

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ LARBI TEBESSI -TEBASSA-
FACULTÉ DES SCIENCES EXACTES ET DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE APPLIQUÉE



Mémoire en vue de l'obtention d'un Diplôme de Mater L.M.D.

Domaine : Science de la nature et de la vie
Filière : Biologie Appliquée
Option : Biochimie appliquée

Thème

**Etat des connaissances portant sur l'activité biologique de l'huile
essentielle extraite de *Cinnamomum cassia***

Présenté par

Chettouh Khaoula

Dahmane Samia

Dahmane Dounia

Devant le jury

M^{me} Hamiri Manel

MAA Université Larbi Tebesi -
Tebessa-

Président

M^r Hanechi Saleh

MCB Université Larbi Tebesi -
Tebessa-

Examineur

M^{me} Messaadia Amira

MCB Université Larbi Tebesi -
Tebessa-

Promoteur

Date de soutenance : 21.06.2020

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents qui m'ont soutenu et encouragé durant mes études, j'espère qu'ils seront fiers de moi et que dieu les protège

A mes frères Tarek et Noureddine. A ma sœur Sara

A toute ma famille surtout ma grand-mère

A tous mes amies Rima.b, Rima.A, Amel, Sabrina, Bouthaina

A tous mes collègues de la promotion 2020 « Biochimie Appliquée ».

Khaoula

On dédie ce modeste travail

Pour l'Âme de notre cher père

Tu nous as quitté trop tôt mais tu es toujours présent dans nos cœurs, tu étais l'exemple de père respectueux, tendre et honnête, que dieu le tout puissant te garde dans son vaste paradis

A notre chère mère

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que nous avons eu pour toi tu as toujours été le père et la mère, que dieu, t'accorde le bonheur et la bonne santé,

A notre cher et unique frère Abd-erazak

A nos adorables sœurs Sihem et Radja

A nos amies Sakhta, Wissal, Iness et Mouna

Samia & Dounia

Témoignage et remerciement

Nous tenons à remercier tout d'abord, Dieu qui nous a donné la force et le courage pour réaliser ce travail durant cette période de confinement.

*Notre première pensée va tout naturellement à notre encadreur Dr. **Messaadia Amira** qui nous a apporté aides et conseils pour la réalisation de ce travail.*

*Nos sincères remerciements vont également **aux membres de jury** de thèse pour avoir accepté de nous assister et évaluer.*

*Sans oublier de remercier vivement des techniciennes **Amel, Manel et Nardjess** pour leurs conseils instructifs et disponibilités.*

En cette situation particulière que traverse notre pays suite à la pandémie causée par le corona virus, on exprime notre reconnaissance et profonde gratitude au près de tout les professionnels du secteur de la santé en particulier ceux en première ligne prêts à se sacrifier pour lutter contre cet ennemie microscopique.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Position systématique de cannelier	03
02	Production mondiale de cannelle selon les données	04
03	Composition chimique approximative de l'HE de l'écorce de cannelle	10
04	Caractéristiques physico-chimique de l'huile essentielle extraite à partir de <i>Cinnamomum cassia</i>	22
05	Calcul du rendement de l'huile essentielle de <i>C. cassia</i>	22

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Description du cannelier de Ceylan ou <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	04
02	Structures histologiques spécialisées dans la sécrétion de l'huile essentielle	08
03	Quelques constituants de l'huile essentielle de la cannelle	11
04	Principe de l'hydro-distillation	12
05	Principe de l'extraction par entraînement à la vapeur	12
06	Principe de l'extraction par CO ₂ supercritique	13
07	Principe de l'extraction par micro-onde	13
08	Procédure de fabrication des bâtonnets de cannelle	16
09	Caractères macroscopiques des bâtonnets de cannelle	17
10	Galerie de photos résumant les étapes de l'hydro-distillation	19
11	Flacon d'huile essentielle de <i>C. cassia</i> obtenu par hydro-distillation	22
12	Variation du rendement de l'huile essentielle en fonction du temps	23

Liste des abréviations

AFNOR : Association française de normalisation

CMI : Concentration minimale inhibitrice

CG : Chromatographie en phase gazeuse

HE : Huile essentielle

MS : Spectre de masse

Table des matières

Remerciement et dédicace

Résumé (arabe-français-anglais)

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Liste des abréviations

Introduction

Revue bibliographique

Chapitre 1 : Matériel végétal

1.1. Position systématique.....	03
1.2. Historique.....	03
1.3. Aires de répartition et production mondiale.....	03
1.4. Description botanique.....	04
1.5. Composition chimique de l'écorce de cannelle.....	05
1.6. Utilisations.....	05
1.6.1. En phytothérapie.....	05
1.6.2. En cosmétique.....	06

Chapitre 2 : Huile essentielle

2.1. Définition et généralités sur les huiles essentielles.....	07
2.2. Répartition systémique et localisation dans les plantes.....	07
2.3. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles.....	08
2.4. Composition chimique de l'huile essentielle.....	09
2.4.1. Les terpènes.....	09
2.4.2. Les phénylpropanoïdes.....	09
2.4.3. Composés d'origine diverses.....	10
2.5. Composition chimique de l'huile essentielle de la cannelle.....	10
2.6. Les techniques d'extractions de l'huile essentielle.....	12
1.6.1. Hydro-distillation simple.....	12
1.6.2. Extraction par les solvants.....	12
2.6.3. Entraînement à la vapeur d'eau.....	12
2.6.4. Expression a froid.....	13
2.6.5. Extraction au fluide supercritique.....	13
2.6.6. Extraction par ultrasons.....	13

2.6.7.	Extraction par micro-ondes.....	13
2.6.8.	Enfleurage.....	14
2.7.	Pharmacologie des huiles essentielles.....	14
2.7.1.	Activité antimicrobienne.....	14
2.7.2.	Activité antioxydante.....	14
2.7.3.	Activité antalgique et anti-inflammatoire.....	15
2.7.4.	Activité anti-cancérigènes.....	15
2.8.	Toxicité des huiles essentielles.....	15
Chapitre 3 : Matériels et méthode d'extraction		
3.1.	Matériel végétal.....	16
3.1.1.	Récolte et conservation.....	16
3.1.2.	Identification.....	17
3.1.3.	Description macroscopique des batonnets.....	17
3.2.	Méthode de l'extraction de l'huile essentielle.....	18
3.2.1.	Principe.....	18
3.2.2.	Mode opératoire.....	18
3.2.3.	Conservation des huiles essentielles.....	18
3.3.	Calcul du rendement.....	20
3.4.	Détermination des propriétés physico-chimiques.....	21
3.4.1.	pH.....	21
3.4.2.	Densité relative d_{20}	21
3.4.3.	Indice de réfraction.....	21
Chapitre 4 : Résultats & Discussion/Rendement		
4.1.	Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de l'HE de <i>C. cassia</i>..	22
4.2.	Rendement de l'huile essentielle de cannelle.....	22
Chapitre 5 : Analyse des articles scientifiques concernant les activités biologiques		
5.1.	Pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle de cannelle.....	24
5.1.1.	Activité antibactérienne de l'huile essentielle de l'écorce de cannelle.....	25
5.1.2.	Activité antifongique de l'huile essentielle de l'écorce de cannelle.....	28
5.2.	Pouvoir antioxydant de l'huile essentielle de cannelle.....	30
5.3.	Pouvoir cytotoxique et anti-tumorale de l'huile essentielle de cannelle.....	32
Conclusion et perspective		
Références bibliographiques		

Résumé

Depuis leur découverte, les antibiotiques restent incontournables pour les traitements thérapeutiques des infections bactériennes humaines et animales. Actuellement le domaine de l'infectiologie rencontre de sérieux problèmes de résistance aux antibiotiques auquel s'ajoutent les effets secondaires qu'exerce ces derniers sur la santé humaine comme l'altération de la flore commensale de l'intestin.

Face à ces problèmes, beaucoup d'études ont été réalisées pour développer des molécules alternatives et efficaces à l'encontre des infections. Les plantes médicinales et aromatiques constituent une source prometteuse qui regorge de substances bioactives potentiellement exploitables.

Selon la littérature, l'huile essentielle de l'écorce de cannelle a des propriétés anti-tumorales, antioxydantes et antimicrobiennes très puissantes à large spectre. Le cinnamaldéhyde fait partie des aldéhydes les plus actifs contre les bactéries Gram positives et Gram négatives, les levures et les champignons. Cependant, l'effet cytotoxique de l'huile pourrait être due à la présence de certains monoterpènes et sesquiterpènes et aussi à la présence de polyphénols (l'eugénol) qui donne certainement une très importante propriété antioxydante.

Mots clés : Cannelle, huile essentielle, hydrodistillation, activité antimicrobienne, activité antioxydante.

Abstract

Since their discovery ,antibiotics have remained essential for the therapeutic treatment of human and animal bacterial infections . Currently , the field of infectious disease is encountering serious problems of resistance to antibiotics ,to which are added the side effects which these exert on human health such as the alteration of the commensal flora of the intestine .

Faced with these problems ,many studies have been carried out to develop alternative and effective molecules against infections .Medicinal and aromatic plants are a promising source full of potentially exploitable bioactive substances

According to the literature , the essential oil of cinnamon bark has very powerful broad spectrum anti tumor , antioxidant and antimicrobial properties . Cinnamaldehyde is one of the most active aldehydes against Gram positive and Gram negative bacteria , yeasts and mushrooms .However ,the cytotoxic effect of the oil could be due to the presence of certain monoterpenes and sesquiterpenes , and also to the presence of polyphenols (eugenol) which certainly gives a very important antioxidant property .

Keywords : Cinnamon , essential oil, hydrodistillation , antimicrobial activity ,antioxidant activity.

ملخص

منذ اكتشافها, ظلت المضادات الحيوية ضرورية لعلاج العدوى البكتيرية البشرية و الحيوانية . يواجه مجال الامراض المعدية حاليا مشاكل تتعلق بمقاومة المضادات الحيوية, و التي تضاف اليها الاثار الجانبية التي تحدثها على صحة الانسان مثل تغيير الفلورا التبادلية للأمعاء.

في مواجهة هذه المشاكل, تم اجراء العديد من الدراسات لتطوير جزيئات بديلة و فعالة ضد العدوى . تعتبر النباتات الطبية و العطرية مصدرا و اعدا مليئا بالمواد النشطة التي يمكن استغلالها.

وفقاً لدراسات السابقة ، فإن الزيت الأساسي لحاء القرفة له خصائص واسعة جداً مضادة للورم ومضادات الأكسدة ومضادات الميكروبات Cinnamaldehyde. هي واحدة من أكثر الألكهيدات نشاطاً ضد البكتيريا إيجابية الجرام وسالبة الجرام. والخمائر والفطريات ومع ذلك ، يمكن أن يكون التأثير السام للخلايا للزيت بسبب وجود بعض مركبات monoterpenes و sesquiterpenes وأيضاً لوجود polyphenols (eugenol) الذي يعطي بالتأكيد خاصية مضادة للأكسدة مهمة جداً.

Introduction générale

Introduction

L'émergence de la résistance aux antibiotiques est devenue un vrai problème de santé publique. La principale stratégie utilisée pour contrecarrer ce problème a été l'utilisation des combinaisons d'antibiotiques mais l'antibio-résistance était toujours là (**Hemaiswarya et al., 2008**). Ceci a poussé les recherches thérapeutiques vers des solutions alternatives, notamment la pharmacologie phytofilière et, en particulier, l'Aromathérapie, utilisant l'essence aromatique des plantes pour prévenir et soigner certaines maladies grâce à leur richesse en huiles essentielles, alcaloïdes, polyphénols, etc. (**Girard, 2010**). Ces composants bioactifs sont qualifiés de pouvoirs antibactériens spécifiques, ils peuvent inhiber ou ralentir la croissance des microorganismes (**De Martino, 2009**).

Le terme «huile essentielle» a été inventé au 16^e siècle par le médecin suisse Parascelus von Hohenheim pour désigner des produits naturels, concentrés, à odeurs fortes, produites par les plantes aromatiques comme des métabolites secondaires (**Guerrouf, 2017**). Ces huiles sont présentes sous forme de mélanges complexes et variables. Obtenus par plusieurs procédés d'extraction et possédant un large éventail d'activités biologiques (**Mnayer, 2014**). Ce profil pharmacodynamique est probablement le résultat d'une synergie des diverses molécules présentes dans l'huile (**Rosato et al., 2010**) principalement sous forme de terpénoïdes, en particulier les monoterpènes et sesquiterpènes, et également les diterpènes (**Bouyahya et al., 2018**). Elles peuvent être présentes dans tous les organes de la plante, y compris les bourgeons, les fleurs, les graines, les tiges, les fruits, les racines, le bois ou l'écorce (**Bremness, 1998**).

L'huile essentielle sur la qu'elle nous avons focalisé notre recherche est celle de la cannelle, une épice qui proviennent de l'écorce du cannelier, de la famille des Lauracées. L'arbre est toujours vert à feuillage persistant, l'écorce souple de couleur brun-rouge à fleur jaunes. La plante est résistante, pousse dans les forêts tropicales et tolère une large plage de conditions climatiques (**Shen et al., 2012**).

Il existe plusieurs variétés de canneliers parmi lesquelles *Cinnamomum zeylanicum* (cannelle de Ceylon) et *Cinnamomum cassia* (cannelle chinoise) sont les plus couramment utilisées en officine, dans l'industrie, en cosmétique, en parfumerie et également en biscuiterie ou dans l'art culinaire (**Nabavi et al., 2015**).

Plusieurs investigations chimiques sur cette huile essentielle ont mené à l'isolement et l'identification d'un grand nombre de composés biologiquement actifs comme : l'eugénol, l'aldéhyde cinnamique, l'acétate de cinnamyle, l'O-méthoxycinnamaldéhyde, etc. **(Barbier, 2014)** possédant divers propriétés pharmacologiques à savoir anti-inflammatoire, antimicrobienne, anti-cancérogène, anti-oxydantes, tonique, stimulante, aphrodisiaque et hyperémiant (Barbier, 2014).

Le cinnamaldéhyde, un des constituants majeurs de l'huile essentielle de l'écorce de cannelle, a fait l'objet de travaux expérimentaux: sédatif du SNC, stimulant respiratoire et myocardique. Son action hypotensive serait due à une vasodilatation périphérique. Il a une capacité à diminuer les mouvements gastriques et intestinaux. La plupart de ces activités ne sont en fait observées que pour des doses élevées administrées par voie parentérale **(Bruneton, 2009)**. Il possède aussi une activité antibactérienne vis-à-vis plusieurs microorganismes **(Inouye *et al.*, 2001 ; Gill et Holley, 2004)**.

L'objectif de notre travail est d'étudier théoriquement l'activité antioxydante et antimicrobienne de l'huile essentielle extraite à partir de l'écorce de cannelle.

Revue Bibliographiques

Matériel végétal

1.1. Position systématique

Le cannelier est un arbre de la famille des Lauracées, ce sont des plantes souvent aromatique et vertes. Il existe 54 genres dont le genre *Cinnamomum* renferme de nombreuses espèces en fonction de leur provenance, les plus anciennement connus sont : la cannelle de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum*) et la casse ou cannelle de Chine, *Cinnamomum cassia* est une espèce voisine qui possède pratiquement les mêmes propriétés thérapeutiques et qui fournit une cannelle de qualité inférieure. On a autres espèces moins exploitables comme la: cannelle de Saïgon, cannelle de Padang, cannelle de Cochinchine, etc. (Domínguez Salinas, 2003; Edet, 2004).

