dans le cadre de cette étude, nous avons réalisé une analyse botanique et une évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles extraites du thym, de la coriandre et du curcuma contre sept souches bactériennes de *Salmonella*, incluant deux *S. Typhimurium*, deux *S. Kentucky*, une *S. Enteritidis*, une *S. Richmond* et une *S. Havana*. L'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation à l'aide d'un distillateur de type Clevenger a permis d'obtenir des rendements moyens de 0,81% pour la coriandre, 1,72% pour le thym et 1,66% pour le curcuma. Les huiles obtenues ont présenté des caractéristiques organoleptiques relativement similaires : couleur jaune clair à jaune foncé, odeur agréable et aspect liquide mobile.

L'évaluation de l'activité antibactérienne par la méthode de l'aromatogramme a révélé des différences notables entre les trois huiles. L'huile essentielle de thym s'est montrée la plus efficace, avec un effet inhibiteur significatif sur 5 des 7 souches de *Salmonella* testées, générant des zones d'inhibition allant de 28 à 66 mm. L'huile de coriandre a présenté une activité antibactérienne intéressante contre la souche *Salmonella* Richmond (34 mm), mais une faible efficacité sur les autres souches (7 à 19 mm). Enfin, l'huile essentielle de curcuma n'a pas démontré d'activité notable contre l'ensemble des souches bactériennes étudiées.

La méthode de la micro-atmosphère a été utilisée pour tester l'effet antibactérien des fractions volatiles des trois huiles essentielles sur les sept souches de *Salmonella*. L'huile de thym a montré une forte activité contre les sept souches, avec des zones d'inhibition de 23 à 41 mm. L'huile de coriandre a eu une activité modérée contre deux souches (9-10 mm), mais pas d'effet sur les cinq autres. L'huile de curcuma n'a pas eu d'activité significative contre toutes les souches bactériennes.

Les concentrations minimales inhibitrices des trois huiles essentielles ont été déterminées par la méthode de micro-dilution en milieu liquide, la croissance visible des sept souches de *Salmonella* a été inhibée par l'huile de thym et l'huile de coriandre, à des concentrations variant respectivement de 0,78 % à 6,25 % et de 0,39 % à 3,125 %.

Ces résultats mettent en évidence l'efficacité remarquable de l'huile essentielle de thym, et dans une moindre mesure celle de l'huile essentielle de coriandre, contre les différentes souches de *Salmonella* testées, y compris celles qui sont parfois considérées comme résistantes aux antibiotiques. Cela offre des perspectives intéressantes quant à l'utilisation potentielle de ces huiles essentielles dans des stratégies de lutte contre ces bactéries pathogènes.

Conclusion et perspectives

Afin d'évaluer le potentiel de l'huile essentielle de thym comme conservateur alimentaire, son activité antibactérienne a été testée sur deux souches de *Salmonella*, une Typhimurium et une Enteritidis dans une matrice alimentaire, à savoir de la crème fraîche pasteurisée. Cependant, les résultats ont montré que l'huile de thym n'a pas réussi à inhiber ou éliminer les bactéries *Salmonella* présentes dans la crème fraîche.

Malgré ces résultats nuancés, le présent travail démontre l'intérêt de poursuivre les investigations sur le potentiel antibactérien des huiles essentielles, en particulier dans le domaine de la sécurité alimentaire, où de nouvelles solutions naturelles sont activement recherchées.

Dans une perspective d'approfondissement et de poursuite de ce travail, il serait intéressant également de compléter ce travail par :

- L'étude approfondie des composés chimiques responsables de l'activité antibactérienne des huiles essentielles testées.
- L'évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles sur un spectre plus large de pathogènes alimentaires problématiques comme *Staphylococcus*, *Listeria*, *Campylobacter*, etc.
- L'évaluation de l'efficacité antibactérienne dans différents types d'aliments
- L'étude de la stabilité et de l'impact organoleptique des huiles dans les produits alimentaires
- L'évaluations de la toxicité et de l'innocuité des huiles essentielles pour une utilisation en agroalimentaire.
- Le développement de formulations et de modes d'application des huiles essentielles dans les aliments

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abadlia, M., Chebbour, A.H. (2014). Étude des huiles essentielles de la plante *Mentha piperita* et tester leurs effets sur un modèle biologique des infusoires. Mémoire de Master. Université de Constantine.
- Abdelli, W. (2017). Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris*, Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem.
- Aburjai, T., Natsheh, F. M. (2003). Plants used in cosmetics. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 17(9), 987-1000.
- Afnor, (2000). Huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d'analyse monographies relatives aux huiles essentielles (tome 2).
- Agrane, A., Dorbane, F. (2017). Traitement par l'huile essentielle et sa toxicité Sur les tissus, Thèse de Doctorat, Université ibn Khaldoun Tiaret.
- Ahmad, M., Khan, M. P. Z., Mukhtar, A., Zafar, M., Sultana, S., Jahan, S. (2016). Ethnopharmacological survey on medicinal plants used in herbal drinks among the traditional communities of Pakistan. *Journal of Ethnopharmacology*, 184, 154-186.
- Aicha, L., Hamida, T. (2020). Optimisation de l'extraction de l'huile des extraits de l'huile de curcuma et évaluation de son activité antioxydante, Thèse de Doctorat. Université de BBA.
- Alves, F. C., L. N., Barbosa, B. F., Andrade, M., Albano, F. B., Furtado, A. F. M., Pereira, V. L. Rall., A. F., Júnior. (2016). Inhibitory activities of the lantibiotic nisin combined with phenolic compounds against *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* in cow milk. *Journal of Dairy Science*, 99(3), 1831-1836.
- Amara, M. (2016). Valorisation de l'huile essentielle des fruits de *Coriandrum sativum* L (La Coriandre) par l'étude de quelques effets thérapeutiques. Mémoire de Master, Université de Blida.
- Amiot, J. (2005). *Thymus vulgaris*, un cas de polymorphisme chimique pour comprendre l'écologie évolutive des composés secondaires, Thèse de Doctorat, École nationale supérieure agronomique de Montpellier, France
- Amiour, A. F. (2018). Les plantes aromatiques et les antioxydants. Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine.

