

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/20

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOMEMASTER

Domaine : SNV Filière : Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté par :

BOUREKBA Wahiba et LAMRI Cylia

Thème

*Les effets thérapeutiques de l'huile essentielle de
Girofle (Syzygium aromaticum.l)*

Soutenu le : 30 / 09 / 2020

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

LAMINE Salime

MCA

Univ. de Bouira

Président

LIBDIRI Farid

MAA

Univ. de Bouira

Promoteur

BOUTELDJA Razika

MCB

Univ. de Bouira

Examinatrice

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciement

Nous remercions tous d'abord, Allah de nous avoir donné la santé, la volonté, le courage et la foi pour pouvoir atteindre nos objectifs et surmonter les moments difficiles.

Nous tenons à adresser notre profonde gratitude à notre promotrice Mr LIBDIRI qui nous a apporté son aide, et qui nous a orienté tout au long de ce travail.

Nous tenons à remercier Mr. LAMINE.S qui a fait l'honneur d'avoir accepté la présidence du jury et Mme BOUTELDJA.R pour le temps qu'elle nous consacre en examinant ce mémoire.

Nous remercions aussi l'ensemble des enseignants du département de biologie et ceux de l'université AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

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

Dédicace

Je dédie ce travail à

Le plus gentils des papas, l'amie, et le frère qui m'a toujours encouragé, qui m'a aidé à surmonter les difficultés de la vie. qui m'a permis de réussir mes études. Merci pour ta main qui m'a aidé à me relever plusieurs fois, merci de m'avoir aidé à surmonter la déception du baccalauréat, grâce à toi, je suis arrivé ici.

A Ma douce et chère mère qui m'a donné le goût de vivre et le goût d'apprendre .Merci pour vos conseils, et vos encouragements et vos prières m'ont été d'un grand soutien au cours de ce long parcours.

J'espère de tout mon cœur qu'en ce jour vous êtes fières de moi, et que je réalise l'un de vos rêves.

A mon très cher mari walid : Tes sacrifices, ton soutien morale, m'ont permis de réussir mes études ,Aucun mot ne saurait t'exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour l'amour , la tendresse et la gentillesse dont tu m'as toujours entouré... car grâce à ton aide et à ta patience avec moi ce travail a pu voir le jour... Que dieu le tout puissant nous accorde un avenir meilleur avec nina inshallah.

À mes très cher frères : Fares .marouane et mahdi pour toute l'affection qu'elles m'ont donnée et pour leurs précieux encouragements.

A ma tante fatiha et toutes sa famille baghdadi merci pour le tous, merci de m'avoir soutenu, vous étiez mon soutien dans les circonstances les plus difficiles.

Et à tous la famille BOUREKBA, BAIK et KHEDIDJI.

BOUREKBA Wahiba

Dédicace

A ma chère maman la source de mon inspiration, merci pour ton amour, ta dévotion

A mon cher papa, le premier amour de ma vie, merci pour toute ton affection

A mon mari Toufik, mon âme sœur, mon compagnon à vie

A mon fils, mon ange, ma source de joie Aylane

A ma sœur Sonia, ma joie de vivre, j'espère toujours inspirer en toi l'admiration

A mon frère Samir et sa femme Kahina et ses enfants (Yanis et Amayas)

A mes chers frères Wahab, Mahdi

A ma grand-mère, ma deuxième maman

A mon oncle Kamel et sa famille

A mon oncle Slimane et sa famille

A mes tantes et leurs familles

A ma deuxième famille «MANSOURI»

Mon beau-père et ma belle-mère

A mes belles-sœurs: Hafidha et Naouel

A mon beau-frère Bilal

A mes cousines (Tinhinane, Samira, Tassadit, Noura, Lyilia, Assia, Lamia, Nassima,

Yasmina, Siham, Hamida, Hanane)

A mes cousins (Mourad, Bachir, Toufik, Mouhand, Redouane, Amar, Ameer, Massi,

Lounes, Zaki)

A Abdou et Meriem qui m'ont supporté

*Vous avez été un rayon de soleil qui a illuminé ma vie avec votre sagesse et
passion*

Je dédie ce travail aux efforts de ma famille, ma vie, mon adoration

J'espère faire la fierté de vos humbles cœurs tant investis dans mon éducation.

Mes chères amies (Sarah , Hayat, Chahinaz, Lina, Ferial, Rachida, Amira, Lyilia,

Siham, Lynda, Lamia, Hanane)

A ma très cher coéquipier Hiba et sa famille

A toutes la section de Microbiologie 2019-2020

A tous qui me connaisse de près et de loin

Cylia

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
--------------------	---

Rappels bibliographiques

I. Les plantes médicinales et leurs substances antimicrobiennes	4
I.1. Généralité sur les plantes médicinales	4
I.1.1. Description de la plante	4
I.1.2. Répartition géographiques.....	6
I.1.3. Culture et récolte	7
I.1.4. Classification	8
I.1.5. Effet thérapeutique et Utilisation traditionnelle	9
I.1.6. Effet antimicrobienne, herbicide, et insecticide	9
I.1.7. Toxicologie.....	10

Les huiles essentielle

II. Les huiles essentielles	12
II.1. Définition.....	12
II.2. Répartition et localisation	13
II.3. Compositions chimiques de l'huile essentielles de <i>Syzygium aromaticum</i>	14
II.4. Propriétés des principaux composants de l'huile essentielle de <i>S. aromaticum</i>	14
II.4.1. Les Phénylpropanoïdes	14
II.4.2. Les sesquiterpènes	14
II.4.3. Les esters aromatiques	15
II.4.4. Autres composants	15
II.5. Conditions de production de la plante	15
II.6. Les méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	16
II.6.1. Entraînement à la vapeur d'eau.....	16
II.6.2. Hydro distillation.....	18
II.7. Conservation de l'huile essentielle	19
II.8. Généralités sur le monde microbien	19

II.8.1. Généralités.....	19
II.8.2. Mode d'action des huiles essentielle.....	20
II.8.3. Méthodes d'identification des composés des huiles essentielle.....	20
les effets thérapeutiques de l'huile essentielle de Girofle	
III. Les effets thérapeutiques de l'huile essentielle de Girofle.....	24
III.1. Dans le domaine médical.....	24
III.1.1. Dentisterie	24
III.1.2. Aromathérapie	25
III.1.3. Les clous de girofle antioxydants.....	35
III.2. Dans le domaine de l'alimentation	37
III.2.1. Conservation des aliments.....	37
III.2.2. Assaisonnement.....	39
III.2.3. Vanilline	39
III.3. Autres domaines utilisant le clou de girofle	40
III.3.1. Dans le domaine de la parfumerie.....	40
III.3.2. Les Kreteks.....	40
Conclusion.....	43
Références bibliographiques	45
Annexes	
Résumé	
Summary	
ملخص	