Tableau01: Position systématique de cannelier (Edet, 2004)

Règne	: Plante
Embranchement	: Spermaphytes
Sous embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Sous classe	: Magnolidées
Ordre	: Laurales ou magoliales
Famille	: Lauracées
Genre	: <i>Cinnamomum</i>

1.2. Historique

C'est certainement une des plus anciennes épices présente sur le pourtour méditerranéen. Le mot cannelle vient du latin *canna* signifiant roseau ou tuyau (AFNOR, 2019). L'utilisation de la cannelle est très ancienne et remonte à l'antiquité. Au 3ème siècle avant J.-C., les Égyptiens l'utilisaient pour embaumer les corps et confectionner des parfums. La médecine traditionnelle chinoise s'en servait souvent mélangées avec d'autres épices tel le curcuma ou le gingembre comme fortifiant (Norman, 1991). La cannelle est mentionnée dans le papyrus d'Ebers, un des plus anciens documents médicaux comme stimulante, digestive et antiseptique soignant toutefois les maladies du foie et les angines de poitrine (Norman, 1991).

1.3. Aires de répartition et production mondiale

Originaire du Sri Lanka et du sud de l'Inde, la Cannelle de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum*) pousse dans les forêts tropicales humides de l'Inde orientale, Java, Madagascar et Vietnam jusqu'à 500 mètres d'altitude. La Cannelle de Chine (*Cinnamomum cassia*) est une

espèce possédant les mêmes propriétés thérapeutiques que celle de Ceylan, originaire de Chine et du Japon, elle est cultivée de manière intensive aux Philippines et aux Antilles (**Barbier, 2014**) La culture nécessite une pluviométrie de 1500-2500 mm et une température moyenne de 27 à 30 °C. Le sol doit être sablonneux avec une incorporation d'humus pour obtenir une écorce douce et odorante (**Wichtl et Anton, 2003**).

Tableau 02: Production mondiale de cannelle selon les données (FAO, 2017) (**web 1**)

Pays producteur	Production (tonnes)
Indonésie	89500
Chine	69500
Viêtnam	22000
Sri Lanka	15865
Madagascar	2400
Timor oriental	108
Grenade	100
Sao Tomé-et-Principe	55
Dominique	50
Seychelles	30
Comores	9
Total	199647

1.4. Description botanique

Le cannelier est un arbre d'une dizaine de mètres de haut, le tronc est muni d'une écorce épaisse et rugueuse. Une fois le tronc est incisée, son écorce est délicatement détachée puis séchée. Les nombreuses branches sont pourvues de feuilles vertes persistantes opposées de 10 à 15cm de long, ses petites fleurs blanchâtres ont une légère odeur assez désagréable. Le fruit est une baie ellipsoïde de 1.5 cm de long de couleur bleu-noir (**Barbier, 2014**).

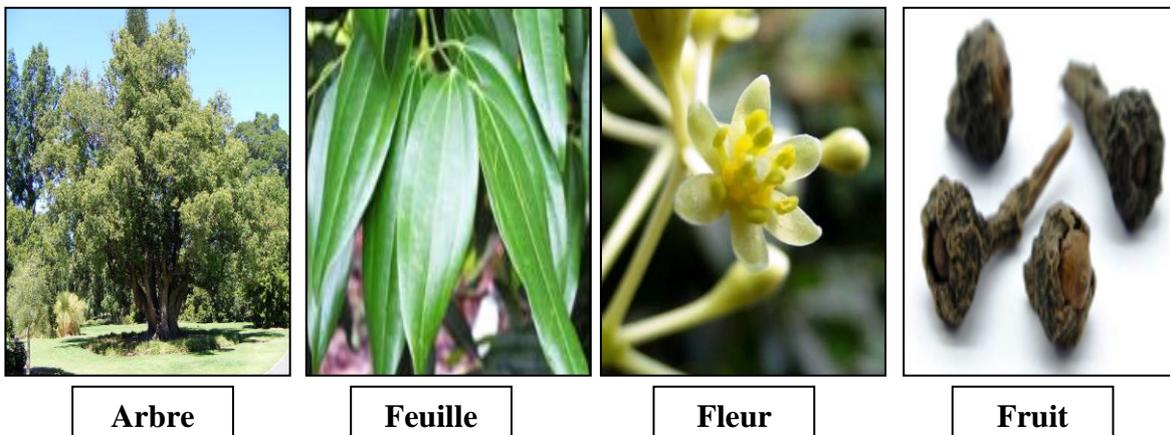


Figure 01: Description du cannelier de Ceylan ou *Cinnamomum zeylanicum* (**web 2**).

1.5. Composition chimique de l'écorce de cannelle

L'écorce de cannelle est composée de 0.5 à 2.5% d'huile essentielle, des flavonoïdes (quercétine, kaempferol, quercitrine), des oses et polyols tels que du mannitol, des mucilages, de l'amidon, des diterpènes (cincassols, cinnzeylanine), du β -sitostérol, des oligomères proanthocyanidoliques sous forme de tanins condensés, des acides phénols (acide protocatéchique, acide vanillique et gentsique) ainsi que des vitamines et des oligoéléments comme K, P, S, Mn, Fe, Zn, Se (**Goetz et Guedira, 2012; Derabla et Zamouche, 2016**).

1.6. Utilisations

En plus de son usage en gastronomie la cannelle trouve une place ;

1.6.1. En phytothérapie : la cannelle est idéale pour

- soigner tous les maux de l'hiver : rhume, toux, grippe et autres virus. En effet, de par ses propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes, sa forte teneur en minéraux et vitamines, elle renforce le système immunitaire, possède des propriétés antivirales et antimicrobiennes (**Koh et al., 1998 ; Kaloustian et al., 2008 ; Brodowska et al., 2016**).
- calmer les brûlures d'estomac, lutter contre les problèmes de digestion et les maux intestinaux (ballonnements, diarrhée, indigestions, nausées, vomissements, remontés gastriques. C'est un aliment qui permet de soigner les infections et inflammations de la flore intestinale tout en stimulant les sécrétions gastriques (**Benzegguta, 2005**).
- maintenir le taux de la glycémie et le cholestérol à la normale (**Lee et al., 2003 ; Lee et Dugoua, 2011**) ;
- stimuler l'activité cérébrale et aide à éliminer la tension nerveuse, prévenir les maladies dégénératives comme la maladie de Parkinson ou d'Alzheimer (**Derabla et Zamouche, 2016**) ;
- apaiser le stress, l'anxiété et lutter contre la fatigue (**Lynck et al., 2009 ; Bureau, 2010**)
- améliore les paramètres de reproduction (FSH, LH et GnRH), et stimuler la sécrétion du lait chez les femmes qui allaitent (**Elgawish et Abdelrazek, 2014**) ;
- réduire la prolifération des cellules cancéreuses, la leucémie et le lymphome (**Kallel et al., 2019**).

1.6.2. En cosmétique

Avec son parfum envoûtant, la cannelle est un agent de choix en parfumerie : elle entre dans de nombreuses compositions dites «naturelles» à savoir : les soins pour cheveux afin de réduire la chute et stimuler la repousse ; les soins de bouche (dentifrice, bains de bouche, chewing gum) pour traiter les douleurs dentaires, les gingivites, les aphtes et agir contre la mauvaise haleine ; les produits d'hygiène corporelle comme le gel douche, les démaquillants et déodorants pour traiter l'acné et atténuer les pores (**Laurent, 2017**).

Huile essentielle

2.1. Définition et généralités sur les huiles essentielles

Une huile essentielle est un liquide concentré odorant de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale, par entraînement à la vapeur d'eau, hydrodistillation ou expression à froid. Ce sont des mélanges de produits organiques volatils et hydrophobes appartenant aux diverses séries aliphatiques, aromatique et terpéniques (AFNOR, 2000).

Le rôle exact que jouent les huiles essentielles dans la physiologie de la plante productrice reste encore mal connu. Il a été démontré qu'elles ont un effet attractif envers les espèces qui servent à la pollinisation (Ciccarelli *et al.*, 2008) et à la dispersion des graines, un effet répulsif contre les herbivores (Isman, 2000), un effet allélopathique (De Feo *et al.*, 2002) et servent également de moyen de défense contre les organismes phytopathogènes (Perrot et paris, 1974).

2.2. Répartition systématique et localisation dans les plantes

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Les genres capables d'élaborer les constituants qui composent les huiles essentielles sont répartis dans un nombre limité de familles, ex. : Apiaceae, Asteraceae, Cupressaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Piperaceae, Poaceae, Rutaceae et Zingiberaceae, etc. (Bruneton, 2009).

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : en particulier les sommités fleuries (ex. lavande), les feuilles (ex. laurier) et bien que cela soit moins habituel, dans les écorces (ex. cannellier), les bois (ex. santal, camphrier), les racines (ex. vétiver), les rhizomes (ex. curcuma, gingembre), les fruits (tout-épices, anis, badiane), les graines (ex. muscade) et les boutons floraux (ex. clou de girofle) (Paris et Hurabielle, 1981; Vangelder, 2017).

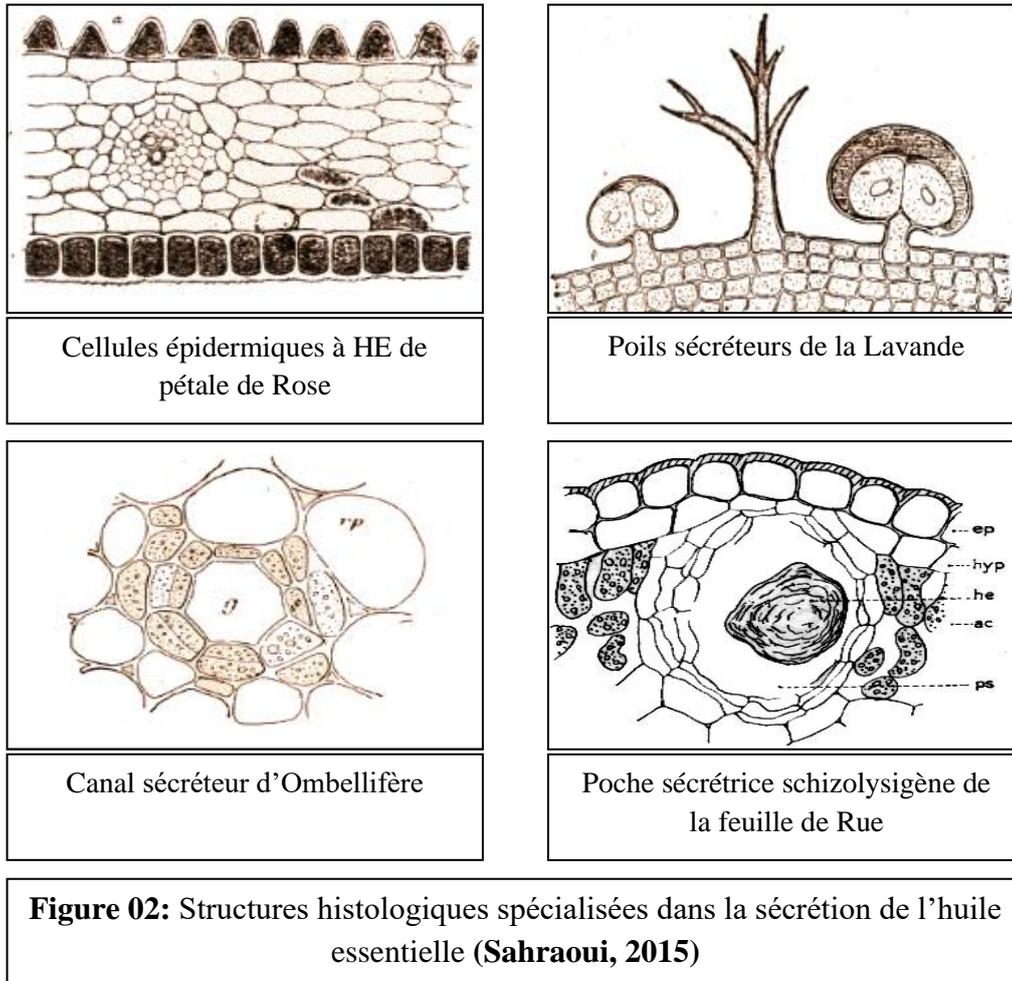
Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de cette dernière peut varier selon sa localisation. Quantitativement, les teneurs en huile essentielle sont plutôt faibles, assez souvent inférieures à 10 ml/kg. Des teneurs fortes comme celle du bouton floral de girofler (150 ml/kg et plus dans le bouton séché) sont exceptionnelles (Bruneton, 2009).

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante :

- cellules à huiles essentielles des Lauraceae ou des Zingiberaceae ;
- poils sécréteurs des Lamiaceae ;

- poches sécrétrices des Myrtaceae ou des Rutaceae ;
- canaux sécréteurs des Apiaceae ou des Asteraceae (**Baser et Buchbauer, 2010; Lakhdar, 2015**).

Il est intéressant de remarquer que les organes d'une même espèce peuvent renfermer des huiles essentielles de composition différente selon la localisation dans la plante (**Degryse et al., 2008**).



2.3. Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles

- Liquides à température ambiante (**Vangelder, 2017**), les huiles essentielles ont parfois un toucher gras ou huileux mais ce ne sont pas des corps gras, par évaporation, peuvent retourner à l'état d'odeur sans laisser de traces, ce qui les différencie des huiles fixes (olive, tournesol ...) qui ne sont pas volatiles et laissent sur le papier une trace grasse persistante (**Bernadet, 2000**).
- Elles sont plus ou moins colorées. Elles peuvent être incolores lors de leur obtention pour la majorité d'entre elles et deviennent plus foncées au cours de la conservation. Dans les cas

extrêmes, l'huile essentielle vieillie et oxydée peut présenter des risques de toxicité (Vangelder, 2017).

- Leur densité est en général inférieure à celle de l'eau (les huiles essentielles de sassafras, de girofle ou de cannelle constituent des exceptions) (Vangelder, 2017).
- Elles ont un indice de réfraction élevé et la plupart dévient la lumière polarisée (optiquement active) (Bouguerra, 2012).
- Elles sont peu solubles dans l'eau, solubles dans la plupart des solvants organiques. Elles sont liposolubles (Guerrouf, 2017). Entraînables à la vapeur d'eau, suffisamment pour communiquer à celle-ci une odeur nette "eau florale" (Bruneton, 2009).

2.4. Composition chimique de l'huile essentielle

Une huile essentielle est chimiquement bien déterminée. Son utilisation en thérapeutique est très réglementée car c'est un mélange extrêmement complexe de composés purs très actifs et toxiques. Ils peuvent être répartis en deux classes en fonction de leur voie de biosynthèse : les terpénoïdes (composés terpéniques) et les phénylpropanoïdes (Buchanan *et al.*, 2000). Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (Bruneton, 2009).

2.4.1. Les terpènes : c'est une classe d'hydrocarbure naturel, de structure cyclique ou de chaîne ouverte (Nedjia et Nedjia, 2017). Ils dérivent d'une structure de base à cinq carbones (C_5H_8), communément appelée isoprène (Abbes, 2014). Selon le nombre répétitif de cette unité, les terpènes sont classés en:

- * **monoterpènes** → formés de deux isoprènes ($C_{10}H_{16}$)
- * **sesquiterpènes** → formés de trois isoprènes ($C_{15}H_{24}$)
- * **Diterpènes** → formés de quatre isoprènes ($C_{20}H_{32}$)
- * **tetraterpènes** → sont constitués de huit isoprènes qui conduisent aux caroténoïdes
- * **polyterpènes** → ont pour formule générale $(C_5H_8)_n$ ou n est compris entre 9 à 30
- * **Terpénoïdes** → sont des terpènes avec une ou plusieurs fonctions chimiques (alcool, aldéhydes, cétone, acide)

2.4.2. Les phénylpropanoïdes : les huiles essentielles renferment aussi des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C_6-C_3), mais qui sont beaucoup moins fréquents que les terpènes et dont la biogenèse est totalement différente (Buchanan *et al.*, 2000). Les phénylpropanoïdes ou composés phénoliques, sont biosynthétisés à partir des acides aminés

aromatiques que sont la phénylalanine et la tyrosine. Ils sont généralement caractérisés par la présence d'un groupement hydroxyle fixé à un cycle phényle (Abbes, 2014).

