

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret–
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie
Département Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Toxicologie et sécurité alimentaire

Présenté par :

SAIBI Saida

ADEM Kaouther Intissar

GUESSAB Fatima Zohra

Thème

*Evaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne de l'huile
essentielle de la cannelle.*

Soutenu le 29 Septembre 2020

Jury:

Président: M^{elle} A. NEHILA

Encadrant: M^{me} Z. ARABI

Co-encadrant: Mr. K. FETOUHI

Examineur 1: M^{elle} D. MEDZOUAR

Grade

MCB à U. Ibn Khaldoun Tiaret

MCB à U. Ibn Khaldoun Tiaret

MCA à U. Ibn Khaldoun Tiaret

MCB à U. Ibn Khaldoun Tiaret

Année universitaire 2019-2020

REMERCIEMENTS

Avant toute chose nous remercions **Allah** tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce modeste travail.

Tout d'abord, nous tenons à remercier du fond du cœur, notre promotrice madame **ARABI Zohra**, professeur à l'université IBN-Khaldoun, Tiaret, pour le totale confiance qu'elle nous a accordée, son soutien, ses précieux conseils, ses encouragements et sa disponibilité dans le travail ont permis le bon déroulement de ce mémoire.

Sans oublier monsieur **FETOUHI**, pour son aide qu'il nous a apporté dans la réalisation de l'extraction de l'huile essentielle.

Nous exprimons notre gratitude aux membres de jury, chacun à son nom, d'accepter de juger notre travail.

On remercie vivement l'ingénieure de laboratoire de biochimie pour son aide ainsi que pour sa gentillesse et sa disponibilité.

Enfin, nous remercions tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicace

A mes très chers parents qui m'ont soutenue et encouragé durant toute la période de mes études.

A ma deuxième maman, Souagui Torkia qui m'a appris beaucoup de chose et qui m'a toujours encouragé.

A mes sœurs et frères, pour votre soutien moral et vos encouragements.

A ma chère amie Ouadia Fella que dieu la protège.

A tous mes amis, et toute personne que je connais.

A toute la promotion Master 2, Toxicologie et Sécurité Alimentaire.

Saïbi Saïda

Dédicace

Je dédie ce travail Aux êtres les plus chères à mon cœur mes parents Mr et Mm ADEM qui ont consacré leur noble existence à bâtir la mienne. De ma vie je ne saurai assez leur exprimer mon affection, ma reconnaissance et mon amour.

A mes chères sœurs Aïcha, Hafida, Chemss Elhouda, Meriem et Hadjer pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

A mes frères Mohamed, mon âme frère Ismail et Yacine qui m'ont aidé en toute étape de ma vie.

À mes nièces et neveux vous avez tout fait parti du bonheur de votre tante.

A toutes mes amies particulièrement Maya et Randa sont eux qui mon accompagné durant les adversités.

Adem Intissar

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ce qui, quels que soient le terme embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère

-A l'homme, mon précieux offre du dieu qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect (mon chère père)

-A la femme qui à souffre sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à ma exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse (mon adorable mère).

-Pour ceux que je vois de leurs yeux optimisme et bonheur dans leurs rires (mes frères et mes sœurs).

-À ceux qui ont pris le crédit de mon arrivée et de la réalisation de mon objectif et à ceux qui m'ont aidé et soutenu dans chaque pas que j'ai fait, à ce avec qui je suis ont été les moments les plus heureux de ma vie (ma famille et mes proches).

- À ceux qui nous ont tracé la voie et nous ont aidés à surmonter chaque détresse (nos éminents enseignants).

- Aux sœurs aux quelle ma mère n'a pas donné naissance, à celles avec qui j'ai j'étais heureuse et accompagnée par elles sur les chemins doux et tristes de la vie, j'ai marché vers celles qui étaient avec moi sur le chemin du succès et de la bonté à celles que je s'avais les trouver et m'a appris à ne pas les gaspiller (ma amis).

Guessab Fatima

Résumé

Le présent travail décrit l'étude de l'activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de la Cannelle de Chine (*Cinnamomum cassia*). L'extraction a été réalisée par hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger. Le rendement d'extraction est estimé à ± 3.73 .

L'étude de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Cinnamomum cassia* qui se base sur l'évaluation de deux activités antibactérienne et antifongique, elle s'est faite par la méthode de diffusion (méthode des disques) et méthode de dilution. L'étude de l'activité antioxydante s'est basée sur la méthode de DPPH de l'extrait de la Cannelle.

La synthèse faite sur la base de l'analyse des résultats issus de travaux antérieurs, montre clairement l'importance portée par l'utilisation de l'huile essentielle de la Cannelle de Chine qui possède la plus importante activité antibactérienne à la concentration de 10 μ l surtout envers la souche *Staphylococcus aureus*. Elle présente également une forte activité antifongique vis-à-vis de *Candida albicans* avec une zone d'inhibition de 48mm. D'autre part, l'activité antioxydante de cette huile essentielle se révèle très forte par les tests de radical DPPH (IC₅₀=6.60 μ g/ml).

Ce travail ne fait que confirmer et valoriser l'intérêt que porte l'huile essentielle de la Cannelle de Chine grâce aux propriétés antimicrobiennes et antioxydantes qu'elle possède.

Mots clés : Extraction, huile essentielle, activité antimicrobienne, activité antioxydante, cannelle de chine

Summary

This work describes the study of the antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil of Chinese cinnamon (*Cinnamomum cassia*). The extraction was carried out by hydrodistillation of the Clevenger type. The extraction yield is estimated at ± 3.73 .

The study of the antimicrobial activity of essential oils of *Cinnamomum cassia*, which is based on the evaluation of two antibacterial and antifungal activities, was carried out by the method of diffusion on solid medium (disc method) and liquid medium. The study of antioxidant activity was based on the DPPH method of *Cinnamon* extract.

The synthesis made on the basis of the analysis of the results of previous work, clearly shows the importance attached to the use of the essential oil of *Chinese Cinnamon* which has the greatest antibacterial activity at the concentration of 10 μ l especially against the *Staphylococcus aureus* strain. It also exhibits strong anti fungal activity against *Candida albicans* with an inhibition zone of 48mm. On the other hand, the antioxidant activity of this essential oil is shown to be very strong by DPPH radical tests (IC₅₀ = 6.60 μ g / ml).

This work only confirms and enhances the interest shown in the essential oil of Chinese cinnamon thanks to the antimicrobial and antioxidant properties it possesses.

Keywords: Extraction, essential oil, antimicrobial activity, antioxidant activity, Chinese cinnamon

ملخص

يصف هذا العمل دراسة النشاط المضاد للميكروبات والأكسدة للزيت العطري للقرفة الصينية (سيناموموم كاسيا). تم الاستخراج عن طريق التقطير المائي من نوع Clevenger. يقدر مردود الاستخراج بـ ± 3.73 .

تم إجراء دراسة النشاط المضاد للميكروبات للزيوت الأساسية من سيناموموم كاسيا ، والتي تستند إلى تقييم نشاطين مضادين للبكتيريا والفطريات ، عن طريق طريقة الانتشار على الوسط الصلب (طريقة القرص) والوسط السائل. استندت دراسة الفعالية المضادة للأكسدة على طريقة DPPH لمستخلص القرفة.

يوضح التركيب الذي تم على أساس تحليل نتائج العمل السابق بوضوح الأهمية التي تعلق على استخدام الزيت العطري للقرفة الصينية الذي يحتوي على أكبر نشاط مضاد للجراثيم بتركيز 10 ميكرو لتر خاصة. ضد سلالة *Staphylococcus aureus*

كما يُظهر نشاطاً قوياً مضاداً للفطريات ضد المبيضات البيضاء مع منطقة تثبيط تبلغ 48 ملم. من ناحية أخرى، تبين أن نشاط مضادات الأكسدة لهذا الزيت العطري قوي جداً من خلال اختبارات DPPH الجذرية (IC₅₀ = 6.60) ميكروغرام / مل.

هذا العمل يؤكد فقط ويعزز الاهتمام الذي يظهر في الزيت العطري للقرفة الصينية بفضل الخصائص المضادة للميكروبات ومضادات الأكسدة التي تمتلكها.

الكلمات المفتاحية: استخلاص ، زيت عطري ، نشاط مضاد للميكروبات ، نشاط مضاد للأكسدة ، قرفة صينية

Liste des abréviations

ABS	Absorbance
ADN	Acide désoxyribonucléique
ATP	Adénosine triphosphate
C	Concentration d'extraits éthanolique équivalente à l'acide gallique, obtenue à partir de la courbe d'étalonnage (mg/ml)
C₀	Concentration de la solution mère aqueuse
CCM	Chromatographie sur couche mince
DPPH	2,2-diphenyl picrylhydrazyl
GPx	Glutathion Peroxydase
GSH	Glutathion
GSSH	Glutathion oxydé
HE	Huile essentielle
m₀	Masse initial d'extrait éthanolique de broyat de la cannelle
m_e	Masse de l'extrait après évaporation du solvant
mg EAG/ml d'extrait	mg équivalent en acide gallique par millilitre d'extrait
mgQE/ml	mg équivalent en quercitrine par millilitre d'extrait
μM	Micro molaire
NADPH	Nicotinamide Adénine Dinucléotide Phosphate
R	Rendement
R_f	Rapport frontal
SOD	Superoxyde dismutase
UV	Ultraviolet

Table des Matières

Résumé

Liste des abréviations

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale.....1

Chapitre I : Huiles essentielles et leurs propriétés biologiques

I.1. Introduction..... 3

I.2. Définition..... 3

I.3. Répartition, localisation et lieu de synthèse dans la plantes 4

I.4. Classification des huiles essentielles 5

I.5. Mode d'action des huiles essentielles..... 5

I.6. Utilisations des huiles essentielles..... 6

I.7. Caractéristiques physiques des huiles essentielles 6

I.8. Composition chimique 7

I.9. Les facteurs de variabilité de la composition chimique des huiles essentielles 9

I.10. Méthodes d'extractions des huiles essentielles 10

I.11. Production mondiale..... 15

I.12. Toxicité des huiles essentielles..... 15

I.13. Activités biologique des huiles essentielles 16

Chapitre II : Notions sur la cannelle

II.1. Généralités.....	20
II.2. Description de la plante.....	20
II.3. Utilisation des deux espèces en médecine traditionnelle	27
II.4. Conservation	28
II.5. Composition chimique de l'huile essentielle de la Cannelle	28
II.6. La composition nutritionnelle de la cannelle	30
II.7. Effets thérapeutiques de Cannelle de Chine.....	19

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1. Matériel Expérimental.....	33
III.1.1. Matériel biologiques.....	33
III.1.2. Matériel de laboratoire.....	34
III.1.3. produits	36
III.2. Méthodes	36
III.2.1. Extraction de l'huile essentielle.....	36
III.2.2. Caractérisation physique.....	40
III.2.3. Activité antimicrobienne.....	40
III.2.3.1. Méthodes de diffusion.....	41
III.2.3.2. Méthode de dilution.....	45
III.2.3.2.1. Dilution en milieu liquide.....	45
III.2.3.2.2. Dilution en milieu solide.....	48
III.2.3.2.3. Détermination de la CMB et CMF	50

III.2.3.2.4. Le rapport CMB/CMI (CMF/CMI).....	52
III.2.4. Evaluation de l'activité antioxydante.....	52

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Rendement en huile essentielle.....	55
IV.2. Détermination des propriétés physiques	56
IV.3. Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de la cannelle de chine.....	57
IV.3.1. Evaluation de l'activité antibactérienne.....	57
IV.3.2. Evaluation de l'activité antifongique.....	61
IV.3.4. Evaluation de l'activité antioxydante de la cannelle de chine.....	63
Conclusion générale	65

Liste des tableaux

Chapitre II

Tableau II.1. Classification de la cannelle.....	25
Tableau II.2. Valeurs nutritionnelles de 100gr de cannelle.....	31

Chapitre III

Tableau III.1. Matériel de laboratoire.....	35
Tableau III.2. Classement des huiles essentielles.....	42

Chapitre IV

Tableau IV.1. Le rendement en huile essentielle par hydrodistillation.....	55
Tableau IV.2. Densité relative de l'huile essentielle.....	56
Tableau IV.3. Indice de réfraction.....	57
Tableau IV.4. Diamètres des zones d'inhibition provoqués par l'huile essentielle de la cannelle de chine testées sur des souches bactériennes (10 µL).....	58
Tableau IV.5. Récapitulatif des résultats de la méthode de dilution en milieu liquide.....	59
Tableau IV.6. Récapitulatif des résultats de la méthode de dilution en milieu solide.....	60
Tableau IV.7. Diamètres des zones d'inhibition provoqués par l'huile essentielle de la cannelle de chine testée sur une souche fongique.....	61
Tableau IV.8. Concentrations minimales inhibitrices de l'huile essentielle.....	62
Tableau IV.9. Concentrations minimales inhibitrices de l'huile essentielle.....	62
Tableau IV.10. Valeur d'IC ₅₀ pour l'huile essentielle de la cannelle de chine.....	63
Tableau IV.11. Valeur de l'activité anti-radicalaire.....	63

Liste des figures

Partie 1

Chapitre 1

Figure I.1. Mode d'action des huiles essentielles.....	5
Figure I.2. Diversité des structures de sécrétion des huiles essentielles.....	10
Figure I.3. Schéma de principe d'une extraction par hydrodistillation.....	11
Figure I.4. Schéma du principe de la technique de l'entraînement à vapeur.....	13

Chapitre II

Figure II.1. Cannelier de Ceylan.....	20
Figure II.2. Feuille du Cannelier de Ceylan.....	21
Figure II.3. Fleurs du Cannelier de Ceylan.....	21
Figure II.4. Fruit du Cannelier de Ceylan.....	22
Figure II.5. Arbre du Cannelier de Chine.....	23
Figure II.6. Feuilles du Cannelier de Chine.....	23
Figure II.7. Fleurs du Cannelier de Chine.....	24
Figure II.8. Fruits du Cannelier de Chine.....	24
Figure II.9. (A) Cannelle de Ceylan, (B) Cannelle de Chine.....	26
Figure II.10. Quelques composés chimiques de l'huile essentielle de la Cannelle.....	28
Figure II.11. Quelques composés chimiques de l'huile essentielle de la Cannelle de Chine.....	29

Partie II

Chapitre III : Huiles essentielles et leurs propriétés biologiques

Figure III.1. Les bâtonnets de la cannelle de Chine.....	34
Figure III.2. Organigramme montrant les étapes de l'étude.....	36
Figure III.3. Montage d'hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger	38
Figure III.4. Concassage des batonnets d'écorce de la Cannelle de Chine.....	39
Figure III.5. Principe de la méthode de diffusion sur disque.....	42
Figure III.6. Diffusion sur milieu gélosé.....	44
Figure III.7. Détermination de l'activité antimicrobienne par diffusion par disque.....	45

Figure III.8. Détermination de la CMI par la méthode de dilution en milieu liquide.....	47
Figure III.9. Récapitulatif de préparation des différentes étapes de la préparation des dilutions en milieu solide (pour les bactéries et la levure).....	49
Figure III.10. Détermination de la CMB.....	51
Figure III.11. Principe de piégeage des radicaux libres de DPPH	52

Chapitre IV : Notions sur la Cannelle

Figure IV.1. Huile essentielle de la cannelle de Chine obtenue par hydrodistillation.....	20
Figure II.2. Feuille du Cannelier de Ceylan	21
Figure II.3. Fleurs du Cannelier de Ceylan	21
Figure II.4. Fruit du Cannelier de Ceylan	22
Figure II.5. Arbre du Cannelier de Chine	23
Figure II.6. Feuilles du Cannelier de Chine	23
Figure II.7. Fleurs du Cannelier de Chine	24
Figure II.8. Fruits du Cannelier de Chine	24
Figure II.9. (A) Cannelle de Ceylan, (B) Cannelle de Chine	26
Figure II.10. Quelques composés chimiques de l'huile essentielle de la Cannelle de Ceylan.....	28
Figure II.11. Quelques composés chimiques de l'huile essentielle de la Cannelle de Chine.....	29

Chapitre IV : Résultats et discussion

FigureIV.1. Huile essentielle de la cannelle de Chine obtenue par hydrodistillation.....	56
---	----

Introduction générale

1. Introduction générale

Depuis des milliers d'années, l'homme a eu recours aux plantes médicinales pour se soigner existantes dans leur environnement. Le recours aux extraits des plantes médicinales telles les huiles essentielles, est issu d'une prise de conscience des malades et d'un désir profond de revenir aux moyens naturels et efficaces (**Lahlou M., 2004**). Selon l'organisation mondiale de la santé (**OMS**) en 2010, près de 80 % des populations asiatiques et africaines dépendent de la médecine traditionnelle pour des soins de santé primaire. En Afrique, près de 6377 espèces de plantes sont utilisées, dont plus de 400 sont des plantes médicinales qui contribuent pour 90% du traitement médical (**Kar, 2007**).

L'évaluation de l'activité antimicrobienne et antioxydante issue de plantes constitue un enjeu scientifique important. Une attention considérable a été accordée aux huiles essentielles extraites à partir de plantes aromatiques et présentant des activités antimicrobiennes vis-à-vis des microorganismes pathogènes (**Alzoreky et Nakahava, 2003**).

La cannelle de Chine est connue depuis la nuit du temps pour ses vertus thérapeutiques. Selon **Edet , (2004)** : *« Aujourd'hui, c'est toujours une des plantes phares de la médecine chinoise. Elle est recommandée par les Cahiers de l'Agence pour trois indications: traitement symptomatique des troubles digestifs, asthénie fonctionnelle et prise de poids »*.

L'huile essentielle de la Cannelle de Chine extraite de l'écorce de *Cinnamomum cassia* est connue pour ses pouvoirs antimicrobiens et antioxydants. Elle détient une action très active contre les bactéries, les virus, les champignons et sur les parasites **Shan et coll. (2005)** ; **Chaudhry et Perween, (2006)** ; **Kocevski et coll (2013)**. Elle possède des propriétés anti-infectieuses particulièrement intéressantes. **Edet (2004)**.

Cette épice est très utilisée par la population locale à des fins thérapeutiques et gastronomiques. Mais malheureusement, elle n'a pas fait l'objet d'études scientifiques approfondies sauf exception quelques études, nous citons les travaux de **Edet (2004)** ; **Amini (2016)** et **Benghnima (2017)**. Ce travail est alors réalisé dans ce cadre pour mettre en lumière l'intérêt que présente la cannelle de Chine sur le plan antibactérien, antifongique et antioxydant.

1.1. Objectifs

1.1.1. Objectif principal

L'objectif principal assigné par cette étude est l'évaluation de l'activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de la Cannelle de chine.

1.1.2. Objectifs spécifiques

- Extraction de l'huile essentielle de la cannelle.
- Caractérisation de l'activité antibactérienne
- Caractérisation de l'activité antifongique
- Evaluation de l'activité antioxydante

Ce mémoire est divisé en deux parties dont chacune est subdivisée en deux chapitres.

La première partie aborde une synthèse bibliographique sur des notions théoriques de base. Elle se divise en deux chapitres englobant toutes les informations nécessaires pour comprendre les huiles essentielles et la plante étudiée.

- **Le premier** illustre toutes les techniques utilisées pour caractériser les huiles essentielles, leur extraction, leurs propriétés biologiques; leur classification, leur utilisation et leur toxicité.
- **Le deuxième** définit la plante utilisée, sa description botanique, son utilisation, son origine, son huile essentielle.

La deuxième partie est consacrée à la description de la méthodologie adoptée pour l'étude de l'activité antimicrobienne et antioxydante de la plante et aux résultats qui en dérivent. Elle se divise en deux chapitres.

- **Le premier** correspond à la description détaillée de la méthodologie adoptée en expliquant les différents protocoles expérimentaux utilisés.
- **Le deuxième** est présentation des résultats mais pour des travaux antérieurs pour montrer le niveau atteint par les chercheurs dans ce domaine.

Partie I

Synthèse bibliographique

Chapitre I

Huiles essentielles et leurs propriétés biologiques

I.1. Introduction

La connaissance des propriétés biologiques des huiles essentielles considérés comme une source d'anticorps naturels, impose des stratégies adéquates qui en basant sur des techniques développées pour mieux appréhender leurs vertus thérapeutiques. Ceci est connu actuellement sous le vocabulaire de l'aromathérapie moderne qui se présente comme un très bon choix dans le traitement de plusieurs pathologies infectieuses, septiques et virales.....

Le terme huiles essentielles (HEs) dérive de « quinta essentia », un nom donné par le médecin suisse Paracelsus aux extraits de plantes obtenues par distillation, il désigne la fragrance et la quintessence de la plante (**Hart et al. 2008**). Les HEs sont des composés aromatiques volatils, qui ont un aspect huileux, elles sont obtenues à partir de plantes aromatiques par plusieurs procédés d'extraction (**Burt, 2004**). Elles sont solubles dans les lipides et non pas dans l'eau.