Références bibliographiques

- Amri Assia, H. C. (2023). Contribution à l'étude phytochimique et évaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique de *Thymus vulgaris* de la région de Tébessa, Thèse de Doctorat, Université Larbi Tebessi, Tébessa.
- Annonyme, (2016). Biodiversity international.org coriander. *Coriandrum sativum* L.
- Antunes, S. A., Robazza, W. D. S., Schittler, L., Gomes, G. D. A. (2012). Synergistic and antimicrobial properties of commercial turmeric (*Curcuma longa*) essential oil against pathogenic bacteria. *Food Science and Technology*, 32(3), 525-530.
- Arumugam, V. (2023). Role of essential oil as antioxidant agent. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 5(4), 656 – 661.
- Arvy, M. P., Gallouin, F., Roques, A. R. (2003). Épices, aromates et condiments. 1ère édition. Belin Editeur.
- Bahadj, I., Boutadara, Z., Benmhhammed, M. (2023). Valorisation des ressources forestières : Plantes Aromatiques et Médicinales dans la wilaya d'Adrar. Mémoire de Master, Université Ahmed Draïa Adrar.
- Bajpai, M., Mishra, A., Prakash, D. (2005). Antioxidant and free radical scavenging activities of some leafy vegetables. *International Journal of Food Sciences And Nutrition*, 56(7), 473-481.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- Balladin, D. A., Headley, O. (1999). Evaluation of solar dried thyme (*Thymus vulgaris* Linné) herbs. *Renewable Energy*, 17(4), 523-531
- Belaiche, P. (1979). *Traité de phytothérapie et d'aromathérapie Tome 2 : Les Maladies infectieuses*. Maloine, France.
- Belmalha, S., El Idrissi, M., Amechrouq, A., Echchgadda, G. (2015). Caractérisation chimique de certaines espèces de thym marocain du moyen atlas (region de Midelt) chemical characterization of some species of moroccan middle atlas thyme (region of midelt). *Global Journal of Pure and Applied Chemistry Research* 3(2).
- Belsito, E. L., Carbone, C., Di Gioia, M. L., Leggio, A., Liguori, A., Perri, F., Viscomi, M. C. (2007). Comparison of the volatile constituents in cold-pressed bergamot oil and a volatile oil isolated by vacuum distillation. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7847-7851.

Références bibliographiques

- Benbouali, M. (2006). Valorisation des extraits de plantes aromatiques et médicinales de « *Mentha rotundifolia* et *Thymus vulgaris* », Thèse de Doctorat, Université Hassiba Ben Bouali, Chlef.
- Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Colombatto, D., McAllister, T. A., Beauchemin, K. A. (2008). A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*, 145 (1-4).
- Benchikh, S. E. (2017). Etude de l'activité des huiles essentielles de la plante *Teucrium polium* ssp *Aurasianum Labiatae*. Thèse de Doctorat. Université Kasdi Merbah, Ouargla
- Benteyeb, A., Djemmal, S. (2014). Contribution à la mise en évidence in vitro de l'efficacité des huiles essentielles de *Thymus ciliatus* et *Thymus dreatensis* contre les champignons lignivores. Mémoire de Master. Université de Constantine.
- Bernard, T., Perineau, F., Bravo, R., Delmas, M., Gaset, A. (1988). Extraction des huiles essentielles : chimie et technologie. *Informations chimie*, 298 : 179-184.
- Bouguerra, N., Djebbar, F. T., Soltani, N. (2017). Algerian *Thymus vulgaris* essential oil: chemical composition and larvicidal activity against the mosquito *Culex pipiens*. *International Journal of Mosquito Research*, 4(1), 37-42
- Bouzabata, A. (2015). Contribution à l'étude d'une plante médicinale et aromatique *Myrtus communis* L. Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine, Université Badji-Mokhtar, Annaba.
- Brian, M. L. (1995). The isolation of aromatic materials from plant products. RJ Reynolds Tobacco Company, Winston- Salem(USA) , p.57-148.
- Bruneton, J. (1993). Huiles essentielles, dans *Pharmacologie : phytochimie, plantes Médicinales*, 2ème éd., Éd. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- Bruneton, J. (2004). *Pharmacognosie, phytochimie. Plante médicinale*, Edition Technique et documentation, 3ème Edition Lavoisier, Paris.
- Cadet, A. (2020). Étude de l'effet de la curcumine sur des bactéries impliquées dans la maladie parodontale. Thèse du doctorat, Université de Bordeaux.
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., Ferret, A. (2007). Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of dairy science*, 90(6), 2580-2595.
- Carrió, E., Vallès, J. (2012). Ethnobotany of medicinal plants used in eastern Mallorca (Balearic Islands, Mediterranean Sea). *Journal of Ethnopharmacology*, 141(3), 1021-1040.
- Carrin, (2013) : Résistance aux antibiotiques Rôle du laboratoire de bactériologie.