Ils peuvent comprendre des phénols (eugénol), des aldéhydes (cinnamaldéhyde), des alcools (alcool cinnamique), des dérivés méthoxy (anéthol, estragol) ou méthylène dioxy (myristicine, safrole) (Mnayer, 2014).

2.4.3. Composés d'origine diverses : Compte tenu de leur mode d'extraction, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydrodistillation : carbures, acides et lactones (Teisseire, 1991). D'autres composés azotés ou soufrés peuvent subsister mais sont rares. Ces composés contribuent souvent aux arômes de fruits (Bruneton, 1999).

2.5. Composition chimique de l'huile essentielle de la cannelle

Les premières recherches sur la composition de l'huile essentielle de l'écorce de la cannelle ont été réalisées par Blanchet en 1833. Quelques temps après, Dumas et Peligot indiquent que le principal constituant de cette essence est le "Cinnamaldéhyde" ou "Aldéhyde cinnamique". D'autres composés furent identifiés en 1892 et 1902 par les chimistes Walbaum et Hüthing, qui notent que la teneur en eugénol dans l'huile essentielle des feuilles est plus importante que celle de l'écorce (Benzeggouta, 2005).

Tableau 03: composition chimique approximative de l'huile essentielle de l'écorce de cannelle (Wright, 1995)

Constituants	Pourcentages %
Cinnamaldéhyde (forme trans)	75
Eugénol	4-7,5
Cinnamyl acétate	1 à 8
Linalol	1 à 6
β -caryophyllène	1 à 4
α -terpinol	0.7
Coumarine	Maximum 0.5
Safrole	Maximum 0.5
1,8-cinéole	0.6 à 3
Terpinene 4-ol	0.4
Benzoate de benzyle	Maximum 1

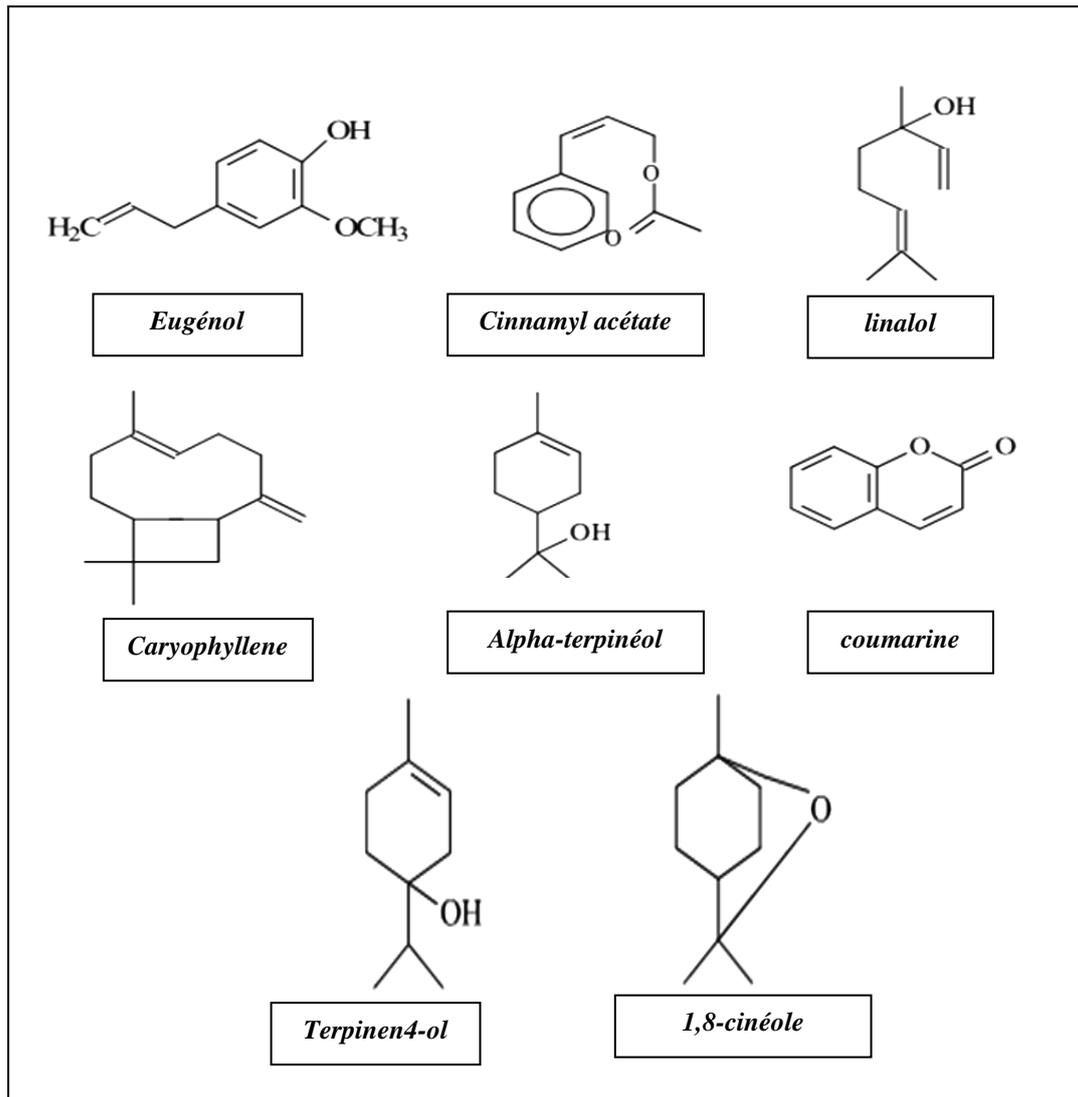


Figure 03 : Quelques constituants de l'huile essentielle de la cannelle (Derabla et Zamouche, 2016)

La composition ainsi que les propriétés physico-chimiques d'une huile essentielle se trouve modifiés selon :

- la drogue elle même (l'espèce et l'organe utilisé)
- le lieu et la période de récolte de l'écorce de cannelle
- la qualité de l'écorce selon l'âge des tiges récoltées
- les modalités d'extraction pratiquées (au cours de l'hydrodistillation, l'eau et l'acidité peuvent provoquer des hydrolyses mais le chauffage peut également modifier la composition chimique (Lamassiaude-Peyramaure, 2008 ; Barbier, 2014).

2.6. Les techniques d'extractions de l'huile essentielle

Il existe plusieurs méthodes qui permettent d'extraire les huiles essentielles. Généralement le choix de la méthode pratiquée est crucial, il dépend de la partie de la plante utilisée, la fragilité de l'huile (**Bruneton, 2009**), l'importance est de conserver la saveur et l'odeur naturel de la plante avec un changement chimique minimal de ses composés (**Loza-Tavera, 1999**).

2.6.1. Hydrodistillation simple : Le matériel végétal est immergé directement dans un alambic rempli d'eau placé sur une source de chaleur. Le tout est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité (**Piochon, 2008**)

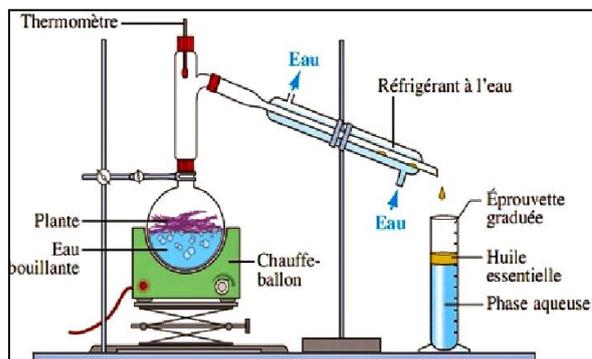


Figure 04 : Principe de l'hydrodistillation (**web3**)

2.6.2. Extraction par les solvants : La méthode de cette extraction est basée sur le fait que les essences aromatiques sont solubles dans la plupart des solvants organiques. Le procédé consiste à épuiser le matériel végétal par un solvant à bas point d'ébullition qui par la suite, sera éliminé par distillation sous pression réduite. L'évaporation du solvant donne un mélange odorant de consistance pâteuse dont l'huile est extraite par l'alcool (**Labioud, 2016**).

2.6.3. Entraînement à la vapeur d'eau : La vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. La vapeur, chargée de l'essence, se condense dans le serpentin de l'alambic avant d'être récupérée dans un essencier. Les parties insolubles dans l'eau de condensation sont décantées pour donner l'huile essentielle (**Labioud, 2016**)

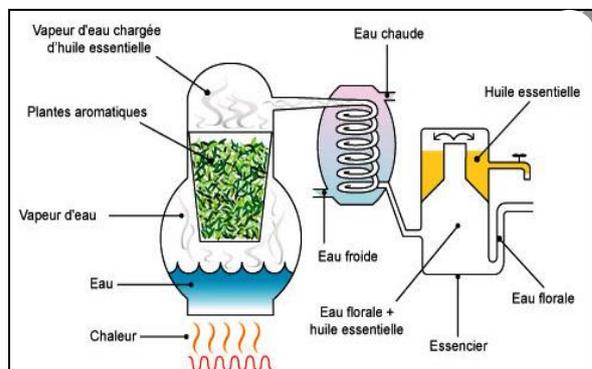


Figure 05 : Principe de l'extraction par entraînement à la vapeur (**web3**)

2.6.4. Expression a froid : utilisée souvent pour extraire les huiles essentielles des agrumes. Son principe consiste à rompre mécaniquement les poches à essences. L'huile essentielle est séparée par décantation ou centrifugation (**Chaintreau et al., 2003**).

2.6.5. Extraction au fluide supercritique : elle consiste à comprimer le dioxyde de carbone à des pressions et à des températures au-delà de son point critique ($P=72.8$ bars et $T= 31.1^{\circ}\text{C}$). Le fluide ainsi obtenu traverse la plante et se charge en composé à extraire. Ensuite, il est détendu et passe en phase gazeuse et finalement se sépare du composé extrait (**Pellerin, 2001**).

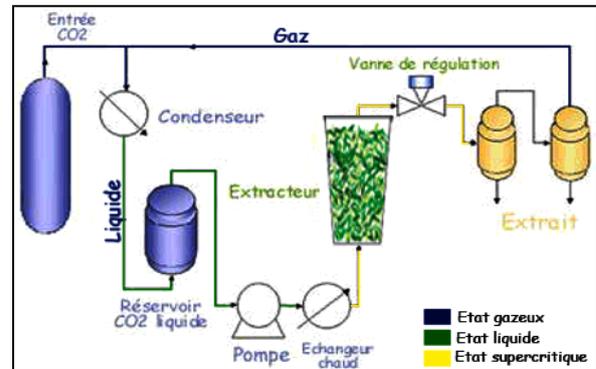


Figure 06 : Principe de l'extraction par CO₂ supercritique (**web3**)

L'extraction des huiles essentielles par le CO₂ supercritique fournit des huiles de très bonne qualité et en un temps d'extraction relativement court par rapport aux méthodes classiques (**Kazazi et al., 2007**).

2.6.6. Extraction par ultrasons : Les micro-cavitations, générées par ultrasons, désorganisent la structure des parois végétales, notamment les zones cristallines cellulosesques. Les ultrasons favorisent la diffusion et peuvent modifier l'ordre de distillation, des constituants des huiles essentielles (**Derabla et Zamouche, 2016**).

2.6.7. Extraction par micro-ondes : Le matériel végétal est immergé dans un solvant transparent aux micro-ondes de manière à ce que seul le végétal soit chauffé. Les micro-ondes vont chauffer l'eau présente dans le système glandulaire et vasculaire de la plante, libérant ainsi les produits volatils qui passent dans le solvant. On filtre et on récupère ensuite

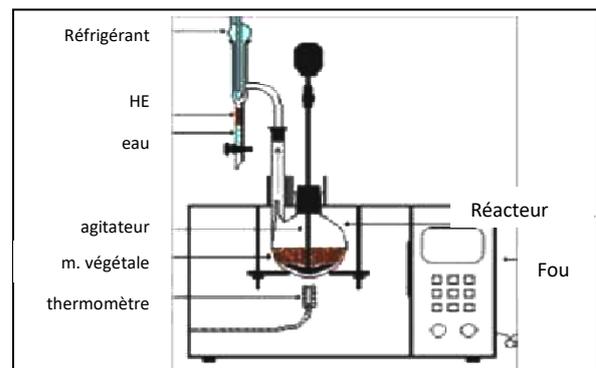


Figure 07 : Principe de l'extraction par micro-onde

L'extrait. L'extraction par micro-ondes a le grand avantage de réduire le temps d'extraction à quelques secondes (**Paré, 1997 ; Abbes, 2014**)

2.6.8. Enfleurage : permettant l'exploitation des organes fragiles, la procédure met à profit la liposolubilité des composés odorants des végétaux. Le matériel végétal est mis sur des plaques de verre recouvertes d'une mince couche de graisse. Cette méthode peut être réalisée à froid ou à chaud, et on obtient ainsi des absolues de pommade (**Lardry et Haberkorn, 2007**).

2.7. Pharmacologie des huiles essentielles

La diversité moléculaire des métabolites que les huiles essentielles contiennent, leurs confèrent des rôles et des propriétés biologiques très variés. Sachant que les essences n'ont pas les mêmes composants que les plantes dont elles sont issues, elles ne peuvent donc pas avoir les mêmes actions ni être employées à leur place. Par exemple, la feuille d'Eucalyptus, en infusion exerce un effet favorable chez les diabétiques, alors que l'essence de cette même plante est absolument sans effet hypoglycémiant (**Benzeggouta, 2005**).

Cependant plusieurs activités sont attribuées aux huiles essentielles: cholérétique, cicatrisante, neurosédatrice, spasmolytique, digestive, stomacique, antimicrobienne, anti-inflammatoire (**Bruneton, 2009**) et antioxydante (**Dorman et al., 2000**). La propriété la plus importante des huiles essentielles est l'osmose facile au travers des tissus et leur élimination complète et rapide (**Bernadet, 2000**).

2.7.1. Activité antimicrobienne: Les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles sont utilisées depuis l'Antiquité (**Juvan et al., 1994**). Cette action contre les agents pathogènes est due principalement aux phénols comme l'eugénol et aux aldéhydes comme le cinnamaldéhyde. Les huiles essentielles riches de ces molécules ont le plus fort pouvoir antimicrobien (**Inouye et al., 2001**).

Un grand nombre de composés volatils ont été testés contre une large gamme de champignons pathogènes et opportunistes : *Candida (C. albicans)*, *Aspergillus (A. niger, A. flavus, A. fumigatus)*, *Penicillium chrysogenum*, etc. (**Toure, 2015**).

Les virus donnent lieu à des pathologies très variées dont certaines posent des problèmes non résolus jusqu'à ce jour. Les huiles essentielles constituent une aubaine pour traiter ces fléaux infectieux. En effet, les virus sont très sensibles aux phénylpropanoïdes, monoterpènes et sesquiterpènes présents dans les huiles essentielles (**Astani et al., 2010; Abbes, 2014**).

2.7.2. Activité antioxydante : Un antioxydant est défini comme étant toute substance qui peut retarder ou empêcher l'oxydation des substrats biologiques, ce sont des composés qui

réagissent avec les radicaux libres et les rendent ainsi inoffensifs. La capacité antioxydante des huiles essentielles est étroitement liée à leur contenu phénolique (Yanishlieva *et al.*, 1999 ; Derabla et Zamouche, 2016).