Liste des abréviations

B. subtilis: *Bacillus subtilis*

C. albicans: *Candida albicans*

C.tropicalis: *Candida tropicalis*

C.parapsilosis: *Candida parapsilosis*

CMI: Concentration minimale inhibitrice

CPG: Chromatographie en phase gazeuse

CPG: Couplage Chromatographie phase gazeuse

H. E: Huile essentielle

HSV: Herpes Simplex Virus

K.pneumoniae: *Klebsiella pneumoniae*

P. aeruginosa: *pseudomonas aeruginosa*

P.vulgaris: *Proteus vulgaris*

S.aromaticum: *Syzygium aromaticum*

S. Aureus: *Staphylococcus aureus*

SM: Spectrométrie de masse

VIH: Virus de l'immunodéficience humaine

Liste des figures

Figure 1: Arbre de giroflier.	5
Figure 2: Fleur de giroflier.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 3: Structure du Giroflier.	5
Figure 4: Aire de culture de giroflier à Madagascar Superficie et production des zones productrices.	7
Figure 5: Les produits issus du giroflier.	12
Figure 6: Schéma du fonctionnement de la distillation à la vapeur d'eau	17
Figure 7: Dessin des deux types de vases florentin	18
Figure 8: Procédé de l'hydro distillation.	18
Figure 9: Schéma d'un couplage d'un chromatographe à tube capillaire à un spectromètre de masse.	21
Figure 10: Schéma d'un appareil de chromatographie gazeuse.	22
Figure 11: Principales étapes de la synthèse de vanilline à partir de l'eugénol.	40

Liste des tableaux

Tableau 1: Calendrier de récolte des clous de girofle en fonction du pays producteur. Les zones vertes correspondent aux périodes de récolte.....	8
Tableau 2: Situation botanique de l'espèce <i>Syzygium aromaticum</i>	8
Tableau 3: les différentes propriétés et usage du <i>Syzygium aromaticum</i>	9

Introduction

Introduction

Depuis la nuit des temps, pour calmer ses maux, l'homme s'est depuis toujours servi des plantes, il ya 200 ans encore, les moyens thérapeutiques naturels étaient les seules remèdes dont disposait l'humanité. Les plantes médicinales comme les autres remèdes thérapeutiques et l'étiologie ont toujours été intégrés à la culture d'une époque, ou d'une civilisation donnée: l'histoire officielle de la phytothérapie prend ses racines il y a plusieurs millénaires.

Si on définit la phytothérapie d'un point de vue étymologique, le terme "phyto" provient du grec ancien avec le terme plus précis "*phyton*" et signifie "végétal". La phytothérapie est donc la "thérapie par le végétal" dans un but préventif ou curatif - mais également esthétique.

Différentes plantes aromatiques sont caractérisées par la biosynthèse de molécules odorantes qui constituent ce qu'on appelle les huiles essentielles (HE) connues depuis longtemps pour leur activité antiseptique et thérapeutique dans la médecine populaire. La composition chimique des HE est assez complexe, les composés terpéniques et aromatiques représentant les principaux constituants. On y trouve également, et en faibles concentrations des acides organiques, des cétones et des coumarines volatiles. La nature de la fonction chimique du composé majoritaire (phénol, alcool, aldéhyde, cétone...) joue un rôle prépondérant dans l'efficacité de leurs activités biologiques. [1]

Ainsi, les individus de cette famille possèdent des phénols constitués d'hydrates de carbone aromatiques. Ce type de phénol donne des propriétés antiseptiques à la plante afin de se défendre contre les infections bactériennes. De plus, la forme aromatique concède des odeurs et des goûts particuliers aux Lamiacées, l'une des raisons pour laquelle ces plantes sont souvent utilisées comme épice dans les cuisines. Elles sont très accessibles à la population générale, donc de production abordable pour les communautés locales. [1]

Un immense gisement de molécules actives d'origine végétale se retrouve dans la nature; dans le monde entier, on continue aujourd'hui à rechercher ces plantes susceptibles d'être utilisées comme base de nouveaux traitements ouvrant des perspectives extrêmement prometteuses pour l'industrie du médicament. [1]

Dans notre travail nous avons choisi d'étudier une plante connue par ses effets bénéfiques qui est nommée Giroflier ; son bouton floral (clou de girofle) possède une odeur caractéristique et à saveur chaude et piquante. La plante renferme 15 à 20% d'HE

extraite à partir des boutons floraux du giroflier. L'essence renferme 85 à 93 % en volume d'eugénol libre et combinés.

Les plantes médicinales et aromatiques sont utilisées depuis longtemps dans le processus de stress oxydatif et la lutte contre les maladies infectieuses. Mais la découverte des antioxydants synthétiques et des antibiotiques a provoqué le déclin de la médecine à base de plantes et l'a reléguée à un rang secondaire. Cette recherche de ressources thérapeutiques végétales a toujours intéressé l'homme qui n'a jamais cessé de se soigner par les plantes qui étaient autrefois les seules sources de guérison de ses maladies. [1]

Rappels bibliographiques

I. Les plantes médicinales et leurs substances antimicrobiennes

I.1. Généralité sur les plantes médicinales

Pendant longtemps, les remèdes naturels et surtout les plantes médicinales furent le principal recours de la médecine de nos grands-parents, malgré l'important développement de l'industrie pharmaceutique qui a permis à la médecine moderne de traiter un grand nombre de maladies souvent mortelles. Environ 80% de la population mondiale profite des apports de la médecine Traditionnelle à base des plantes reconnaissance ainsi les savoirs empirique de nos ancêtres.[2]

La plupart des espèces végétales qui poussent dans le monde entier possèdent des vertus thérapeutiques, car elles contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme. On les utilise aussi bien en médecine classique qu'en phytothérapie : elles présentent en effet des avantages dont les médicaments sont souvent dépourvus. Les progrès de la physiologie, puis de la pharmacologie, ont permis de comprendre les mécanismes d'action de ces substances naturelles. Depuis quelques décennies, la compréhension des relations qui existent entre la structure d'une molécule et son activité biologique permet la conception et la fabrication de médicaments synthétiques aux performances améliorées ou aux effets indésirables mieux contrôlés. [1]

I.1.1. Description de la plante

Le giroflier est un grand arbre au tronc gris clair de 12 à 15 mètres de hauteur pouvant atteindre jusqu'à 20 mètres de haut (figure1) Il présente un port érigé et pyramidal [02]. Son feuillage est aromatique, coriace, persistant vert sombre et vernissé au revers plus clair. Ses feuilles sont opposées, entières, elliptiques, d'environ 10-12 cm à nervure médian marquée et parsemées de glandes sur le revers.



Figure 1: Giroflier. [1]

Les fleurs sont disposées en cymes terminales (figure 2) de 25 fleurs environ, formant 3 fourches (figure3) .Elle se présente sous la forme d'un long pédoncule, petite fleur à l'extrémité des rameaux, à 4 pétales (blanc-rosé) pompon Duveteux d'étamines blanches saillantes, les fleurs à 4 pétales blanc rosé sont caractérisées par leurs sépales rouges persistants.