I.2. Définition:

Les huiles essentielles (HE) sont appelées aussi « essences de plantes, essences aromatiques ou essences végétales ». Le terme (HE) regroupe plusieurs définitions qui se différencient selon la problématique de départ et selon le domaine de chaque chercheur. Mais dans le sens commun du terme, elles sont des substances organiques aromatiques liquides dépourvues de corps gras (lipides), qu'on trouve naturellement dans différentes parties de la plante. **L'AFNOR (1996)** définit une huile essentielle comme: "*produit obtenu à partir d'une matière végétale soit par entraînement à la vapeur soit par expression, procédé mécanique mis en œuvre à partir de l'épicarpe des Citrus*". Elles sont très concentrées, volatiles et sensibles à la décomposition sous l'effet de la chaleur (**Mélanie, 2001**).

Chaque huile essentielle possède sa propre odeur et ses caractéristiques spécifiques à elle. De plus elle contient un nombre considérable de familles biochimiques (homotypes) incluant les alcools, les phénols, les esters, les oxydes, les coumarines, les sesquiterpènes, les terpinols, les cétones, les aldéhydes, etc.

Les huiles essentielles sont utilisées non seulement pour leurs propriétés pharmacologiques et aromatiques, mais aussi comme des conservateurs alimentaires (**Burt, 2004**).

I.3. Répartition, localisation et lieu de synthèse dans la plantes

La répartition des HE est largement répandue dans le règne végétal, surtout chez les plantes supérieures dont les familles les plus certaines familles riches sont : les Conifères, les Rutacées, les Myrtacées, les Umbellifères, les Composées, les Labiées, les Cupressaceae, et les Zingiberaceae, etc. (**Chami, 2005 ; Kenoufi , 2018**). Elles peuvent se présenter au niveau de tous les organes végétaux: fleurs (tubéreuse,...), graines (noix de muscade), écorces (cannelier), racines (vétiver), rhizomes (gingembre), fruits (anis), bois (santal blanc)... etc. Au sein d'une même plante, elles peuvent être présentes à la fois dans différents organes. Leur composition peut varier d'une partie de la plante à l'autre (**Paris et Urabielle, 1981**).

Sur le plan qualitatif, pour que l'huile essentielle soit de qualité meilleure, il faut qu'elle soit 100 % naturelle, pure non mélangée avec d'autres huiles essentielles et intégrale (**Chassaing, 2006**). Sur le plan quantitatif, le teneur en huile essentielle de la plante est généralement très faible ne dépassant pas 1 %, sauf exception, chez certaines plantes comme bouton floral du giroflier où le taux en huile essentielle est estimé à (15 %) le confirmerait (**Lawrence, 1995; Festy, 2008**).

L'appareil sécréteur des huiles essentielles peut être externe, comme chez les lamiacées, ou bien interne, comme chez les myrtacées. Les HE sont synthétisés et produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices puis accumulées dans la cavité des cellules glandulaires spécialisées, situées entre les cellules sécrétrices et la cuticule qui les recouvre. Ensuite, elles sont stockées dans des cellules dites cellules a huiles essentielles. Selon **Paris et Urabielle, (1981)**, ces cellules peuvent être des poils sécréteurs (*Lamiaceae*), des poches sécrétrices (*Myrtaceae* ou *Rutaceae*) ou des canaux sécréteurs (*Apiaceae* ou *Asteraceae*).

Les huiles essentielles sont produites soit dans le cytosol des cellules où elles se réunissent en gouttelettes, soit dans les vacuoles des cellules du mésophile. Elles traversent vers l'extérieur la paroi cellulaire et la cuticule sous forme de vapeur quand la température augmente. Dans certains cas des cellules glandulaires spécialisées sont vues, elles éliminent rapidement les huiles dans des compartiments de stockage intracellulaires et les expulsent à l'extérieur de la surface de la plante.

I.4. Classification des huiles essentielles :

On distingue trois catégories d'huiles essentielles (Turgeon ,2001). :

I.4.1. Les huiles brutes ou naturelles : obtenues par distillation d'une quantité de (branches, aiguilles, écorces, boisetc.) elles ne sont raffinée.

I.4.2. Les huiles rectifiées : ce sont les huiles brutes purifiées c'est-à-dire certains résidus laissés lord de la distillation sont éliminés par l'entraînement à la vapeur.

I.4.3. Les huiles fractionnées : on les obtient en séparent les composés volatils en diverses fractions selon leur points d'ébullition spécifique.

I.5. Mode d'action des huiles essentielles

Certaines huiles essentielles présentent des pouvoirs antiseptiques (antibactériens et antifongiques) assez forts. Elles agissent par lésions membranaires, par inhibition de la croissance cellulaire, par inhibition de la sporulation et inhibition de la toxinogènèse (Gabriel et al. 2013).

Les modes d'actions sont multiples:

- **L'altération membranaire** est due à la pénétration des molécules lipophiles et leur accumulation dans la double couche provoquant ainsi un dysfonctionnement de la membrane cytoplasmique et une perturbation dans le transport des substances nutritives (Burt, 2004).

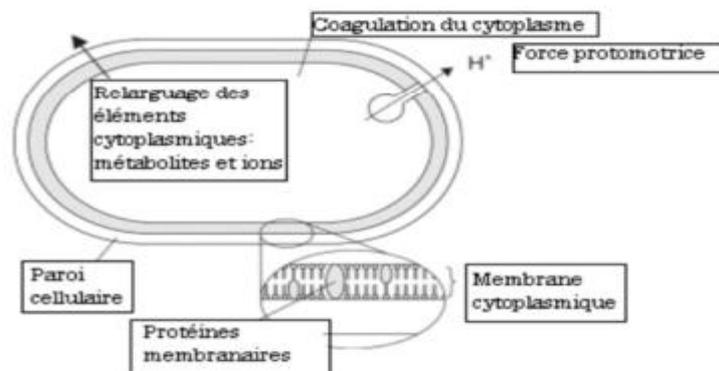


Figure1.1. Mode d'action des huiles essentielles. (Brut, 2004)

- **L'inhibition enzymatique** aura lieu quand les groupements fonctionnels des composés terpéniques des huiles essentielles réagissent avec les enzymes membranaires et dégradent la membrane plasmique (**Giordani et al. 2006**).

I.6. Utilisations des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont, principalement, utilisées en raison de leurs propriétés odorantes et médicinales. Elles suscitent actuellement un intérêt médical totalement renouvelé (**Duquénois et Anton, 1968**).

I.6.1. Utilisation pour leurs propriétés odorantes

Les huiles essentielles sont employées dans le secteur de la cosmétique, de la parfumerie (fabrication de parfums), de l'industrie agro-alimentaire par le développement des arômes servant dans le domaine alimentaire.

I.6.2. Utilisation pour leurs propriétés médicinales :

Les huiles essentielles sont utilisées pour stimuler le corps d'une façon naturelle n'ayant aucun effet secondaire. L'usage historique des plantes à des fins thérapeutiques, A connu avec les avancées de la science, un développement sans précédent qui a mené à l'isolation de principes actifs. Il faut alors différencier entre la phytothérapie et l'aromathérapie :

La phytothérapie correspond au traitement des maladies par les plantes médicinales, utilisées en partie ou en totalité, sous différentes formes (teintures mères, extraits fluides ou secs, poudres, infusions, décoctions, ...) ; tandis que l'aromathérapie correspond au traitement par les huiles essentielles officinales issues de drogues végétales, en n'utilisant que les principes actifs d'une partie de la plante. D'après **Carette (2000)**, ces deux types de médecines sont complémentaires. Les huiles essentielles sont employées en aromathérapie pour les cas aigus, Alors que la phytothérapie est plus adaptée aux cas chroniques.

I.7. Caractéristiques physiques des huiles essentielles :

Les HE possèdent en commun un certains nombres de propriétés physiques (**Bardeau, 1976 ; Legrand, 1978 ; Lemberg, 1982 ; Bruneton, 1999**). Selon **Roux et Catier (2007)** :

- « *Elles sont solubles dans : l'alcool, l'éther, le chloroforme, les huiles fixes, les émulsifiants et dans la plupart des solvants organiques.*

- *La densité est généralement inférieure à celle de l'eau.*
- *Elles ont un indice de réfraction élevé.*
- *Elles sont très altérables et sensibles à l'oxydation.*
- *Elles sont liquides à température ambiante.*
- *Elles sont incolores ou de couleur jaune pâle.*
- *Elles sont volatiles, ce qui les différencie des huiles fixes».*

1.8. Composition chimique :

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels, caractérisés par une composition assez complexe et variable. Elles sont formées de constituants appartenant principalement à deux grandes familles de molécules : les composés terpéniques et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane. Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (**Benayad, 2008 ; Guinoisseau, 2010**).

1.8.1. Terpènes :

Les terpènes sont des hydrocarbures naturels, de structure cyclique ou de chaîne ouverte. Ils sont distribués dans toutes les plantes vertes. Mais ils sont rencontrés aussi chez les champignons, chez certains animaux marins (Spongiaires), ainsi que chez certains insectes sous formes de phéromones sesquiterpéniques. (**Robbers et al., 1996**)

Ils sont des dérivés de l'isoprène (méthyl-2-butadiène). Leur particularité structurale est que chaque groupe de terpènes est issu de la condensation d'un nombre d'unités isopréniques à 5 atomes de carbone (C_5H_8)ⁿ.

Ils sont subdivisés selon le nombre d'entités isoprènes en monoterpènes formés de deux isoprènes ($C_{10}H_{16}$), les sesquiterpènes, formés de trois isoprènes, ($C_{15}H_{24}$), les diterpènes, formés de quatre isoprènes ($C_{20}H_{32}$). Les tétraterpènes huit isoprènes qui conduisent aux caroténoïdes. Les polyterpènes (C_5H_8)ⁿ où n peut être de 9 à 30 (**Hernandez-Ochoa, 2005**).

- **Les terpénoïdes** sont des terpènes avec une ou plusieurs fonctions chimiques (alcool, aldéhydes, cétone ; acide, etc...)
- **Les monoterpènes** sont des volatils entraînés à la vapeur d'eau, d'odeur souvent agréable et représentent la majorité des constituants des HEs, parfois plus de 90% .
- **Les sesquiterpènes** il s'agit de la classe la plus diversifiée des terpènes .Elle contient plus de 3000 molécules comme par exemple ; β -caryophyllène, β -bisabolène, α -humulène, α -bisabolol, farnesol (**Bruneton ,1999 ; Hernandez-Ochoa,2005**).

1.8.2. Flavonoïde

Ce sont des composés phénoliques très ubiquitaires qui contribuent à la pigmentation de la plante. Certains flavonoïdes jouent le rôle de phytoalexines, métabolites synthétisés par la plante pour se protéger contre les parasites .Les flavonoïdes sont rencontrés à l'état libre (soluble) ou liés à un sucre (glycosides) dans le liquide vacuolaire. Les agrumes renferment différents types de flavonoïdes. Les principaux flavonoïdes contenus dans le citron et le pamplemousse sont l'ériocitrine et l'hésperétine. (**Luttge, 1992**).

1.8.3. Limonoïdes :

Les principaux limonoïdes que renferment les agrumes sont la limonine et la nomiline. Ils se retrouvent principalement dans les pépins, mais aussi dans le jus. Les limonoïdes présentent un certain pouvoir antioxydant. (**Anonyme, 2012**)

1.8.4. Fibres solubles :

Les agrumes sont riches en fibres solubles (pectine), contenus dans l'écorce et dans la membrane blanche autour de la chair. Ils contribuent à la diminution du cholestérol sanguin. (**Anonyme, 2012**)

I.9. Les facteurs de variabilité de la composition chimique des huiles essentielles :

Les huiles essentielles présentent des fluctuations dans leur composition chimiques qui dépend en grande partie les conditions écologiques dont lesquelles la plante est soumise. Ces fluctuations sont observées aussi dans les huiles essentielles issues des organes différents de la même plante. Ainsi, une espèce végétale parfaitement définie botaniquement peut donner des huiles dont la composition chimique est différente suivant les individus (**Dorman et Deans, 2000; Dudareva et al., 2004**).

La composition chimique des huiles essentielles varie encore de façon appréciable avec le milieu et la période de la végétation. Elle peut aussi être modifiée au cours de l'extraction ou durant la conservation. (**Croteau et al, 2000**). Selon **Baseri (2008)** cette variabilité peut s'expliquer par deux grandes Catégories de facteurs :

- **Facteurs intrinsèques** : sont liés a l'espèce, au type de clone, a l'organe concerné, à l'interaction avec l'environnement (type de sol ou climat, ...) Et au degré de maturité du végétal concerné, voire au moment de la récolte au cours de la journée ;
- **Facteurs extrinsèques** : sont liés à la méthode d'extraction.

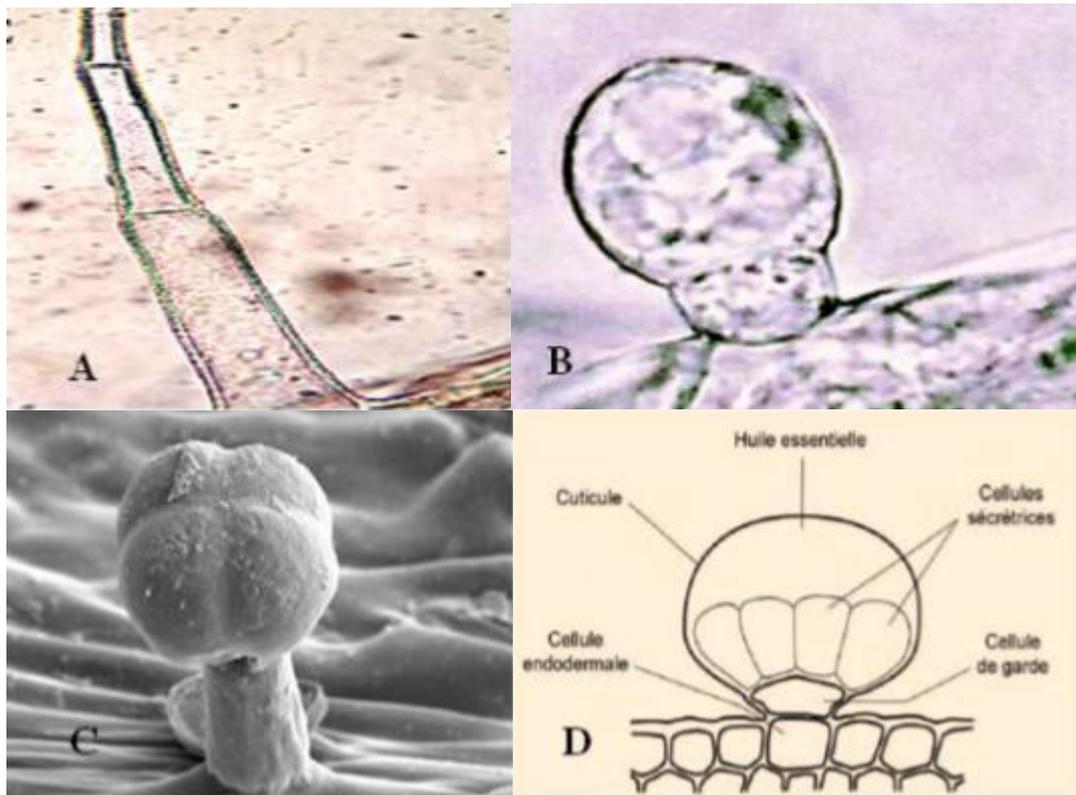


Figure I.2. Diversité des structures de sécrétion des huiles essentielles

(A) : poil sécréteur de *Mentha pulegium* ; (B) : trichome glandulaire de *Mentha pulegium* (C) : trichome glandulaire de *Lippia scaberrima* et (D) : structure de trichome glandulaire de *Thymus vulgaris* (Combrinck et al, 2007, Karray –Bouraoui et al., 2009 in Kenoufi, 2018)

I.10. Méthodes d'extractions des huiles essentielles :

Selon Joulain (1979) « ...les huiles essentielles sont les seuls produits naturels soumis à des normes internationalement acceptées. Elles sont fabriquées de plantes botaniquement définies d'après une procédure standard, alors que les extraits peuvent être obtenus à travers une variété de processus qui rendait la standardisation extrêmement difficile ».

Il existe plusieurs méthodes d'extraction des huiles essentielles, dont chacune se caractérise par plusieurs variantes. Le choix de la technique à adopter, devrait être établi en fonction du matériel végétal à traiter. Les principales méthodes d'extraction sont basées sur l'entraînement à la vapeur d'eau, l'expression, la solubilité et la volatilité. (Kenoufi, 2018).

I.10.1. Extraction par Distillation :

Selon **Lemesle (2012)**, la distillation est un principe simple mais tout à fait fascinant et son résultat si merveilleux. A ce propos, **Piochon (2008)** affirmait qu'il existe trois différents procédés utilisant le principe de la distillation : l'hydrodistillation, l'hydrodiffusion et l'entraînement à la vapeur d'eau.

I.10.1.1. Hydrodistillation :

Il s'agit de la technique la plus anciennement utilisée depuis les Pharaons. Elle est considérée comme la méthode la plus pratiquée et la plus simple à appliquer. L'hydrodistillation reste le moyen le plus employé pour produire les huiles essentielles, en particulier à des fins commerciales et médicinales (**Burt, 2004**). L'opération exige que le matériel végétal soit en contact avec l'eau bouillante, elle s'effectue dans un appareil spécifique appelé l'appareil de Clevenger, elle consiste à introduire le végétal directement dans un alambic rempli d'eau. Installé sur une source de chaleur, le tout est ensuite porté à l'ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un réfrigérant et l'H.E étant plus légère que l'eau donc elle se sépare de l'hydrolysate en surnageant au dessus. (**Figure.2**)

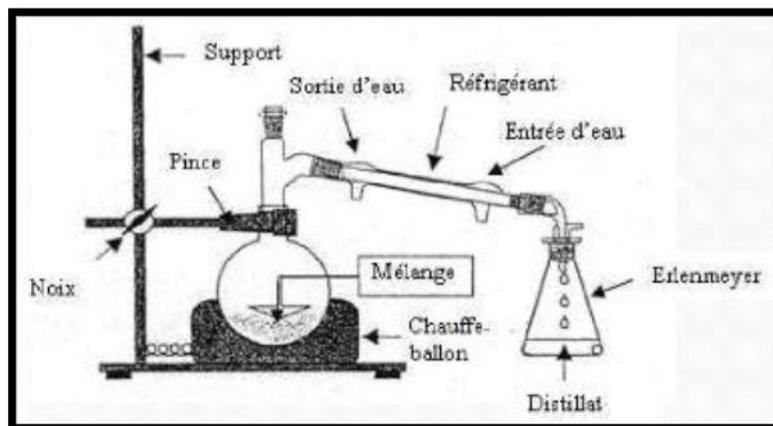


Figure I.3. Schéma de principe d'une extraction par hydrodistillation (Lucchesi ,2005).

Cependant, cette technique est très sensible car un chauffage prolongé et trop puissant engendre la dégradation de certaines molécules aromatiques (**Lucchesi, 2005**). En dépit de sa simplicité, elle peut apporter de nombreux artefacts. En effet, l'eau, l'acidité et la température

du milieu peuvent induire des réactions d'hydrolyse, de réarrangement, de racémisation, d'oxydation, d'isomérisation, etc. (Lahlou, 2004).

Selon Attou (2018), actuellement de nouvelles méthodes améliorées d'hydrodistillation, sont inventées, on peut citer :

- Hydrodistillation sous pression
- Le système de thermopompage
- Turbodistillation
- Hydrodistillation par micro-ondes

I.10.1.2. Entraînement à la vapeur d'eau :

Les méthodes d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau dont lesquelles le matériel végétal est en contact avec la vapeur d'eau contrairement à l'hydrodistillation, sont basées sur le principe que la vapeur d'eau entraîne l'huile aromatique contenue dans la plante après chauffage et endommagement de la structure du tissu végétal. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par décantation. Cette méthode apporte une amélioration de la qualité de l'huile essentielle en minimisant les altérations hydrolytiques: le matériel végétal ne baignant pas directement dans l'eau bouillante (Dumortier, 2006).