Références bibliographiques

- Cava-Roda, R. M., A., Taboada-Rodríguez, M. T., Valverde-Franco., Marín-Iniesta, F. (2012). Antimicrobial activity of vanillin and mixtures with cinnamon and clove essential oils in controlling *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157: H7 in milk. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2120-2131.
- Chainani-Wu, N. (2003). Safety and anti-inflammatory activity of curcumin: a component of tumeric (*Curcuma longa*). *Journal of alternative and complementary medicine*. 9(1):161-168.
- Chao, S. C., Young, D. G., Oberg, C. J. (2000). Screening for inhibitory activity of essential oils on selected bacteria, fungi and viruses. *Journal of essential oil research*, 12(5), 639-649.
- Cheikh Ali, Z. (2012). Études chimiques et biologiques d'*Aframomum sceptrum* (Zingiberaceae) et de la curcumine. Thèse de doctorat en chimie pharmaceutique. Faculté de pharmacie de Châtenay-Malabry, Université Paris-Sud.
- ChemSuisse. Classification, étiquetage et emballage des huiles essentielles (Système SGH/CLP) Ver. 5.1 [En ligne]. Suisse : (2014) ; [Consulté en Mars 2024]. Disponible sur le site : www.swissmedic.ch
- Collin, S., Crouzet, J. (2011). Polyphénols et procédés. Transformation des polyphénols au travers des procédés appliqués à l'agro-alimentaire, Paris.
- Couic-Marinier, F., Lobstein, A. (2013). Mode d'utilisation des huiles essentielles. *Actualités pharmaceutiques*, 52(55), 26-30.
- Daidj, N. (2007). L'évolution des chaînes de valeur dans l'industrie des jeux vidéo (No. hal-02521728).
- Damma, C., Kerbouai, I. (2018). Effet de séchage par méthode conventionnelle sur le potentiel antioxydant des feuilles de coriandre (*Coriandrum sativum* L). Mémoire de Master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi Alimentaire. Bordj Bou Arreridj.
- Dauqan, E. M., Abdullah, A. (2017). Medicinal and functional values of thyme (*Thymus vulgaris* L.) herb. *Journal of applied biology and biotechnology*, 5(2), 17-22.
- Delaveau, P. (1987). Les épices. Histoire, description et usage des différents épices, aromates et condiments. *Revue d'Histoire de la Pharmacie*, 272, 71-72.
- Desramaux, M. (2018). Huiles essentielles en dermo-cosmétologie. Thèse de doctorat : Sciences Pharmaceutiques. Édition Dumas. Marseille, France.
- Diederichse, N. (1996) - Origin of the species and centers of diversity p. 19-21 Available from: <https://junior.universalis.fr/encyclopedie/plante-aromatique/>

Références bibliographiques

- Divakaruni C.B. (2006) : La maitresse des épices, Edition Picquier, Etats-Unis /Inde.
- Djarallah, M., Bensaci, M. (2020). Utilisation des huiles essentielles dans la lutte biologique, Thèse de Doctorat, Université Kasdi Merbah-Ouargla.
- Djeroumi, A., Nacef, M. (2004). 100 plantes médicinales d'Algérie. Ed Palais du livre.
- Dob, T., Dahmane, D., Benabdelkader, T., Chelghoum, C. (2006). Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut. International Journal of Aromatherapy, 16(2), 95-100
- Dupont, F., Guignard, J., Pelt, J. (2007). Botanique : systématique moléculaire, 14e édition, Masson, Issy-les-moulineaux. Paris.
- Duval, L. (2012). Les Huiles Essentielles à l'officine. Thèse de doctorat. UFR de médecine et de pharmacie de Rouen. France.
- Ed-Dra, A., Nalbone, L., Filali, F. R., Trabelsi, N., El Majdoub, Y. O., Bouchrif, B., Giuffrida, A. (2021). Comprehensive evaluation on the use of *Thymus vulgaris* essential oil as natural additive against different serotypes of *Salmonella enterica*. Sustainability, 13(8), 4594
- Fadil, M., Fikri-Benbrahim, K., Rachiq, S., Ihssane, B., Lebrazi, S., Chraïbi, M., Haloui, T., Farah, A. (2018). Combined treatment of *Thymus vulgaris* L., *Rosmarinus officinalis* L. and *Myrtus communis* L. essential oils against *Salmonella* Typhimurium: Optimization of antibacterial activity by mixture design methodology. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 126, 211–220.
- Farrell, G., Schulten, G. G. M. (2002). Larger grain borer in Africa; a history of efforts to limit its impact. Integrated Pest Management Reviews, 7, 67-84.
- Fekih, N. (2014). Propriétés chimiques et biologiques des huiles Essentielles de trois espèces du genre *Pinus* Poussant en Algérie. Thèse de Doctorat. Université de Tlemcen
- Ferhat, M. A. (2007). Extraction sans solvant assistée par micro-ondes des huiles essentielles des citrus d'Algérie, Thèse de Doctorat, Université d'Alger.
- Ferhat, M. A., Boukhatem, M. N., Hazzit, M., Chemat, F. (2016). Rapid extraction of volatile compounds from Citrus fruits using a microwave dry distillation. Journal of Fundamental and Applied Sciences, 8(3), 753-781
- Fernandez, X., Chemat, F. (2012). La chimie des huiles essentielles. Editions Vuibert
- Festy, D. (2011). Les huiles essentielles ça marche avec 78 formules à commander en pharmacie, Leduc. S Edition, p. 22-26.