2.7.3. Activité antalgiques et anti-inflammatoire: De nombreuses huiles essentielles ont un effet antalgique. Leur action peut permettre de contrôler ou de diminuer la douleur, ou encore d'agir sur ses causes en luttant contre l'inflammation. Cette activité est peut être attribuée à leur interaction avec les cascades de signalisation impliquant les cytokines et les facteurs de transcription régulateurs (Miguel, 2010). Certaines huiles essentielles, comme la cannelle, le girofle ou la menthe poivrée, diminuent la perception de la douleur, de par leur action anesthésiante. D'autres sont intéressantes en raison de leur pouvoir décongestionnant, l'huile essentielle de Gaulthérie est très utilisée pour traiter les tendinites et les douleurs musculaires (Vangelder, 2017).

2.7.4. Activité anti-cancérigènes: Certaines huiles essentielles présentent des activités anti-tumorales et sont utilisées dans le traitement préventif de certains types de cancers. L'huile essentielle de (*Nigella sativa L.*) démontre une activité cytotoxique *in vitro* contre différentes lignées cellulaires tumorales. *In vivo*, elle limite la prolifération de métastases hépatiques et retarde la mort des souris ayant développé la tumeur P815 (Ait Mbarek *et al.*, 2007 ; Toure, 2015).

2.8. Toxicité des huiles essentielles

Les HE sont des substances puissantes et très actives. Elles représentent une source inépuisable de remèdes naturels, néanmoins, il est important de souligner que l'automédication fréquente et abusive sur toutes ses formes est nocive. Certaines huiles essentielles sont dangereuses lorsqu'elles sont appliquées sur la peau, en raison de leur pouvoir irritant (les huiles riches en thymol ou en carvacrol), allergène (huiles riches en cinnamaldéhyde) ou photo-toxique (huiles de citrus contenant des furacoumarines), d'autre ont un effet neurotoxique et épileptogène par inhibition de l'apport d'oxygène au niveau des tissus (les cétones comme l' α -thujone) (Guba, 2001 ; Bruneton, 2009 ; Ouis, 2015). Ces manifestations sont majoritairement observées chez les populations à risque (enfants, femmes enceintes et allaitantes, personnes âgées ou allergiques). Il faudra donc toujours bien expliquer au patient qu'il est important de respecter scrupuleusement les voies d'administration, les posologies, les durées de traitement, les contre-indications de chaque huile essentielle (Vangelder, 2017).

Matériels et méthode d'extraction

3.1. Matériel végétal

3.1.1. Récolte et conservation

La cannelle est achetée au marché local importée de l'Asie, cette épice s'obtient après un prélèvement de la partie interne de l'écorce du cannelier (a). C'est en effet dans cette zone que se trouvent les cellules à huile essentielle qui confère son parfum à l'épice.

Il existe différentes méthodes de travail pour écorcer les canneliers, les étapes suivies pendant ce processus sont regroupées dans la **figure 08** Les tiges feuillues sont étêtées au couteau et aussi effeuillées (b). Après l'écorçage des baguettes du haut en bas (c), les rubans d'écorce sont mis en bottes, enveloppés dans des nattes et laissés ainsi toute une nuit (d). De cette façon, ils restent assez humides et subissent une légère fermentation qui facilite l'enlèvement de l'épiderme subéreux et de l'hypoderme pulpeux (e). Après séchage au soleil pendant deux ou trois jours et sous l'effet de la dessiccation les bords longitudinaux se recourbent dormant ainsi au ruban un aspect de tuyau cylindrique (f). Des petits bâtonnets sont coupés à une taille adéquate et emballés pour y être commercialisé plus tard (g-h).

La cannelle est soumise plutôt à un processus de stérilisation pour la protéger des attaques de champignons et d'insectes (**Domínguez Salinas, 2003**).

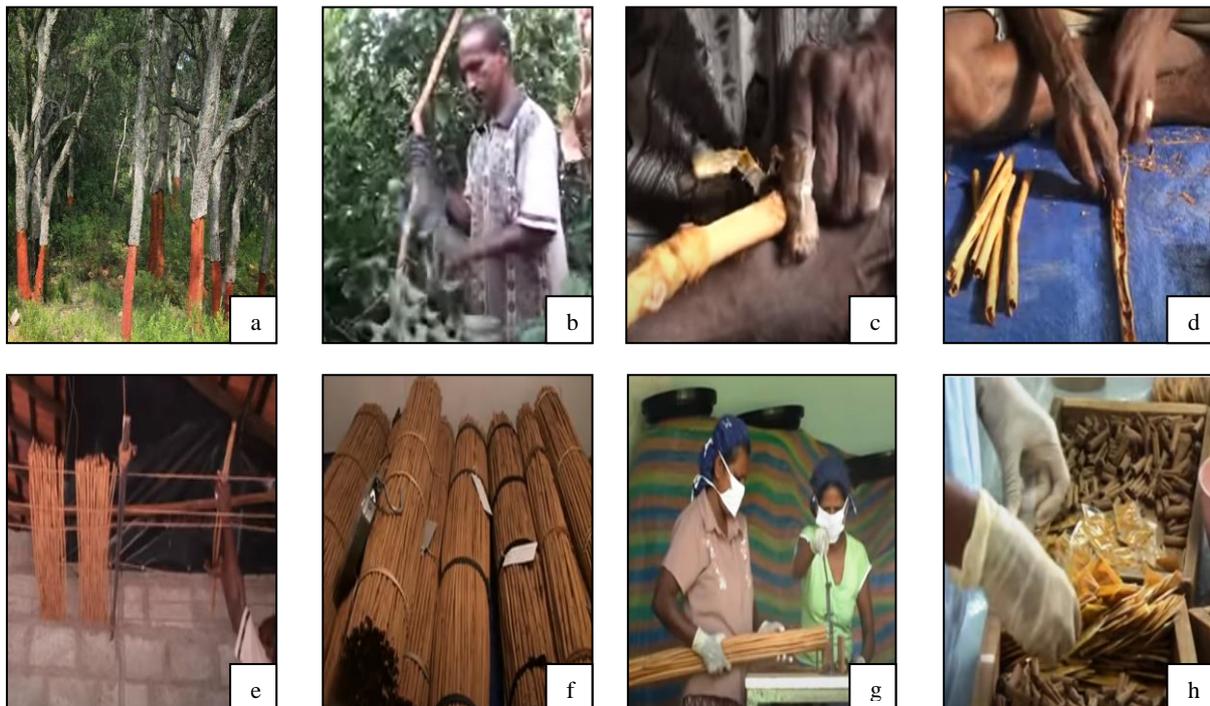


Figure 08: Procédure de fabrication des bâtonnets de cannelle (**web 4**)

3.1.2. Identification

La taxonomie est la suivante.

Règne	: Plante
Embranchement	: Spermaphytes
Classe	: Dicotylédones
Ordre	: Laurales ou magoliales
Famille	: Lauracées
Genre	: <i>Cinnamomum</i>
Espèce	: <i>cassia</i>

*Nom vernaculaire : Kirfa

* Nom français : Cannelle

*Nom anglais : Cinnamon

3.1.3. Description macroscopique des bâtonnets

Chaque ruban cylindrique d'écorce de *C. cassia* a une épaisseur de 0.2 à 0.7 mm. L'écorce est enroulée sur elle-même et forme des tuyaux emboîtés les uns aux autres sur 1 cm de diamètre (figure 9-a).

Sa surface extérieure est lisse finement striée, de couleur brun fauve présentant des veines longitudinales blanchâtres et sinueuses (figure 9-b). La surface interne est plus sombre. L'odeur est aromatique, agréable et caractéristique. La saveur est chaude, épicée et sucrée à la fois, pénétrante et puissante avec une légère note de «brûlée».

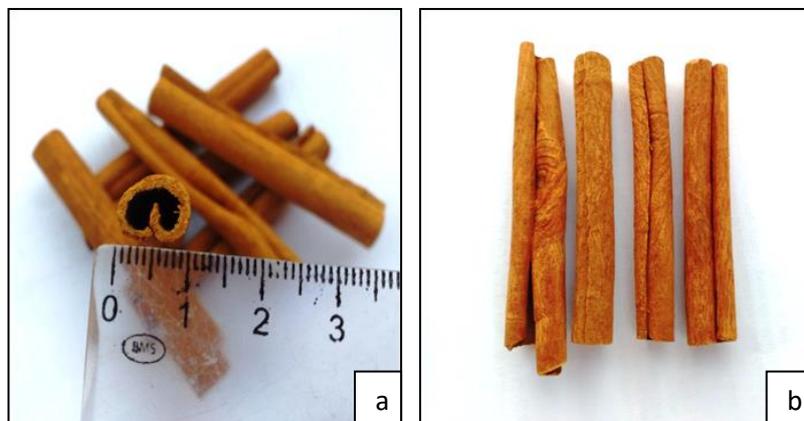


Figure 09 : Caractères macroscopiques des bâtonnets de cannelle

3.2. Méthode de l'extraction de l'huile essentielle

3.2.1. Principe

L'huile essentielle de cannelle est extraite par le procédé d'hydrodistillation, grâce à un appareil de type *Clevenger* qui est constitué d'un chauffe ballon permettant la distribution homogène de la chaleur, un ballon en verre pyrex où l'on place la matière végétale séchée avec l'eau distillée et une colonne de condensation de la vapeur (réfrigérant). Cette technique est basée sur l'immersion d'un échantillon solide dans l'eau portée à ébullition. La vapeur saturée en huiles essentielles traverse un serpentin où elle se condense pour donner deux produits: l'eau florale et l'huile essentielle (Tongnuanchan et Benjaku, 2014).

3.2.2. Mode opératoire

- 50g de la poudre de cannelle est introduite dans un ballon monocol de 500 mL.
- Une quantité suffisante d'eau distillée est ajoutée dans le ballon sans pour autant le remplir, pour éviter tous débordements lors de l'ébullition.
- À l'aide d'un chauffe ballon, le mélange est porté à ébullition pendant 2h 30 min.
- Les vapeurs chargées d'huile essentielle passent à travers le tube vertical puis dans le serpentin de refroidissement où aura lieu la condensation.
- Les gouttelettes ainsi produites s'accumulent au fond du collecteur, exceptionnellement l'huile essentielle de cannelle est d'une densité supérieure par rapport à l'eau.
- L'huile ainsi obtenue est récupérée par décantation puis traitée par un déshydratant, le sulfate de sodium (Na_2SO_4), pour éliminer le peu d'eau susceptible d'avoir été retenue dans l'huile. Elle est alors conservée dans des flacons opaques bien scellés à température basse (4 à 5°C).

3.2.3. Conservation des huiles essentielles

L'instabilité relative des molécules constitutives des huiles essentielles rend leur conservation délicate et indispensable. Trois facteurs interviennent dans l'altération des huiles essentielles :

- La température : obligation de stockage à basse température (entre 4 -8 °C).
- La lumière : stocker dans l'obscurité et dans des flacons opaques, brun de préférence.
- L'oxygène : les flacons doivent être hermétiquement fermés. Dans ces conditions la durée de conservation admise est de 2 à 5 ans.



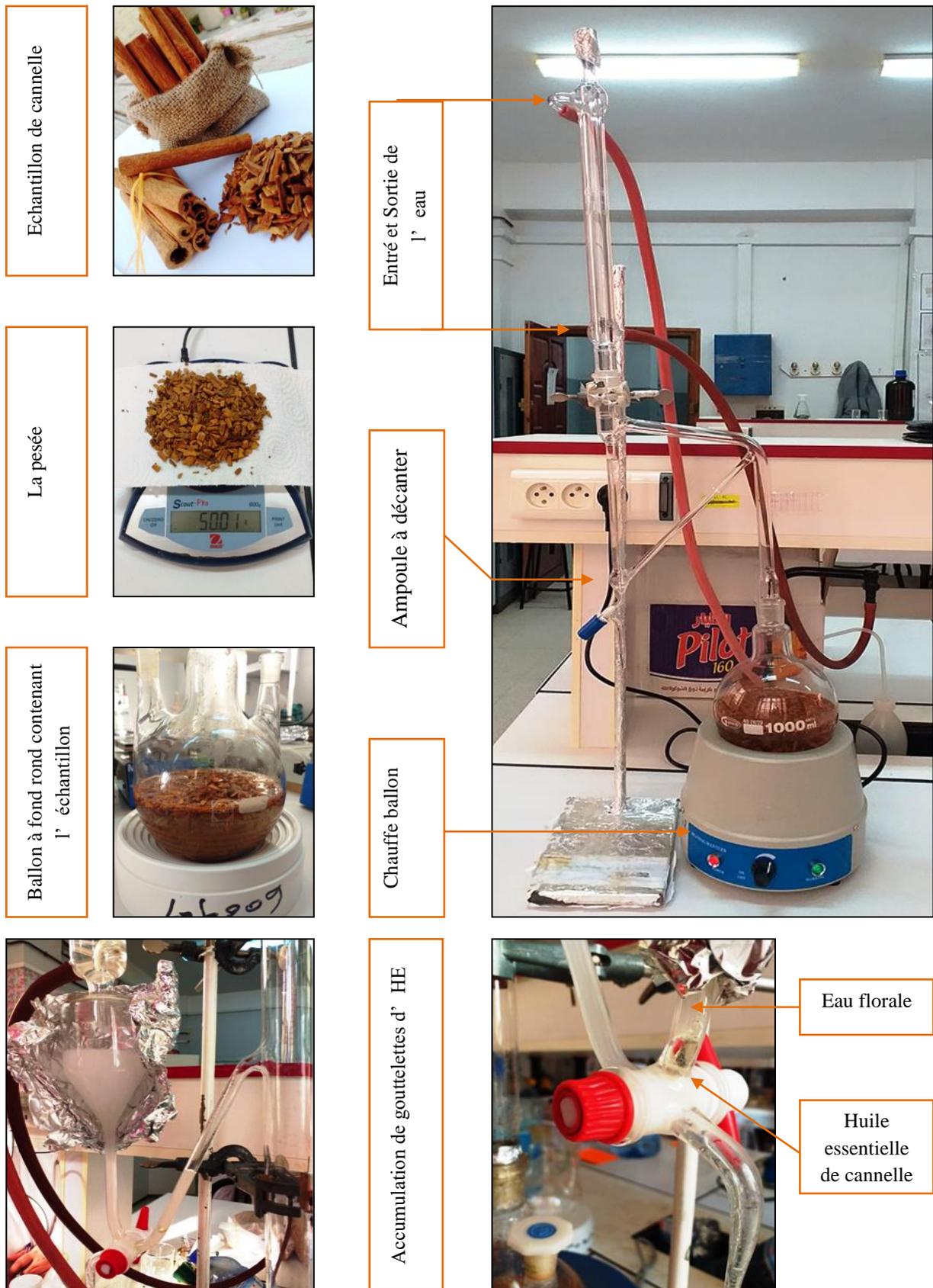


Figure10 : Galerie de photos résumant les étapes de l'hydro-distillation

3.3. Calcul du rendement

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle et la masse végétale sèche à traiter. Le rendement (R) est exprimé en pourcentage (Bousbia, 2011), et il est déterminé par la formule suivante:

$$Rd_{HE} = \frac{M_{HE}}{M_{VS}} \times 100$$

Rd_{HE} : Rendement en huile essentielle (%).
M_{HE} : Masse de l'huile essentielle (g).
M_{VS} : Masse de la matière végétale sèche (g).

3.4 Détermination des propriétés physico-chimiques

3.4.1. pH

Le pH de notre huile essentielle est estimé par l'utilisation de papier pH.