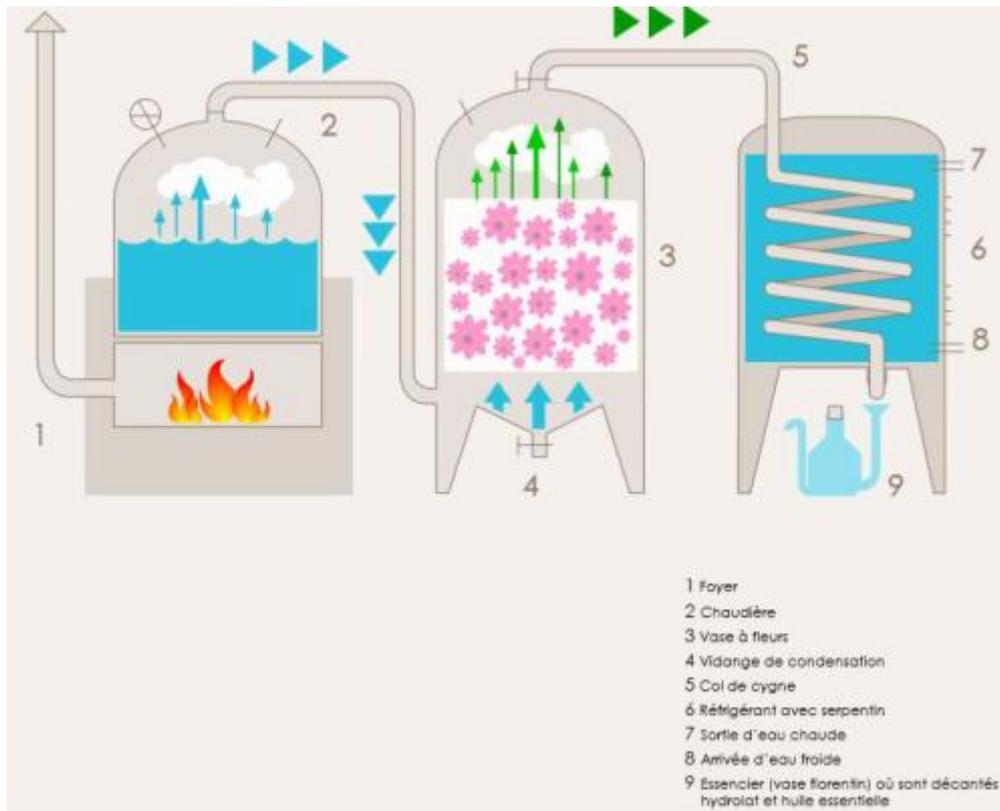


Figure I.4. Schéma du principe de la technique de l'entraînement à vapeur. (Lemesle S., 2012).

I.10.1.3. Hydrodiffusion :

Cette technique est relativement récente, développée par la firme Suisse **Schmidt (1981)**, .Elle consiste à faire passer du haut vers le bas, et à pression réduite la vapeur d'eau (0,02-0,15 bar) au travers le matériel végétal. Cette méthode permet un gain du temps et d'énergie, en plus, elle présente moins de dommages pour les composés volatils.

I.10.2. Expression à froid :

Elle constitue le procédé le plus simple qui ne s'applique qu'aux agrumes dont l'écorce des feuilles et le péricarpe des fruits comportent des poches sécrétrices d'essences, tels que : le citron, la mandarine, l'orange douce, l'orange amère, le pamplemousse. .Ce procédé purement mécanique sert à broyer, à l'aide de presses, les zestes frais pour détruire les poches afin de libérer l'essence. Le procédé classique consiste à exercer, sous un courant d'eau, une action abrasive sur la surface du fruit. Après élimination des déchets solides l'huile essentielle est séparée de la phase aqueuse par centrifugation (**Bruneton, 1993**).Le produit ainsi obtenu

porte le nom d'essence, car il n'a subi aucune modification chimique lors de son procédé d'extraction (**Roux, 2008,2011 ; Baudoux et al, 2012**).

I.10.3. Extraction assistée par micro –ondes

Extraction assistée par micro-ondes est une nouvelle technique qui combine l'utilisation des micro-ondes et d'autres méthodes traditionnelles. Dans ce procédé, la matière végétale est chauffée par un rayonnement de micro-ondes dans une enceinte close dont la pression est réduite de manière successive. Les composés volatils sont entraînés dans le mélange isotopique formé avec la vapeur d'eau propre à la plante traitée. Ils sont ensuite récupérés à l'aide des procédés classiques (condensation, refroidissement, et décantation).

Le recours à cette technique est très préconisé, car elle est très rapide et elle ne gaspille pas d'énergie, de plus, elle fournit une huile essentielle de qualité et de quantité meilleures à celles obtenue par l'hydrodistillation. Des études démontrent que cette technique possède plusieurs avantages tels que le gain de temps d'extraction, Utilisation de petites quantités de solvant, et un rendement d'extraction élevé (**Hemwimon et al. 2007**).

I.10.4. Autres techniques :

D'autres techniques peuvent être utilisées :

La dissolution dans un corps gras. C'est la technique de l'enfleurage (expliquée en haut) que l'on peut pratiquer à chaud ou à froid ;

- L'extraction à l'aide d'un solvant comme l'éther ou l'hexane.
- L'extraction par le gaz carbonique "supercritique".

Ces techniques permettent d'obtenir des extraits de plantes qui théoriquement ne s'appellent plus huiles essentielles, bien que très proches du point de vue chimique (**Girard, 2010**).

I.10.4.1. Extraction par les solvants et les graisses

Cette technique s'applique à certains organes végétaux qui sont très sensibles aux traitements par entraînement à la vapeur d'eau et l'hydrodistillation. Elle consiste à l'extraction des

composés odorants volatils par le biais des solvants non aqueux (hexane, éther de pétrole...etc) ayant un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau.

L'enfleurage est une technique qui date de l'Antiquité égyptienne. Elle consiste à mettre en contact des plantes avec une couche de graisse qui absorbe les parfums et qui se sature en HE après quelques jours. La graisse est ensuite mélangée à de l'alcool généralement l'éthanol qui récupère les senteurs car il élimine les composés non volatils (cires, pigments, acides gras...) qui sont non désirables. On obtient alors des pommades qui sont utilisées telles quelles ou extraites par de l'éthanol. Les extraits alcooliques aux fleurs ainsi obtenus sont appelés « absolues » (**Lardry et Haberkorn, 2007**). L'extraction à l'aide des solvants organique pose de problème de toxicité et de solvant résiduels (**Hernandez, 2005**).

L'extraction par les solvants est très coûteuse à cause du prix de l'équipement et de la grande consommation de solvants, un autre inconvénient majeur de l'extraction par les solvants est leur manque de sélectivité: de ce fait, de nombreuses substances lipophiles peuvent se retrouver dans les concrètes (huiles fixes, phospholipides, caroténoïdes, cires, coumarines, etc.) et imposer une purification ultérieure (**Bruneton, 1993**).

I.10.4.2. Extraction par le CO₂ supercritique

Cette technique très récente, consiste à éclater les poches à essences des végétaux et également extraire les substances aromatiques par le passage d'un courant de CO₂ à haute pression dans la masse végétale les produits obtenus sont appelés des extraits au dioxyde de carbone (CO₂).

On utilise le CO₂ car il possède de nombreux atouts : il s'agit d'un produit naturel, inerte chimiquement, ininflammable, facile à éliminer totalement, aisément disponible, peu réactif chimiquement et enfin peu coûteux. Le CO₂ a également la capacité de fournir des extraits de compositions très proches de celles obtenues par les méthodes décrites dans la pharmacopée européenne. Tous ces avantages permettent à ce procédé de se développer malgré un investissement financier important. (**Keville et Green, 1995 ; Baysal et Starman, 1999**)

I.11. Production mondiale

Plusieurs pays dans le monde bénéficient d'une grande part de leur économie sur la base l'exploitation des plantes à huiles essentielles. Aujourd'hui environ 40 000 d'espèces aromatiques ont été répertoriées dans le monde dont 3 000 ont été étudiées et 300 sont exploitées industriellement (**Souza et al. 2006**). Les pays tropicaux détiennent 90 % des espèces destinées à être étudiées et valorisées (**Ouamba, 1991**)

I.12. Toxicité des huiles essentielles

L'utilisation des huiles essentielles peut entraîner des risques sur l'organisme. Leur toxicité est liée en grande partie à leur composition chimique, les composés poly-insaturés étant plus toxiques que les autres (cétones, lactones, phénols...). (**Pacchioni, 2014 ; Pierron, 2014 ; Velé, 2015**).

La toxicité des huiles essentielles peut être classée en trois catégories, à savoir :

- **Toxicité aigüe**

Les huiles essentielles ont une toxicité aigüe très faible par voie orale. Elle est souvent due aux produits phénoliques à l'origine d'atteintes nerveuses et de nécroses hépatiques (**Bruneton, 1999**).

- **Toxicité chronique**

Etant donné que les doses journalières administrées sont très faibles, mais leurs accumulations hépatiques, rénales et pulmonaires peuvent provoquer une toxicité au niveau de ces organes (**Bruneton, 1999**).

- **Toxicité cosméto-dermique**

L'usage fréquent des huiles essentielles peut provoquer une éventuelle toxicité (aigüe, chronique) par application locale, qui se manifeste par des irritations pour la peau et les muqueuses (**Hilan et al. 2009**).

I.13. Activités biologique des huiles essentielles :

Les huiles essentielles présentent de nombreuses activités biologiques. Elles constituent des sources potentielles pour les molécules naturelles (**Bruneton, 1993**). Ces molécules possèdent des propriétés antimicrobiennes et antioxydantes. En phytothérapie, elles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne, par exemple par exemple contre les bactéries endocanaliaires (**Pellecuer et al., 1980, Hammoudi, 2008**) au niveau de la microflore vaginale et d'origine fongique (**Viollon et al., 1993 ; Hammoudi, 2008**), contre les dermatophytes (**Chaumont et Leger, 1989; Kishore et al., 1993 et Lima et al., 1993; Hammoudi, 2008**) ; ou contre les champignons opportunistes (**Viollon et al., 1993**). Cette propriété est due principalement à la richesse de ces substances en terpènes, aldéhydes, et en alcools.

I.13.1. Activité antibactérienne

Les huiles essentielles inhibent la croissance des bactéries et empêchent leur multiplication. L'activité antibactérienne dépend la composition chimique de cette huile, dont les phénols (carvacrol, thymol) possèdent le coefficient antibactérien le plus élevé, suivi des monoterpénols (géraniol, menthol, terpinéol), aldéhydes (néral, géranial), etc.

Trois composés phénoliques (eugénol, thymol et carvacrol) possèdent l'effet antibactérien le plus actif vis à vis les bactéries : *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Clostridium jejuni*, *Lactobacillus sake*, *Staphylococcus aureus* et *Helicobacter pylori* (**Pauli, 2001; Fabian et al. 2006**).

I.13.2. Activité antivirale :

Les huiles essentielles présentent une mine de molécules aromatiques dont les virus en sont sensibles, ce qui permet le traitement efficace des ces pathologies infectieuses.

I.13.3. Activité antifongique :

De Bellerbeck (2002) et Zambonelli et al. 2004 confirmaient que les huiles essentielles des plantes médicinales possèdent des activités antifongiques importantes contre les champignons pathogènes et opportunistes. En outre, leurs activités varient en fonction de la composition des huiles essentielles et des souches fongiques (**Zhiri, 2006**).

Les huiles essentielles peuvent être même utilisés en domaine phyto-agro-alimentaire comme des agents de protection contre les champignons phytopathogènes (Zambonelli et al. 2004)

Le test antifongique sur les composés volatils des huiles essentielles a donné de bons résultats contre une large gamme de champignons: *Candida* (*C. albicans*), *Aspergillus* (*A. niger*, *A. flavus*, *A. fumigatus*), *Penicillium chrysogenum*. (Kalemba et al., 2003).

I.13.4. Autres propriétés

I.13.4.1. Activité antioxydante

« Les antioxydants transmettent aux radicaux oxygénés l'hydrogène des fonctions phénoliques où ils forment des produits stables avec des radicaux d'acide gras et interrompent ainsi les réactions radicalaires en chaîne. C'est le cas des HE soufrées, des phénols, des aldéhydes mono et diterpéniques, des dérivés des aldéhydes benzéniques et cinnamiques, etc. » (Haddad et al, 2016 in Medjani et Maguemoun , 2017).

Chapitre II

Notions sur la Cannelle

II.1. Généralités

Le terme « cannelle » est apparu au XIII^e siècle, vient du latin *canna*, qui signifie « roseau », probablement par allusion à la forme de tuyau que prennent les bâtons d'écorce de cannelle en séchant (**Senhaji, 2006**). La cannelle fait partie des épices exportées par l'Orient depuis 4000 ans. Elle est connue pour ses vertus tant fortifiantes que purifiantes (**Benaraba, 2007**)

Une bonne cannelle doit être friable, avoir des lamelles fines et être pleine à l'intérieur, formant un enroulement de feuilles. (**Edet, 2004**).

II.2. Description de la plante

Le cannelier est un arbre appartenant à la famille des Lauracées et du Genre *Cinnamomum*, il pousse dans les régions tropicales.

II.2.1. Origine et répartition géographique

Le cannelier est un arbre appartenant à la famille des Lauracées et du Genre *Cinnamomum*, il pousse dans les régions tropicales. Il existe plusieurs sorte de cannelle sur terre, mais il y'a seulement deux qui étaient les plus connues des anciens (**Stella, 1998 ; Boughendjioua, 2015**):

- La cannelle de Ceylan, ou Kinnamon pour les Grecs – *Cinnamomum zeylanicum*
- La cannelle de Chine, Casse de Chine, ou Kasia pour les Grecs – *Cinnamomum cassia*

Ces deux espèces de canneliers sont les plus exploitées pour leur écorce et les plus offertes sur le marché international (**Senhaji, 2006**). Bien que distinguées, les deux espèces sont usées indifféremment. Ce n'est qu'en 1400 que le cannelier de Ceylan fut décrit et que l'on considéra cette espèce supérieure aux autres canneliers. Il ajoutait (**Edet, 2004**): « *Cependant la véritable cannelle est la cannelle de Ceylan ou Cinnamomum zeylanicum Blume ou C. verum Nees produite au Sri Lanka, que l'on trouve sous le nom de Kurundu. La casse ou cannelle de Chine, Cinnamomum cassia Nees ou C. aromaticum Nees est une espèce voisine qui possède pratiquement les mêmes propriétés thérapeutiques et qui fournit une cannelle de qualité inférieure* ».

II.2.2. Description botanique de la Cannelle

II.2.2.1. Cannelier de Ceylan

II.2.2.1.1. Arbre

Le cannelier de Ceylan est un arbre de grande taille à feuillage persistant, originaire l'ancienne île de Ceylan, actuellement le Sri Lanka. Il peut atteindre 8 à 17 mètres de hauteur à l'état sauvage (Edet, 2004). Il porte le nom scientifique de *Cinnamomum zeylanicum* ou *verum*. Cette espèce est maintenue en culture à l'état de sous-arbrisseau buissonneux de moins de 2 mètres. L'écorce du tronc, rugueuse et épaisse, est d'abord verdâtre puis devient grisâtre à l'extérieur et brun rougeâtre à l'intérieur (Fridmann, 1994 ; Joy et al, 1998 ; Wichtl , Anton, 2003 ; Edet, 2004). La cannelle de Ceylan est produite à partir de son écorce intérieure.

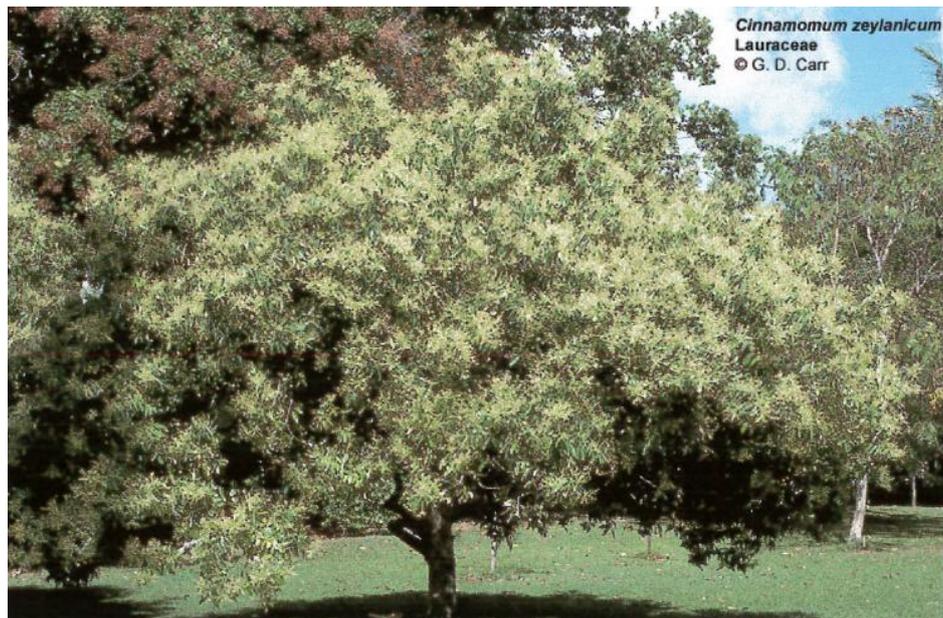


Figure II.1. Cannelier de Ceylan

Source : <http://www.google.fr>

II.2.2.1.2. Feuilles

Les feuilles sont persistantes, entières et coriaces, alternes ou irrégulièrement opposées. Le pétiole est court et strié longitudinalement sur la surface supérieure. Elles sont d'un vert brillant, teintées de rouge vermillon à pourpre pour les plus jeunes. Elles mesurant de 7 à 18 cm de long et dotées de 3 nervures principales très développées et qui partent d'une manière parallèles de la base du limbe.



Figure II.2. Feuille du Cannelier de Ceylan (Meyer, 20020)

Le limbe est ovale ou elliptique, avec le bord entier, légèrement acuminé au sommet (Edet, 2004). La forme du limbe est à l'origine de deux sous espèces : la variété *subcordata* où le limbe est ovale et la variété *vulgare* ou *verum* où le limbe est oblongue elliptique (Dive, 1990)

II.2.2.1.3. Fleurs

Les fleurs sont de petite taille (3 mm de diamètre) et hermaphrodites, elles ont une couleur blanc jaunâtre et une odeur désagréable formant des panicules axillaires et terminales. Elles sont caractérisées par l'existence de 3 sépales, 3 pétales, 12 étamines. Le gynécée est formé d'un ovaire à un seul carpelle contenant un seul ovule surmonté d'un petit stigmate plus ou moins pelté (Edet, 2004).



Figure II.3. Fleurs du Cannelier de Ceylan

Source : ©fleurs-fruits-feuilles-de.com

II.2.2.1.4. Fruit

Le fruit du cannelier est une baie ellipsoïde de 1 cm de diamètre et de 1.5 cm de long en forme de massue et de couleur bleu-noir et brun pourpre à maturité. Il est entouré à sa base par le réceptacle hypertrophié à la base en forme de cupule avec sur le bord les sépales persistants desséchés (Edet, 2004). Une fois séché, il ressemble un peu à un clou de girofle.



Figure II.4. Fruit du Cannelier de Ceylan

Source : <https://www.mesepices.com/mes-epices/epices-rares/baies-du-cannelier.html>

II.2.2.2. Cannelier de Chine

II.2.2.2.1. Arbre

Le cannelier de Chine, appelé aussi le Cannelier-Casse, Cassia, est différent de celui de Ceylan, mais ils présentent aussi des ressemblances dans leurs fruits et fleurs qui sont entièrement identiques. Les différences se situent au niveau des feuilles et de l'écorce. Les feuilles sont plus étroites et l'écorce est plus foncée que celles du cannelier de Ceylan. Il est originaire d'Annam et de Chine méridionale. Il porte le nom scientifique de *Cinnamomum aromaticum* - *Cinnamomum cassia* Nees ex Blume. Cet arbre d'odeur agréable, peut atteindre entre 5 à 7 mètres (Auric, 1998) de hauteur et possède une écorce épaisse et rugueuse (Auric, 1998 ; Paul, 2007).



Figure II.5. Arbre du Cannelier de Chine

Source : http://www.barbadine.com/pages/cinnamomum_cassia_lien.htm

II.2.2.2.2. Feuilles

Les feuilles sont grandes, persistantes entières, insérées en hélice, coriaces (Auric, 1998 ; Paul, 2007). Les feuilles sont plus étroites que celle du cannelier de Ceylan (Edet, 2004).



Figure II.6. Feuilles du Cannelier de Chine

Source : <https://phytotheque.wordpress.com/2016/05/15/cannelier-de-chine-cinnamomum-aromaticum/>

II.2.2.2.3. Fleurs

Les inflorescences sont des grappes très ramifiées de fleurs jaunes, régulières et à 6 pétales.



Figure II.7. Fleurs du Cannelier de Chine

Source : <https://christineroledo.wordpress.com/2017/07/19/le-cannelier-de-chine/>

II.2.2.2.4. Fruits

Les fruits sont des baies de la taille d'une petite olive. Ils ressemblent à ceux du Laurier noble et ils contiennent une seule graine.