Références bibliographiques

- Firouzi, R., Shekarforoush, S., Nazer, A., Borumand, Z., Jooyandeh, A. (2007). Effects of essential oils of oregano and nutmeg on growth and survival of *Yersinia enterocolitica* and *Listeria monocytogenes* in barbecued chicken. *Journal of Food Protection*, 70(11), 2626-2630.
- Franchomme, P., Péroël, D. (1990). L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger Jallois éditeur. Limoges.
- Garnero, J. (1996). Huiles Essentielles. Dossier : K345. Base Documentaire : Constantes physico-chimiques. Editions Techniques de l'ingénieur.
- Garreta, R. (2007). Des simples à l'essentiel : de l'herboristerie à l'aromathérapie, pratiques et représentations des plantes médicinales. Presses Univ. Du Mirail.
- Gayathiri, E., Bharathi, B., Priya, K. (2018). Etude du dénombrement de douze populations bactériennes cliniquement importantes au standard 0,5 McFarland. *Int. J. Créer. Rés. Pensées (IJCRT)*, 6 (2), 880-893.
- Ghedira, K., Goetz, P. (2015). *Coriandrum* L. (Apiaceae) : Coriandre Lavoisier SAS. *Phytothérapie*. 13, 130-134.
- Gheorghita, D., Robu, A., Antoniac, A., Antoniac, I., Ditu, LM, Raiciu, AD., Saceleanu, A. (2022). Activité antibactérienne in vitro de certaines huiles essentielles végétales contre quatre souches microbiennes différentes. *Sciences appliquées*, 12 (19).
- Gilca, M., Tiplica, G. S., Salavastru, C. M. (2018). Traditional and ethnobotanical dermatology practices in Romania and other Eastern European countries. *Clinics in dermatology*, 36(3), 338-352.
- Goetz, P., Ghedira, K. (2012). *Phytothérapie anti-infectieuse*. Springer.
- Gonçalves, G. M. S., Barros, P. P., da Silva, G. H., & Fedes, G. R. (2019). The essential oil of *Curcuma longa* rhizomes as an antimicrobial and its composition by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. *Revista de Ciências Médicas*, 28(1), 1-10.
- Gounder, D. K., Lingamallu, J. (2012). Comparison of chemical composition and antioxidant potential of volatile oil from fresh, dried and cured turmeric (*Curcuma longa*) rhizomes. *Industrial crops and products*, 38, 124-131.
- Grieve, M. (1971). *A Modern Herbal: The medicinal, Culinary, Cosmetic and Economic Properties, Cultivation and Folk-Lore of Herbs, Grasses, Fungi, Shrubs & Trees with their Modern Scientific Uses*, New York, Dover Publications.
- Grugeau, C. (1995). *Curcuma longa* L. (Zingibéracées), Thèse de doctorat d'Etat en pharmacie. Université de Limoges.

Références bibliographiques

- Guerrouf, A. (2017). Application des huiles essentielles dans la lutte microbiologique cas d'un cabinet dentaire, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah-Ouargla.
- Habbachi, W., Benhissen, S., Ouakid, M. L., Farine, J. P. (2013). Effets biologiques d'extraits aqueux de *Peganum harmala* (L.) (Zygophyllaceae) sur la mortalité et le développement larvaire de *Drosophila melanogaster* (Diptera- Drosophilidae). *Algerian Journal of Arid Environment*, 3(1), 82-88.
- Hadaček, F., Greger, H., Grenz, M., Bohlmann, F. (1987). Olefinic and acetylenic butenolides from *Peucedanum alsaticum*. *Phytochemistry*, 26(5), 1527 - 1529.
- Hamidi, A. (2022). Evaluation de quelques activités biologiques de deux épices (Coriandre et Fenouil). Mémoire de Master, Université Mohamed Khider de Biskra.
- Hermann P., Ammon T., Wah, A. M. (1991). Pharmacology of *Curcuma longa*. *Planta Medica*. 57(1):1-7.
- Heymonet, C. (2013). Les plantes à visée anti-inflammatoire utilisées en phytothérapie. Thèse du doctorat : Université de Lorraine, France.
- Hjadjad, R., Nouri, A. (2022). Etude théorique de l'activité biologique et application des hydrolats des plantes aromatiques. Mémoire de master, Université Frères Mentouri, Constantine 1.
- Iserin, P. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales. 2^{ème} édition. Londres : Larousse.
- Itokawa, H., Shi, Q., Akiyama, T., Morris-Natschke, S., Lee, K.H. (2008). Recent advances in the investigation of curcuminoids. *Chinese Medicine*, 3, 11.
- Jabrane, A., Jannet, H. B., Mighri, Z., Mirjolet, J. F., Duchamp, O., Harzallah-Skhir i, F., Lacaille-Dubois, M. A. (2010). Two new sesquiterpene derivatives from the Tunisian endemic *Ferula tunetana* Pom. *Chemistry & biodiversity*, 7(2), 392-399.
- Jourdan, J.-P. (2015). Curcuma et curcumine : de l'histoire aux intérêts thérapeutiques. Thèse du doctorat en Pharmacie : Université de Caen.
- Kabouche, Z., Boutaghane, N., Laggoune, S., Kabouche, A., Ait-Kaki, Z., Benlabeled, K. (2005). Comparative antibacterial activity of five Lamiaceae essential oils from Algeria. *International Journal of Aromatherapy*, 15(3), 129-133.
- Kachetel, L., Sahmi, A. (2017). Étude de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle extraite des fruits de *Coriandrum sativum* L. Mémoire de Master : Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.