3.4.2. Densité relative d₂₀

C'est le rapport du poids d'un certain volume d'huile au poids du même volume d'eau distillée à la température de 20°C (AFNOR, 2000).

$$d^{20} = d_{\theta} + 0.00068(\theta - 20^{\circ}C)$$

d²⁰ : Densité à 20°C.
d_θ : Densité à la température de mesure
θ : Température de mesure
0.00068 : Constant de variation de la densité quand la température varie de 1°C

3.4.3. Indice de réfraction

La mesure est effectuée à l'aide d'un réfractomètre de marque Atago. Après nettoyage de l'appareil, on place 2 à 3 gouttes d'huile essentielle au milieu du prisme, puis on note directement la valeur de l'indice et la température de mesure.

Réfractomètre ➤



Une formule empirique permet d'évaluer l'indice de réfraction d'un liquide à 20°C quand on le mesure à une température légèrement différente :

$$I_{20} = I_{\theta} + 0.00045 (\theta - 20^{\circ}\text{C})$$

I₂₀	: Indice de réfraction à 20°C
I_θ	: Indice à la température de mesure
θ	: Température de mesure
0.00045	: Constant de variation de l'indice quand la température varie 1° C

Résultats & Discussion

Rendement

4. Résultats et discussion

4.1. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia*

L'huile essentielle obtenue est un liquide limpide à température ambiante, de couleur jaune clair, présentant une odeur épicé, fraîche et caractéristique des bâtonnets de cannelle, entraînable à la vapeur d'eau. L'huile essentielle de cannelle possède exceptionnellement une densité supérieure à celle de



Figure 11 : Flacon d'huile essentielle de *C. cassia* obtenue par hydro-distillation ➤

Le tableau suivant regroupe quelques paramètres physiques mesurés et comparés avec des valeurs normes indiqués dans la pharmacopée européenne (2011).

Tableau 4 : Caractéristiques physico-chimique de l'huile essentielle extraite à partir de *C. cassia*

Propriétés	Valeurs obtenues	Norme
pH	acide	3.7
Densité (g/cm ³) à 20°C	1.021	1.000-1.030
Indice de réfraction à 20°C	1.575	1.572-1.591

4.2. Rendement de l'huile essentielle de cannelle

L'extraction par hydro-distillation réalisée au niveau du laboratoire de biologie appliquée « Université -Tebessa-» sur un échantillon de 450g de cannelle, nous a fournis un rendement de 3,11% (p/p) par rapport au matériel végétal sec.

Tableau 5 : Calcul du rendement de l'huile essentielle de *C. cassi*

Extraction 3x/J	Rendement (%)	Rendement moyen (%)	Li et al. (2013)
1 ^{er} jour	2.12	3.11	0.72-3.08
2 ^{ème} jour	3.69		
3 ^{ème} jour	3.54		

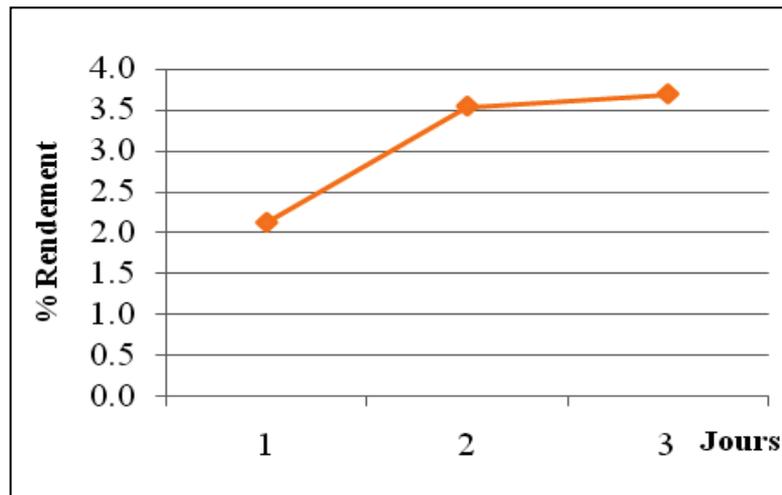


Figure 12 : Variation du rendement de l’huile essentielle en fonction du temps

Les caractéristiques organoleptiques (aspect, couleur, odeur) étaient autre fois les seules indicateurs permettant d’évaluer la qualité d’une huile essentielle, mais comme ces propriétés ne donnent que des informations très limitées sur ces essences, il est nécessaire de faire appel à d’autres techniques de caractérisation plus précises. Le pH, la densité relative et l’indice de réfraction sont des paramètres d’identification qualitative très important permettant d’évaluer la pureté des huiles essentielles (**Hellal, 2011**). Les résultats obtenus indiquent que les caractéristiques organoleptiques et les propriétés physicochimiques de l’échantillon analysé oscillent dans des intervalles comparables aux normes, témoignant ainsi la bonne qualité de notre huile essentielle.

Le rendement moyen en huile essentielle, calculé en fonction de la matière végétale sèche, a fourni un taux d’environ (3.11%). Cette valeur est très proche avec celle obtenue par **Li et al. (2013)** comprise entre 0,72 à 3,08% mais reste relativement supérieure à ceux obtenue par **Benghenima, (2017)** (1.18%), **Kaskatepe et al. (2016)** (1,5%), et aussi **Boungab, (2014)** (1.5%). Cette différence est peut être attribuée à plusieurs facteurs citons parmi lesquels les conditions climatiques et environnementales, les conditions de croissance dans les différents sites de culture, la situation géographique, la période de la cueillette, la durée de séchage, les conditions de stockage de conservation et le procédé d’extraction (**Edet, 2004 ; Aprotosoie et al., 2010 ; Olle et Bender, 2010 ; Zaouali et al., 2010 ; Ojeda-Sana et al., 2013; Kaskatepe et al., 2016 ; Haouam, 2019**).

Note

Ce travail avait comme objectif, l'évaluation expérimentale de quelques activités biologiques de l'huile essentielle extraite à partir de l'écorce de cannelle.

On a espérés étudier le pouvoir antioxydant par un test de neutralisation du radical libre DPPH, alors que l'aromatogramme nous aurait permis de tester la capacité antibactérienne de l'huile face à une panoplie de souches bactériennes pathogènes. Par la suite il était prévu de déterminer la valeur de CMI par la méthode de dilution en gélose pour indiquer la plus faible concentration de l'huile essentielle qui inhibe complètement la croissance bactérienne et fongique.

Malheureusement suite à la propagation de la pandémie du covid-19 tous les laboratoires de notre université « Larbi Tebessi » sont fermés.

Un confinement de plus de 04 mois à rendu la réalisation de notre étude impossible, pour cela on vous propose une analyse approfondie de plusieurs articles scientifiques qu'on a consulté afin de mieux comprendre d'une part, les composants de l'huile essentielle qualifiés d'une activité antioxydante et cytotoxique. D'une autre part comprendre son pouvoir antimicrobien face aux microorganismes pathogènes et résistant aux antibiotiques de synthèse.

Analyse des articles scientifiques

concernant les activités biologiques

5. Analyse bibliographiques sur les activités biologiques de l'huile essentielle de Cannelle

5.1. Pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle de cannelle

Les maladies infectieuses causent de sérieux problèmes pour la santé humaine à cause de l'émergence et de la résistance des bactéries aux antibiotiques. Malgré le progrès scientifique dans la compréhension de la pathogenèse microbienne, les agents pathogènes arrivent encore à résister aux antibiotiques prescrits et mimétisent parfois nos systèmes immunitaires. La résistance développée dirige les recherches vers de nouvelles molécules à base de plantes médicinales qui pourraient être des alternatives antimicrobiennes efficaces surmontant ainsi le problème de résistance aux antibiotiques.

Les HE et leurs composants majoritaires se sont révélés efficaces dans le contrôle de la propagation de certains agents bactériens (Nazzaro *et al.*, 2013). Les propriétés antibactériennes des HE sont connues depuis longtemps et aujourd'hui, un bon nombre de publications ont confirmé leur effet bactériostatique et bactéricide contre des souches bactériennes pathogènes même parfois à de très faibles concentrations (Talbaoui *et al.*, 2012).

Plusieurs molécules présentes dans les HE sont douées de propriétés antibactériennes, en particulier les phénols (tels que le carvacrol, le thymol et l'eugénol), les alcools (tels que le linalol) et les aldéhydes (tels que le cinnamaldéhyde). L'huile essentielle de cannelle fait partie des huiles ayant le plus fort pouvoir antibactérien (avec l'origan d'Espagne, le thym et le giroflier). Les huiles essentielles présentant une bonne activité antibactérienne sont aussi de bons antifongiques (Kaloustian *et al.*, 2008)

Les effets antibactériens sont influencés par différents facteurs tels que la composition chimique de l'HE, la méthode expérimentale utilisée et la souche bactérienne testée (Delaquis *et al.*, 2002). Leur action antibactérienne dépend à la fois des composés majoritaires, des effets synergiques et/ou additifs et des composés mineurs qui y sont présents (Mourey et Canillac, 2002).

Plusieurs chercheurs ont effectué une analyse GC/MS sur l'huile essentielle de cannelle *Cinnamomum cassia* et ont montré que le cinnamaldéhyde était l'ingrédient le plus

dominant de cette essence, les valeurs obtenus sont respectivement, **Vanessa, (2014)** (55 à 75 %) ; **Raeisi, (2015)** (79.74%) ; **Syed et al. (2015)** (62 à 90%) ; **Abbas et Maouche, (2019)** (53.31%) ; **Tarik et al. (2018)** (89.31 %). En outre, l'huile contient les monoterpènes (β -pinène, sabinène, linalol et camphre), le benzaldéhyde, l'acétate de cinnamyle, l'acide cinnamique, la coumarine et l'eugénol (**Raghavan, 2007 ; Brodowska et al., 2016**).

5.1.1. Activité antibactérienne de l'huile essentielle de l'écorce de cannelle

L'activité antibactérienne de l'HE de cannelle a été étudiée sur la croissance de certaines bactéries. Plusieurs chercheurs ont montrées une activité élevée contre *Enterococcus faecalis*, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumonia* avec des diamètres d'inhibition de 32mm, 25mm, 42mm, 24mm, 36mm, 43mm respectivement (**Kaskatepe et al., 2016**). De ça part, **Abbas et Maouche, (2019)** montre une activité antibactérienne efficace contre l'*Enterobacter cloacea* (32mm) et *Listeria monocytogènes* (44mm). Selon **Derbré et al. (2013)**, la *Streptococcus pyogenes* est très sensible à l'huile essentielle de *Cinnamomum zeylanicum* avec un diamètre d'inhibition supérieur à 40 mm, un résultat comparable à l'amoxicilline (antibiotique de la famille des aminopénicillines). Par contre **Benzeggouta, (2005)** a montré une activité antibactérienne moins faible contre : *Proteus mirabilis* (16mm) et *Enterobacter sp* (19mm). Plusieurs facteurs, tels que la structure chimique, le composé biologique actif, la concentration d'huiles essentielles et le type de micro-organismes jouent un rôle important dans l'efficacité des huiles essentielles (**Ainane et al., 2018**).

Le cinnamaldéhyde fait partie des aldéhydes les plus actifs contre les bactéries Gram positives et Gram négatives, y compris Clostridium, Pseudomonas, les levures et les champignons (**Inouye et al., 2001 ; Itsaraporn et al., 2016 ; Barbier, 2014 ; Patricia et al., 2007 ; Muhammad et al., 2015**). Selon **Unlu et al. (2010)** la haute activité antimicrobienne de l'huile essentielle de cannelle semble être corrélée à la grande quantité de cinnamaldéhyde

Plus récemment, certaines études se penchent sur l'explication des mécanismes d'action des huiles essentielles sur les cibles bactériennes (**Tiwari et al., 2009**). Par ailleurs, divers possibilités ont été décrites.

□ **Action sur la membrane cellulaire** : certaines études suggèrent que l'HE peut agir sur la membrane cellulaire (**Benchaar et al., 2008**). En effet, le caractère lipophile des molécules

constituant les HE les rend capables de pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane cellulaire et de s'accumuler entre les phospholipides, entraînant des changements de conformation et éventuellement un manque de régulation de la membrane cellulaire, ce qui perturbe ainsi le transport membranaire des substances nutritives et le gradient ionique des deux cotés de la membrane cytoplasmique (Cox *et al.*, 2001). L'application de l'huile essentielle de *Cinnamomum verum* sur des souches de *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* s'est révélée responsable d'un effondrement du potentiel membranaire, augmentation de la perméabilité aux cations (fuite de potassium) et inhibition de l'activité respiratoire (Bouhdid *et al.*, 2010 ; Barbier, 2014). Alors que l'eugénol, composé phénolique de l'huile essentielle de cannelle, sur *Escherichia coli* et *Listeria monocytogenes* est responsable de l'inhibition de la mobilité et la rupture de la membrane. Ces dommages sont irréversibles et réduisent la charge de surface bactérienne (Gill et Holley, 2004 ; Polly Soo Xi Y *et al.*, 2015).

□ **Action sur les acides gras membranaires :** les HE, grâce à leurs caractéristiques hydrophobes, constituent une véritable menace pouvant affecter la biosynthèse des acides gras insaturés (Burt et Reinders, 2003), il se trouve qu'elles inhibent la désaturase et la *cis-trans* isomérase ; enzymes impliquées dans l'anabolisme et la conversion des acides gras (Di Pasqua *et al.*, 2007). En effet, la présence des HE dans la cellule bactérienne, même à des concentrations inférieures à la concentration minimale inhibitrice (CMI), diminue le taux des acides gras insaturés responsable autrefois de la fluidité membranaire. Cela cause de légères perturbations au niveau de l'enveloppe externe de la cellule, traduisant ainsi des modifications structurales de la membrane. L'eugénol, augmente la quantité d'acides gras saturés et diminue celle d'acides gras insaturés en C18 (Di Pasqua *et al.*, 2007). Une fois appliqué sur *Escherichia coli* O157:H7 il cause une altération dans les compositions des acides gras (Di Pasqua *et al.*, 2010).

Le cinnamaldéhyde est connu pour inhiber l'acétyl-CoA carboxylase (enzyme intervenant dans la synthèse des acides gras) des bactéries (Glen Meades *et al.*, 2010 ; Abbas et Maouche, 2019).

□ **Action sur les protéines :** Les différents composants des HE peuvent agir sur les protéines présentes dans les bactéries et peuvent affecter la division cellulaire. Le cinnamaldéhyde, molécule électro-négative, peut interférer avec les processus biologiques en particulier les substances contenant de l'azote telles les protéines (El Atki *et al.*, 2019) est capable d'inhiber

la séparation des cellules de *Bacillus cereus*. L'action de cinnamaldéhyde sur la division cellulaire réside dans l'inhibition de l'assemblage du complexe FtsZ avec les anneaux-Z localisés sur les sites de division cellulaire. La molécule FtsZ est une protéine procaryote homologue à la tubuline, sa polymérisation permet la séparation des cellules filles lors de la division cellulaire. Ce composé peut encore perturber la morphologie des anneaux-Z et inhiber la polymérisation des FtsZ GTP-dépendante (**Domadia et al., 2007 ; Allard, 2015**).

□ **Action sur l'ATP** : la production d'ATP dans les cellules procaryotes se produit à la fois dans la paroi cellulaire par la chaîne respiratoire, et dans le cytosol par la glycolyse. Tout mécanisme affectant la stabilité membranaire peut influencer légèrement le processus du couplage énergétique (inhibition des ATPase) conduisant à une perturbation entre l'équilibre du pool d'ATP intra et extracellulaire. De plus, le cinnamaldéhyde inhibe l'absorption et l'utilisation du glucose par la bactérie en agissant sur le système enzymatique de la glycolyse (**Turgis et al., 2009**).