Figure 2: Illustration botanique du Girofle. [1]



Figure 3 : Fleures de girofle. [1]

Ce sont les boutons floraux cueillis avant épanouissement que l'on appelle les clous de girofle et l'huile essentielle qui est utilisés pour leurs vertus thérapeutiques ; Les fruits du giroflier sont des baies pourpres comestibles. [03]

La récolte des clous de girofle se fait au moment où ils contiennent le plus d'essence (lorsqu'ils sont roses et les pétales pas encore ouverts). Ces clous sont récoltés, après 6 à 8 ans de culture de l'arbre, 2 fois par an. Ce sont des boutons auxquels on ôte le pédicelle manuellement et que l'on met sécher au soleil jusqu'à ce qu'ils deviennent brun rouge. Boutons floraux appelés « clous ».

Les racines, les rameaux, les feuilles les fleurs et les fruits contiennent tous une HE dont la composition diffère. Par exemple l'HE des feuilles contient seulement 2 à 3 % d'eugénol. L'huile essentielle de girofle provient de la distillation des boutons de giroflier traités à la vapeur [04]

I.1.2. Répartition géographiques

Originaire de Madagascar, la Réunion, les Antilles, le giroflier est également cultivé en Indonésie et en Tanzanie. Les clous de girofle américains sont réputés être de qualité inférieure à cause de leur plus faible teneur en huile essentielle.[05]

En Algérie il n'y a pas de plantation de cette plante, le girofle est importé de l'étranger.

La superficie couverte par les girofliers à Madagascar s'élève à environ 37 000 hectares, superficie variant sensiblement d'une année à l'autre, Les tonnes produites et la superficie couverte par les girofliers dans chaque zone productrice sont résumées dans la figure ci-dessous.

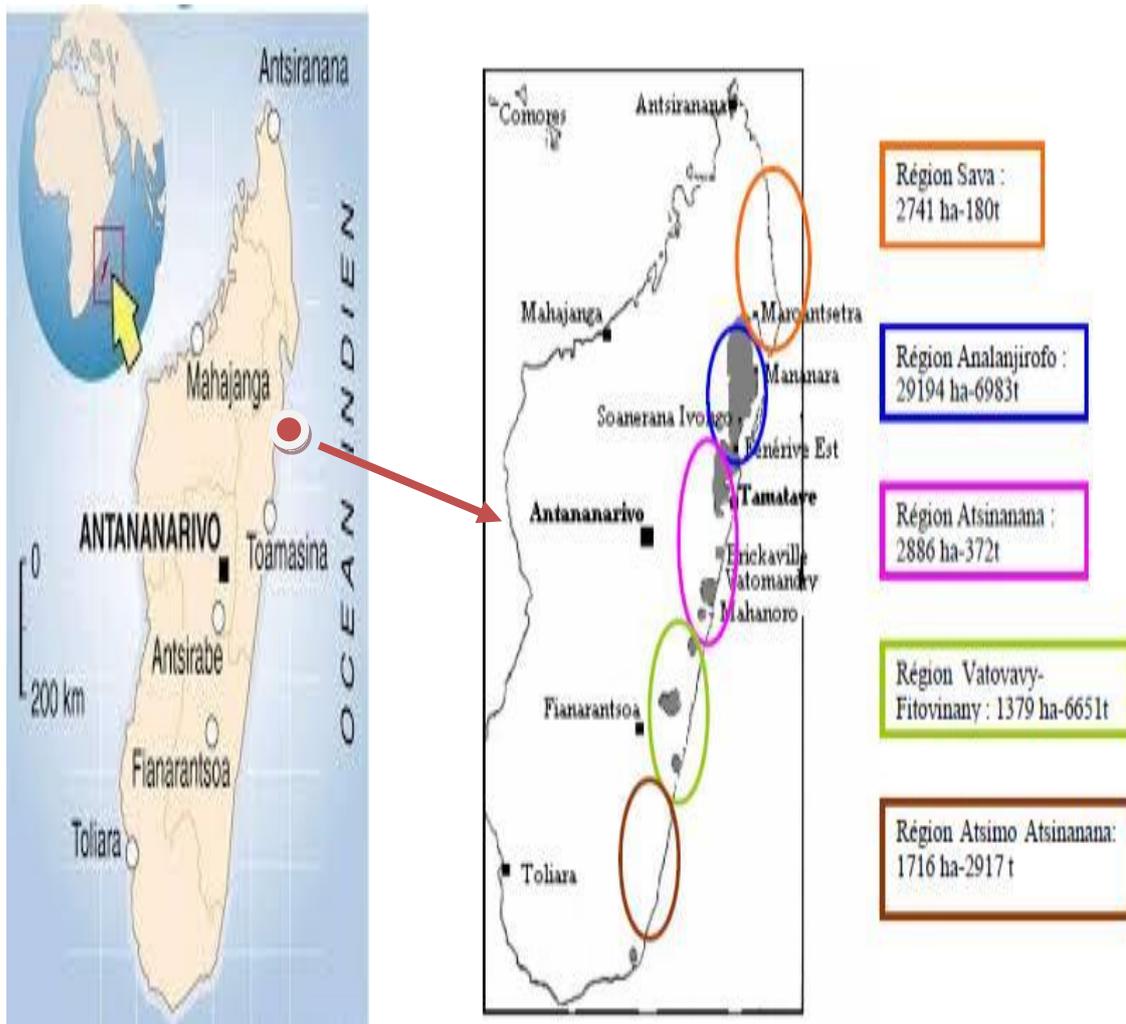


Figure 2: Les zones exploitées dans la production de girofle à Madagascar. [2]

I.1.3. Culture et récolte

Le giroflier, comme beaucoup d'autres plantes de la famille des *Myrtacées*, est habitué aux climats tropicaux. Il a besoin d'humidité, de chaleur, et d'une altitude basse, ne dépassant pas 300 mètres. Les climats marins semblent favoriser son développement.

Le giroflier a besoin d'un sol volcanique (ou sédimentaire), au bord de mer, avec une forte pluviométrie bien répartie sur l'année, et un ensoleillement plus marqué à l'apparition des inflorescences.[05] [06] [07] [08] [09]

Le moment le plus favorable à la récolte est déterminé par la couleur rosé du clou de girofle. Cueillis trop tôt, les clous n'auront pas la teneur suffisante en essence, et trop tard, les fleurs seront épanouies (sans pétales). Etant donné que les clous n'arrivent pas à maturité de

façon simultanée (les Branches basses fleurissent plus tôt que les branches hautes), il faut procéder à plusieurs passages pour un même arbre. [05]

Le giroflier donne des clous à partir de la 5^{ème} année. Autour de la 8^{ème} année, la récolte est exploitable, mais le giroflier n'atteindra sa pleine production qu'à 20 ans. Un giroflier peut produire pendant 75 à 80 années, et ces vieux arbres peuvent donner 50kg de clous frais par an. [06]

La période de récolte diffère selon les zones de production. A Madagascar, les clous sont récoltés d'octobre à janvier, quand ils sont bien roses et qu'ils contiennent le maximum d'essence. A Zanzibar, il y a deux cueillettes annuelles : de Juillet à septembre et de décembre à Janvier, du fait que le Giroflier y fleurisse deux fois par an (tableau1). [10]

Le moment de la récolte est très important car cueillis trop tôt les clous n'auront pas Synthétisé la totalité de leurs composants, et cueillis trop tard ils perdront leurs pétales.