Références bibliographiques

- Khalil, H., Farida, D. (2020). Effet des composants chimiques des huiles essentielles sur le ravageur Insecticide, Anville a Radiata appliquée sur *Tribolium castenum*, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah.
- Khedis, L., Aid, A. (2020). Caractérisation phytochimique et activité antibactérienne de *Curcuma longa*. Mémoire de mastère en biotechnologie microbienne. Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira.
- Krief, S. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées (Thèse de Doctorat, Musée nationale de l'histoire naturelle-MNHN Paris).
- Kumari, R., Saurabh, K., Kumar, S., Kumari, N., Kumari Sr, R., Saurabh, K. (2023). Comparative Evaluation of Broth Microdilution with Disc Diffusion and VITEK 2 for Susceptibility Testing of Colistin on Multidrug-Resistant Gram-Negative Bacteria. *Cureus*, 15(12).
- Lakhdar, L. (2015). Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur *Aggregatibacter actinomycete mcomitans*: Etude in vitro. Faculté de médecine dentaire de Rabat, centre d'étude doctorales des sciences de la vie et de la santé.
- Lamamra, M. (2007). Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Tinguar rasicula* (L.) Parl. Et de *Filipendula hexapetala* Gibb. Mémoire de Magistère : biologie et physiologie végétale .Sétif :Univers ité Ferhat Abbas, Sétif. Algérie.
- Lamamra, M. (2018). Activités biologiques et composition chimique des huiles essentielles d'*Ammiopsis aristidis* Coss. (Syn. *Daucus aristidis* Coss.) et d'*Achillea santolinoïdes* Lag. Thèse de Doctorat. Université Ferhat ABBAS - Sétif
- [Larry, M. Bush](https://www.msmanuals.com/fr/accueil/infections/infections-bact%a9iennes-bact%a9ies-gram-n%a9gatives/infections-%a0-Salmonella) (2022). Infections à *Salmonella* [en ligne]. (Page consultée le 26/03 /2024). <https://www.msmanuals.com/fr/accueil/infections/infections-bact%a9iennes-bact%a9ies-gram-n%a9gatives/infections-%a0-Salmonella>
- Laurent, J. (2017). Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine, Thèse de Doctorat Université Toulouse III-Paul Sabatier.
- Lawhavinit, OA, Kongkathip, N., Kongkathip, B. (2010). Activité antimicrobienne des curcuminoïdes de *Curcuma longa* L. sur les bactéries pathogènes des crevettes et du poulet. *Agriculture et ressources naturelles*, 44 (3).

Références bibliographiques

- Leroy, R. (2019). La curcumine : provenance et potentiels thérapeutiques. Thèse de doctorat en pharmacie. Université d'Aix-Marseille Faculté de Pharmacie.
- Liu, T.-T., Yang, T.-S. (2012). Antimicrobial impact of the components of essential oil of *Litsea cubeba* from Taiwan and antimicrobial activity of the oil in food systems. *International Journal of Food Microbiology* 156 (1), 68-75.
- Loap, S. (2008). Curcuma (partie I). *Phytothérapie*, 6(1). 22–28.
- Loap, S. (2008). Curcuma (partie II). *Phytothérapie*, 6(2). 136-143.
- Lorenz, P. (2001). Nouvelles coumarines de *Harbouria trachypleura* : isolement et synthèse, éd. Orphie. Paris.
- Louaar, S., Akkal, S., Bayet, C., Laouer, H., Guilet, D. (2008). Flavonoids of aerial parts of an endemic species of the Apiaceae of Algeria, *Ammoides atlantica*. *Chemistry of natural compounds*, 44, 516-517.
- Mailhebiau, P. (1994). La nouvelle aromathérapie : caractérologie des essences et tempéraments humains : [biochimie aromatique et influence psychosensorielle des odeurs]. Ed. Jakin.
- Mangalagiri, NP, Panditi, S.K., Jeevigunta, N.L.L. (2021). Activité antimicrobienne des huiles végétales essentielles et de leurs principaux composants. *Héliyon*, 7 (4).
- Marino, M., Bersani, C., & Comi, G. (1999). Antimicrobial activity of the essential oils of *Thymus vulgaris* L. measured using a bioimpedometric method. *Journal of food protection*, 62(9), 1017–1023.
- Marouche, F., Allouma, B. (2017). Activité antimicrobienne des extraits de coriandre (*Coriandrum sativum* L.) soumise à un stress salin. Mémoire de Master : Biologie des Populations et Organismes. Blida : Université de Blida-1.
- Mayer, F. (2012). Utilisations thérapeutiques des huiles essentielles : Etude de cas en maison de retraite, Thèse de Doctorat, Université de Lorraine.
- Mebarkia, Z., Miloudi, F. (2022). Etude bibliographique du *Curcuma longa* L. Mémoire de Master, Université Mohamed el-Bachir El-Ibrahimi. BBA.
- Mehani, M. (2015). Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'Eucalyptus camendulensis dans la région de Ouargla, Thèse de Doctorat, Université Kasdi Merbah-Ouargla.
- Menaceur, F. (2015). Contribution à l'étude phytochimique et biologique de l'érigeron, du fenouil commun, de la lavande et du genévrier, Thèse de Doctorat, ENSA.