Figure II.8. Fruits du Cannelier de Chine

Source : <https://www.gastronomiac.com/wp/wp-content/uploads/2018/03/cannelier-de-chine.jpg>

II.2.3. Taxonomie

Selon la classification classique basée uniquement sur les caractères morphologique, le Genre *Cinnamomum* comprend plus de 300 espèces. Pour la classification récente (A.P.G.), sur des bases phylogénétiques et la biologie moléculaire (analyse cladistique), la famille des Lauracées qui contiennent des espèces qui sont majoritairement aromatiques par la présence

de cellules sécrétrices au niveau des feuilles, bois et écorces des troncs de ses plantes (Beylemans, 2013) et dont le genre *Cinnamomum* compte quelques 300 espèces. Cette famille qui comprend que des arbres et des arbustes, détient un grand nombre d'espèces végétales qui fournissent des huiles essentielles. Il s'agit, pour la plupart, d'arbustes et arbres tropicaux et subtropicaux, dont toutes les parties peuvent contenir des essences (Beylemans, 2013).

Tableau I.1. Classification de la cannelle

Classification APG III	Cannelle de Ceylan	Cannelle de Chine
Règne	Plantae	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida	Magnoliopsida
Sous-classe	Magnoliidae	Magnoliidae
Ordre	Lurales	Lurales
Famille	Lauraceae ou Lauracées	Lauraceae ou Lauracées
Genre	<i>Cinnamomum</i>	<i>Cinnamomum</i>
Espèce	<i>Cinnamomum zeylanicum</i> <i>Cinnamomum verum</i>	<i>Cinnamomum cassia</i> <i>Cinnamomum aromaticum</i>

II.2.4. Type et localisation des deux cannelles

Une cannelle nommée de bonne qualité, il faut qu'elle soit friable bien pleine à l'intérieure, formant un enroulement de feuilles déposées en fines lamelles. (Macheix et al, 2005).il existe deux types de cannelles (Amini, 2016) :

La « vraie » cannelle (ou Cannelle de Ceylan) est de couleur ocre et les bâtonnets, qui sont faits de fines couches d'écorce (environ 1mm d'épaisseur), sont facilement friables. Elle est reconnaissable par sa subtilité, son parfum puissant, doux et chaud à la fois.

Et aussi la Cannelle de Chine (ou fausse cannelle) de couleur orange tirant vers le rouge ou le brun, les bâtonnets sont plus grossiers et plus épais (environ 2 à 3mm d'épaisseur), peu sucrée voir légèrement amère.

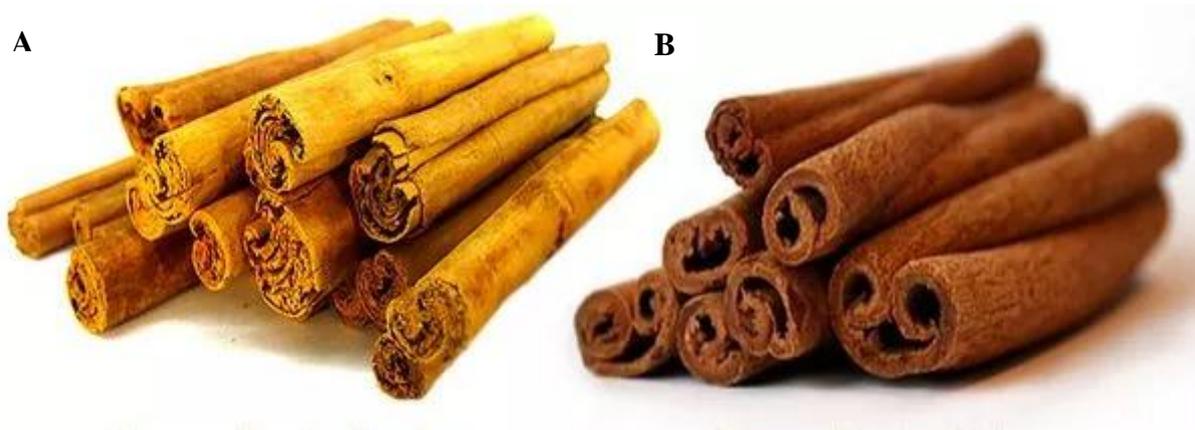


Figure II.9. (A) Cannelle de Ceylan, (B) Cannelle de Chine

Source : https://www.simplissimo.fr/media/article/2018/10/cannelle-casse-chine-ceylan.jpg.pagespeed.ic.J_6lKbuPsy.webp

Ces deux types de cannelle, selon **Didier et al, 1999**, ont deux origines principales:

- *Cinnamomum zeylanicum* Blume originaire de Ceylan qui a ensuite été implantée aux Seychelles et à Madagascar. Toutes les légères différences dans les caractères sont décrites dans la norme française ISO 6539 d'avril 1998.
- *Cinnamomum cassia* ou *Cinnamomum aromaticum* Nees, originaire du Sud-Ouest de la Chine produite pour la consommation locale. Les caractéristiques de l'espèce sont décrites dans la norme française ISO 6538 d'avril 1998.

Selon (**Edet, 2004**), Il existe également deux variétés chez l'espèce de *Cinnamomum zeylanicum* qui ont été améliorées à des fins de production:

- Navashree (SL 63) qui produit 55.6 kg d'écorce sèche /ha/an
- Nityashree (IN 189) qui produit 54.2kg d'écorce sèche/ha/an

II.3. Utilisation des deux espèces en médecine traditionnelle

- Infections gastro-intestinales d'étiologies variées : diarrhées, amibiases, typhus, dysenteries.
- Bronchites, gripes.
- Cystites, urétrites, vaginites leucorrhéiques.

- Impuissance masculine, frigidité.
- Infections tropicales (filariose: provoquée par des vers parasites du genre filaire transmises par les moustiques).
- Fatigues profondes, dépression.
- Acné, anthrax. (**Auric.1998**).

II.4. Conservation

L'écorce de la cannelle constitue la partie la plus active de la plante. Les arômes et les qualités gustatives de la Cannelle peuvent être conservés jusqu'à une durée plus ou moins longue (04 années), si elle est bien mise loin de l'humidité dans des récipients hermétiques (**Teuscher et al, 2005**).

II.5. Composition chimique de l'huile essentielle de la Cannelle

II.5.1. Composition de l'écorce de *Cinnamomum zeylanicum*

L'écorce du Cannelier de Ceylan est composée de 0.5 à 2.5% d'huile essentielle, de tanins, d'oses et polyols tels que du mannitol, des mucilages, de l'amidon et du β sitostérol (**Sakamoto et al, 1992 ; Wichtl et Anton, 2003**). Son huile essentielle présente un taux d'aldéhyde cinnamique compris entre 65-80% et 5-10% d'eugénol. **Garnero, 1984**. Il ajoutait : La cannelle de Ceylan fournit 10-12% d'oléorésine alcoolique.

La 4ème édition de la Pharmacopée Européenne en 2002, donne les seuils d'acceptabilité des principaux composants de l'huile essentielle, comme suit :

- Le cinéole doit être < à 3.0%
- Le linalol compris entre 1.0 et 4.0%
- Le f3 caryophyllène compris entre 1.0 et 6.0%
- Le safrole doit être < à 0.5%
- L'aldéhyde trans-cinnamique compris entre 55 et 75%
- L'eugénol doit être < à 7.5%

- La coumarine doit être < à 0.5%
- Le trans-2-méthoxycinnamaldéhyde compris entre 0.1 et 1.0%
- Le benzoate de méthyle doit être < à 1.0%

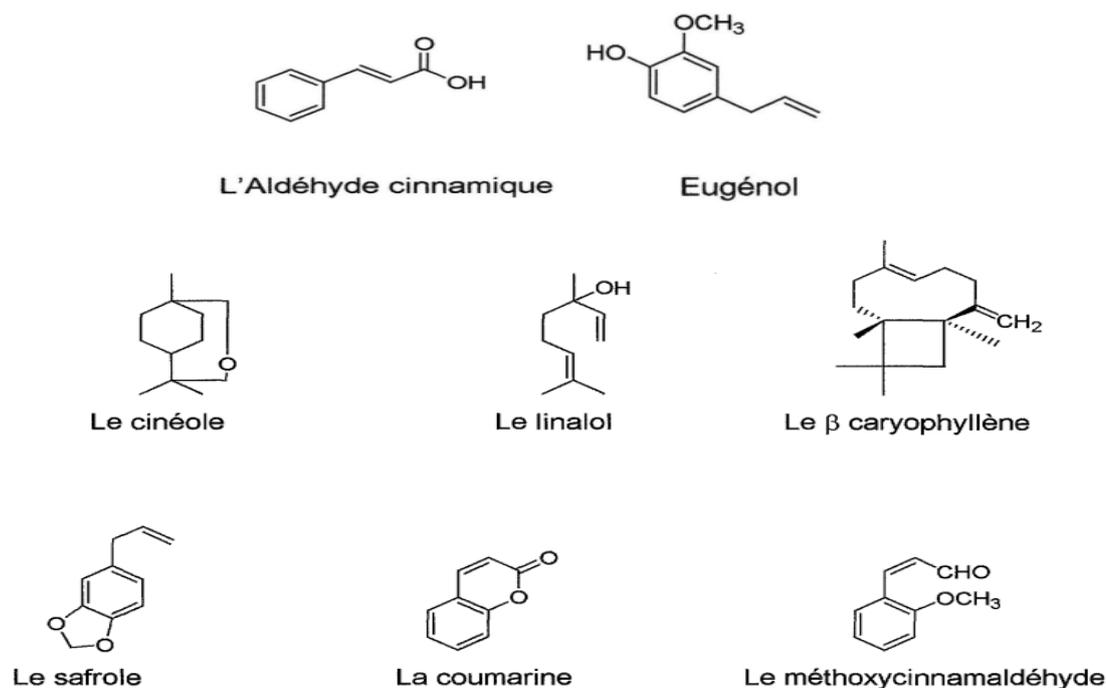


Figure II.10. Quelques composés chimiques de l'huile essentielle de la Cannelle de Ceylan (Edet, 2004)

II.5.2. Composition de l'écorce de *Cinnamomum de Chine*

L'écorce de cannelle de Chine présente un taux d'aldéhyde cinnamique proche de 90% et très peu d'eugénol (**Garnero, 1984**). L'huile essentielle de la cannelle de Chine est très utilisée en médecine traditionnelle et récente du fait de sa richesse en constituants extrêmement puissants. Selon **Wang et coll., 2008**, elle est composée essentiellement de :

- Cinnamaldéhyde (80 à 95%).
- O-méthoxycinnamaldéhyde (jusqu'à 1%).
- Alcool et l'acide cinnamique

La présence des cinnamaldéhyde en quantités suffisantes, a fait que l'huile essentielle de la Cannelle de Chine possède des effets antioxydants, anti – inflammatoires et antimicrobiens qui sont très élevés. Ce qui rend son action très active contre les bactéries, les virus, les champignons et même sur les parasites. (Shan et coll, 2005; Chaudhry et Perween, 2006 ; Kocevski et coll, 2013). Selon la 4ème édition de la Pharmacopée Européenne en 2002, les principaux composants de l'huile essentielle sont :

- L'aldéhyde trans-cinnamique : entre 70% et 90%
- L'acétate de cinnamyle: entre 0% et 6%
- L'eugénol: inférieur à 0.5%
- La coumarine: entre 1.5% et 4.0%
- Le trans-2méthoxycinnamaldéhyde: entre 3.0% et 15%

Selon Edet, 2004 : « L'eugénol est quasiment absent de cette huile essentielle; c'est cependant la plus riche en aldéhyde trans-cinnamique (la plus part du temps supérieur à 85%) et on trouve une quantité plus importante de coumarine ». L'écorce de la Cannelle de Ceylan est dépourvue de la coumarine contrairement à celui de la Cannelle de Chine dont il est très riche. La coumarine est une substance naturelle végétale qu'on utilise très souvent en parfumerie et en cosmétologie. Elle doit être utilisée avec précaution car à une forte dose peut provoquer une hépatite toxique et parfois même cancérogène.

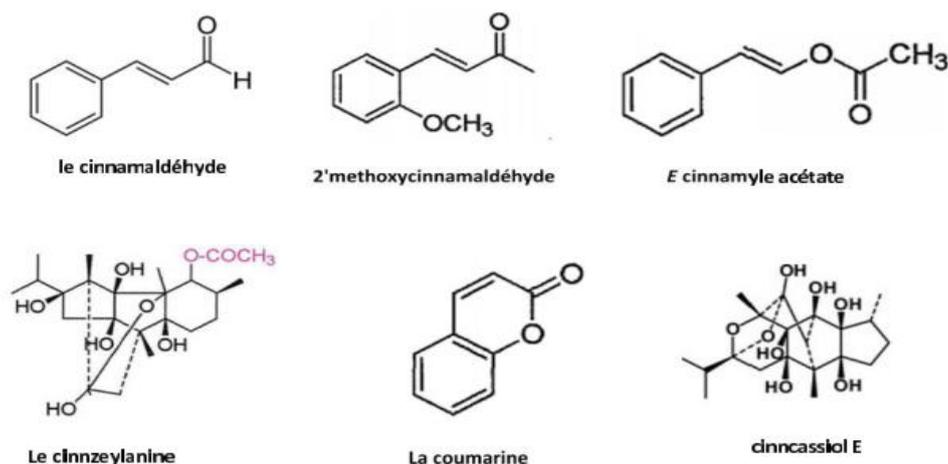


Figure II.11. Quelques composés chimiques de l'huile essentielle de la Cannelle de Chine (Medjani et Maguemoun, 2017)

II.6. La composition nutritionnelle de la cannelle :

La cannelle est très riche en éléments nutritifs, le tableau ci –dessous révèle la valeur nutritive de la Cannelle pour 100 gr de poudre.

Tableau I.2. Valeurs nutritionnelles de 100 gr de Cannelle.

Composition nutritionnelle pour 100g de cannelle (% des AJR)						
Energie	protéines	glucides	lipides	Fibres	minéraux	vitamines
266 kcal (13%)	3.96 g (8%)	36.6 g (14%)	1.88 g (3%) Acide Gras saturés : 0.507 g Acide Gras monoinsaturés : 0.369 g Acide Gras polyinsaturés (Oméga 3, 6 et 9) : 0.228 g	43.5 g (174%)	Magnesium: 60 mg (16%) Phosphor: 63 mg (9%) Potassium: 454 mg (23%) Calcium: 1080 mg (135%) Manganèse : 17.5 mg (875%) Fer : 18.2 mg (130%) Cuivre : 0.339 mg (34%) Zinc : 1.89 mg (19%) Sélénium : 3.1 µg (6%)	Vitamine A (Beta-Carotène) : 134 µg (17%) Vitamine E (tocophérol) : 1.16 mg (10%) Vitamine C (acide ascorbique) : 11.9 mg (15%) Vitamine B1 (thiamine) : 0.0413 mg (4%) Vitamine B2 (riboflavine) : 0.074 mg (5%) Vitamine B3 (PP niacine) : 1.32 mg (8%) Vitamine B5 (acide pantothénique) : 0.358 mg (6%) Vitamine B6 (pyridoxine) : 0.189 mg (14%) Vitamine B9 (acide folique) : 38 µg (19%)

II.7. Effets thérapeutiques de Cannelle de Chine

La cannelle de Chine est très utilisée en médecine traditionnelle et contemporaine pour stimuler le système immunitaire et ce suite à ses propriétés biologiques diversifiées. Ces propriétés sont d'ordres multiformes : anti-inflammatoires, antimicrobiennes, antifongiques, antioxydantes, antidiabétiques, anticancéreuses et anticoagulantes. Elle a également des activités contre troubles neurologiques, comme les maladies de Parkinson et d'Alzheimer (Senhaji *et al*, 2005 ; Medagama, 2015 ; Ronbi, 2007).

Chapitre III : Matériel et méthodes

Le présent chapitre a pour objectif de mettre en évidence les aspects techniques permettant d'extraire l'huile essentielle de la Cannelle de Chine et d'évaluer ses activités antimicrobiennes et antioxydantes. Pour ce faire, nous nous sommes basés sur :

- Des travaux anciens et récents de thèses et de recherches déjà établies sur l'espèce choisie, dont les plus importants ceux de: **Lucchesi, 2005 ; Benghendjioua, 2015 ; Benghenima, 2015 ; Amini et Hamidouche, 2016 et Medjani et Magmoun, 2017.**
- Des protocoles expérimentaux proposés et validés par des experts nationaux et internationaux, ils décrivent toutes les méthodes employées pour extraire et évaluer les activités biologiques de l'huile essentielle de la Cannelle.
- Des enquêtes auprès des laborantins de notre faculté pour vérifier la disponibilité des moyens matériels (appareils, produits,...) qui sont indispensables pour la réalisation de la partie expérimentale du travail.

Notre étude expérimentale a été réalisée au niveau du laboratoire de biochimie au sein de la Faculté de Sciences de la Nature et de la Vie, de l'Université d'Ibn Khaldoun-Tiaret, durant la période allant du 03 11 Mars 2020.

III.1. Matériel Expérimental :

III.1.1. Matériel biologiques :

III.1.1.1. Matériel végétal :

Nous avons choisi de faire l'expérimentation sur la Cannelle de Chine plutôt que la Cannelle de Ceylan qui a été écartée de notre étude. Ce choix se justifie par la disponibilité et la dominance de cette espèce dans le marché algérien, sachant que les deux espèces sont semblables et présentant presque les mêmes propriétés thérapeutiques.

Nous avons utilisé l'écorce séchée de la Cannelle de Chine qui a été rapportée chez un arboriste du marché local de la ville de Tiaret. Elle contient une seule couche d'écorce épaisse, de couleur marron orange foncé et de saveur piquante (figure III.1).



Figure III.1. Les bâtonnets de la cannelle de Chine

Photo originale .

III.1.1.2. Matériel microbiologique

III.1.1.2.1. Souches bactériennes :

L'évaluation in vitro de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de la Cannelle de Chine a été faite sur des souches bactériennes sensibles qui sont citées ci-dessous.

- *Escherichia coli* ATCC 25922.
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.
- *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.

III.1.1.2.2. Souches fongiques :

Le test antifongique a été effectué sur une seule souche levuriforme appartenant à l'espèce *Candida albicans* .

III.1.2. Matériel de laboratoire :

La réalisation de ce travail a nécessité l'utilisation des matériels suivants :

Tableau III.1. Matériel de laboratoire

Matériel Méthode	Appareillage	Verrerie	Milieu de culture
Extraction de l'huile essentielle	<ul style="list-style-type: none"> - Hydrodistillateur dans un appareil de type Clevenger - Balance - Réfrigérateur 	<ul style="list-style-type: none"> - Ballon - Béchers - Eprouvette graduée - Fiole - Flacon et verre de montre 	/
Activité antimicrobienne	<ul style="list-style-type: none"> - Agitateur magnétique - Vortex - Autoclave - Spectrophotomètre - incubateur - bec bunsen 	<ul style="list-style-type: none"> - Boites de pétri - Tubes à essais - Béchers - Pipette pasteur - Micropipette 	<ul style="list-style-type: none"> - Gélose nutritif : pour l'isolement des bactéries. - Gélose Chapman : est un milieu sélectif des bactéries du genre staphylococcus. - Gélose Hektoen : est un milieu sélectif pour l'isolement des bactéries bacilles Gram négatif. - Gélose de Muller Hinton : est une gélose standardisée recommandée pour l'étude de la sensibilité des bactéries aux agents antimicrobiens par la méthode d'antibiogramme. - Gélose de sabourand : favorise la lecture de l'isolement des champignons et des moisissures et pour réaliser le test d'aromatogramme.
L'activité antioxydante	Spectrophotomètre incubateur	Tubes à essais Flacon	/

III.1.3. produits :

Eau distillé, eau physiologique, solution DPPH, solution méthanol, acide ascorbique.

III.2. Méthodes :

L'approche méthodologique retenue repose sur quatre phases essentielles dont leur déroulement est résumé dans l'organigramme ci-dessous. Le but est de montrer la technique d'extraction de l'huile essentielle de la cannelle de chine et d'en évaluer ses activités biologiques.