□ **Action sur le quorum sensing (QS)** : encore appelé « phénomènes bactériennes », est l'ensemble des molécules qu'utilisent les bactéries pour coordonner et assurer la communication entre elles (**Bouyahya et al., 2018**). Cette communication assure un certain nombre de fonctions cellulaires telles que l'expression des facteurs de virulence, la bioluminescence, la sporulation, la formation de biofilms et l'accouplement (**Cai et al., 2010 ; Trosko, 2016**). Aujourd'hui, il est bien clair que le QS est fortement associé au développement de la résistance aux antibiotiques via l'induction de la formation des biofilms. D'où la nécessité de cribler des molécules qui pourraient avoir un effet anti-QS. Certains composés isolés des HE se sont montrés efficaces contre le QS. Par exemple :

- la cinnamaldéhyde a réduit, voir inhibé la bioluminescence chez *Vibrio harveyi* BB170 et BB886 (**Niu et al., 2006**).
- l'eugénol provoque l'inhibition de la production des facteurs de virulence tels que la violacéine, l'élastase, la pyocyanine et le biofilm chez *Pseudomonas aeruginosa* et *Chromobacterium violaceum* (**Zhou et al., 2013**).
- Réduction de l'expression de la bioluminescence d'*Escherichia coli* pSB 1975 et pSB401 par l'huile essentielle de cannelle, indiquant une possibilité de la présence de molécules contre le QS (**Polly Soo Xi Y et al., 2015 ; Vasconcelos et al., 2018**).

5.1.2. Activité antifongique de l'huile essentielle de l'écorce de cannelle

Les champignons microscopiques comme les *Aspergillus* peuvent produire des mycotoxines aflatoxine qui peut être responsable de carcinome hépatique chez l'homme comme chez les animaux. Or la contamination des denrées alimentaires et notamment des céréales par ces agents fongiques est possible. Une équipe Egyptienne a testé plusieurs huiles essentielles dont celle de la Cannelle de Ceylan sur divers agents et sur leurs mycotoxines (**Soliman et Badeaa, 2002**). Les résultats obtenus sont probant La cannelle de Ceylan agit dès 500 ppm et à 1000 ppm l'inhibition est complète. Ce résultat n'est pas surprenant, de nombreuses autres études ont déjà mis en évidence des résultats similaires. Les molécules responsables de cet effet sont le cinnamaldéhyde et le 0-methoxycinnamaldéhyde (**Edet, 2004**).

Dans le même contexte, *Malassezia furfur* et de *Candida albicans* deux agents fongiques responsables de nombreuses pathologies cutanées, affectant de plus les personnes avec un déficit immunitaire. Or depuis quelques années, une résistance aux antifongiques classiques se développe. L'huile essentielle de cannelle inhibe complètement la croissance de *M. furfur* pendant 03 jours alors que l'aldéhyde cinnamique seul, permet une inhibition complète qui dure au-delà de 08 jours (**Ferhout et al., 1999**). On peut ainsi supposer que l'activité fongique de l'huile essentielle d'écorce de cannelle est liée à son constituant majoritaire.

Anupama N et al. (2005) ont mentionné qu'à la concentration de 0,01% l'huile de cannelle était suffisante pour inhiber complètement la croissance de quatre isolats : *Candida abicans ATCC10231 (24mm)*, *C.abicans SRTCC I(25mm)*, *C.abicans SRTCC II(24mm)*, *C.abicans SRTCC III(26mm)*. Le cinnamaldéhyde affecte également la structure des cellules de levure en inhibant la croissance mycélienne, il possède une activité fongicide par endommagement des membranes. De plus, il a été rapporté qu'il avait un effet anti-*Candida albicans* dose-dépendant (**Kaskatepe et al ., 2016**).

Les patients infectés par le virus HIV, développent fréquemment des infections fongiques, notamment des candidoses oropharyngées qui sont traitées par les azolés comme le kétoconazole, l'itraconazole et le fluconazole. Cependant des résistances apparaissent, obligeant les médecins à employer l'amphotéricine B injectable avec toutes les conséquences que cela peut entraîner. De nombreuses équipes de chercheurs ont tenté de trouver une alternative aux azolés. L'application d'acide cinnamique, d'aldéhyde methoxycinnamique et eugénol s'est avéré prometteuse, car dans la plus part des cas la candidose régresse (**Edet, 2004**).

D'autres champignons sont responsables d'infections sévères chez le patient immunodéprimé. Ainsi le *Cryptococcus neoformans* est un champignon opportuniste. En 1994, l'équipe française de Viollon et Chaumont (**Viollon et Chaumont, 1994**) teste diverses huiles essentielles sur cet agent pathogène. L'huile essentielle d'écorce de cannelle de Ceylan présente une des meilleures CMI: 100 µg/l, c'est une des huiles essentielles les plus actives constituant une alternative aux thérapeutiques conventionnelles.

Les études sur l'activité antifongique de l'huile essentielle de cannelle sur les champignons phytopathogènes à différentes concentrations indiquent que le pourcentage d'inhibition quelque soit le test réaliser (la croissance radiale ou la sporulation) augmente proportionnellement avec la concentration selon une **relation dose-effet**. D'une manière générale, la croissance et la sporulation du champignon est significativement ralentie avec les concentrations élevées en huile essentielle (**Boungab et al ., 2014**).

□ Le cinnamaldéhyde peut provoquer une lésion au niveau de la membrane fongique par inhibition de la voie de biosynthèse de l'ergostérol et également par une interaction avec celui-ci (**khan et al., 2013**). La chitine joue un rôle important dans la défense des propriétés nanomécaniques de la paroi cellulaire, et le β -1,3 D-glucane est essentiel pour maintenir la forme cellulaire, la rigidité mécanique et la résistance à la pression osmotique. L'exposition à l'huile de Cannelle a produit des cellules osmotiquement fragiles et gonflées avec une distribution inégale de chitine avec une élasticité accrue (**Zinnat Shahina et al., 2018**).

□ Les monoterpènes de l'huile essentielle de l'écorce de la cannelle de Chine provoquent une inhibition du métabolisme énergétique mitochondriale des cellules fongiques, notamment les oxydations phosphorylantes. Ce phénomène peut entraîner des perturbations dans les processus physiologiques et biochimiques dans la cellule (**Benghenime, 2017**).

□ De plus, le cinnamaldéhyde est capable d'inhiber l'activité enzymatique des protéinases, des phospholipases et peut même empêcher la formation des mycéliums, qui sont considérés comme des facteurs de virulence chez *Candida albicans* (**Pootong et al., 2017**).

□ Une autre étude a confirmé que les composants majeurs de l'huile essentielle de cannelle (le cinnamaldehyde et l'eugénol) inhibent aussi la formation de l'aflatoxine du champignon **(Barbier, 2014)**

5.2. Pouvoir antioxydant de l'huile essentielle de cannelle

Les phénomènes d'oxydation sur les aliments provoquent des changements qui affectent la saveur, la couleur, l'odeur et donc la qualité nutritionnelle de ces produits. Cette oxydation s'effectue sur les lipides par une chaîne de réaction radicalaire.

se forment en présence d'oxygène. Il y a production d'un radical superoxyde $O_2 \cdot^-$, capable d'attaquer les molécules lipidiques ce qui entraîne la formation d'hydroperoxyde et d'un nouveau radical libre. Ces hydroperoxydes sont instables et sont rapidement réduits en divers sous produits comme des époxydes, des cétones et des aldéhydes ; la qualité des produits alimentaires n'est plus assurée.

Dans ce même contexte, les cellules et tissus humains peuvent être soumis à une grande variété d'agressions physiques (traumatisme, irradiation, hyper ou hypothermique), chimiques (acidose, toxines) et métaboliques (exposition à des xénobiotiques, privation d'un facteur hormonal ou facteur de croissance). La plupart de ces agressions débouchent sur une expression commune appelée stress oxydant, dues à l'exagération d'un phénomène physiologique, normalement très contrôlé, la production de radicaux dérivés de l'oxygène endommageant ainsi les macromolécules biologiques et provoquant par la suite l'apparition de pathologies **(Daouda, 2015)**.

Dans l'industrie agroalimentaire comme dans la médecine, les phénomènes d'oxydation tels que la peroxydation des acides gras est peut être prévenu par l'addition d'antioxydants. Ces substances sont des composants qui vont interférer avec les radicaux libres et subir la dégradation à la place des acides gras :

- Soit en réagissant directement avec les radicaux libres
- Soit en le chélatant avec les métaux catalytiques
- Soit en ayant un rôle nécrophage (appelé souvent scavenger)

De nombreux antioxydants de synthèse sont utilisés pour contrôler l'oxydation lipidique tels que le butylhydroxytoluène (BHT), le butylhydroxyanisole (BHA), le propylgalate (PG) et le

butylhydroquinone (TBHQ). Mais ces aspects chimiques ainsi que leurs effets néfastes rendent leurs utilisations douteuses. De nombreuses recherches sont mises en routes pour leurs trouver des équivalents d'origine naturelle.

D'après plusieurs investigations, l'écorce de cannelle possède des propriétés antioxydantes en raison de sa richesse en composés phénoliques, vitamines et minéraux (Mancini-Filho *et al.*, 1998 ; Jayaprakasha *et al.*, 2007 ; Gul et Safdar, 2009). Selon YANG *et al.* (2010) l'huile essentielle d'écorce de *C. zeylanicum*, en plus de cinnamaldéhyde, benzaldéhyde, eugenol, était composée d'une quantité relativement élevées de composés phénoliques (18,2% de l'essence), les groupements fonctionnelles jouent un rôle antioxydant et agit comme un puissant donneur d'hydrogène (El-Baroty *et al.*, 2010 ; Shen *et al.*, 2012).

Varalakshmi *et al.* (2012) mentionnent, que l'écorce de *C. zeylanicum* est une source potentielle d'antioxydants naturels et pourrait être utilisé dans toutes les préparations de lutte contre les radicaux libres, médiateurs de dommages oxydatifs.

Mathew et Abraham, (2006) ; Ciftci *et al.* (2010) et Schmidt *et al.* (2006), rapportent aussi que l'huile essentielle de cannelle contiennent un certain nombre de composés antioxydants qui pourraient efficacement piéger les espèces réactives de l'oxygène, y compris les anions superoxyde et les radicaux hydroxyles. Ils suggèrent également son usage comme un agent protecteur contre les dommages tissulaires causés par les ROS. Selon (Şimşek *et al.*, 2013) la supplémentation de l'essence de cannelle au régime, diminuée de façon considérable le taux de MDA (malondialdéhyde) dans le foie, le cœur et les reins des animaux soumis à un stress thermique. Moselhy et Junbi, (2010) expliqués cela par la capacité de l'huile à activer les mécanismes antioxydant (superoxyde dismutase SOD) dans les cellules et inhiber la réaction en chaine de la peroxydation lipidique.

Selon (Brodowska *et al.*, 2016), l'examen de la capacité de piégeage des radicaux libres effectué sur l'huile essentielle de *C. cassia* par la méthode DPPH a révélé que l'activité de balayage est proportionnelle à la concentration en huile avec un résultat meilleur vers une concentration de 50µg/l.

5.3. Pouvoir cytotoxique et anti-tumoral

De nombreuses études ont montré une activité cytotoxique prometteuse des huiles essentielles, sans pour autant être mutagène, dans divers organismes (Stammati *et al.*, 1999;

Bakkali et al., 2008). Ces huiles essentielles semblent être utiles comme des agents potentiellement anti-tumoraux (**Unlu et al., 2010**).

Selon l'étude réalisée par **Kallel et al. (2019)** sur le pouvoir cytotoxique de l'huile essentielle de *C. zeylanicum* sur deux lignées cellulaires HeLa (lignée cellulaire cancéreuse) et Raji (première lignée cellulaire humaine cultivée en laboratoire, d'origine hématopoïétique -cellule de type lymphocyte B-), les résultats révèlent un effet *dose-dépendant* avec une importante régression de la viabilité de la lignée HeLa par rapport à la lignée cellulaire Raji.

Ces différences peuvent être attribuées à la grande diversité des molécules constituant l'huile essentielle et l'effet d'affinité pour un type de cellule tumorale par rapport à l'autre. Selon l'Institut Nationale Centrale Américaine, des extraits de plantes qui présentent une cytotoxicité avec une $IC_{50} < 30 \mu\text{g/ml}$ peuvent être considérés comme des agents potentiels pour le développement de médicaments anticancéreux (**Suffness et Pezzuto, 1990**).

Bouyahya et al. (2016) supposait que de nombreuses molécules dans les huiles essentielles ont des propriétés anti-tumorales et cytotoxiques en particulier le carvacrol, le thymol, l'eugénol, le linalol et les groupes d'aldéhydes sous forme d'aldéhyde cinnamique.

En fait, selon la littérature, l'effet cytotoxique de l'huile essentielle de cannelle contre les lignées des cellules tumorales pourraient être dues à la présence de certains monoterpènes et sesquiterpènes et aussi à la présence d'une plus haute teneur en polyphénols qui donne certainement une très importante propriété antioxydante pour cette huile essentielle (**Burk et al., 1997 ; Patel et Gogna, 2015**).

Leela, (2008) a rapporté que le cinnamicaldéhyde et l'acide hydrocinnamique présentent également chez les variétés de cannelle *Cinnamomum zeylanicum* et *Cinnamomum cassia* peuvent réagir en tant que piègeurs des radicaux libres peroxydes et prévenir les dommages oxydatifs. Par conséquent, certains rapports défendent la relation entre l'activité antioxydante et l'effet cytotoxique (**Cimanga et al., 2002 ; Jie et al., 2007**).

Conclusion et perspective

Conclusion

La *Cinnamomum cassia* (Lauraceae) appartient à un arbre à feuilles persistantes originaire du sud de la Chine, et largement cultivée dans les pays de l'Asie orientale (Inde, Malaisie, Thaïlande, Vietnam et Indonésie). La variété, Cassia, se caractérise par un arôme épicé doux, un goût amer plus piquant et une écorce plus épaisse que la cannelle de Ceylan.

Les écorces de Cassia sont non seulement connues comme épices et aromates, mais sont également considérées comme un remède puissant dans le monde entier. Il est couramment utilisé pour le traitement de l'aménorrhée, de la polyarthrite rhumatoïde, des palpitations cardiaques, diarrhée, névrose gastro-intestinale, diabétique, et autres.

L'huile essentielle de cannelle possède de nombreuses propriétés médicales et antioxydante en raison de sa richesse en composés phénoliques tels que les flavonoïdes, les isoflavones, flavones, catéchine qui sont des antioxydants et anti-tumoraux dominants présentant une bonne efficacité de balayage contre les espèces réactives d'oxygène responsables autrefois de phénomènes oxydatifs.

Des études généralisées ont démontré l'efficacité de l'huile essentielle de cannelle pour réduire la croissance des bactéries, des moisissures et des levures. Cette activité antimicrobienne est principalement fonction de la composition chimique, et en particulier du «cinamaldéhyde».

Les huiles essentielles possèdent des activités antibactériennes importantes et peuvent se substituer avec succès aux antibiotiques qui montrent leurs inefficacités à l'encontre des microorganismes résistants.

Références bibliographiques

A

Abbas M., Maouche R. Etude chimique des huiles essentielles de *Cuminum cyminum* et *Cinnamomum zeylanicum*, teste de synergisme antibactérien contre des microorganismes liés à l'alimentation. Mémoire de Master en chimie des produits Naturels. Université Blida 1, Faculté des Sciences 2019, 36p.

Abbes A. Évaluation de l'activité antioxydante des huiles essentielles d'*Ammoides verticillata* «Noukha» de la région de Tlemcen. Mémoire de Master en Science Agronomique et des forêts. Université Abou Berk Belkaid Tlemcen 2014, 12p.14p

AFNOR. Huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d'analyse (Tome1) – Monographies relatives aux huiles essentielles (Tome 2. Volumes 1 et 2). Mars 2000.