Références bibliographiques

- Michel, T. (2011). Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification : application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophae rhamnoides*) (Doctoral dissertation, Université d'Orléans).
- Miladi, H., Slama, R. B., Mili, D., Zouari, S., Bakhrouf, A., Ammar, E. (2013). Essential oil of *Thymus vulgaris* L. and *Rosmarinus officinalis* L.: Gas chromatography- mass spectrometry analysis, cytotoxicity and antioxidant properties and antibacterial activities against foodborne pathogens. *Natural Science*, 5(6), 729-739.
- Mompon, B. (1994). Quel avenir commercial pour les produits obtenus par les nouvelles technologies d'extraction : CO₂. Micro-ondes, ultrasons, nouveaux solvants, 4^e rencontre internationale de Nyons, p. 149-166.
- Morales, R. (2002). L'histoire, la botanique et la taxonomie du genre *Thymus*. Dans : Stahl-Biskup, E. et Sáez, F., Eds., *Thyme : The Genus Thymus*, Taylor et Francis, Inc., Londres.
- Morales, R. (2002). The history, botany and taxonomy of the genus *Thymus*. In *Thyme*. CRC Press.
- Mouhi, L. (2017). Etude des activités biologiques de l'association des huiles essentielles de plantes de la flore Algérienne. Elaboration d'une forme pharmaceutique, Thèse de Doctorat, Faculté de Génie Mécanique et de Génie des Procédés, USTHB.
- Neffati, M., Sghaier, M. (2014). Développement et valorisation des plantes aromatiques et médicinales (PAM) au niveau des zones désertiques de la région MENA (Algérie, Egypte, Jordanie, Maroc et Tunisie). *Observatoire du Sahara et du Sahel : Tunis, Tunisia*.
- Nezhadali, A., Nabavi, M., Rajabian, M., Akbarpour, M., Pourali, P., Amini, F. (2014). Chemical variation of leaf essential oil at different stages of plant growth and in vitro antibacterial activity of *Thymus vulgaris* Lamiaceae, from Iran. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(2), 87-92.
- Nouioua, M., Djehiche, S., Nafi, I. 2022. Effets Thérapeutiques des Huiles Essentielles des Plantes Médicinales. Mémoire de Master, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf- Mila.
- Ntoutoume, G. M. (2015). Elaboration des nanocristaux de cellulose fonctionnalisée pour la vectorisation d'agents anticancéreux et pour la transfection de gènes. Thèse du doctorat : Université de Limoges, Français.
- Oussalah, M., Caillet, S., Lacroix, M. (2006). Mechanism of action of Spanish oregano, Chinese cinnamon, and savory essential oils against cell membranes and walls of *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Protection*, 69 (5), 1046-1055.

Références bibliographiques

- Özcan, M. (2004). Mineral contents of some plants used as condiments in Turkey. *Food chemistry*, 84(3), 437-440.
- Pare, J.R.J., Belanger, J., Sigouin, M. (1989). Novel Technology in the Extraction of Essential Oils, colloque sur les produits naturels ; origine végétale, ACF A, 15-19 Mai, Montréal.
- Patra, A. K., Saxena, J. (2010). A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*, (71),11-12.
- Pellegrini, M., Rossi, C., Palmieri, S., Maggio, F., Chaves-López, C., Lo Sterzo, C., Serio, A. (2020). *Salmonella enterica* control in stick carrots through incorporation of coriander seeds essential oil in sustainable washing treatments. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4 (14), 1-9.
- Pellerin, P. (1991). Supercritical fluid extraction of natural raw materials for the flavor and perfume industry. *Perfum. Flavor*, 16(4), 37–39.
- Perricone, M., Arace, E., Corbo, M. R., Sinigaglia, M., Bevilacqua, A. (2015). Bioactivity of essential oils: a review on their interaction with food components. *Frontiers in Microbiology*, 6, 76
- Peter, K.V. (2004). *Handbook of herbs and spices. Volume 2.* Editions Elsevier.
- Pibiri, M.C. (2005). Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse de Doctorat en Sciences. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Faculté Environnement Naturel, Architectural et Construit, Institut des infrastructures, des ressources et de l'environnement, Suisse.
- Pikulthong, V., Teerakathiti, T., Thamchaipenet, A., Peyachoknagul, S. (2016). Development of somatic embryos for genetic transformation in *Curcuma longa* L. and *Curcuma mangga* Valetton & Zijp. *Agriculture and Natural Resources*, 50 (4), 276-285.
- Ponce, N. M., Pujol, C. A., Damonte, E. B., Flores, M. L. Stortz, C. A. (2003). Fucoidans de l'algue brune *Adenocystis utricularis* : méthodes d'extraction, activité antivirale et études structurales. *Carbohydrate Research*, 338(2), 53-65.
- Prior, R. M., Lundgaard, N. H., Light, M. E., Stafford, G. I., van Staden, J., Jäger, A. K. (2007). The polyacetylene falcarindiol with COX-1 activity isolated from *Aegopodium podagraria* L. *Journal of ethnopharmacology*, 113(1), 176-178.
- Quezel, P., Santa, S. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Paris : Edition du Centre Nationale de la Recherche Scientifiques.