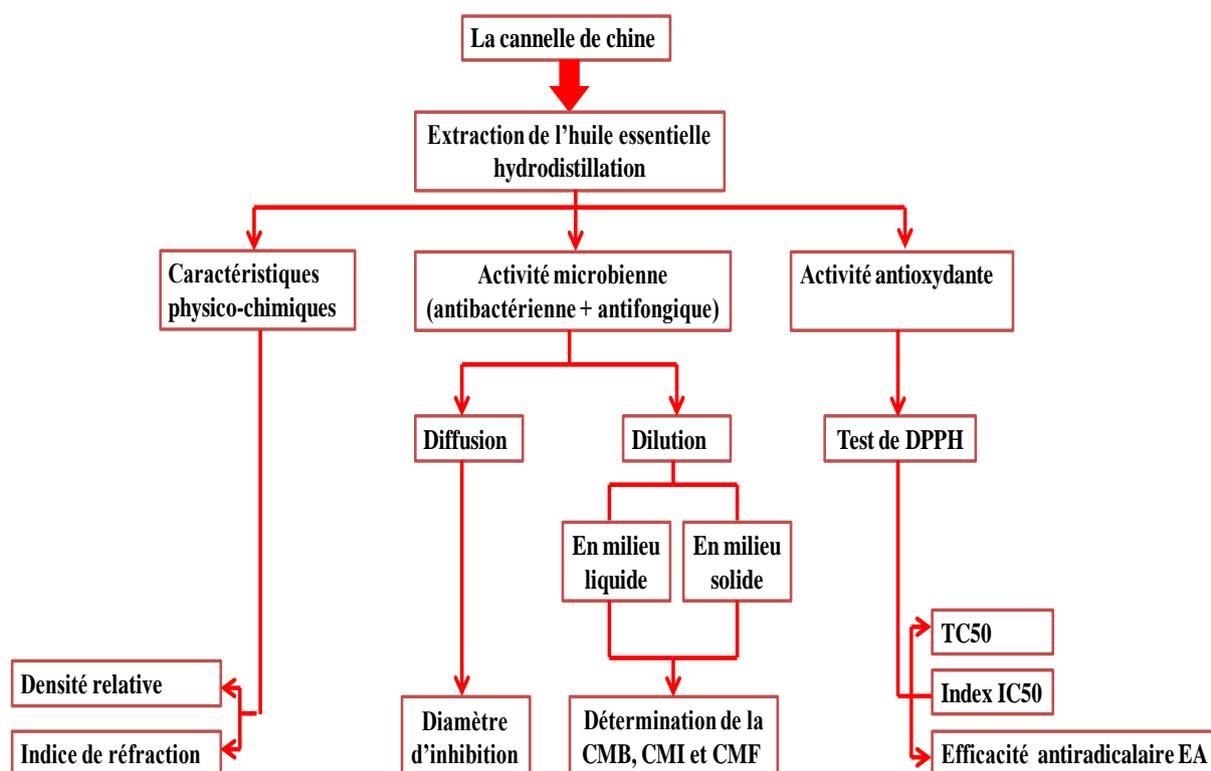


Figure III.2. Organigramme montrant les étapes de l'étude

III.2.1. Extraction de l'huile essentielle :

III.2.1.1. Hydrodistillation:

Le choix de la méthode d'extraction est crucial pour obtenir une huile essentielle qui sera bonne qualité et en quantité suffisante. Nous nous sommes orientés vers la technique d'extraction de l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia* par hydrodistillation. Cette

technique a été choisie et utilisée par plusieurs chercheurs (**Lucchesi, 2005 ; Benghendjioua, 2015**) et elle a montré son efficacité (**Benghenima, 2015 ; Amini et Hamidouche, 2016 et Medjani et Magmoun, 2017**) ; De plus, cette technique est préconisée par la pharmacopée européenne (**European-Pharmacopoeia, 2005**).

III.2.1.1.1. Principe :

L'extraction de l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia* a été réalisée par hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger (**Clevenger, 1928**), elle consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter dans l'eau distillée contenue dans un alambic. Après l'ébullition de cette eau, les vapeurs hétérogènes se condensent sur une surface froide et se transforment à l'état liquide, l'huile essentielle surnage et se sépare de l'eau par différence de densité. (**Haekel et Omar, 1993 ; Bruneton, 1995**).

La figure ci-dessous illustre clairement l'appareillage de l'hydrodistillation disponible au niveau de notre laboratoire d'analyse. L'appareil est composé

- D'un ballon qui sert comme un récipient pour le matériel végétal.
- Un chauffe-ballon électrique qui porte le ballon, ce dernier a été remplacé par une résistance chauffante
- Une colonne verticale terminée par une ouverture
- Un réfrigérant sur lequel s'effectue la condensation, il est menu d'une voie d'admission et deux voies d'évacuation d'eau.
- Un robinet et une ouverture pour permettre le maintien du niveau de liquide dans le dispositif en évitant aussi son débordement après l'ébullition.

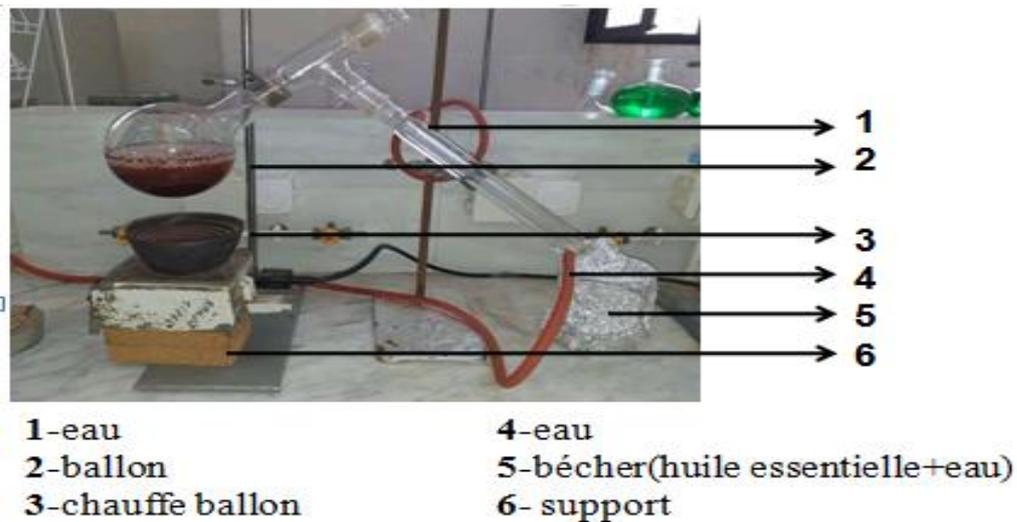


Figure III.3. Montage d'hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger

Photo originale

III.2.1.1.2. Mode opératoire pour l'extraction de l'huile essentielle de cannelle de chine :

- Rinçage de la cannelle de chine avec de l'eau distillée.
- Séchage de la cannelle
- Concassage de la cannelle (figure III.3).
- Peser 38.5g de la cannelle.
- la matière végétale sèche est immergée dans un ballon de 1L rempli à 300ml d'eau distillée.
- L'ébullition du mélange pendant 2à 3heures.
- La vapeur condensée coule dans une fiole.
- On verse le contenu de la fiole dans une ampoule à décanter.
- On couvre l'ampoule par un papier aluminium et on laisse à reposer pendant 24h à l'abri de la lumière.
- L'huile essentielle de la Cannelle de Chine a été récupérée en premier dans un flacon car elle possède une densité supérieure à celle de l'eau. A ce propos, **Djeddi, 2018** confirmait que contrairement aux autres huiles essentielles ayant une densité inférieure à l'eau allant de 0.85 à 0.95, trois huiles essentielles dites lourdes (l'huile de cannelle, de saffras et de girofle) possèdent une densité supérieure à l'eau.



Figure III.4. Concassage des batonnets d'écorce de la Cannelle de Chine

Photo originale

Cette opération a été reproduite plusieurs fois afin d'obtenir une quantité suffisante de l'huile essentielle (Sedik ,2010) car la quantité de l'huile essentielle doit être importante puisqu'elle sera destinée à trois types d'évaluation (antibactérienne, antifongique et antioxydante). Tandis que la technique d'extraction se déroule en deux étapes l'hydrodistillation et la décantation.

III.2.1.2. Rendement en huile essentielle :

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue après l'extraction et la masse du matériel végétal sec utilisé .Messadia, 2015 ; Medjani et Magmoun, 2017). Il sert à exprimer en pourcentage le rendement de l'huile par la formule suivante (Afnor, 2000 ; Fekih, 2014) :

$$R_{HE} = (M_{HE} / M_V) \times 100$$

Avec:

R_{HE}: Rendement en huile essentielle (%).

M_{HE} : Masse de l'huile essentielle (g).

M_V: Masse de matériel végétal sèche (g).

III.2.2. Caractérisation physique :

III.2.2.1. Détermination de la densité relative :

La densité relative de l'huile essentielle est définie comme étant le rapport des volumes égaux de l'huile et de l'eau distillée à 20 C°. La densité est mesurée successivement sur la base du poids exact du flacon selon trois états différents cités ci-dessous (vide, rempli d'eau purifiée, remplie avec l'huile essentielle). La densité relative est donnée par la formule (Kaloustian et al. 2012) :

$$d = (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)$$

m_0 : est la masse en gramme du flacon vide en (g).

m_1 : est la masse en gramme du flacon rempli d'eau purifiée en (g).

m_2 : est la masse en gramme du flacon rempli d'huile essentielle en (g).

III.2.2.2. Indice de réfraction (norme NF T 75 – 112):

L'indice de réfraction de l'huile essentielle de la Cannelle de Chine est mesuré à l'aide d'un réfractomètre d'Abbe en plaçant une goutte de l'huile essentielle sur le prisme du réfractomètre. La lecture de la valeur doit être effectuée après le réglage par la micro visse existante.

L'indice de réfraction à une température autre que la température de référence (20 C°), n'est pas fiable. Selon Kaloustian et al. (2012), une correction doit être faite à 20 C° considérée comme température de référence ; Et ce à l'aide de la formule citée ci-dessous.

$$n^{20} = n^t + 0,00045 (T - 20^\circ\text{C})$$

n^{20} : Indice de réfraction à 20°C.

n^t : Indice de réfraction à température ambiante (de mesure).

T : Température ambiante.

III.2.3. Activité antimicrobienne :

Le terme "agent antimicrobien" est défini comme étant toute substance utilisée afin de détruire les micro-organismes ou stopper leur croissance, y compris, agents antibactériens. Ils sont utilisés depuis des décennies pour le traitement des maladies transmissibles et la prévention des infections (CCE, 2001). Le mode d'action des agents antibactériens peut être :

Bactériostatique, lorsque la substance inhibe la multiplication des bactéries ou **bactéricides** : lorsque la substance détruit totalement les bactéries.

Pour évaluer l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de cannelle de chine in vitro vis-à-vis de différentes souches bactériennes et fongiques, il est nécessaire de suivre deux différentes méthodes :

- Méthodes de diffusion
- Méthodes de dilution

Selon **Michel (2011)**, Ces deux méthodes sont communément employées pour l'évaluation de l'activité antimicrobienne d'une substance naturelle ou d'un extrait végétal.

III.2.3.1. Méthodes de diffusion :

III.2.3.1.1. Principe :

L'activité antimicrobienne des huiles essentielles a été testée sur les souches de références citées précédemment (dans la partie « matériel expérimental ») ; Et selon la méthode de diffusion de disque proposée par le Comité National pour les Normes de Laboratoire Clinique (**NCCLS, 2001**) : « *en utilisant 100 µl de suspension microbienne, contenant 2x10⁸ UFC / ml pour les bactéries, 1- 5x10⁶ UFC / ml pour Candida albicans. La gélose Mueller-Hinton et la gélose Sabouraud stérilisées ont été distribuées dans des boîtes de Petri stérilisées de 9 cm de diamètre, après solidification, elles ont été inoculées avec les microorganismes testés. Les disques de papier filtre (6 mm de diamètre) imprégnés de 10 µl d'huile sont ensuite placés sur les géloses. Les boîtes de Petri ont été maintenues à 4 ° C pendant 2 h, puis incubées à 37 ° C pendant 24 h pour les bactéries et à 30 ° C pendant 24 et 48 h pour la levure. Les diamètres des zones d'inhibition (mm) ont été mesurés, y compris le diamètre des disques* ».

Dans le but d'avoir plus d'exactitude, tous les tests ont été effectués en deux fois. Les huiles essentielles seront ainsi classées selon l'échelle proposée par **Ponce et al. 2003**.

Tableau III.2. Classement des huiles essentielles (Ponce et al. 2003)

Huile essentielle	Diamètre d'inhibition
Non active (-)	Diamètre \leq 8mm
Active (+)	9 < diamètre < 14mm
Très active (++)	15 < diamètre < 19mm
Extrêmement active (+++)	\geq 20mm

Cette technique de diffusion sur disque consiste à une détermination qualitative de la sensibilité des souches microbiennes utilisées par rapport à une substance jugée antimicrobienne (**figure**). Le principe est d'en déterminer le pouvoir migratoire de l'extrait aqueux à l'intérieur d'une boîte de Pétri contenant un milieu de culture nutritif (**Chelli-Chentouf et al. 2015**)

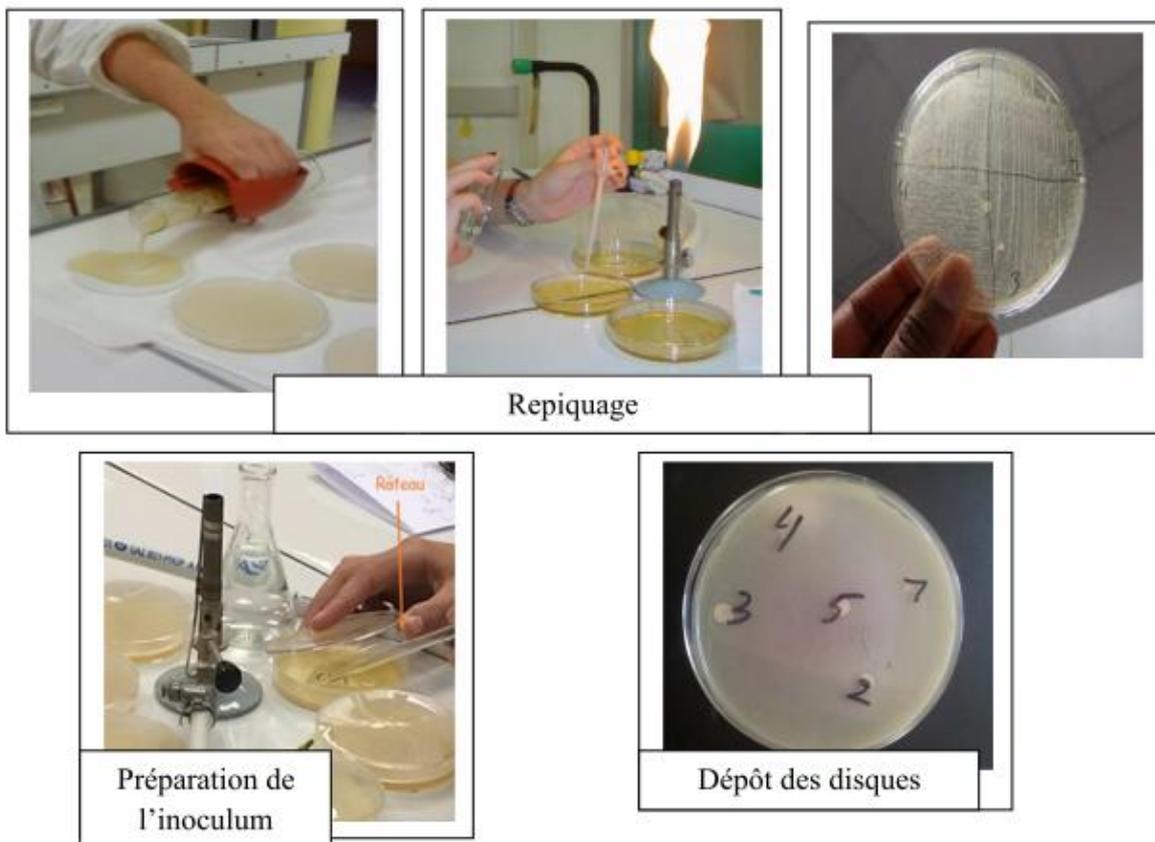


Figure III.5. Principe de la méthode de diffusion sur disque (Amini C. et Hamidouche S., 2016)

III.2.3.1.2. Mode opératoire :

III.2.3.1.2.1. Reisolement des souches microbiennes :

III.2.3.1.2.1.1. Test antibactérien

- Il doit être fait sur des cultures jeunes de (18 à 24 heures) en phase de croissance exponentielle
- Les souches sont entretenues par repiquage sur la gélose nutritive
- Les boîtes de pétri sont placées dans une étuve à 37 °C pendant 24 heures.

III.2.3.1.2.1.2. Test antifongique

- Les souches fongiques sont cultivées sur la gélose sabouraud
- Les boîtes de pétri après repiquage, sont placées dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures. (Yezza, 2015)

III.2.3.1.2.2. Préparation des suspensions microbiennes :

Selon **Haddad et al (2016)** : « A l'aide d'une pipette pasteur flambée, on racle 2 à 3 colonies bien isolées que l'on décharge dans un volume d'environ 5ml d'eau physiologique (de façon à obtenir une suspension d'une opacité approximativement de 0.5 Mc Farland) ».

III.2.3.1.2.3. Ensemencement des boîtes de pétri :

Pour les bactéries :

Pour les souches bactériennes, les étapes sont citées ci-dessous :

- Imbibition d'un écouvillon stérile de la suspension bactérienne.
- Essorage de l'écouvillon en pressant fortement sur la paroi interne du tube pour assurer un déchargement maximal.
- Frottement de l'écouvillon sur la surface gélosée totale en allant du haut vers le bas et en stries serrés.
- L'opération doit être refaite deux fois consécutives tout en tournant la boîte d'un angle de 60°, après chaque application.

- Le but est d'en avoir une culture homogène en nappe (on utilise MH) (**Haddad et al, 2016**).

Pour la levure :

Les boîtes en milieu sabouraud préalablement séchées, sont immergées avec 5 ml d'inoculum fongiques (*C. albicans*) pour la boîte de 90 mm. L'excédent de liquide est aspiré à la pipette.

Medjani et Magmoun, 2017

III.2.3.1.2.4. Dépôt des disques :

Selon **Haddad et al (2016)** : « Les disques utilisés sont des disques de papier buvard de 6mm de diamètre, stérilisés dans un stérilisateur Binder ED115 à 180°C pendant 1h30. Ils sont déposés, à l'aide d'une pince stérile, sur la surface des géloses préalablement ensemencé par les suspensions microbiennes, les disques doivent être espacés d'au moins 24mm centre à centre ».

III.2.3.1.2.5. Mesure des diamètres des zones d'inhibition :

Le diamètre de la zone d'inhibition est mesuré en mm. Il sert à traduire l'activité antibactérienne de l'huile essentielle. Ce diamètre dépend étroitement la sensibilité de l'huile essentielle (**Benkeblia, 2004; Hanif et al. 2011**).

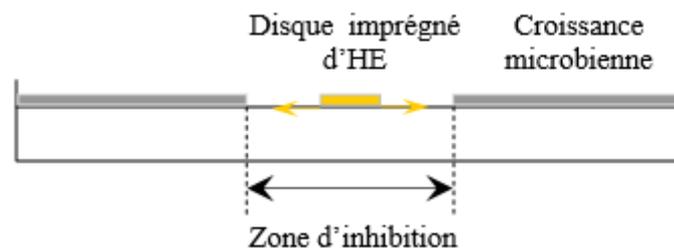


Figure III.6. Diffusion sur milieu gélosé (Ponce et al. 2003).

III.2.3.1.3. Lecture

Après avoir déposé le disque imbibé d'huile essentielle, sur un disque de papier. La lecture aura lieu après l'incubation sur la base des mesures la zone d'inhibitions à l'aide d'un pied à coulisse

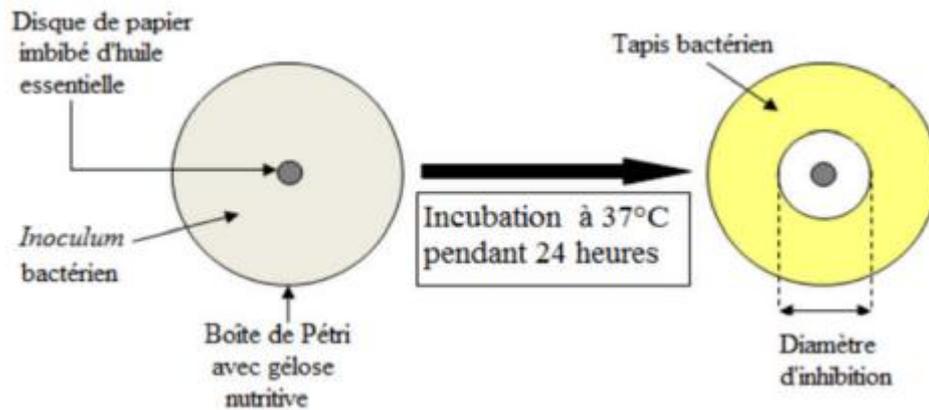


Figure III.7. Détermination de l'activité antimicrobienne par diffusion par disque

Exemple : cas des Bactéries (Bourabah et Oussar, 2013)

III.2.3.2. Méthode de dilution :

La méthode de dilution est destinée pour les souches microbiennes de référence utilisées et qui ont présenté une certaine sensibilité à l'huile essentielle de la Cannelle de Chine par la méthode de diffusion. Elle peut se faire sur le milieu liquide et solide. Elle est considérée comme une méthode de référence pour la déterminer la concentration minimale inhibitrice.