Tableau 1: Calendrier de récolte des clous de girofle en fonction du pays producteur. Les zones vertes correspondent aux périodes de récolte. [06]

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Indonésie												
Madagascar/Comores												
Zanzibar												
Sri Lanka												

La cueillette se fait à la main, puis les clous sont séparés des griffes. Les clous roses vont sécher pour permettre leur conservation : 35kg de clous frais donnent 10kg de clous secs. Ils seront alors prêts pour la distillation. [10]

I.1.4. Classification

Tableau 2: Situation botanique de l'espèce *Syzygium aromaticum*.

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne :	<i>Tracheobionta</i>
Embranchement	<i>Magnoliophyta (= phanérogames)</i>
Sous-embranchement :	<i>Magnoliophytina (= angiospermes)</i>
Classe	<i>Magnoliopsida (= dicotylédones)</i>
Ordre	<i>Myrtales</i>
Famille	<i>Myrtaceae</i>
Espèce	<i>Syzygium. aromaticum</i>

Comme beaucoup d'espèces, le giroflier a porté plusieurs noms scientifiques avant d'être *Syzygium aromaticum* [11] [12] [13] :

- *Caryophyllus aromaticus* L. (1753)
- *Eugeniacaryophyllata* Thunb. (1788)
- *Eugeniacaryophyllus* Spreng. (1825)
- *Eugenia aromatica* (L.) Baill. (1876)
- *Jambosacaryophyllus* (Thunb.) Nied. (1893)
- *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry, (1939)

Actuellement, les noms *Syzygium aromaticum* et *Eugeniacaryophyllus* sont tous les deux employés.

I.1.5. Effet thérapeutique et Utilisation traditionnelle

Syzygium aromaticum est un anesthésiant local, notamment pour les douleurs dentaires. Il soulage les douleurs musculaires, les rhumatismes et il a des propriétés anti-inflammatoires, redonne de l'énergie et permet de lutter contre la fatigue. C'est également un antidépresseur. Le clou de girofle est connu dans les écrits ayurvédiques, où il est utilisé contre les douleurs, la sciatique, les problèmes rhumatologiques, comme antibactérien et antifongique et anesthésiant local dans le soin des plaies et dans les odontalgies. [10]

Tableau 3: les différentes propriétés et usage du *Syzygium aromaticum* [14] [15].

UTILISATION INTERNE	UTILISATION EXTERNE
<ul style="list-style-type: none"> • Action anti-inflammatoire : soulage les douleurs musculaires ou les rhumatismes. • Actions antibactériennes : Apaise les infections urinaires • Troubles Digestifs : Atténue les divers maux d'estomac • Anesthésiant local. • Soulager la toux des affections virales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Propriétés antiseptiques : le girofle permet de désinfecter les plaies. • Contre la mauvaise haleine : employé comme remède. • Contre les douleurs dentaires : maux de gorge, herpès labial.

I.1.6. Effet antimicrobienne, herbicide, et insecticide

Le girofle est composé de plus de 15% d'huile essentielle et de 70 à 90% d'eugénol, composé antibactérien, antiseptique et antifongique. Il y a, également, entre 9 et 15% d'acétate d'eugénol, qui possède également des propriétés antibactériennes [16], entre 5 et 12% de bêta-

caryophyllène, qu'il a une action stabilisatrice sur la membrane des cellules basophiles, permet de réguler la libération d'histamine. D'autres actifs sont aussi présents, en plus petites quantités. [15]

L'eugénol s'agit de composés fortement anti-infectieux (bactéricides, virucides et parasitocides). Il est notamment actif sur la flore buccale. Il détruit les germes suivants: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Monilia albicans*...etc. Il détruit aussi les champignons à l'origine de certaines mycoses. [15]

I.1.7. Toxicologie

Un surdosage de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* peut entraîner des troubles gastro-intestinaux légers, tels que des vomissements, des nausées ou des diarrhées. [14]

L'huile essentielle de Clou de Girofle est en effet dermocaustique et irritante pour les voies respiratoires ce qui oblige à la diluer pour l'appliquer sur la peau. Il faut l'utiliser sur de courtes durées et avec l'avis du médecin. Elle ne peut être utilisée avec des médicaments anticoagulants.

Attention enfin, elle contient plus de 80% d'eugénol, un composant allergène. Les personnes hypertendues doivent l'utiliser avec la plus grande prudence car elle peut augmenter la tension artérielle. [17]

La dose létale est estimée à 2 à 5g/kg. Chez un enfant de 20kg, un flacon de 10ml peut déjà entraîner de sérieuses lésions. [18]

Les huiles essentielles

II. Les huiles essentielles

II.1. Définition

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels complexes de métabolites secondaires volatiles, isolées des plantes par hydro distillation ou par expression mécanique [19]. Elles sont obtenues à partir de feuilles, de graines, de bourgeons, de fleurs, de brindilles, d'herbes, d'écorces, de bois, de racines ou de fruits mais également à partir des gommés qui s'écoulent du tronc des arbres.[20]

L'hydro distillation reste le moyen le plus employé pour produire les huiles essentielles, en particulier à des fins commerciales Les métabolites secondaires sont extraits des plantes par un entraînement à la vapeur d'eau. Le volume d'huile essentielle récupéré dépend du rendement de distillation, qui est variable, chez une même plante, en fonction de la saison[21]

Les huiles essentielles (figure 05) peuvent aussi être obtenues par expression à froid, comme pour les agrumes. De nouvelles techniques, permettant d'augmenter le rendement de production, ont été développées, comme l'extraction au moyen de dioxyde de carbone liquide à basse température et sous haute pression ou l'extraction assistée par ultrasons ou micro-ondes.[22]



Figure 3: Les produits issus du giroflier. [22]

A. Poudre de clou de girofle bio. **B.** Huile essentiel bio de clou de girofle. **C.** Huile de clou de girofle.

II.2. Répartition et localisation

Les huiles essentielles sont produites dans le protoplasme cellulaire des plantes aromatiques et représentent les produits du métabolisme secondaire [23]. La synthèse et l'accumulation de ces métabolites dans les organes sont associées à la présence de structures histologiques spécialisées : cellules sécrétrices. Les cellules sécrétrices sont rarement isolées, mais le plus souvent regroupées dans des poches (Myrtaceae, Rutaceae) dans des canaux sécréteurs (Apiaceae, Composeae) ou dans des poils sécréteurs (Lamiacées). Ces cellules sont le plus souvent à la périphérie des organes extérieurs de la plante [24]. La partie de la plante utilisée pour obtenir l'huile essentielle doit être précisée, soit pour des questions de rendement (par exemple : la fleur de lavande contient beaucoup plus d'huile essentielle que la tige), soit parce que la composition chimique de la partie considérée conduira à une application spécifique très intéressante (c'est le cas d'oranger amer (Citrus aurantium, Rutaceae): l'épicarpe frais du fruit fournit l'essence de Curaçao utilisée pour confectionner des cocktails, les fleurs fournissent l'huile de Néroli (eau de fleur d'oranger amer), les feuilles et les petits rameaux fournissent l'essence de petit grain de bigaradier). Sur le plan quantitatif, les teneurs en huiles essentielles des plantes pouvant les contenir sont très faible, souvent inférieur à 1%. Des teneurs fortes comme celle du bouton florale du giroflier (15 %) sont rares et exceptionnelles [23, 24].