Références bibliographiques

- Rahmouni, M. (2014). Contribution à l'étude de l'activité biologique et la Composition chimique des huiles essentielles de deux Apiacées (*Ferula vesceritensis* Coss et DR et *Balanseagla berrima* Desf.) Lange. Mémoire de Master Université Ferhat Abbas – Sétif
- Ramezani, S., Rasouli, F., Solaimani, B. (2009). Changes in essential oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.) aerial parts during four phenological stages in Iran. *Research Journal of Biological Sciences*, 4(3), 277-281.
- Ravi, R., Prakash, M., & Bhat, K. K. (2007). Aroma characterization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) oil samples. *European Food research and technology*, 225, 367-374.
- Revathy, S., Elumalai, S., Benny, M., Antony, B. (2011). Isolation, purification and identification of curcuminoids from turmeric (*Curcuma longa* L.) by column chromatography. *Experimental Sciences*, 2(7): 21-25.
- Ríos, J. L. (2016). Essential oils: What they are and how the terms are used and defined. In *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Academic Press.
- Roux, R. (2008). *Conseil en aromathérapie*. 2^{ème} Edition, Pro Officina Eds
- Samate, A.D. (2002). Compositions chimiques de huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanaise du Burkina Faso : valorisation. Thèse de doctorat, Université d'Ouagadougou.
- Sangwan, N. S., Farooqi, A. H. A., Shabih, F., Sangwan, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34, 3-21.
- Santé Canada, 2010. « Fichier canadien sur les éléments nutritifs (<http://webprod3.hc-sc.gc.ca/cnf-fce/start-debuter.do?lang=fra>) ».
- Scimeca, D. (2006). *Les plantes du bonheur : le coup de pouce des plantes contre tous les coups de blues*. Alpen Editions sam.
- Scimeca, D., Tétou, M. (2005). *Votre santé par les huiles essentielles*. Alpen Editions sam Paris, 45.
- Seggani, S., Boukehil, H. (2017). Corrélation entre le contenu polyphénolique et l'activité antioxydante et antimicrobienne in vitro de *Curcuma longa* L. Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine.
- Shahid, N. (2016). Valeur thérapeutique de curcuma. Laboratoire phytomisan France. Consulté le 10/06 /2024. <https://phytomisan.com/valeur-therapeutique-du-curcuma>
- Shekarforoush, S., Nazer, A., Firouzi, R., Rostami, M. (2007). Effects of storage temperatures and essential oils of oregano and nutmeg on the growth and survival of *Escherichia coli* O157: H7 in barbecued chicken used in Iran. *Food Control*, 18(11), 1428-1433.

Références bibliographiques

- Singh, G., Kapoor, I. P. S., Singh, P., de Heluani, C. S., de Lampasona, M. P., Catalan, C. A. (2010). Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of fresh and dry rhizomes of turmeric (*Curcuma longa* Linn.). *Food and chemical toxicology*, 48(4), 1026-1031.
- Sirirugsa, P., Larsen, K., Maknoi, C. (2007). The genus *Curcuma* L. (Zingiberaceae) : distribution and classification with reference to species diversity in Thailand. *Gard Bull Sing*, 59(1-2).
- Teshale, C., Hussien, J., Jemal, A. (2013). Antimicrobial activity of the extracts of selected Ethiopian aromatic medicinal plants. *Spatula DD*, 3(4),175–180.
- Teuscher, E., Anton, R., Lobstein, A. (2005). *Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles*, Tec & Doc, Paris.
- Tirta, LPP., Yadnya-Putra, AGR. (2020). A Narrative Review of Apiaceae Family Plants in Usada Netra for Eye Disease Treatment. *Journal of Pharmaceutical Science and Application*, 2 (2), 49-65.
- Toure, D. (2015). *Etudes chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques medicinales de Côte d'ivoire*, Thèse de Doctorat, Université Felix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire.
- Valnet, J., Defrance, N. (1984). *Aromathérapie : traitement des maladies par les essences des plantes*. (No Title).
- Vangelder, V. (2017). *L'aromathérapie dans la prise en charge des troubles de santé mineurs chez l'adulte à l'officine*, Thèse de Doctorat, Université de Lille.
- Vanier, P. *La coriandre au fil du temps, Usages culinaires, Conservation, Jardinage biologique, Écologie et environnement*. Disponible sur : [http://www. Passeportsante. Net](http://www.Passeportsante.Net).
- Vaquier, A. (2010). *Intérêt d'un nouveau nutriment à visée anti-inflammatoire dans la gestion de troubles locomoteurs chez le cheval-Aspects bibliographiques et étude clinique*, Thèse de Doctorat, Ecole vétérinaire d'Alfort.
- Veyrune, P. (2019). *Place des huiles essentielles en dermo-cosmétique*. *Sciences pharmaceutiques*. 2019. ffdumas-02415280f
- Wang, L., Dekker, M., Heising, J., Zhao, L., Fogliano, V. (2023). Food matrix design can influence the antimicrobial activity in the food systems: A narrative review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1-27.
- Wichtel, M., Anton, R. (1999). *Plantes thérapeutiques : tradition, pratiques officinales, science et thérapeutiques*. Tec et Doc.

Références bibliographiques

- Wichtl, M., Anton, R. (2003). Plantes thérapeutiques- Tradition, Pratique officinale, science et thérapeutique. Ed. Tec et Doc et EMI.
- Zabeirou., Hachimou. (2005). Étude comparative entre les Huiles essentielles de la Menthe Verte (*Mentha Spicata* L) et de la Poivree (*Mentha Piperita* L) dans la région d'Ouargla. Mémoire de DES Biochimie, Université de Kasdi Merbbah.
- Zangeneh, M. M., Zangeneh, A., Moradi, R., Shahmohammadi, A. (2018). Chemical characterization and antibacterial activity of the essential oil of *Coriandrum sativum* leaves in the west of Iran (Kermanshah). Journal of Essential Oil Bearing Plants, 21(5), 1349-1358.
- Zeghad, N. (2009). Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne. Université Mentouri, Constantine.
- Zhiri, A., Baudoux, D. (2005). Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies. Luxembourg : Éditions Inspir.