Le principe consiste à faire une série de dilution d'une gamme de concentrations décroissantes en huile essentielle de la cannelle de chine et dont un inoculum microbien est mis en contact avec ces concentrations. Le but est de déterminer la concentration la plus faible de l'huile essentielle de la cannelle de Chine qui inhibe la croissance des souches testées exprimée en $\mu\text{l/ml}$ ou mg/ml .

III.2.3.2.1. Dilution en milieu liquide

III.2.3.2.1.1. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) en milieu liquide :

III.2.3.2.1.1.1. Principe :

La technique consiste à introduire l'inoculum microbien dans une gamme de concentration décroissante en huile essentielle de la Cannelle de Chine. L'incubation des tubes inoculés est faite à une température optimale pour la croissance du germe pendant 24 à 48 h. Après cela, l'observation de la gamme permet d'accéder à la CMI de l'huile essentielle qui est le premier tube dénué de croissance microbienne.

Il existe plusieurs techniques de dilution pour la détermination de la CMI, à savoir la macrodilution en milieu liquide (Singh, Shushni & Belkheir, 2011), la microdilution en milieu solide (Ponce, Fritz, Del Valle & Roura, 2003) et la microdilution en milieu liquide (Cosentino *et al.* 1999).

III.2.3.2.1.1.2. Justification de choix de cette méthode :

Nous avons choisi de travailler avec la technique de macrodilution (dite dilution en milieu liquide) que de la microdilution suite à plusieurs facteurs. Parmi lesquels :

- La simplicité de cette technique qui peut être réalisée en toute rapidité au niveau de notre laboratoire.
- Le rendement en huile essentielle de la cannelle de Chine est supérieur à 1, ce qui rend l'utilisation par des millimètres de l'huile essentielle et non pas par des microlitres comme pour la microdilution.

III.2.3.2.1.2. Mode opératoire :

III.2.3.2.1.2.1. Pour les bactéries

III.2.3.2.1.2.1.1. Préparation de la gamme de concentration de l'huile essentielle :

Une gamme de concentration décroissante de l'huile essentielle de la cannelle de Chine a été préparée à partir de la solution mère. Les concentrations varient de 2560µg/ml à 10µg/ml ; Et ce selon la technique de dilution en progression géométrique à raison de 2.

III.2.3.2.1.2.1.2. Ensemencement :

Les concentrations finales sont obtenues après :

- L'addition dans les tubes à essais de 1ml de chaque dilution de l'huile essentielle, après cela 9ml de l'inoculum à 10⁶ cfu/ml est ajoutée à ces tubes.
- L'ajout de 0.15% d'agar pour chaque tube après l'agitation.
- La réalisation de deux tubes témoins sans huile essentielle: le premier avec l'alcool éthylique et le deuxième sans alcool.

III.2.3.2.1.2.1.3. Incubation:

Cette technique consiste à Incuber les tubes à 30°C pendant 18 à 24h sous agitation permanente.

III.2.3.2.1.2.1.4. Lecture :

La CMI est indiquée après incubation par le puit qui contient la plus faible concentration de de l'huile essentielle où aucune croissance n'est visible à l'œil nu (troubles).

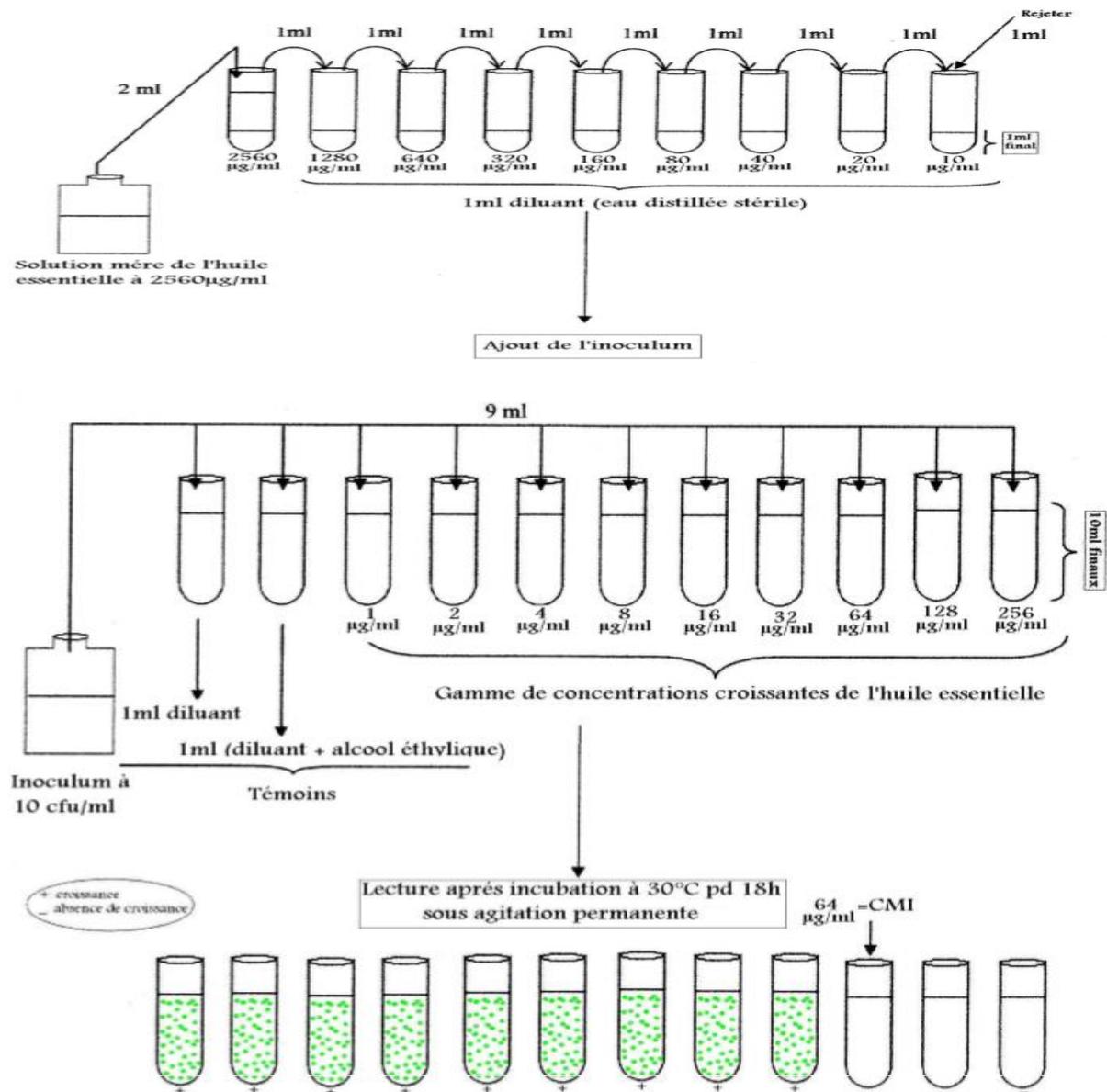


Figure III.8. Détermination de la CMI par la méthode de dilution en milieu liquide. (Khadri, 2009)

III.2.3.2.1.2.2. Pour les levures

La CMI des souches fongiques se fait par la même méthode et selon le même protocole expérimental de la détermination de la CMI des souches bactériennes, sauf que le milieu Muller Hinton doit être remplacé par le milieu sabouraud pour la levure et le temps d'incubation est plus long, il est de 48 à 72h à une température ambiante de 27°C.

III.2.3.2.2. Dilution en milieu solide

III.2.3.2.2.1. Principe

La méthode de dilution en milieu solide permet de faire une évaluation quantitative de l'huile essentielle de la cannelle de chine. Le principe selon **Perrin (2018)** sert à : « *incorporer une concentration finale donnée dans du milieu de culture standard gélosé maintenu en surfusion à 45°C. Une série de boîtes de Pétri est préparée avec des concentrations d'antibiotique variant selon une progression géométrique de raison 1/2* ».

III.2.3.2.2.2. Mode opératoire

III.2.3.2.2.2.1. Pour les bactéries

III.2.3.2.2.2.1.1. Préparation de dilutions de l'huile essentielle de la cannelle de chine

D'après **Perrin (2018)**, les inoculums des différentes souches à tester doivent être réalisées sur les différentes boîtes de pétri contenant les différentes concentrations de l'antibiotique à tester.

- Une quantité de 1mL d'huile essentielle de cannelle est incorporée dans 49 ml d'un milieu gélosé fondu puis refroidi à 45°C. O
- Une agitation est effectuée à l'aide d'un agitateur magnétique pour homogénéiser le mélange, ce qui permet d'obtenir une dilution à 2% volumes à volumes (v/v).
- Un prélèvement de 25mL de ce mélange (HE + milieu gélosé) est effectué et qui sera versé dans deux boîtes de pétri à raison de 12.5 ml.
- L'ajout de 25mL du milieu gélosé liquéfié au 25mL restant de la dilution à 2%, une dilution à 1% est obtenue, dont 25mL sera versée dans deux boîtes de pétri. Les 25ml restant serviront à la préparation d'une dilution à 0.5%.

- Les mêmes manières doivent être suivies pour la réalisation des autres dilutions (Chabert ,2013 *in* Medjani et Magmoun, 2017).

III.2.3.2.2.1.2. Ensemencement :

D'après Perrin (2018), les boîtes ensemencées sont incubées .la lecture est alors effectuée : il s'agit de repérer l'emplacement de chaque souche et de noter une croissance visible ou une absence de croissance visible.

III.2.3.2.2.2. Pour les levures

La même technique est suivie pour la caractérisation de l'activité antifongique de l'huile essentielle de la cannelle de chine sauf que le milieu gélosé est remplacé par un milieu sabouraud.

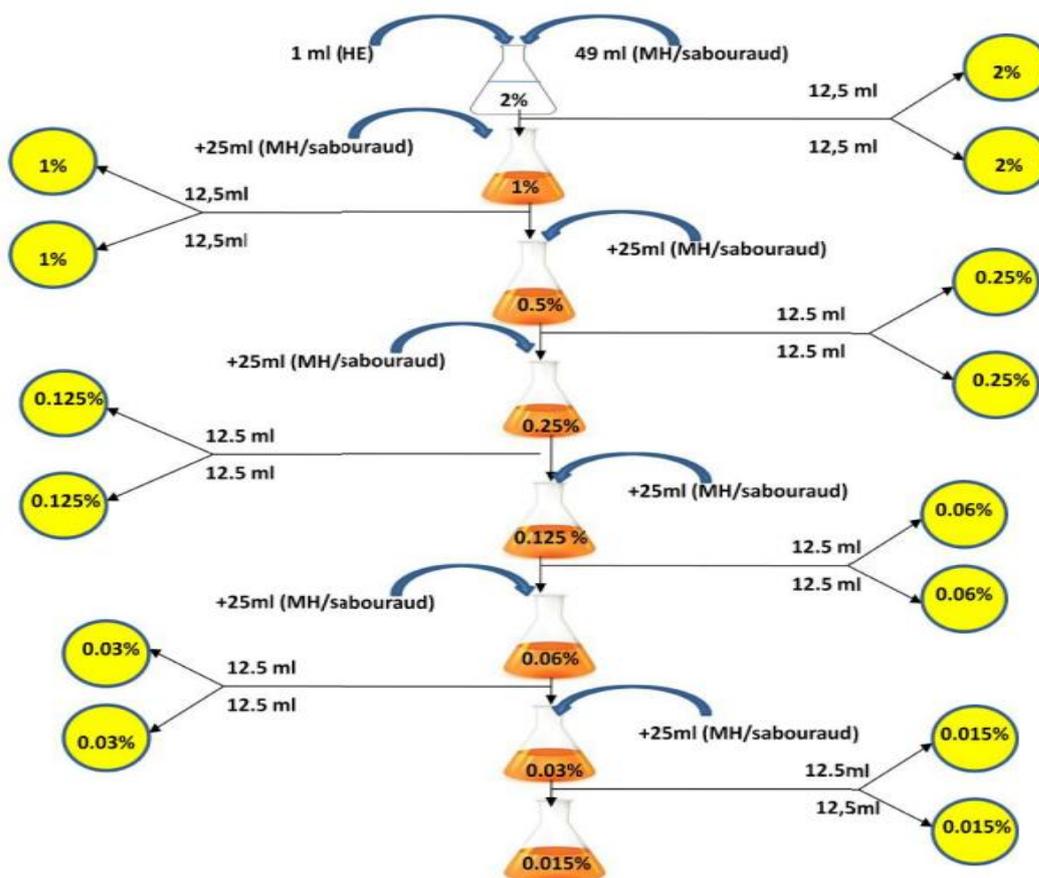


Figure III.9. Récapitulatif de préparation des différentes étapes de la préparation des dilutions en milieu solide (pour les bactéries et la levure) (Medjani et Magmoun, 2017).

III.2.3.2.3. Détermination de la CMB et CMF :

III.2.3.2.3.1. Détermination de la CMB :

La concentration minimale bactéricide (CMB) est définie comme étant la concentration minimale en huile essentielle nécessaire pour que l'action bactéricide soit totale. Elle représente la plus faible concentration où aucune croissance n'est observée après repiquage en milieu nutritif frais (**Singh et al. 2011**) ou bien la concentration capable d'engendrer 99,9% de mortalité des cellules bactériennes initiales (**Moreira, Ponce, Del Valle, & Roura, 2005; Ponce et al. 2003**). Ce qui correspond dans notre étude à un dénombrement bactérien inférieur à 10^2 cfu/ml après 24heurs d'incubation (Inoculum initial est de 10^6 cfu/ml).

Selon **Khadri (2009)** : « *Un volume de 0.1 ml de tous les tubes qui ne montrent pas de turbidité est subcultivé sur un milieu gélosé puis incubé à 30°C pendant 18h à 24h. La concentration minimale bactéricide correspond à la plus petite concentration de l'huile essentielle correspond à un dénombrement bactérien inférieur à 10^2 cfu/ml* ».

III.2.3.2.3.1.1. Mode opératoire :

- Le test de la CMB succède directement au test de la CMI.
- La même gamme de concentration réalisée par la technique de dilution par la CMI est utilisée pour déterminer la CMB d'huile essentielle à tester.
- Subcultiver 0.1ml de tous les tubes qui ne montrent pas la turbidité sur un milieu gélosé.
- Incubation à 30°C pendant 18 à 24h.
- La lecture : la CMB correspond à la plus petite concentration de huile essentielle correspond à un dénombrement bactérien inférieur à 10^2 cfu /ml.

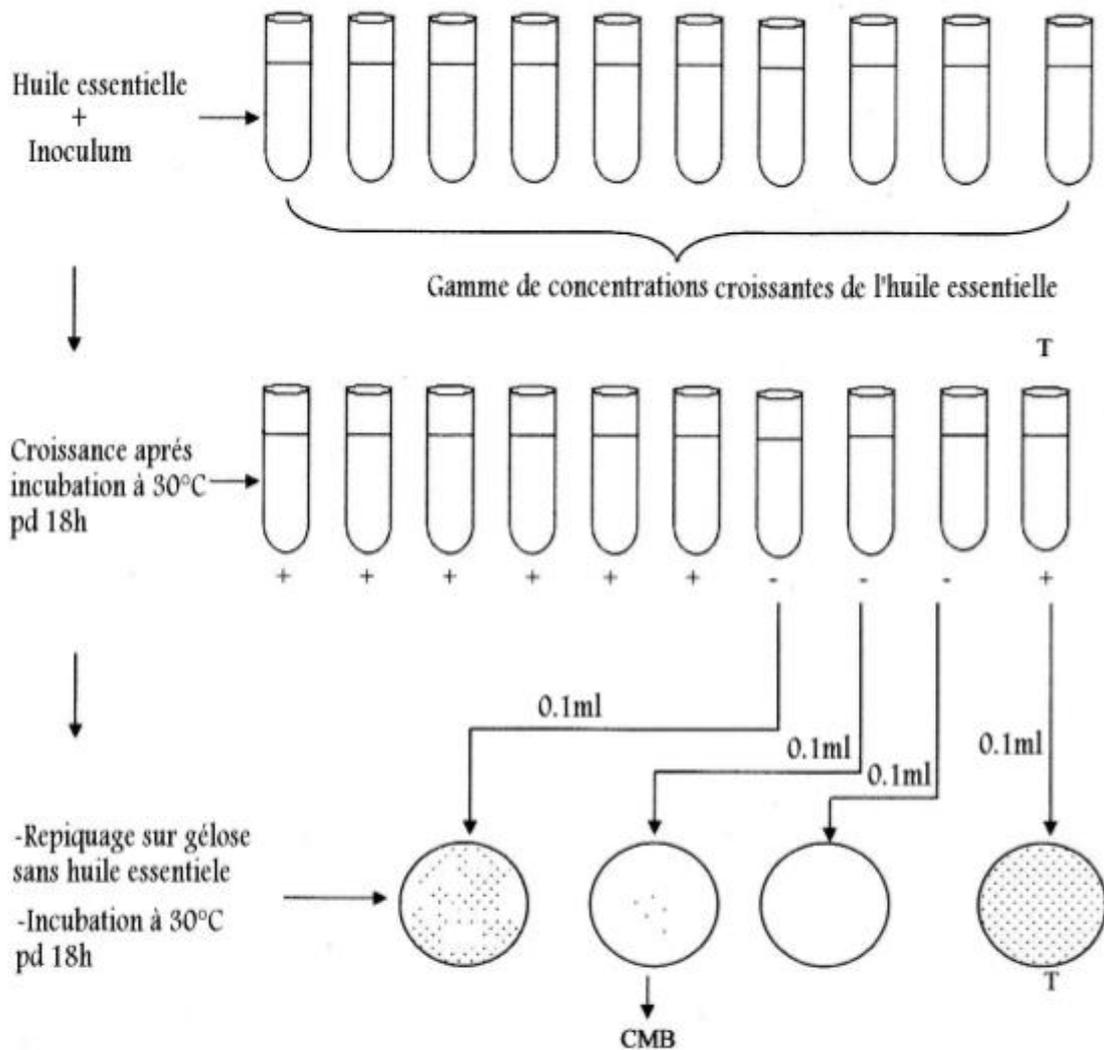


Figure III.10. Détermination de la CMB (KHADRI S., 2009)

III.2.3.2.3.2. Détermination de la CMF :

La CMF est définie comme étant la concentration minimale fongicide dont laquelle les huiles essentielles agissent selon deux modes d'action sur les souches fongiques, soit *fongistatique* en bloquant la croissance des champignons testés, soit *fongicide* en les tuant. La détermination de la concentration minimale fongicide CMF, a été faite selon les étapes suivantes :

- Une suspension a été réalisée pour un volume de 0.1ml dans des tubes sans croissance visible
- L'ensemencement s'effectue à la surface de la gélose sabouraud coulée en boites de pétri,

- L'incubation des boîtes à une température ambiante de 27°C pendant 48 à 72h.
- La lecture de la CMF de l'huile essentielle est déduite à partir de la première boîte dépourvue de croissance fongique.

III.2.3.2.4. Le rapport CMB/CMI (CMF/CMI) :

Selon (Levison, 2004 in Medjani et Magmoun, 2017) : « Lorsque le rapport CMB/CMI (CMF/CMI) est inférieur ou égal à 4, l'huile essentielle est bactéricide et/ou fongicide. Quand ce rapport est supérieur à 4, l'huile essentielle est dite bactériostatique et /ou fongistatique »

III.2.4. Evaluation de l'activité antioxydante :

Les phénomènes d'oxydation provoquent des changements sur les aliments en affectant la saveur, la couleur, l'odeur et donc la qualité nutritionnelle de ces produits. (Edet, 2004). L'évaluation de l'activité antioxydante s'est basée sur le principe de la mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH (1,1- Diphenyl-2-picrylhydrazyl). Le test de DPPH est effectué selon la méthode décrite par Bruits et Bucar (2000) dont les étapes se déroulent comme suit : « où 50µl de chacune des solutions méthanoliques des HE testées à différentes concentrations (200µg/ml, 400 µg/ml, 600 µg/ml, 800 µg/ml et 1000µg/ml) sont mélangées avec 5ml d'une solution méthanolique de DPPH (0,004%). Après 30 min, l'absorbance est lue à 517nm. L'inhibition du radical libre DPPH par la vitamine E a été également analysée à la même concentration pour la comparaison ». Ce test de DPPH est très utilisé car il est rapide, facile et non couteux (Hadbaoui, 2008).