AFNOR. Cannelle, le guide des plantes, 2019 <https://www.guide-des-plantes.com/cannelle/>

Ainane T., Khammour F., Merghoub N., Elabboubi M., Charaf S., Ainane A., Elkouali M., Talbi M., Abba E., Cherroud S. Analyse chimique et activité antimicrobienne d'un bio-produit cosmétique à base d'huile essentielle de cannelle « *Cinnamomum verum* » pour le traitement des mycoses. *Proceedings BIOSUNE'1* 2018 : 122-126.

Ait Mbarek L., Ait Mouse H., Elabbadi N., Bensalah M., Gamouh A., Aboufatima R., Benharref A., Chait A., Kamal M., Dalal A., Zyad A. Anti-tumor properties of blackseed (*Nigella sativa* L.) extracts. *Braz. Journal of Medecin and Biological Research* 2007 ; 40 : 839-847.

Allard H. contribution a l'étude de la phytothérapie et l'aromathérapie dans les élevages Bovins : propriétés antibactériennes et immuno-stimulantes de certaines plantes. Thèse de Doctorat en Vétérinaire. Université Claude BERNARD –Lyon I 2015, 66p

Albuquerque CC., Camara TR., Marian RDR., Willadino L., Marcelino C., Ulisses C. Antimicrobial action of the essential oi of *Lippia gracilis* Schauer. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 2006 ; 49: 527–35

Allegrini J., Bouchberg MS., Maillols H. Emulsions d'huiles essentielles, fabrication et application en microbiologie. *Société de Pharmacie de Montpellier* 1973 ; 33: 73-86.

Anupama N., Devakatte Z., Gajanan B., Karuppayil S. Potential of plant oils as inhibitors of *Candida albicans* growth. *FEMS yeast research* 2005 ; 5(9) : 867-873.

Aprotosoai AC., Spac AD., Hancianu M., Miron A., Tanasescu VF., Dorneanu V., Stanescu U. The chemical profile of essential oils obtained from fennel fruits (*Foeniculum vulgare* Mill). *Farmacla* 2010 ; 58 (1) : 46-54.

Astani A., Reichling J., Schnitzler P. Comparative study on the antiviral activity of selected monoterpenes derived from essential oils. *Phytotherapy Research* 2010 ; 24(5): 673-679.

B

Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M., “Biological effects of essential oils-a review,” *Food and Chemical Toxicology* 2008 ; 46(2) : 446-475.

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

Barbier C. L’huile essentielle de cannelle de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum*). Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Picardie Jules Verne : Amiens France, 2014, 83p.

Baser KHC., Buchbauer G. Handbook of essential oil: Science, Technology, and Applications. Ed. Taylor and Francis, USA 2010.

Benchaar C., Calsamiglia S., Chaves AV., Fraser GR., Colombatto D., Mcallister TA., Beauchemin KA. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology* 2008 ; 145:209-228.

Benghenim A S. Contribution à l’étude de l’effet inhibiteur de l’huile essentielle et de l’hydrolat de la cannelle de chine (*cinnamomum cassia*) vis-à vis des biofilms de *candida albicans*. Mémoire de Master en Biochimie Appliquée. Université Aboubaker Belkaid-Tlemcen, faculté des sciences de la nature et de la vie 2017, 16p.

Benzeggouta N. Etude de l’activité antibactérienne des huiles infusées de quatre plantes médicinales connues comme aliments. Thèse de Magister en Pharmacochimie. Institut de chimie, Université de Constantine, 2005.

Bernadet M. Phyto-aromathérapie pratique, plantes médicinales et huiles essentielles, Editions Dangles, 2000.

Bouguerra A. Etude des activités biologiques de l’huile essentielle extraite des graines de foeniculum vulgare mill. en vue de son utilisation comme conservateur. Magister en sciences alimentaires. Universités Mentouri Constantine, 2012.

Bouhdid S, Abrini J, Amensour M, Zhiri A., Espuny MJ., Manresa A. Functional and ultrastructural changes in *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* cells induced by *Cinnamomum verum* essential oil. *Journal of Applied Microbiology* 2010 ; 109:1139-1149.

Boungab K., Tadjeddine A., Belabid L. Efficacité de l’huile essentielle de la cannelle (*Cinnamomum cassia*) sur des champignons phytopathogènes. *PhytoChem & BioSub Journal* 2014 ; 8 (4) : 214-220.

Bousbia N. Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Thèse de doctorat en Chimie. HAL Université d’Avignon et des Pays de Vaucluse, 2011-176p.

Bouyahya A., Abrini J., Bakri Y., Dakka N. Les huiles essentielles comme agents anticancéreux: actualité sur le mode d’action. *Phytotherapie* 2016 :1-14.

Bouyahya A., Bakri Y., Et-Touys A., Talbaoui A., Khouchlaa A., Charfi S., Abrini J., Dakka N. Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries. *Phytothérapie* 2018 ; 16(1) : 173 : 183.

Brand-Williams W., Cuvelier ME., Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology* 1995; 28: 25-30.

Bremness L. Les plantes aromatiques et Médicinales. Bordas Editions. 1998

Brodowska KM., Brodowska AJ., Śmigielski K., Łodyga-Chruścińska E. Antioxidant profile of essential oils and extracts of cinnamon bark (*Cinnamomum cassia*). *European Journal of Biological Research* 2016 ; 6 (4): 310-316.

Bruneton J. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4^e ed.). Lavoisier-Tec & Doc collection : France 2009, 1292p.

Buchanan BB., Gruissem W., Jones RL. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiologists: Rockville maryland, USA 2000: 1367.

Bureau L. Actualites en phytothérapie. *Phytotherapie* 2010 ; 8 (3) : 204-209.

Burt SA., Reinders RD. Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Letters in Applied Microbiology* 2003 ; 36:162-167.

Burke YD., Stark MJ., Roach SL., Sen SE., Crowell PL. Inhibition of pancreatic cancer growth by the dietary isoprenoids farnesol and geraniol. *Lipids* 1997 ; 32(2) : 151-156.

C

Cai Y., Wang R., An MM. Iron-depletion prevents biofilm formation in *Pseudomonas aeruginosa* through twitching motility and quorum sensing. *Brazilian Journal of Microbiology* 2010; 41:37-41.

Canillac N., Mourey A. Antibacterial activity of the essential oil of *Picea excelsa* on *Listeria*, *Staphylococcus aureus* and coliform bacteria. *Food Microbiology* 2001; 18(3): 261-268.

Chaintreau A., Joulain D., Marin C., Schmidt CO., Vey M. Quantification of fragrance compounds suspected to cause skin reactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2003 ; 51 : 398-403.

Ciccarelli D., Garbari F., Pagni AM. The flower of *Myrtus communis* (Myrtaceae): secretory structures, unicellular papillae, and their ecological role, *Flora* 2008 ; 203 : 85-93

Ciftci M., Simsek UG., Yuce A., Yilmaz O., Dalkilic B. Effects of dietary anti-biotic and cinnamon oil supplementation on antioxidant enzyme activities, cholesterol levels and fatty acid compositions of serum and meat in broiler chickens. *Acta Veterinaria Brno* 2010 ; 79 : 33- 40.

Cimanga K., Kambu K., Tona L. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *Journal of Ethnopharmacology* 2002 ; 79(2) : 213-220.

Cox SD., Mann CM., Markham JL. Interactions between components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *Journal of Applied Microbiology* 2001 ; 91:492-499.

D

Daouda T. Etudes chimique et biologique des huiles essentielles de Quatre plantes aromatiques médicinales de Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat en Chimie organique. Université Felix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire, 2015.

Dayal B., Purohit RM. Screening of some Indian essential oils for their antifungal activity. *flavour of india* 1971 ; 2: 484-485.

Degryse AC., Delpla I., Voinier MA. Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Atelier santé environnement -IGS- EHESP 2008, 87p.

De Feo V., De Simone F., Senatore F. Potential allelochemicals from the essential oil of *Ruta graveolens*. *Phytochemistry* 2002 ; 61 : 573-578.

Delaquis PJ, Stanich K, Girard B, Mazza G. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology* 2002 ; 74:101-109.

De Martino L., de Feo V., Nazzaro F. Chemical composition and in vitro antimicrobial and mutagenic activities of seven Lamiaceae essential oils. *Molecules* 2009 ; 14:4213-230.

Derabla Ch., Zamouche A. Etude de l'activité antibactérienne des extraits alcooliques d'ail (*Allium Sativum*) et de cannelle (*Cinnamomum Zeylanium*) mémoire de master en Qualité des produits et sécurité alimentaire. Université 8 Mai 1945 Guelma 2016, 80p.

Derbré S., Licznar-fajardo P., Sfeir J. Intérêt des huiles essentielles dans les angines à *Streptococcus pyogenes*. *Actualités pharmaceutiques* 2013, N° 530.

Di Pasqua R., Betts G., Hoskins N., Edwards M., Ercolini D., Mauriello G. Membrane toxicity of antimicrobial compounds from essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2007 ; 55:4863-4870.

Di Pasqua R., Mamone G., Ferranti P., Ercolini D., Mauriello G. Changes in the proteome of *Salmonella enteric* serovar Thompson as stress adaptation to sublethal concentrations of thymol. *Proteomics* 2010 ; 10:1040-1049.

Domadia P., Swarup S., Bhunia A., Sivaraman J., Dasgupta D. Inhibition of bacterial cell division protein FtsZ by cinnamaldehyde. *Biochemical Pharmacology* 2007 ; 74: 831-40

Domínguez Salinas E. Etat des lieux de la filière de la cannelle à Mayotte : caractérisation et propositions pour son développement. Direction de l'agriculture et de forêt, Mémoire du Master Forêt Rurale et tropicale. Ecole nationale de génie rural, des eaux et des forêts 2003, page 21

Dorman HJD., Figueiredo AC., Barroso JG., Deans SG. In vitro evaluation of antioxidant activity of essential oils and their components. *Flavour and Fragrance Journal* 2000 ; 15 : 12-16.

Drugeon HB., Le Gallou F., Caillon J. Méthodes d'étude de l'activité bactéricide. In: Courvalin P., Drugeon H., Flandrois J.P. & Goldstein F. Bactéricidie, Aspects théoriques et thérapeutiques. Ed. Maloine, Paris, 1990.

E

Edet F. La cannelle de Ceylan et ses activités biologiques. Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier, Faculté de pharmacie de Grenoble 2004, 157p.

El-atki Y., Aouama I., El kamari F. Antibacterial activity of cinnamon essential oils and their synergistic potential with antibiotics. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research* 2019 ; 10(2) : 63

El-Baroty GS., Abdel-Baky HH., Farag RS., Saleh MA. Characterization of antioxidant and antimicrobial compound of cinnamon and ginger essential oils. *African Journal of Biochemistry Research* 2010 ; 4 :167-174.

Elgawish R.A.R., Abdelrazek H.M.A. Effects of lead acetate on testicular function and caspase-3 expression with respect to the protective effect of cinnamon in albino rats, *Toxicology Reports* 2014 : 1-27.

El Kalamouni C. Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées. Thèse de Doctorat, Toulouse, France 2010.

F

Ferhout H., Bohatier J., Guillot J. Antifungal activity of selected essential oils, cinnamaldehyde and carvacrol against *Malassezia furfur* and *Candida albicans*. *Journal of Essential Oil Research* 1999 ; 11 : 119-129.

G

Glen Meades Jr., Rachel LH., Grover LW., Mukhlesur R., Douglass GS., Guy PPK., Alvaro MV., Simon G. Constituents of Cinnamon Inhibit Bacterial Acetyl CoA Carboxylase. *Planta Medica* 2010 ; 76: 1570-1575.

Gill AO., Holley RA. Mechanisms of Bactericidal Action of Cinnamaldehyde against *Listeria monocytogenes* and of Eugenol against *L. monocytogenes* and *Lactobacillus sakei*. *Applied and Environmental Microbiology* 2004 ; 70 (10) : 5750-5755.

Gill AO., Holley RA. Disruption of *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Lactobacillus sakei* cellular membranes by plant oil aromatics. *International Journal of Food Microbiology* 2006 ; 108:1-9

Girard G. Les propriétés des huiles essentielles dans les soins bucco-dentaires d'hier à aujourd'hui «Mise au point d'un modèle préclinique de lésion buccale de type aphte pour tester les effets thérapeutiques des huiles essentielles». Thèse de Doctorat en sciences pharmaceutiques. HAL université de lorraine 2010, 117p.

Goetz P., Guedira K. Introduction à la phytothérapie anti-infectieuse. In : Phyto-Aromathérapie des Maladies Infectieuses. Matière Médicale et Application. Ed. Springer, Paris 2012.

Guba R. Toxicity myths-essential oils and their carcinogenic potential. *International Journal of Aromatherapy* 2001 ; 11: 76-83.

Guerin-Faublee V., Carret G. L'antibiogramme, principes, méthodologies, intérêts et limites. Journées nationales GTV-INRA, Nantes, France 1999, 5-12p.

Guerrouf A. Application des huiles essentielles dans la lutte microbiologique cas d'un cabinet dentaire. Mémoire de Master. Université Kasdi Merbah –Ourgla- 2017, 65p

Gul S., Safdar M. Proximate composition and mineral analysis of cinnamon. *Pakistan Journal of Nutr*, 8, 1456-1460, 2009.

Gulluce M., Şahin F., Sokmen M., Ozer H., Daferera D., Sokmen A., Polissiou M., Adiguzel A., Ozkan H. Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol extract from *Mentha longifolia L. ssp. longifolia*. *Food Chemistry* 2007 ; 103: 1449-1456.

H

Haouam MT. Evaluation de l'activité biologique de l'huile essentielle extraite à partir de Romarin *Rosmarinus officinalis*. Mémoire de Master en Biochimie Appliquée. Université Larbi Tebessi, Tebessa 2019, 50p.

Hellal Z. Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Applications sur la sardine (*Sardina pilchardus*), Mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2011.

Hemaiswarya S, Kruthiventi AK., Doble M. Synergism between natural products and antibiotics against infectious diseases. *Phytomedicine* 2008 ; 15 : 639-652.

I

Inouye S., Yamaguchi H., Takizawa T. Screening of the antibacterial effects of a variety of essential oils on respiratory tract pathogens, using a modified dilution assay method. *Journal of Infection and Chemotherapy* 2001 ; 7 : 251-254.

Inouye S., Takizawa T., Yamaguchi H. Antibacterial activity of essential oils and their major constituents against respiratory tract pathogens by gaseous contact. *Antimicrobial Chemother* 2001 ; 47 : 565-573.

Isman MB. Plant essential oils for pest and disease management *Crop Protection* 2000 ; 19 : 603-8.

Itsaraporn U., Suvimol S., Montree J., Piyatip K., Mullika TC. Efficacy of Cinnamon bark oil and cinnamaldehyde on anti-multidrug resistant *Pseudomonas aeruginosa* and the synergistic effects in combination with other antimicrobial agents. *Journal de BMC complement and Alternative Medicine* 2016 ; 16 :158

J

Jayaprakasha GK., Negi PS., Jena BS., Jagan Mohan Rao L. Anti-oxidant and antimutagenic activities of *Cinnamomum zeylanicum* fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis* 2007 ; 20 : 330-336.

Jie H., Tao S., Jun H., Shuangyang C., Xiaoqiang C., Guolin Z. Chemical composition, cytotoxic and antioxidant activity of the leaf essential oil of *Photinia serrulata*. *Food Chemistry* 2007 ; 103(2) : 355-358.