Annexes

Annexe I

Matériel et réactifs utilisés

Matériel et équipement

- Agitateur magnétique
- Anse de platine
- Autoclave
- Bain-marie
- Balance
- Barreau magnétique
- Bec Bunsen
- Béchers
- Boîtes de Petri
- *Clevenger*
- Ecouvillon stérile
- Entonnoir
- Eppendorf
- Eprouvette
- Erlenmeyer
- Etuve
- Flacons
- Micro-pipettes
- *Microplaques stériles*
- Mortier
- Papier d'aluminium
- Papier Whatman
- Parafilm
- Pince
- Pipettes Pasteur
- Spatule
- Tubes à visse
- Verres à montre

- Vortex

Produits et réactifs

- Antibiotique AML10 µg
- Antibiotique NOR 5 µg
- Antibiotique RD 5 µg
- Bouillon MKTTn
- Bouillon Muller-Hinton
- DMSO
- Eau de Javel
- Eau distillée
- Eau peptonnée tamponnée (EPT)
- Eau physiologique stérile
- Gélose Nutritive
- Milieu gélosé Muller-Hinton
- Milieu Hecktoen
- Milieux TSI
- Réactif Kovacs
- Réactif TDA

Annexe 2



Centre universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila
Institut des Sciences de la Nature et de la Vie
Enquête sur l'utilisation des huiles essentielles
culinaires



Section 1 : Informations générales

Commune :

Région : Rurale Urbaine

Age : 0-17 18-34 35-49 50-64 65 et plus

Niveau intellectuel : Primaire Moyen Secondaire Universitaire

Profession :

Section 2 : Connaissance des huiles essentielles

Êtes-vous familière avec les huiles essentielles ? Oui Non

Si oui, quel est votre niveau de connaissance des huiles essentielles ?

Faible Moyen Élevé

Avez-vous déjà utilisé des huiles essentielles dans votre vie quotidienne ? Oui Non

Si oui, à quelles fins les avez-vous utilisées ? Santé Beauté et soins personnels Cuisine

Autre.....

Section 3 : Pratiques culinaires

À quelle fréquence cuisinez-vous ? Quotidiennement Plusieurs fois par semaine

Une fois par semaine Rarement

Section 4 : Utilisation culinaire

Utilisez-vous fréquemment la coriandre dans la préparation de vos plats ? Oui Non

Si oui, dans quels plats l'incorporez-vous régulièrement ?

.....

Utilisez-vous fréquemment le curcuma dans la préparation de vos plats ? Oui Non

Si oui, dans quels plats l'incorporez-vous régulièrement ?

.....

Utilisez-vous fréquemment le thym dans la préparation de vos plats ? Oui Non

Annexe

Si oui, dans quels plats l'incorporez-vous régulièrement ?

.....

Section 5 : Connaissances sur les bienfaits potentiels des trois épices étudiés

Pensez-vous que la coriandre, le thym et le curcuma peuvent avoir des bienfaits pour la santé autres que leur aspect aromatique dans la cuisine ?

Coriandre : Oui Non je ne sais pas

Curcuma : Oui Non Je ne sais pas

Thym : Oui Non Je ne sais pas

Si oui, quels sont, selon vous, les bienfaits potentiels de la coriandre ?

Propriétés anti-inflammatoires Propriétés antioxydantes Amélioration de la digestion

Renforcement du système immunitaire

Autre

Si oui, quels sont, selon vous, les bienfaits potentiels du curcuma ?

Propriétés anti-inflammatoires Propriétés antioxydantes Amélioration de la digestion

Renforcement du système immunitaire

Autre

Si oui, quels sont, selon vous, les bienfaits potentiels du thym ?

Propriétés anti-inflammatoires Propriétés antioxydantes Amélioration de la digestion

Renforcement du système immunitaire

Autre

Section 6 : Connaissance et utilisation des huiles essentielles de la coriandre, du thym et du curcuma

Savez-vous qu'il est possible d'obtenir des huiles essentielles de la coriandre, du thym et du curcuma ?

Oui Non

Avez-vous déjà utilisé de l'huile essentielle de la coriandre ? Oui Non

Si oui, comment l'avez-vous utilisée ? En aromathérapie En cuisine

En soins de la peau En soins des cheveux

Autre

Avez-vous déjà utilisé de l'huile essentielle du curcuma ? Oui Non

Si oui, comment l'avez-vous utilisée ? En aromathérapie En cuisine

En soins de la peau En soins des cheveux En soins des cheveux

Autre

Annexe

Avez-vous déjà utilisé de l'huile essentielle du thym ? Oui Non

Si oui, comment l'avez-vous utilisée ? En aromathérapie En cuisine En soins de la peau

En soins des cheveux

Autre

Si vous avez utilisé des huiles essentielles du coriandre, du thym ou du curcuma, pourriez-vous décrire les résultats ou les effets que vous avez observés ?

Coriandre :.....

Thym :.....

Curcuma :.....

Êtes-vous consciente que certaines huiles essentielles puissent être utilisées comme agents de conservation naturels ? Oui Non

Seriez-vous prête à inclure régulièrement des huiles essentielles de la coriandre, du thym et du curcuma dans vos recettes culinaires si vous connaissiez leurs propriétés antibactériennes et conservatrices ?

Oui, certainement Peut-être, selon les avantages perçus Non, je ne suis pas intéressée

Avez-vous des préoccupations concernant l'utilisation des huiles essentielles de coriandre, du thym et du curcuma ?

- a) Effets indésirables potentiels sur la santé
- b) Allergies ou sensibilités aux huiles essentielles
- c) Problèmes de disponibilité et accessibilité des huiles essentielles
- d) Coût des huiles essentielles
- e) Interaction avec des médicaments
- f) Goût ou arôme trop fort
- g) Manque de connaissances sur les doses appropriées
- h) Autre

(précisez).....