Le rôle biologique des HE dans la plante n'est pas bien défini, il est vraisemblable qu'elles aient un rôle écologique [23].Elles permettent entre autre à la plante de se défendre contre les agressions extérieures. Elles ont des propriétés attractives ou répulsives vis-à-vis des prédateurs (herbivores, insectes..). Par leurs odeurs, ils interviennent dans la pollinisation. Ainsi, par leur pouvoir antiseptique protègent les cultures en inhibant la multiplication des bactéries et parasites du sol [23,24].

Les huiles essentielles sont largement répandues dans le règne végétal et surtout chez les végétaux supérieurs, il y aurait 17500 espèces aromatiques. [25]

Les familles botaniques capables d'élaborer les constituants qui composent l'huile essentielle sont réparties dans un nombre limite de familles, EX: Lauraceae (laurier), Rutaceae (citron) Myrtaceae (Girofle) [26].

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux leur synthèse et accumulation sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante exactement aux :

- Tissus ou cellules sécréteurs externe : épiderme
- Cellules épidermiques sécrétrices : les cellules de l'épiderme sécrètent des essences

EX : épiderme à papilles des pétales de rose.

- Poils sécréteurs : responsable du parfum de certaines plantes.
- Tissus ou cellules sécréteurs internes : Les cellules isolées internes : se différencient à partie des cellules parenchymateuses, elle s'en distingue par leur taille très importante et leur paroi cellulosique légèrement épaisse. [26]

II.3. Compositions chimiques de l'huile essentielles de *Syzygium aromaticum*

Les clous renferment à l'état frais environ 15 à 20% d'huile essentielle, dont 78 à 98% d'eugénol. En ce qui concerne la composition, la Pharmacopée européenne définit des intervalles de quantité recommandée pour chaque constituant [27] :

- 75,0 et 88,0 % pour l'eugénol
- 5,0 et 14,0 % pour le β -caryophyllène
- 4,0 à 15,0 % pour l'acétyleugénol (acétate d'eugényle).

II.4. Propriétés des principaux composants de l'huile essentielle de *S.aromaticum*

II.4.1. Les Phénylpropanoïdes

Le composé prépondérant dans les huiles essentielles du giroflier est l'eugénol. Il appartient aux phénylpropanoïdes, [28]. Il s'agit de composés fortement anti-infectieux (bactéricides, virucides et parasitocides), ils sont également immunostimulants.

Parmi les trois « phénols » les plus puissants dans les huiles essentielles : carvacrol, thymol, et eugénol, l'eugénol est le moins toxique [11].

L'eugénol est un principe actif qui, à la différence des autres phénols, possède un pouvoir anesthésiant. L'eugénol peut augmenter le seuil de détection pour un faible stimulus tactile. En revanche, le carvacrol ne modifie en rien la perception de ce stimulus. [28]

II.4.2. Les sesquiterpènes

Ce sont les terpènes formés en C₁₅H₂₄, Ce sont de grosses molécules, et lors de la distillation, elles sont trop lourdes pour être entraînées dans le distillat. Elles ne sont donc pas quantitativement majoritaires dans les huiles essentielles.

Le β -caryophyllène constitue un exemple de sesquiterpène présente dans l'H.E. de giroflier (5 à 14%). Les sesquiterpènes sont des molécules calmantes et anti-inflammatoires [29]. En effet, leur action stabilisatrice sur la membrane des cellules basophiles, permet de réguler la

libération d'histamine, diminuant ainsi les manifestations inflammatoires (démangeaisons, irritations) [28].

L'H.E. de giroflier contient d'autres sesquiterpènes comme l' α -humulène <1%, camphène 1%, et le γ -pinène <1% [30].

II.4.3. Les esters aromatiques

Un ester est le produit de la combinaison chimique d'un alcool aromatique et d'un acide. L'ester d'une huile essentielle proviendra en général de l'alcool qu'elle contient [29]. Dans le cas de l'H.E. de clou de girofle, l'ester est l'acétate d'eugényle, issu de l'eugénol.

Un autre exemple d'ester aromatique est le salicylate de méthyle, qui lui est présent en très petite quantité dans l'huile essentielle (<1%) [30]. Ce sont des molécules antispasmodiques musculotropes et neurotropes. Au même titre que l'eugénol, l'acétate d'eugényle possède également des propriétés antibactériennes. Mais c'est surtout un stimulant général, très utile en cas de dépression hivernale par exemple [29].

II.4.4. Autres composants

Bien que présents en faible quantité dans l'huile essentielle de clou de girofle, ces composants renforcent l'action des constituants, révélant une synergie d'action.

II.4.4.1. Les Aldéhydes aromatiques

L'oxydation de l'eugénol aboutit à la formation d'un aldéhyde aromatique : la vanilline. C'est par le biais de ce procédé que l'arôme artificiel de la vanille a été synthétisé durant de nombreuses années. [17]

II.4.4.2. Les oxydes sesquiterpéniques

Ces molécules sont issues de l'oxydation des sesquiterpènes, et sont peu représentées dans les huiles essentielles. Leurs propriétés restent mal connues, mais il s'agirait de molécules anti-inflammatoires et faiblement anxiolytiques [17]. Parmi elles, l'oxyde de caryophyllène qui est présent dans l'H.E. de clou de girofle (<1%).

II.5. Conditions de production de la plante

La qualité de la matière première influence celle de l'huile essentielle. Les conditions de culture, de récolte, de séchage, de stockage doivent donc être exécutées au mieux et contrôlées pour obtenir un produit de qualité. Pour cela, il est nécessaire de réunir le maximum de renseignements relatifs aux conditions environnementales de production, notamment les renseignements concernant l'utilisation de pesticides ou d'autres produits phytosanitaires.

De même, le lieu de culture, le caractère sauvage ou cultivé de la plante, sont des éléments à prendre en compte pour juger de la qualité de cette matière première.

II.6. Les méthodes d'extraction des huiles essentielles

Il existe plusieurs méthodes d'extraction des huiles essentielles. Le choix de la méthode la mieux adaptée se fait en fonction de la nature de la matière végétale à traiter, de caractéristiques physico-chimiques de l'essence à extraire, de l'usage de l'extrait et l'arôme du départ au cours de l'extraction.[31]

II.6.1. Entraînement à la vapeur d'eau

Les méthodes d'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau sont basées sur le fait que la plupart des composés volatils contenus dans les végétaux sont entraînés par la vapeur d'eau, du fait de leur point d'ébullition relativement bas et de leur caractère hydrophobe.[32]

Sous l'action de la vapeur d'eau introduite ou formée dans l'extracteur, l'essence se libère du tissu végétal et entraînée par la vapeur d'eau (Figure 8). Le mélange de vapeurs est condensé sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par décantation.

En fonction de sa densité, elle peut être recueillie à deux niveaux:

- Au niveau supérieur du distillat, si elle est plus légère que l'eau, ce qui est fréquent.
- Au niveau inférieur, si elle est plus dense que l'eau.