Juvan BJ., Kanner J., Schved F., Weisslowicz H. Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. *Journal application bacteriology* 1994 ; 76 : 626-631

K

Kallel I., Hadrich B., Gargouri B., Chaabane A., Lassoued S., Gdoura R., Bayoudh A., Ezeddine Ben M. Optimization of Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) Essential Oil Extraction: Evaluation of Antioxidant and Antiproliferative Effects. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2019 Article ID 6498347, 11 pages

Kaloustian J., Chevalier J., Mikail C., Martino M., Abou L., Vergnes MF. Etude de six huiles essentielles: composition chimique et activité antibactérienne. *Phytothérapie* 2008 ; 6 : 160-164.

Kaskatepe B., kiymaci ME., Simske D., Erol HB., Erdem SA. Comparaison of the contents and antimicrobial activities of commercial and natural cinnamon oil. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences* 2016 ; 78(4) : 541-546.

Kazazi H., Rezaei K., Ghotb-Sharif SJ., Emam-Djomeh Z., Yamini Y. Supercritical fluid extraction of flavors and fragrances from (*Hyssopus officinalis* L.) cultivated in Iran. *Food Chemistry* 2007 ; 105 : 805–811.

Khan MS., Ahmad I., Cameotra SS. Phenylaldehyde and propanoids exert multiple sites of action towards cell membrane and cell wall targeting ergosterol in *Candida albicans*. *AMB Express* 2013; 3:8:54

Koh WS., Yoon SY., Kown BM. Cinnamaldehyde inhibits lymphocyte proliferation and modulates T-cell differentiation. *International Journal of Immunopharmacology* 1998 ; 20 : 643-660.

L

Labiod R. Valorisation des huiles essentielles et des extraits de *Satureja calaminetha nepeta* : activité antibactérienne, activité antioxydante et activité fongicide. Thèse de Doctorat en biochimie Appliquée. Université Annaba, 2016-14p.

Lakhdar L. Évaluation de L'activité Antibactérienne d'huile essentielle marocaines sur *Aggregatibacter Actinomycetemcomitans* : étude in vitro, Thèse de Doctorat en science Odontologieques. Université Mohamed V de Rabat, 2015. 28/14CSNS. 183p

Lamassiaude-Peyramaure S. Nouvelles thérapeuthiques à l'officine. *Actualités pharmaceutiques* 2008 ; 47(475) : 27-28.

Lardry JM., Haberkorn V. Les Huiles Essentielles : principes d'utilisation. *Kinesitherapy Reviews* 2007 ; 61: 18-23.

Laurent J, Conseils et utilisation des huiles essentielles les plus courantes en officine, Thèse de doctorat en pharmacie. Université Paul Sabatier Toulouse III, faculté des sciences pharmaceutiques 2017, 69p.

Lee JS., Jeon SM., Park Em., Huh TL., Kwon OS., Lee MK., Choi MS. Cinnamate supplementation enhances hepatic lipid metabolism and antioxidant defense systems in high cholesterol-fed rats. *Journal of Medicinal food* 2003 ; 3 : 183-191.

Lee T., Dugoua JJ. Nutritional supplements and their effect on glucose control. *Current Diabetes Reports* 2011 ; 11 :142-148.

Leela NK. "Cinnamon and cassia," in *Chemistry of Spices* , V. A. Parthasarathy, B. Chempakam, and T. J. Zachariah, Eds., pp. 124–144, International Cabi, Wallingford, UK, 2008.

Li Y, Kong D, Wu H. Analysis and evaluation of essential oil components of cinnamon barks using GC-MS and FTIR spectroscopy. *Industrial Crops and Products* 2013;41:269-78

Loza-Tavera H. Monoterpenes in Essential oils: Biosynthesis and Properties. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 1999 ; 464 : 49-62.

Lynck VM., Silva AL. Figueiro M. Inhaled linalool-induced sedation in mice, *Phytomedicine* 2009 ; 16(4) : 303-307.

M

Mancini-Filho J., Van-Koij A., Mancini DA., Cozzolino FF., Torres RP. Antioxidant activity of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*, Breyne) extracts. *Bollettino chimico farmaceutico* 1998 ; 137 : 443-447.

Mathew S., Abraham TE. Studies on the antioxidant activities of cinnamon (*Cinnamomum verum*) bark extracts, through various in vitro models. *Food Chemistry* 2006 ; 94 : 520-528.

Mayachiew P., Devahastin S. Antimicrobial and antioxidant activities of Indian gooseberry and galangal extracts. *Food Science and Technology* 2008 ; 41 :1153-1159.

Menyar D. Eco-Extraction des huiles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens. Thèse de Doctorat en Sciences chimie. HAL. Université d'Avignon 2014, 157p

Molyneux P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 2004 ; 26(2) : 211-219.

Moselhy SS., Junbi HH. Antioxidant properties of ethanolic and aqueous cinnamon extracts against liver injury in rats. *International Journal of Advances in Pharmaceutical Sciences* 2010 ; 1 : 151-155.

Mourey A., Canillac N. Anti-*Listeria monocytogenes* activity of essential oils components of conifers. *Food Control* 2002 ; 13: 289-292.

Muhammad S., Bhatti H., Nawaz J., Muhammad I. Bioanalytical evaluation of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil. *Natural product research*. 2015 ; 29(19) :1857-1859.

N

Nabavi SF., Di Lorenzo A., Izadi M., Sobarzo-Sánchez E., Daglia M., Nabavi SM. Antibacterial Effects of Cinnamon: From Farm to Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries. *Nutrients* 2015 ; 7(9) : 7729-7748.

Nazzaro F., Fratianni F., De Martino L., Coppola R., De Feo V. Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals* 2013 ; 6:1451-1474.

Nedjai I et Nedjai S. Activité antimicrobienne des huiles essentielles. Mémoire de Master en Écologie Microbienne. Université de Bejaïa, 2017. 64p

Niu S., Afre S., Gilbert ES. Sub-inhibitory concentrations of cinnamaldehyde interfere with quorum sensing. *Letters in Applied Microbiology* 2006 ; 43:489-494

Norman J. Les épices leur emploi dans la cuisine d'aujourd'hui Ratier, Paris 1991.

O

Ojeda-Sana A M., van Baren C M., Elechosa AM., Juárez MA., Moreno S. New insights into antibacterial and antioxidant activities of rosemary essential oils and their main components. *Food Control* 2013 ; 3 : 189-195.

Olle M., Bender I. The content of oils in Umbelliferous crops and its formation. *Agronomy Research* 2010 ; 8(3) : 687-696.

Ouis N. Etude chimique et Biologique des Huiles essentielles de coriandre de fenouil et de persil. Thèse de Doctorat en Chimie Organique. Université Oran1, 2015-239p.

P

Paré J. Procédé assisté par micro-ondes. Info-essences, Bulletin sur les huiles essentielles 1997 ; 4: 4.

Paris M., Hurabielle M. Abrégé de matière médicale (pharmacognosie) Tome 1: généralités, monographies. Ed. Masson, Paris 1981.

Patel S., Gogna P. Tapping botanicals for essential oils: progress and hurdles in cancer mitigation. *Industrial Crops and Products* 2015 ; 76 : 1148-1163.

Patricia L., Sanchez C., Batlle R., Nerin C. Vapor-phase activities of cinnamon, thyme, and oregano essential oils and Key constituents against foodborne microorganisms. *Journal of Agricultural and food chemistry* 2007 ; 55(11) : 4348-4356.

Pharmacopée européenne, version 7.1 (avril 2011)

Pellerin P. Extraction par le CO₂ à l'état supercritique. *Annales des Falsifications et de l'Expertise Chimique* 2001 ; 94 : 51-62.

Perrot E., Paris RP. Plantes médicinales, édition Puf, Paris, volume (I), 1974.

Piochon M. Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et hémisynthèse. Mémoire de Master. Université du Québec à Chicoutimi 2008, p19.

Polly Soo Xi Y., Thiba K., Kok-Gan C. Antibacterial mode of action of Cinnamomum verum bark essential oil, alone and in combination with piperacillin, against a multi-drug – resistant *Escherichia coli* strain. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 2015 ; 25(8) : 1299-1306.

Pootong A., Norrapong B., Cowawintaweewat S. Antifungal activity of cinnamaldehyde against *Candida albicans*. *Tropical medicine and public health* 2017; 48 (1):150-158.

Q

R

Raghavan S. eds. Spices, seasonings, and flavorings. 2nd edn. Boca Raton, (FL): CRC Press, Taylor and Francis Group, 2007.

Raeisi M., Tajik H., Yarahmadi A., Sanginabadi S. Antimicrobial Effect of Cinnamon Essential Oil Against *Escherichia Coli* and *Staphylococcus aureus*. *Health Scope* 2015;4(4): e21808.

Rosato A., Piarulli M., Corbo F., Muraglia M., Carone A., Vitali ME., Vitali C. In vitro synergistic action of certain combinations of gentamicin and essential oils. *Current Medicinal Chemistry* 2010 ; 17 : 3289-3295.

S

Sahraoui. Les huiles essentielles. Cours de pharmacie, Université Annaba 2015.

Scherer R., Godoy HT. Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chemistry* 2009 ; 112: 654-658.

Schmidt E., Jirovetz L., Buchbauer G., Eller GA., Stoilova I., Krastanov A., Stoyanova A., Geissler M. Composition and antioxidant activities of the essential oil of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) leaves from Sri Lanka. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 2006 ; 9 :170-182.

Seyed FN ., Arianna DL., Morteza I., Eduardo S-S., Maria D., Nabavi SM. Antibacterial Effects of Cinnamon: From Farm to Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries 2015.

Shen Y., Jia LN., Honma N., Hosono T., Ariga T., Seki T. Beneficial effects of cinnamon on the metabolic syndrome, inflammation, and pain, and mechanisms underlying these effects. *Journal of Traditional and Complementary Medicine* 2012 ; 2 : 27-32.

Şimşek ÜG., Çiftçi M., Doğan G., Özçelik M. Antioxidant Activity of Cinnamon Bark Oil (*Cinnamomum zeylanicum* L.) in Japanese Quails Under Thermo Neutral and Heat Stressed Conditions. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 2013 ; 19(5) : 889-894.

Singh P., Srivastava B., Kumar A., Kumar R., Dubey N.K. & Gupta R. Assessment of Pelargonium graveolens oil as plant-based antimicrobial and aflatoxin suppressor in food preservation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2008 ; 88: 2421-2425.

Soliman KM., Badeaa RI. Effect of oil extracted from some medicinal plants on different mycotoxigenic fungi. *Food and Chemical Toxicology* 2002 ; 40 : 1669-1675.

Stammati A., Bonsi P., Zucco F., Moezelaar R., Alakomi HL., von A. Wright, “Toxicity of selected plant volatiles in microbial and mammalian short-term assays”. *Food and Chemical Toxicology* 1999 ; 37(8) : 813-823.

Suffness M., Pezzuto J., “Assays related to cancer drug discovery,” in *Methods Plant Biochemistry: Assays for Bioactivity*, K. Hostettmann, Ed., Academic Press, London, UK, 1990 ; 6 : 71-133.

T

Talbaoui A., Jamaly N., Aneb M. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from six Moroccan plants. *Journal of Medicinal Plants Research* 2012 ; 6 : 4593-4600.

Tarik A., Khammour F., Merghoub N., Elabboubi M., Charaf S., Ainane A., Elkouali M, Talbi M., Abba EH., Cherroud1 S. Analyse chimique et activité antimicrobienne d'un bio-produit cosmétique à base d'huile essentielle de cannelle *Cinnamomum verum* pour le traitement des mycoses 2018 : 122-126.

Tharib SM., Gnan SO., Veitch GBA. Antimicrobial activity of compound from *Artemisia campestris*. *Journal of Food Protection* 1983 ; 46: 681-685.

Tiwari BK., Valdramidis VP., O'Donnel CP. Application of natural antimicrobials for food preservation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2009; 57: 5987-6000.

Tongnuanchan P., Benjaku S. Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation. *Journal of Food Science* 2014; 79 (7): 1231-1249.

Toure D. Etudes chimiques et Biologiques des huiles essentielles de Quatre plantes Aromatiques Médicinales de côte D'ivoire. Thèse de Doctorat en Biologie Humaine Tropicale. HAL. Université Felix Hanphoout Boigny, 2015.

Trosko JE. Evolution of microbial quorum sensing to human global quorum sensing: an insight into how gap junctional intercellular communication might be linked to the global metabolic disease crisis. *Biology (Basel)* 2016 ; 5: 29.

Turgis M., Han J., Caillet S., Lacroix M. Antimicrobial activity of mustard essential oil against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhi*. *Food Control* 2009 ; 20:1073-1079.

U

Unlu M., Ergene E., Unlu G., Zeytinoglu H., Vural N. Composition, antimicrobial activity and in vitro cytotoxicity of essential oil from *Cinnamomum zeylanicum* Blume (Lauraceae). *Food and chemical toxicology* 2010 ; 48 : 3274-3280.

V

Vangelsers M. L'Aromathérapie dans la prise en charge des troubles de santé mineurs chez l'adulte à l'officine. Thèse de Doctorat en pharmacie. Université de Lille 2, 2017.146p

Vasconcelos NG., Croda J., Simionatto S. Antibacterial mechanisms of cinnamon and its constituents :A review. *Microbial pathogenesis* 2018 ; (120) : 198-203.

Venessa C. Un nouveau produit d'origine naturelle à activité antibactérienne à spectre large, Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université Lille 2, Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologique 2014, 108p

Varalakshmi B., Anandh AV., Prasanna R., Vijayakumar K. Anti-oxidant status of *Cinnamomum zeylanicum* linn bark. *International Journal of Universal Pharmacy Life Science* 2012 ; 2 : 409- 421,.

Viollon C., Chaumont JP. Anti-fungal properties of essential oils and their main components upon *Cryptococcus neoformans*. *Mycopathology* 1994 ; 128: 151-153.

W

Wichtl M., Anton R. Plantes thérapeutiques: tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. 4ème édition. Tee & Doc et Editons Médicales Internationales, Paris 2003.

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

Wright J. Essential oils. In Ashurst PR (Ed) Food flavorings. Blackie Academic and Professional Edition, 1995.

Webographie

Web1	:	https://www.gastronomiac.com/glossaire_des_produi/cannelle/ [01.04.2020].
Web2	:	http://fleurs-fruits-feuilles-de.com/cinnamomum_verum.php?Liste=morus_alba.php [05.04.2020]
Web3	:	http://tpehuilesessentiellesetsante.e-monsite.com/pages/i-les-huiles-essentielles-une-utilisation-millenaire/definition/b-les-differentes-techniques-d-extraction-des-huiles-essentielles.html [01.04.2020]
Web4	:	www.planete-responsable.com [03.05.2020]

X

Y

Yang L., Tan GY., Fu YQ., Feng JH., Zhang MH. Effects of acute heat stress and subsequent stress removal on function of hepatic mitochondrial respiration, ROS production and lipid peroxidation in broiler chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology- partC : Toxicology & Pharmacology* 2010 ; 151 : 204-208,

Yen GC., Chen HY. Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 2000 ; 43: 27-32.

Z

Zaouli Y., bouzaine T., Boussaid M. Essential oils composition in tow *Rosmarinus Officinalis L.* varieties and incidence for antimicrobial and antioxidant activities .*Food and chemical toxicology* 2010 ; 48 : 3144-3152.

Zhou L., Zheng H., Tang Y., Yu W., Gong Q. Eugenol inhibits quorum sensing at sub-inhibitory concentrations. *Biotechnology Letters* 2013 ; 35: 631-637.

Zinnat S., El-Ganiny AM., Minion J., Whiteway M., Sultana T., Dahms TE. L'huile essentielle d'écorce de *Cinnamomum zeylanicum* induit un remodelage de la paroi cellulaire et des défauts de fuseau chez *Candida albicans*. *Biologie fongique et biotechnologie* 2018 ; 5(1) : 3