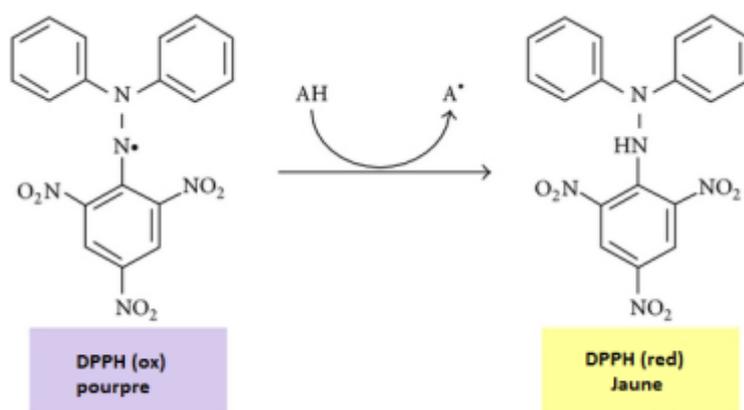


Figure III.11. Principe de piégeage des radicaux libres de DPPH (Beddiar,2016)

III.2.4.1. Paramètres de calcul de l'activité antioxydante :

III.2.4.1.1. Détermination du pourcentage d'inhibition

Pourcentage d'inhibition du DPPH (I%) est calculé de la manière suivante (Yen & Duh, 1994) :

$$I\% = (A \text{ blanc} - A \text{ échantillon}) \times 100 / A \text{ blanc}$$

Avec :

I% : Pourcentage d'inhibition

A blanc : Absorbance du blanc (DPPH dans le méthanol) à T = 0 mn.

A échantillon : Absorbance du composé d'essai. (T = 30 mn)

III.2.4.1.2. Index IC₅₀

L'IC₅₀ est défini comme étant un paramètre qui estime la concentration d'antioxydant requise pour réduire la concentration initiale de 50% (Sharififar et al, 2007), il est inversement lié à la capacité antioxydante (Sharififar et al, 2007). Cela veut dire que ce paramètre évalue la dose de l'huile essentielle nécessaire pour neutraliser 50% des radicaux DPPH.

L'index IC₅₀ a été déterminé à la fin de la réaction par le biais d'une extrapolation qui a été faite en traçant la courbe de pourcentage du DPPH inhibé (I %), en fonction des concentrations en huiles essentielles et en acides ascorbiques.

III.2.4.1.3. Temps d'équilibre TC₅₀

Le TC₅₀ est défini comme étant le temps atteint à l'équilibre avec une concentration d'antioxydant égale à IC₅₀ (Sharififar et al. 2007). Ce paramètre est déterminé graphiquement (Torres et al. 2006 ; Sharififar et al., 2007; Benghendjiouna, 2015).

Tous les essais ont été réalisés en trois répétitions. Tandis que le contrôle négatif est basé sur le mélange de 1ml de la solution éthanolique au DDPH et de 1 ml d'éthanol. Par contre, le contrôle positif est composé par une solution d'acide ascorbique dont l'absorbance est mesurée dans les mêmes conditions que l'échantillon testé (Molyneux, 2004).

III.2.4.1.4. Calcul de l'activité antiradicalaire

L'activité antiradicalaire est déterminée en calculant l'inverse des valeurs des IC₅₀

$$A (AR) = 1 / IC_{50}$$

Avec:

A (AR): Activité antiradicalaire

IC₅₀ : Index IC₅₀

III.2.4.2. Mode opératoire :

Le test de DPPH a été effectué selon le protocole **d'Atoui et al. (2005)**

- Préparation de la solution de DPPH à la concentration de 0.025mg/ml dans du méthanol.
- Préparation de la solution d'extrait dans du méthanol à différentes concentrations.
- Préparation de la gamme d'acide ascorbique dans le méthanol (standard) à différentes concentrations (0,2-7,5 µg/ml).
- Un volume de 50µl des différentes concentrations de chaque extrait est ajouté à 1950 µl de la solution du DPPH.
- Pour chaque concentration un blanc est préparé ce qui concerne le contrôle négatif, en mélangeant 50µl du méthanol avec 1950 µl de la solution de DPPH.
- Incubation pendant 30 min à température ambiante, à l'obscurité.
- Chaque concentration est répétée trois fois.
- la lecture des absorbances est effectuée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Rendement en huile essentielle

Le rendement en huile essentielle de la cannelle se situe entre 0.2% et 1 % au Sri-Lanka et entre 0.5 et 1%, voire 2.5% dans les pays occidentaux (**Edet, 2004**). Une étude faite en Chine sur l'écorce de la cannelle de Chine à permis d'extraire 3.43% d'huile essentielle de très bonne qualité, avec un très bon rendement (**Guangyu et al, 2003**).

Les résultats obtenus pour notre étude montrent que le rendement en huile essentielle de la cannelle de chine est estimé à 3.73%. La teneur en huile essentielle de cannelle de Chine est 1% à 4% (**Teuscher et al, 2005**).

Tableau IV.1. Le rendement en huile essentielle par hydrodistillation selon plusieurs auteurs.

Auteur	Rendement en huile essentielle (%)
Wang et al, 2009	1,54
Boungab et al, 2014	1.5
Tao et al, 2015	2.50
Benghenima, 2015	1,18
Zenati et al, 2016	1.7
Amini & Hamidouche, 2016	6.70
Medjani & Magmoun, 2017.	3.16-3.71

Nous avons effectué un examen organoleptique à l'huile essentielle de la cannelle de chine, obtenue par hydrodistillation. Cet examen consiste à évaluer l'aspect, la viscosité, la couleur, et l'odeur de cette huile essentielle. Selon **Faucon , (2015)** : « *La plupart des huiles essentielles sont des liquides plus ou moins limpides ou visqueux, souvent incolores, jaune pâle ou légèrement orangés ou encore colorés par des molécules de liaisons « insaturées », multiples donnant à l'huile essentielle une coloration particulière* ».

L'examen montre que notre huile essentielle est un liquide mobile et limpide, se caractérisant par une couleur Jaune ou brun-rouge et d'odeur similaire à celle de l'aldéhyde cinnamique, ce qui conforme avec les propriétés organoleptiques citées dans la **pharmacopée européenne, 2008**.



Figure IV.1. Huile essentielle de la cannelle de Chine obtenue par hydrodistillation. Photo originale

IV.2. Détermination des propriétés physiques :

La caractérisation physico-chimique de l'huile essentielle de la cannelle de chine est indispensable pour la détermination de ses vertus thérapeutiques. Selon **Dhifi (2016)** Ceci permet, en partie, d'expliquer et de prévoir l'activité médicale même si elle n'est pas réduite seulement à l'activité biochimique. (**Dhifi, 2016**)

IV.1.1. Densité relative

Selon la 6^{ème} édition de la pharmacopée française et selon la norme internationale ISO3216, la densité relative de l'huile essentielle de la cannelle de chine doit être comprise entre 1.052 et 1.070. Cela signifie que la densité de toutes les études consultées est dans les normes requises.

Tableau IV.2. Densité relative de l'huile essentielle selon différents auteurs.

Auteur	Densité relative de l'huile essentielle
Razafindramiarana et al 1985	1,019
Guenther et al 1950	1,055 à 1,070
Koroch et al 2007	1.058
Medjani & Magmoun 2017.	1.067

IV.1.2. Indice de réfraction

L'indice de réfraction détermine la pureté de l'huile essentielle et vérifie la qualité de sa distillation. Cet indice est généralement élevé, et supérieur à celui de l'eau à 20°C = 1.33. Selon la pharmacopée européenne et selon la norme internationale ISO3216, pour la cannelle de chine, il doit être compris entre 1,600 à 1,614.

Tableau IV.3. Indice de réfraction selon plusieurs auteurs.

Auteur	Indice de réfraction
Guenther <i>et al</i> 1950	1,6 à 1,606
Razafindramiarana <i>et al</i> 1985	1,3724
Koroch <i>et al</i> 2007	1.6119
Medjani et Magmoun 2017.	1.610

IV.3. Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de la cannelle de chin

IV.3.1. Evaluation de l'activité antibactérienne

IV.3.1.1. Evaluation de l'activité antibactérienne par la technique de diffusion

Les résultats issus des différents travaux antérieurs qui permettent de caractériser l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de la cannelle de chine par le biais de la méthode de diffusion, sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.4. Diamètres des zones d'inhibition provoqués par l'huile essentielle de la cannelle de chine testées sur des souches bactériennes (10 µL).

Souches	Diamètre d'inhibition	Auteurs	Conclusion
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	20 mm	Bourabah et Oussar , 2013	Extrêmement active (+++)
	29 mm	Medjani et Magmoun ., 2017.	
	57.5 mm	Djilali et al, 2017	
	36 mm	Zenati ., 2016	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	13.1 mm	Bourabah et Oussar 2013	Active (+)
	18 mm	Medjani et Magmoun 2017.	Très active (++)
	15 mm	Zenati 2016	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	21.6 mm	Bourabah et Oussar 2013	Extrêmement active (+++)
	35 mm	Medjani et Magmoun, 2017.	
	55 mm	Djilali et al, 2017	

L'analyse des données du tableau permet de conclure que l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de la cannelle de chine, testée à une concentration de 10 µL, est plus importante chez les deux bactéries (*Escherichia coli* ATCC 25922 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923). D'après la classification de **Poce et al (2003)**, l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia* s'avère extrêmement active vis-à-vis ces deux souches bactériennes, et elle est active à très active en vers la troisième souche bactérienne *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853. Ceci permet de dire que toutes les bactéries testées présentent une sensibilité par rapport à l'huile essentielle de la cannelle. Ce résultat est en adéquation avec la littérature scientifique (**Barbie, 2014**).

L'huile essentielle de la cannelle de chine appartient à la catégorie des huiles essentielles possédant le plus fort pouvoir antibactérien. (**Edet, 2004 ; Kaloustian et al, 2008 et Medjani et Magmoun, 2017**). Cela s'explique par la présence de cinamaldéhyde en grande majorité dans l'huile essentielle de la cannelle de chine qui d'après **Barbier (2014)**, est responsable de

l'inhibition de la production d'enzymes par les bactéries et/ou des dégâts provoqués à la paroi des bactéries. Ce constituant fait partie des aldéhydes les plus actifs contre les bactéries Gram positives et Gram négatives.

IV.3.1.2. Evaluation de l'activité antibactérienne par la technique dilution

IV.3.1.2.1. Résultats obtenus par la dilution en milieu liquide

La méthode de dilution en milieu liquide sert à délimiter l'intervalle de concentration qui inhibe réellement la croissance bactérienne.

Tableau IV.5. Récapitulatif des résultats de la méthode de dilution en milieu liquide selon plusieurs auteurs.

Souches	CMI	CMB	CMB/CMI	Auteurs
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	0.00125mg/ml	2.5	2	Djilali et al, 2017
	3.2mg/ml	/	/	Beddou, 2016
	1.25mg/ml	/	/	Miqueletti et al, 2018
	0.0005mg/ml		/	Mith et al, 2014
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	12.8mg/ml	/	/	Beddou, 2016
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	0.00625mg/ml	2.5	4	Djilali et al, 2017
	6.4mg/ml	/	/	Beddou, 2016

L'huile essentielle de la cannelle de chine a entraîné une importante activité inhibitrice vis-à-vis des trois bactéries testées mais avec des valeurs plus ou moins différentes. Les effets synergiques entre la composition chimique et les groupes fonctionnels des composés majoritaires d'une huile essentielle (Oussalah et al 2006), sont à l'origine des valeurs élevées de CMI enregistrés dans la majorité des études consultées

Il est à noter que la valeur de la CMB est souvent égale ou plus élevée que celle de la CMI. Ce qui justifie la valeur positive du rapport CMB/CMI, selon Oussou et al 2008, ce rapport s'il est inférieur à 4, cela signifie que l'huile essentielle est considérée comme bactéricide. Pour l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia* cet effet est bactéricide contre *Escherichia coli* et bactériostatiques contre *Staphylococcus aureus* Djilali et al, 2017

Une nette différence est constatée dans la sensibilité à l'huile essentielle de la cannelle de chine d'une bactérie à une autre, d'après **Alzoeky et Nakahara (2003)** La bactérie *Staphylococcus aureus* est l'espèce la plus sensible par les CMI les plus faibles. Par contre la bactérie *Pseudomonas aeruginosa* s'est justifiée comme la plus résistante.

IV.3.1.2.2. Résultats obtenus par la dilution en milieu solide

Tableau IV.6. Récapitulatif des résultats de la méthode de dilution en milieu solide selon plusieurs auteurs.

Souches	CMI	CMB	CMB/C	Auteurs
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	0.001-0.004mg/ml	/	/	Lu et al, 2011
	0.63 mg/ml	1.25 mg/ml	/	Zenati ., 2016
	3,2 x 10 ⁻⁴ mg/ml	0.00125mg/	4	Medjani et Magmoun , 2017.
	0.00625mg/ml	/	/	Selles et al, 2017
	/	1.25mg/ml	/	Miqueletti dos Santos et al, 2018
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	2.5	2.5	/	Zenati. 2016
	6,4 x 10 ⁻⁴ mg/ml	0.00125mg/ml	2	Medjani et Magmoun, 2017.
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	6,4 x 10 ⁻⁴ mg/ml	0.00125mg/ml	2	Medjani et Magmoun , 2017.

Ces résultats ne font que confirmer ce qui a été montré dans les résultats de la dilution en milieu liquide. L'huile essentielle de cannelle de chine est qualifiée de bactéricide sur *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, et de bactériostatique sur *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Tout en déstabilisant la membrane cellulaire (**Inouye et al. 2001**). Ceci est dû à l'action des phénols et des aldéhydes comme le cinnamaldéhyde, qui réagissent avec les macromolécules (protéine, acide nucléiques) pour modifier leur structure.

Plusieurs auteurs confirmaient que l'huile essentielle de la cannelle de chine a une activité bactéricide contre *Escherichia coli* **Canillac et Mourey, (2001)**, **Friedman et al., (2002)**, **Bruneton, (2009)**, **Pozzatti et al., (2010)** et **Unlu et al., (2010)**. Bien que l'HE de cassia est la plus efficace sur les souches testées, du essentiellement à son

Selon **Hammer et al., 2003; Burt, 2004 in Zenati, 2016**: « composé majoritaire le cinnamaldéhyde (reconnu pour son activité antimicrobienne), il en demeure que l'effet des composés mineurs n'est pas négligeable pour exhiber une activité antibactérienne impliqué dans les phénomènes de synergie entre les différents constituant qui peuvent être à l'origine d'une activité antibactérienne beaucoup plus prononcée que celle prévisible par les compose majoritaire ».

IV.3.2. Evaluation de l'activité antifongique

IV.3.2.1. Evaluation de l'activité antifongique par la technique de diffusion

L'intervalle du diamètre d'inhibition est récapitulé sur le tableau ci-dessous ; et ce selon des études antérieures effectuées par le biais d'une diffusion. Toutes les expérimentations citées consistent à montrer l'activité antifongique de l'huile essentielle de la cannelle de chine sur une seule souche fongique *Candida albicans*.

Tableau IV.7. Diamètres des zones d'inhibition provoqués par l'huile essentielle de la cannelle de chine testée sur une souche fongique

Souche fongique	Diamètre d'inhibition	conclusion	Auteurs
<i>Candida albicans</i>	34.9 mm	Extrêmement active (+++)	Bourabah et Oussar , 2013
	64 mm		Medjani et Magmoun , 2017.
	48 mm		Laaradj et al, 2018

Le diamètre d'inhibition est supérieur à 20 mm pour l'ensemble des études consultées. Selon l'échelle proposée de **Poce et al (2003)**, cela veut dire que l'huile essentielle de la cannelle de chine se montre comme extrêmement active (+++) vis-à-vis la souche *Candida albicans*.

Ce résultat est en accord avec la littérature scientifique (**Barbier, 2014**). Les huiles essentielles présentant une bonne activité antibactérienne sont aussi de bons antifongiques (**Kaloustian et al, 2008**).

IV.3.2.2. Evaluation de l'activité antifongique par la technique de Dilution

IV.3.2.2.1. Résultats obtenus par la dilution en milieu liquide

Tableau IV.8. Concentrations minimales inhibitrices de l'huile essentielle, selon différents auteurs

Souche	CMI	CMF	CMF/CMI	Auteurs
<i>Candida albicans</i>	0.1014µg/ml	/	/	Merghache et al, 2010
	0.0025	0.005	02	Laaradj et al, 2018

L'étude de l'activité antifongique par le biais d'une dilution sur milieu liquide, nous a permis de mettre le point sur le pouvoir antifongique de l'huile essentielle de la cannelle de chine vis-à-vis *Candida albicans*. De plus, le rapport CMF/CMI est inférieure à 4, ce qui signifie d'après (Cutler et al, 1994) que cette huile essentielle présente une activité fongicide vis-à-vis la souche fongique testée.

IV.3.2.2.2. Résultats obtenus par la dilution en milieu solide

Des colonies microbiennes se sont observées dans la boîte témoin dont la dilution est entre 0,015% et 0,06%, et ce dans l'ensemble des études consultées. Par contre aucune réaction n'a été observée au delà de la concentration 0,03%, jusqu'à 2%, ce qui permis de conclure que la CMF est égale à 0,06%

Tableau IV.9. Concentrations minimales inhibitrices de l'huile essentielle.

	CMI	CMF	CMF/CMI	Auteurs
<i>Candida albicans</i>	0.03µg/ml	0.06µg/ml	2	Medjani et Magmoun , 2017.

Les résultats du tableau montrent clairement l'activité fongicide de l'huile essentielle de la cannelle de chine contre la souche *Candida albicans*. Ce qui est confirmé par le rapport CMF/CMI est égal à 2, donc inférieur à 4 (Culter et al, 1994).

IV.3.4. Evaluation de l'activité antioxydante de la cannelle de chine

L'activité antioxydante d'une huile essentielle correspond à son pouvoir à résister à l'oxydation. Le radical DPPH est utilisé fréquemment pour l'évaluation de l'activité antioxydante de l'huile essentielle en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse (Bozin *et al.* 2008).

IV.3.4.1. Détermination du pourcentage d'inhibition

IV.3.4.2. Détermination de la valeur IC₅₀ :

Selon Pokorny *et al.* 2001, l'IC₅₀ détermine l'activité antioxydante de l'huile essentielle, ils sont inversement corrélés.

Tableau IV.10. Valeur d'IC₅₀ pour l'huile essentielle de la cannelle de chine

Auteur	IC ₅₀
Chang <i>et al.</i> 2013	6.16 ± 0.04 mg/mL
Zirar <i>et al.</i> 2014	6.30 ± 0.122
Brodowska <i>et al.</i> , 2016	147.23 µg/L
Medjani & Magmoun 2017.	1.610

IV.3.4.3. Détermination de l'activité anti-radicalaire

Tableau IV.11. Valeur de l'activité anti-radicalaire.

Auteur	Activité anti-radicalaire
Brodowska <i>et al.</i> 2016	5-50 µg/L
Medjani & Magmoun 2017.	1.610

Selon Edet, 2004 « L'équipe américaine de Lee en 2002, recherche le potentiel antioxydant dans les extraits volatiles de diverses plantes. Elle réalise une extraction à l'eau puis une distillation sur de l'écorce de cannelle de Chine et teste le produit obtenu. Malheureusement la cannelle présente un très faible pouvoir antioxydant par rapport au BHT ». A ce propos, Sakamoto M *et al.*, 1992 in Edet, 2004 ajoutaient : « En médecine traditionnelle chinoise, la cannelle de Chine est un des « simples » majeurs ; on la trouve associée à d'autres plantes et épices pour traiter diverses pathologies comme stimulant de l'immunité, pour lutter contre les

douleurs, la fièvre, les palpitations. (121) on la trouve dans un mélange du nom de « Kwei-chih-fu-ling-wan » qui est utilisé en gynécologie pour le traitement des hyperménorrhées, des dysménorrhées et de la stérilité ».

Conclusion générale

Conclusion

Actuellement, le stress oxydatif, les radicaux libres oxygénés, la résistance aux antibiotiques acquise par les microorganismes sont devenus des préoccupations mondiales. Cette situation tire ses origines de plusieurs facteurs tels que l'apparition des maladies et des effets secondaires des produits de synthèse utilisés comme traitements efficaces, Donc, il faut mettre la sonnette d'alarme pour mettre fin à ces pratiques inappropriées et d'aller vers de nouvelles perspectives qui se basent sur la valorisation des plantes médicinales qui ont prouvé leur efficacité à travers des siècles.

Dans la présente étude, nous nous sommes intéressés à l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de la cannelle de chine vis-à-vis des souches bactériennes (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923) et une souche fongique (*Candida albicans*) et de déterminer l'activité antioxydante de l'extrait du cannelle de chine. L'extraction de l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia* a été réalisée par hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger, le rendement d'extraction est estimé à ± 3.73 .

L'activité antimicrobienne de l'huile essentielle a été évaluée par la méthode d'aromatogramme et par la méthode de dilution en milieu liquide et en milieu solide, Et l'étude du pouvoir antioxydant de l'extrait de la cannelle de chine est basée sur le test DPPH.