Les principales variantes de l'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau sont l'hydro distillation, la distillation à vapeur saturée et l'hydro diffusion. [20]

II.6.1.1. Principe de la distillation à la vapeur d'eau

Il existe plusieurs méthodes d'extraction qui sont choisies en fonction de la plante et de la fragilité de ses composants. Pour extraire les H.E. du giroflier, la méthode de la distillation à la vapeur d'eau sera préférée.

La distillation par vapeur d'eau est le procédé le plus anciennement utilisé et le mieux adapté pour extraire l'huile essentielle des végétaux [33]. Elle tient son origine du monde arabe, aux alentours du IV^{ème} siècle. Bien qu'ayant connu quelques perfectionnements techniques, le principe est resté le même [34].

Il s'agit d'une méthode douce qui respecte les végétaux. Ils ne sont pas plongés directement dans l'eau bouillante car cela risquerait d'altérer les différents composants.

Le principe consiste à chauffer l'eau à basse pression afin que ses vapeurs traversent et imprègnent la matière végétale. Les vapeurs se chargent alors en molécules aromatiques et les entraînent ensuite dans le serpentin réfrigérant (figure 16). Une fois dans celui-ci, les vapeurs se condensent et constituent l'eau florale et l'huile essentielle récoltées dans le florentin. Deux phases se forment: une phase aqueuse (l'hydrolat) et une autre phase contenant l'huile essentielle (**figure 06**).

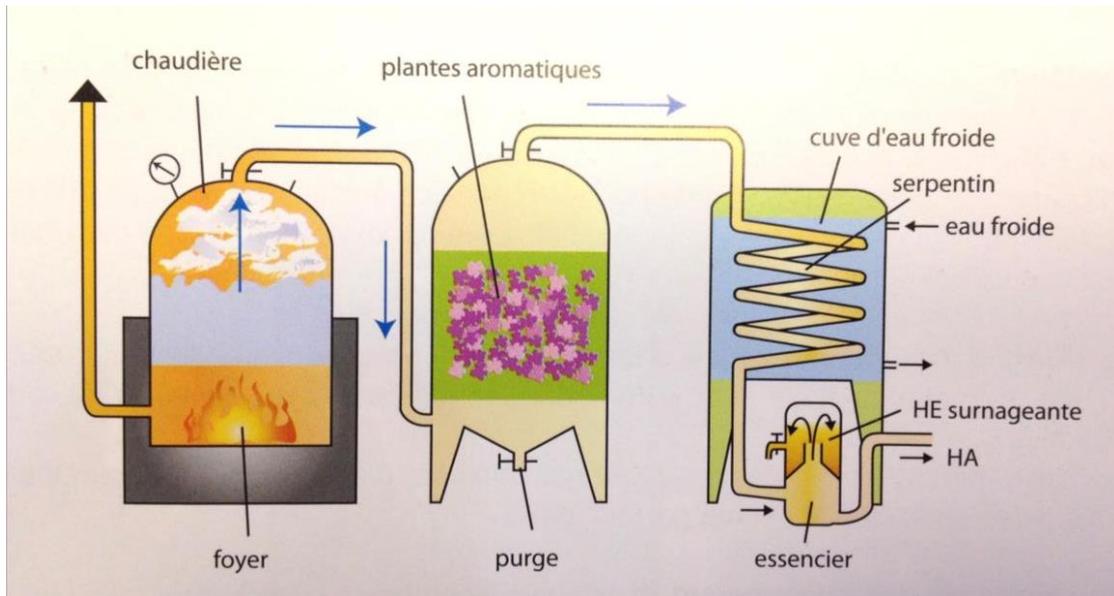


Figure 4: **Schéma du fonctionnement de la distillation à la vapeur d'eau [20]**

Dans le cas des clous de girofle, la phase contenant l'huile essentielle est plus lourde que la phase aqueuse. Un vase florentin adapté est donc nécessaire pour récupérer la phase inférieure.

Il existe deux types de vase florentin en fonction de la densité de la phase huileuse. Le vase de gauche permet de récupérer une phase huileuse de densité plus faible que l'eau. Dans le cas de l'huile essentielle de clou de girofle, il faudra utiliser le vase de droite sur la **figure 07**.

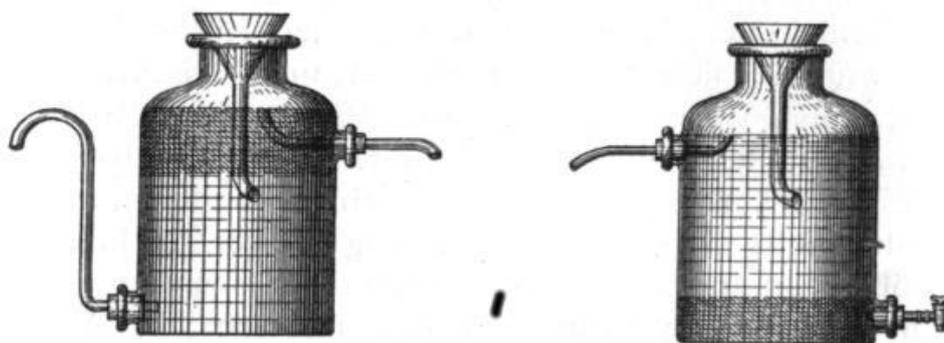


Figure 5: Dessin des deux types de vases florentin.[20]

II.6.2. Hydro distillation

Le principe de l'hydro distillation est celui de la distillation des mélanges binaires non miscibles. Elle consiste à immerger la biomasse végétale dans un alambic rempli d'eau, que l'on porte ensuite à l'ébullition. La vapeur d'eau et l'essence libérée par le matériel végétal forment un mélange non miscible (**figure 08**).

Les composants d'un tel mélange se comportent comme si chacun était tout seul à la température du mélange, [35] c'est à dire que la pression partielle de la vapeur d'un composant est égale à la pression de vapeur du corps pur. Cette méthode est simple dans son principe et ne nécessite pas un appareillage coûteux.

Cependant, à cause de l'eau, de l'acidité, de la température du milieu, il peut se produire des réactions d'hydrolyse, de réarrangement, de racémisation, d'oxydation, d'isomérisation, etc qui peuvent très sensiblement conduire à une dénaturation [32].

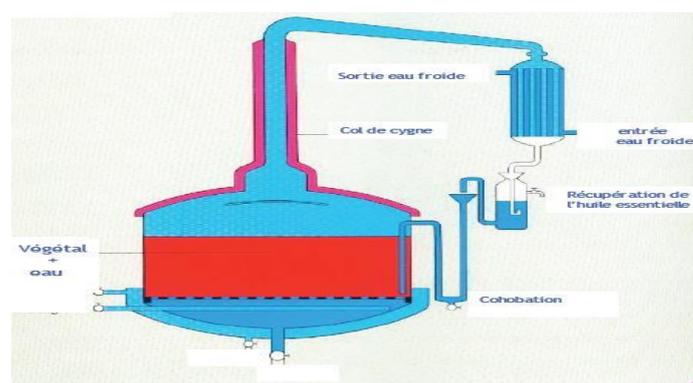


Figure 6: Procédé de l'hydro distillation.