On a fait une synthèse sur la base de l'analyse des résultats issus de travaux antérieurs, les résultats obtenus pour l'évaluation d'activité antibactérienne montrent que cette huile essentielle à la concentration de 10 μ l, présente l'activité antibactérienne la plus importante, et *Staphylococcus aureus* est l'espèce la plus sensible comparativement aux autres espèces testées, d'autre résultats concernant l'activité antifongique montrent que l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia* possède une forte activité fongicide vis-à-vis *Candida albicans* avec une zone d'inhibition de 48mm, et pour le pouvoir antioxydant de cette plante les résultats montrent que la valeur de IC₅₀ est de 6.60 μ g /ml cela signifie que l'extrait de *Cinnamomum cassia* possède une bonne activité antioxydante.

Enfin comme perspectives à nos travaux, nous avons prévu les recommandations suivantes :

- Il serait également intéressant de réaliser d'autre étude pour évaluer le potentiel antioxydant in vitro.

- L'étude de l'activité antioxydante par d'autres méthodes, et surtout l'évaluation *in vivo* pour confirmer ce potentiel antioxydant, et pourquoi pas utiliser l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia* comme de naturel antioxydant dans l'industrie alimentaire ou pharmaceutique.
- Les efforts doivent se multiplier pour l'utilisation d'autres moyens et techniques pour l'évaluation de l'activité antimicrobienne, tels que : l'évaluation *in vivo*, pour une future utilisation des huiles essentielles comme agents antimicrobiens à la place des produits de synthèse.

Références bibliographiques

Afnor. (1992). Recueil des normes françaises sur les huiles essentielles. Paris

Alzoreky et Nakahava, 2003. Antibacterial activity of extracts from some edible plants commonly consumed in Asia. *Int. J. Food Microbiol.* 80: 223-230

Amini C, 2016. Plantes aromatiques: Épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Paris: Editions TEC & DOC

Anonyme, 2012. Etude de l'antibiorésistance des souches de Staphylocoques isolées à partir des dispositifs médicaux à l'hôpital de Mohamed Boudiaf : [Mémoire] : Université Kasdi Merbah, Ouargla

Auric G., 1998. GC-MS and FT-IR analysis of constituents of essential oil from Cinnamon bark growing in South-west of Ethiopia. *International Journal of Herbal Medicine*, 1, 6, pp22-31.

Baseri (2008) Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception en application à l'extraction des huiles essentielles, pp 17, 23,52.

Baudoux D. et Breda M., Zhiri A, 2012 Aromathérapie scientifique : Huiles essentielles chémotypées. 1e éd. Belgique : J.O.M, 98 pages.).

Benaraba R., 2007. Insulino résistance et stress oxydant dans le syndrome métabolique étude expérimentale des effets protecteurs des micro constituants nutritionnels.

Benayad, 2008 ; Guinoisseau, 2010. Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Projet de recherche. Université Mohammed V-Agdal, Maroc.

Beylemans A., 2013. Utilisations thérapeutiques des huiles essentielles : Etude de cas en maison de retraite. [Thèse]: Pharmacies: Université de Lorraine.

Boughendjioua, 2015 . Les plantes médicinales utilisées pour les soins de la peau. Composition chimique, activité antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de Citrus limon, Cinnamomum zeylanicum et Thymus numidicus. Thèse de doctorat. 2015):

Boungab Karima, Tadjeddine Aicha, Belabid Lakhdar, 2014. Efficacité de l'huile essentielle de la cannelle (Cinnamomum cassia) sur des champignons phytopathogènes.

PhytoChem & BioSub Journal Vol. 8(4) 2014. ISSN 2170-1768.
DOI:10.163.pcbsj/2014.8.4.214.

Bruneton, 1993. Pharmacognosie : Phytochimie : Plantes médicinales. 4e éd. Paris : Tec & Doc, 1269 pages

Bruneton, 1999. Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales. 3 éme éd. Paris : TEC&DOC et IME Editions.

Burt S., 2004. Essential oils: Their antibacterial properties and potential application in Foods. A review intern. J of Food Microbiology; 94: 223-253

Chami, 2005 ; Kenoufi M, 2018. Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil. [Thèse] : chimie organique

Chang, C., Chang, W., Hsu, J. et al., 2013. Chemical composition and tyrosinase inhibitory activity of Cinnamomum cassia essential oil. Bot Stud 54, 10 (2013).
<https://doi.org/10.1186/1999-3110-54-10>

Chassaing V., 2006. L'Aromathérapie: les huiles essentielles au service du cheval; Ed: Violaine Chassaing ; p: 4- 8.

Croteau et al, 2000) Méthode générales d'analyse. Genève : Organisation mondiale de la santé.

Dayan Tao1•Yuanfa Li1•Daodiao Lu1•Yehong Luo1•Sufang Yu1•Shaoming Ye. 2016. The essential oil components of Cinnamomum cassia: an analysis under different thinning models of plantation Pinus massoniana. Journal of Forestry Research. 27, pages707–717(2016). DOI:10.1007/s11676-015-0192-z

Dive C.H., 1990) Cinnamon: A multifaceted medicinal plant. Evidbased Alternat Med, 10, p 642

Dorman et Deans, 2000. Antimicrobial agents from plants : antibacterial activity of plant volatile oils. –J. Appl. Microbiol. 88, 308-316.

Dudareva et al., 2004. Antimicrobial agents from plants : antibacterial activity of plant volatile oils. –J. Appl. Microbiol. 88, 308-316.

Dumortier, 2006. A new perspective on the use of plant secondary

Duquénois et Anton, 1968. Therapy with medicinal plants in turkey- Past and Present, Second ed. Nobel Publishers, Istanbul

Edet F, 2004 . La cannelle de Ceylan et ses activités biologiques Sciences pharmaceutiques. 2004. ffdumas-01225087f .

Fabian A., Iberl B., Weigand H. & Weis N., 1989.- Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. Journal of Essential Oil Research 1: 119-128

Festy, 2008. 100 reflexes aromathérapie je me soigne avec des huiles essentielles pratiques efficaces facile nouvelle édition enrichie .Leduc s éditions 2008.

Fridmann F., 1994 Flore des Seychelles : Dicotylédones. — Ed. Orstom, 1994. — 663 p.

Gabriel I Alleman F, Dufourcq V, Perrin F et Gabarrou J.F. (2013). Utilisation des huiles essentielles en alimentation des volailles. Hypothèses sur les modes d'action impliqués dans les effets observés. INRA Productions Animales. 26 (1) : 13 - 24.,

Garnero J., 1984. phytotheraie aromatherapie encyl med nat 1991 p : 20

Giordani et al., 2006. Action anticandidosique des huiles essentielles : leur utilisation concomitante avec des médicaments antifongiques, Phytopharmacologie, 3 : 121

Girard, 2010. Les propriétés des huiles essentielles dans les soins bucco-dentaires d'hier à aujourd'hui. Thèse de Doctorat. Nancy I. P : 6-8.

Guenther E., 1950. The essential oil, vol IV. D.Van Nostrand, New York, 1950

Hammoudi, R. 2008. Contribution à la mise en évidence de principes actifs de plantes Teurium polium geryrii provenant de la région Tamanrasset. Magister université Kasdi Merbah Ouargla, P. 15-43. 2008),

Hart K. et al., 2008. Plant extracts to manipulate rumen fermentation D.R. Yáñez-Ruiz¹ S.M. Duval² N.R. McEwan C.J. Newbold

Hemwimon et Pavasant P. & Shotiprux A.2007. Microwave-assisted extraction of antioxidative anthraquinones from roots of *Morinda Citrifolia*. Separation and Purification Technology, 2007, Vol. 54; pp 44-50.,).

Hernandez-Ochoa,2005. Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales. Lavoisier, 3eme Edition: tech & doc, Paris. P: 507-509

Hilan C, Bouaoun D, Aoun J, Sfeir R et Garabeth F. 2009. Propriétés antimicrobiennes et toxicité par détermination de la DL50 de l'huile essentielle de *Prangos asperula* Boissier. Phytothérapie.2009

Joy P.P Thomas*, Samuel Mathew and K.K. Ibrahim Kerala .1998. Growth, leaf oil yield and quality investigations in cinnamon (*Cinnamomum verum* Presl.) J. Agricultural University, Aromatic and Medicinal Plants Research Station Odakkali, Asamannoor-683 549, Ernakulam, Kerala, India 1998.

Kalemba d Kunichka A.2003. antibacterial and antifungal proprieties of essential oils current medicinal chemistry 10 . 813_829., 2003.

Kar, 2007. Pharmacognosy and Pharmabiotechnologie; Ed 2: New Age International

Kenoufi Meriem, 2018. Caractérisation histologique, caryologique, phytochimique et activités biologiques de *Senecio giganteus* Desf et *S. jacobaea* L.Thèse de Doctorat. Univ Ferhat Abbas Sétif 1. 190 pages + Annexes.

Keville K. et Green M., Aromatherapy: A Complete Guide to the Healing Art. The Crossing Press: CA

Kishore N, Mishra AK, Chansouria JPN (1993). Fungitoxicity of essential oils against dermatophytes. Mycoses 36: 211–215

Kocevski et coll (2013).The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. International J. Food Microbiology

Korocho A, Ranarivelo L, Behra O, Juliani HR, Simon JE, 2007. Quality Attributes of Ginger and Cinnamon Essential Oils from Madagascar, Reprinted from: Issues in new crops and new uses. 2007. J. Janick and A. Whipkey (eds.). ASHS Press, Alexandria, VA. 338-341.

Lahlou M., 2004. Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research*, 18 (2004): 435-448..

Lardry J.M.et Haberkorn V., 2007.Les formes galéniques destinées à l'usage externe. *Kinésithérapie, Les Annales*, n° 16, p :21-25.

Lawrence, B. V. ; Adeola, O. ; Rogler, J. C., 1995. Nutrient digestibility and growth performance of pigs fed pearl millet as a replacement for corn. *J. Anim. Sci.*, 73: 2026-2032;

Lemesle S. 2012. Huiles essentielles et eaux florales de Madagascar : Guide pratique d'une aromathérapie innovante ; 2ème Edition ; Sologne Graphic ; ISBN : 978-2-7466-3697-2

Lima EO, Gompertz OF, Giesbrecht AM, et al. (1993) Antifungal activity of essential oils obtained from plants against dermatophytes. *Mycoses* 36: 333–336

Lu, F., Y.C. Ding, X.Q. Ye and Y.T. Ding, 2011. Antibacterial effect of cinnamon oil combined with thyme or clove oil. *Agric. Sci. China*, 10: 1482-1487.

Lucchesi, M.E. 2006. Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à L'extraction des Huiles Essentielles, Thèse de Doctorat, 2006, pp. 56, 59.)

Luttge E U. Klug E M. et Baner G., 1992 - Botanique, Ed. TEC et DOC Lavoisier, Paris, 574 p, 1992.

Macheix J- J. et al, 2005. les composés phénoliques des végétaux . lausanne 1ère ed

Medagama, A. 2015. The glycaemic outcomes of Cinnamon. A review of the experimental evidence and clinical trials. *Nutr J*, 14, pp108.

Mélanie Turgeon. 2001. Profil des produits forestiers première transformation huiles essentielle.

Mith, H., R. Dure, V. Delcenserie, A. Zhiri, G. Daube and A. Clinquart, 2014. Antimicrobial activities of commercial essential oils and their components against food-borne pathogens and food spoilage bacteria. *Food Sci. Nutr.*, 2: 403-416.

- Ouamba, 1991** Valorisation chimique des plantes aromatiques du Congo : extraction et analyse des huiles essentielles : oximation des aldéhydes naturels)
- Pacchioni I., 2014.** Aromathérapie : Tout sur les huiles essentielles.
- Paris et Urabielle. 1981.** Abrégé de matière médicale, pharmacognosie : plantes à glucides (holosides, hétérosides), à lipides, à huiles essentielles, à protides et à alcaloïdes (début), 1981).
- Paul I, 2007.** Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées
- Pauli, 2001** Antimicrobial properties of essential oil constituents. Int. J Aromather. 11, p 126-133.
- Pellecuer J., Jacob M., Simeon de Buechberg M. & Allegrini J., 1980.** Therapeutic value of the cultivated mountain savory (*Satureia Montana* L.). *Acta Hort.*, **96**, 35-39.
- Pierron C., 2014** Les huiles essentielles et leurs expérimentations dans les services hospitaliers de France : exemples d'applications en gériatrie-gérontologie et soins palliatifs ;
- Piochon, 2008.** Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et héli-synthèse. *Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi.*
- Regiane Ribeiro dos Santos, Nathália Ramos de Melo, Joyce Fagundes, Gomes, Motta, Erika, Fraga de Souza, Reinaldo Francisco, Teófilo., 2014.** minimale concentration of two oils of different species of Cinnamon against microorganisms alimentares.
- Robbers et al., 1996)** Speedie, Marilyn K.; Tyler, Varro E.; Tyler, Varro E Pharmacognosy and pharmacobiotechnology [1996]
- Ronbi M, Dominique R. 2007.** 120 plantes médicinales : Composition, Mode d'action et intérêt thérapeutique. Edition Alpen.
- Roux, 2008,2011** Conseil en aromathérapie. 2e éd. Pays-Bas : Pro-Officina, 187 pages

Rui Wang, Ruijiang Wang, Bao Yang, 2009. Extraction of essential oils from five cinnamon leaves and identification of their volatile compound compositions, Innovative Food Science & Emerging Technologies, Volume 10, Issue 2, 2009, Pages 289-292, ISSN 1466-8564, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.12.002>.

Sakamoto M, Yoshino H, Shirahata Y, Shimodairo K, Okamoto R., 1992. Pharmacotherapeutic effects of K wei-Chih-Fu-Ling-Wan on human uterine myomas. Amer. J. Chin. Med 1992, 20: 313-317

Selles Sidi Mohammed Ammar, Kouidri Mokhtaria, Ait Amrane Amar, Belhamiti Belkacem Tahar, Drideche Moulay, Hammoudi Si Mohamed and 1,2 Boukrâa Laid, 2017. Chemical Composition and Antibacterial Activity of Cinnamomum aromaticum Essential Oil Against Four Enteropathogenic Bacteria Associated with Neonatal Calve's Diarrhea. Asian J. Anim. Vet. Adv., 12 (1): 24-30, 2017. ISSN 1683-9919. DOI: 10.3923/ajava.2017.24.30

Senhaji et al, 2005 Étude de l'activité antifongique de divers extraits de cannelle. Mycologie médicale.15(4) :p220. ;

Senhaji O., 2006. Étude du pouvoir antifongique de l'huile essentielle de cannelle. Phytothérapie expérimentale; 4(1):24-30.

Shan et coll. (2005) ; Chaudhry et Perween, (2006) ; Kocevski et coll (2013).The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. International J. Food Microbiology

Souza et al., 2006).Processing of Rosmarinus officinalis linne extract on spray and spotted bed dryers. Brazilian journal of chemicalengineering ., 25 (1) : 59-69

Teuscher et R.A., Lobstein A., Rohner C. et Bernard M.) Plantes aromatiques :épices, aromates, condiments et huiles essentielles .Edition Tec & Doc. Paris, 3-6-19-155 , 2005).

Velé, H., 2015. Valorisation officinale des huiles essentielles autorisées dans les phytomédicaments, UFC Sciences pharmaceutique et ingénierie de la santé université Angers de France p. 253.

Viollon et al., 1993 ; Hammoudi, R Contribution à la mise en évidence de principes actifs de plantes Teuriumpoliumgeryriiprovonant de la région Tamanrasset.Magister universite Kasdi MerbahOuargla, P. 15-43. 2008).

Wichtl M., Anton R., (1999), Plantes thérapeutiques : tradition, pratique officinales, sciences et thérapeutique, Ed. Tec et Doc

Zambonelli A., D'aurelio A. Z., Severi A., Benvenuti E., Maggi L., Bianchi A. (2004). Chemical composition and fungicidal activity of commercial essential oils of *Thymus vulgaris*. Journal of Essential oil Research., 16: 69-74.

Zhiri, 2006). Aromathérapie ; Nutranews ; Ed: Fondation Libre Choix ; p: 2-16.

Web références :

www.google.fr

©fleurs-fruits-feuilles-de.com

http://www.barbadine.com/pages/cinnamomum_cassia_lien.htm

<https://christinerobledo.wordpress.com/2017/07/19/le-cannelier-de-chine/>

<https://phytotheque.wordpress.com/2016/05/15/cannelier-de-chine-cinnamomum-aromaticum/>

<https://www.gastronomiac.com/wp/wp-content/uploads/2018/03/cannelier-de-chine.jpg>

<https://www.mesepices.com/mes-epices/epices-rares/baies-du-cannelier.html>

https://www.simplissimo.fr/media/article/2018/10/xcannelle-casse-chine-ceylan.jpg.pagespeed.ic.J_6lKbuPsy.webp

Résumé

Le présent travail décrit l'étude de l'activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de la Cannelle de Chine (*Cinnamomum cassia*). L'extraction a été réalisée par hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger. Le rendement d'extraction est estimé à ± 3.73 .

L'étude de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Cinnamomum cassia* qui se base sur l'évaluation de deux activités antibactérienne et antifongique, elle s'est faite par la méthode de diffusion (méthode des disques) et méthode de dilution. L'étude de l'activité antioxydante s'est basée sur la méthode de DPPH de l'extrait de la Cannelle.

La synthèse faite sur la base de l'analyse des résultats issus de travaux antérieurs, montre clairement l'importance portée par l'utilisation de l'huile essentielle de la Cannelle de Chine qui possède la plus importante activité antibactérienne à la concentration de 10 μ l surtout envers la souche *Staphylococcus aureus*. Elle présente également une forte activité anti fongique vis-à-vis de *Candida albicans* avec une zone d'inhibition de 48mm. D'autre part, l'activité antioxydante de cette huile essentielle se révèle très forte par les tests de radical DPPH (IC₅₀=6.60 μ g/ml).

Ce travail ne fait que confirmer et valoriser l'intérêt que porte l'huile essentielle de la Cannelle de Chine grâce aux propriétés antimicrobiennes et antioxydantes qu'elle possède.

Mots clés : Extraction, huile essentielle, activité antimicrobienne, activité antioxydante, cannelle de chine

Summary

This work describes the study of the antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil of Chinese cinnamon (*Cinnamomum cassia*). The extraction was carried out by hydrodistillation of the Clevenger type. The extraction yield is estimated at ± 3.73 .

The study of the antimicrobial activity of essential oils of *Cinnamomum cassia*, which is based on the evaluation of two antibacterial and antifungal activities, was carried out by the method of diffusion on solid medium (disc method) and liquid medium. The study of antioxidant activity was based on the DPPH method of *Cinnamon* extract.

The synthesis made on the basis of the analysis of the results of previous work, clearly shows the importance attached to the use of the essential oil of *Chinese Cinnamon* which has the greatest antibacterial activity at the concentration of 10 μ l especially against the *Staphylococcus aureus* strain. It also exhibits strong anti fungal activity against *Candida albicans* with an inhibition zone of 48mm. On the other hand, the antioxidant activity of this essential oil is shown to be very strong by DPPH radical tests (IC₅₀ = 6.60 μ g / ml).

This work only confirms and enhances the interest shown in the essential oil of Chinese cinnamon thanks to the antimicrobial and antioxidant properties it possesses.

Keywords: Extraction, essential oil, antimicrobial activity, antioxidant activity, Chinese cinnamon

ملخص

يصف هذا العمل دراسة النشاط المضاد للميكروبات والأكسدة للزيت العطري للقرفة الصينية (سيناموموم كاسيا). تم الاستخراج عن طريق التقطير المائي من نوع Clevenger. يقدر مردود الاستخراج بـ ± 3.73 .

تم إجراء دراسة النشاط المضاد للميكروبات للزيوت الأساسية من سيناموموم كاسيا، والتي تستند إلى تقييم نشاطين مضادين للبكتيريا والفطريات، عن طريق طريقة الانتشار على الوسط الصلب (طريقة القرص) والوسط السائل. استندت دراسة الفعالية المضادة للأكسدة على طريقة DPPH لمستخلص القرفة.

يوضح التركيب الذي تم على أساس تحليل نتائج العمل السابق بوضوح الأهمية التي تعلق على استخدام الزيت العطري للقرفة الصينية الذي يحتوي على أكبر نشاط مضاد للجراثيم بتركيز 10 ميكرو لتر خاصة ضد سلالة *Staphylococcus aureus* كما يظهر نشاطاً قوياً مضاداً للفطريات ضد المبيضات البيضاء مع منطقة تثبيط تبلغ 48 ملم. من ناحية أخرى، تبين أن نشاط مضادات الأكسدة لهذا الزيت العطري قوي جداً من خلال اختبارات DPPH الجذرية (IC₅₀ = 6.60) ميكروغرام / مل.

هذا العمل يؤكد فقط ويعزز الاهتمام الذي يظهر في الزيت العطري للقرفة الصينية بفضل الخصائص المضادة للميكروبات ومضادات الأكسدة التي تمتلكها.

الكلمات المفتاحية: استخلاص، زيت عطري، نشاط مضاد للميكروبات، نشاط مضاد للأكسدة، قرفة صينية