II.6.2.1. Conditions pour une distillation de qualité [32]

Bien qu'étant un procédé respectueux vis à vis de la plante, la distillation à la vapeur d'eau peut détériorer les composants de l'huile si elle est mal réalisée.

Pour éviter cela, 5 critères sont à respecter lors de la distillation :

- L'eau employée est une eau de source peu ou non calcaire, pour éviter d'avoir recours à des détartrants chimiques au nettoyage.
- L'alambic est en acier inoxydable, du fait qu'il peut se former des oxydes en présence de cuivre ou de fer, ce qui modifierait la composition initiale de la plante [24].
- La pression doit être maintenue basse (entre 0,05 et 0,10 bars), d'où la présence de purges à plusieurs endroits de l'alambic (une pression trop importante augmente les réactions d'oxydo-réductions).
- Pour les mêmes raisons, la température doit être la plus faible possible (96-100°C).
- La distillation doit être complète. Pour le giroflier, cela peut mettre jusqu'à 20 heures [04]

Par rapport aux autres plantes aromatiques, le rendement en huile essentielle est très élevé pour le giroflier: 15 à 18% pour les clous girofle, contre environ 1% pour les rameaux d'*Eucalyptus globulus* par exemple. Mais sa distillation complète est longue, jusqu'à 20 heures [24]

On obtient une huile de couleur jaune légèrement brun à un brun foncé si l'huile essentielle est brûlée ou vieille.

II.7. Conservation de l'huile essentielle

Après la distillation, l'H.E. est filtrée puis stockée dans une cuve hermétique. En effet, les molécules contenues dans une huile essentielle sont relativement instables et nécessitent certaines précautions de conservation. L'huile reposera minimum un mois avant son utilisation [21]. Elle sera conditionnée et vendue dans des flacons en verre opaque brun ou bleu pour la préserver de la lumière et de l'oxygène. Le plastique est à proscrire car il existe des incompatibilités avec certaines huiles essentielles.

II.8. Généralités sur le monde microbien

II.8.1. Généralités

Plusieurs chercheurs suspectaient l'existence des êtres vivants invisibles provoquant les maladies. Les premières observations au microscope furent sans doute réalisées entre 1625 et 1630 sur des abeilles et des charançons par l'Italien Francesco Stelluti à l'aide d'un microscope probablement fabriqué par Galilée. Cependant la première personne qui réellement observa et décrivit des microorganismes est un Hollandais, amateur de microscope [29 ; 30]

II.8.1.1. Action des microorganismes sur les maladies

L'infection engendrée est la conséquence du développement, d'un microorganisme pathogène dans un organisme sain : bactérie, parasite, [30] virus ou autres. Elle résulte de la rupture d'équilibre qui existe entre le germe et l'homme (hôte). Ce déséquilibre provient donc soit d'une diminution des défenses du sujet (congénitale ou acquise), soit d'un accroissement de virulence de germes.

Les bactéries pathogènes sont transmises à l'hôte de diverses façons :

- Ingestion d'eau ou d'aliments contaminées (voies digestives).
- Inhalations d'aérosols ou des particules associées à des bactéries (voies respiratoires).
- Inoculation cutanées par contact direct ou indirecte (voies cutanées).
- Inoculation muqueuse directe par la salive ou la sécrétion sexuelle
- Inoculation transcutanées par les insectes (*Yersinia pestis*, *Rickettsia*, *Borrelia*...), par traumatismes ou manipulation iatrogènes [26]

II.8.2. Mode d'action des huiles essentielles

Le mode d'action des huiles essentielles sur les cellules bactériennes n'est pas clairement élucidé. Compte tenu de la diversité des molécules présentes dans les huiles, l'activité antibactérienne semble résulter d'une combinaison de plusieurs modes d'action [25], impliquant différentes cibles cellulaires.

Le mode d'action est assez complexe et difficile à cerner du point de vue moléculaire, d'une manière générale, leur action se déroule en trois phases [29] :

- Attaque de la paroi bactérienne par l'huile essentielle, provoquant une augmentation de la perméabilité puis la perte des constituants cellulaires.
- Acidification de l'intérieur de la cellule, bloquant la production de l'énergie cellulaire et la synthèse des composants de structure.
- Destruction du matériel génétique, conduisant à la mort de la bactérie.

II.8.3. Méthodes d'identification des composés des huiles essentielles

Selon la Pharmacopée Française et Européenne, le contrôle des huiles essentielles s'effectue par différents essais, comme la miscibilité à l'éthanol et certaines mesures Physiques : indice de réfraction, pouvoir rotatoire et densité relative. La couleur et l'odeur sont aussi des paramètres importants [36]

La meilleure carte d'identité quantitative et qualitative d'une huile essentielle reste cependant le profil chromatographique en phase gazeuse. Il permet de connaître la composition chimique d'une manière très exacte.

II.8.3.1. Le couplage Chromatographie phase gazeuse/Spectrométrie de masse (CPG/SM)

Dans le secteur particulier des huiles essentielles, le couplage CPG/SM est, aujourd'hui. La technique de référence
L'appareillage CPG/SM (Figure 09) permet de fournir un chromatogramme accompagné d'un ensemble de spectres de masse correspondants à chaque pic chromatographique, ce qui Permet l'identification précise de la majorité des constituants séparés par la CPG [37]

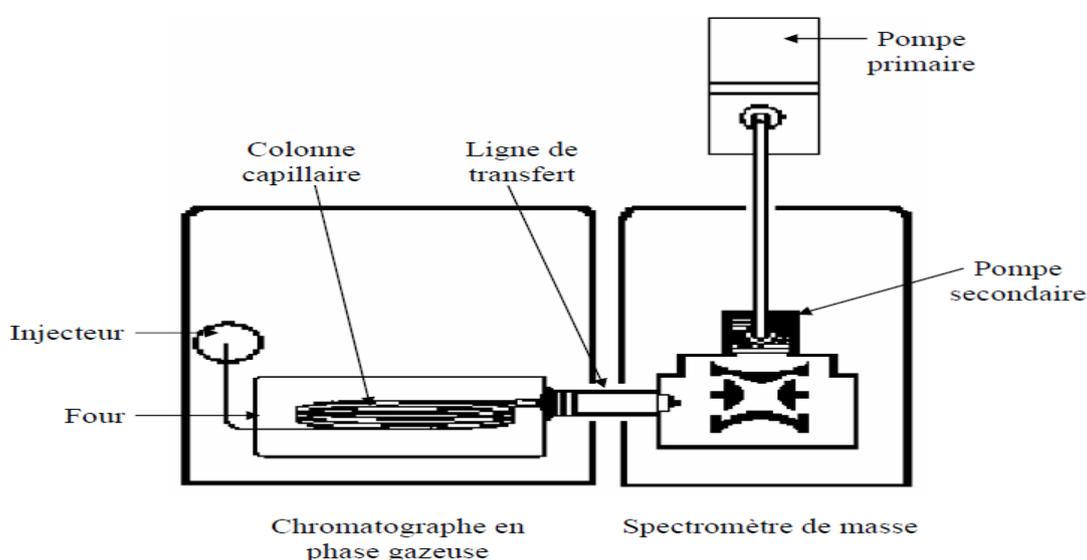


Figure 7: Schéma d'un couplage d'un chromatographe à tube capillaire à un spectromètre de masse.[37]

II.8.3.2. Chromatographie en phase gazeuse(CPG)

La CPG s'est montrée une méthode appropriée pour la séparation et l'identification des composants d'une HE, elle réalise à la fois une analyse qualitative et quantitative.

L'échantillon est injecté en tête de colonne. L'élution est assurée par un flux de Gaz inerte qui sert de phase mobile (**Figure 10**). La CPG est basée sur le partage de produit analysé entre une phase gazeuse mobile est une phase (liquide ou solide) immobilisée sur la surface d'un support inerte.[38]

Les constituants des mélanges appelés généralement « solutés » sont inégalement retenus par la phase stationnaire lors du transit dans la colonne. De ce phénomène appelé « rétention », les solutés injectés se déplacent avec une vitesse inégale entre eux et inférieure à celle de la phase mobile, ceci les conduit à sortir de la colonne les uns après les autres.

On enregistre d'abord un signal dit ligne de base en présence du gaz vecteur seul, puis un pic au passage de chaque soluté séparé.[39]

Les appareils à chromatographie gazeuse sont principalement composés :

- D'un four
- D'un système d'injection, permettant d'introduire et de vaporiser notre échantillon
- D'une colonne de séparation
- D'un système de détection

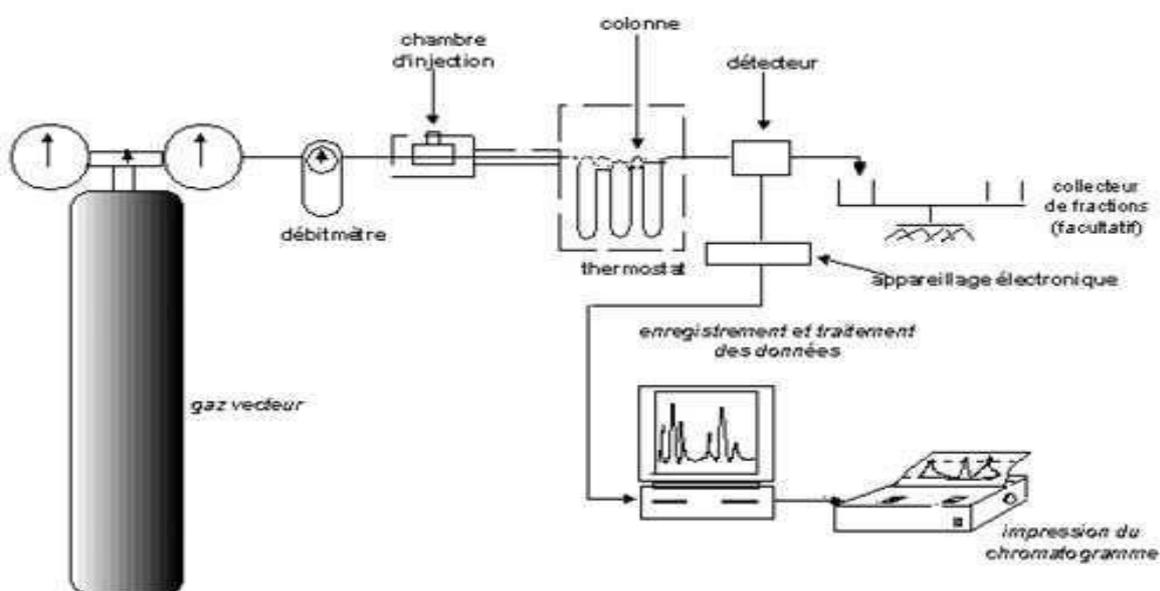


Figure 8: Schéma d'un appareil de chromatographie gazeuse.[39]

*Les effets thérapeutiques
de l'huile essentielle de
Girofle*

III. Les effets thérapeutiques de l'huile essentielle de Girofle

III.1. Dans le domaine médical

Avant de détailler les différentes propriétés médicinales de cette plante, un peu d'étymologie permet de cibler son champ d'action. Autrefois les femmes priaient pour que leur accouchement se passe bien. Par ailleurs de nombreux auteurs ont décrit le bouton floral comme ressemblant à la tête d'un enfant sortant de la matricematernelle.

Le clou de girofle est un antiseptique puissant. Autrefois il était d'usage de piquer une orange de clous de girofle afin de limiter la contagion des infections. D'ailleurs, la destruction des plantations de giroflier par les hollandais au XVIIème siècle a fait apparaître de nouvelles épidémies dévastatrices, qui étaient inconnues jusqu'alors sur ces îles [40].

III.1.1. Dentisterie

S'il y a bien une chose que l'odeur d'H.E. de clou de girofle évoque, c'est le cabinet dentaire. En effet, pendant de nombreuses années, cette plante était très prisée des chirurgiens dentistes. Et pour cause, ses propriétés anti-infectieuses et analgésiques permettaient de soulager rapidement le patient. Bien que d'autres techniques aient vu le jour, l'eugénol est toujours utilisé par les dentistes. Il se retrouve couplé à de l'oxyde de zinc pour la pose provisoire de couronnes dentaires, ou lors de petites complications douloureuses.

❖ En cas de douleur et de dent abîmée

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle) 1 goutte

Posologie : 1 goutte d'H.E. de clou de girofle dans la dent abîmée (ou sur du coton que l'on pose sur la dent) permet de calmer la douleur et réduit l'infection dentaire.

Autrefois, le clou était directement mâché ou placé sur la gencive.

❖ Abscès buccal ou dentaire [41]

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle) 1 goutte

H.E. *Laurus nobilis* (Laurier noble) 1 goutte

H.E. *Lavandula angustifolia* (Lavande officinale) 1 goutte

H.V. *Hypericum perforatum* (Millerpertuis) 3 gouttes

Posologie : badigeonner localement du bout du doigt la gencive 3 fois par jour, pendant 2 à 3 jours.

L'activité des clous de girofle sur le *Streptococcus mutans*, bactérie responsable des caries et présente en grande quantité dans la plaque dentaire, a été testée par UJU DE et OBIOMA NP sur des échantillons de dents prélevés sur des patients souffrant de caries.

Cette étude a permis de comparer l'action du clou de girofle à celle d'antibiotiques (la ciprofloxacine). Il en résulte que le clou de girofle inhibe préférentiellement le *Streptococcus mutans* par rapport aux autres bactéries présentes dans la cavité buccale. Les antibiotiques ont eux un spectre beaucoup plus large. L'emploi du clou de girofle dans des dentifrices ou bains de bouche est donc justifié pour lutter contre la plaque dentaire et l'apparition de caries [42].

L'autre avantage de l'utilisation du clou de girofle en dentisterie est son pouvoir anesthésiant. Cette propriété est due à deux principes actifs : l'eugénol et le β -caryophyllène. L'étude de KLEIN AH, CARTENS ML et CARTENS E démontre l'effet anesthésiant local de l'eugénol [43].

Les chercheurs GHELARDINI C, GALEOTTI N, DI CESARE MANNELLI L et al., ont quant à eux comparé l'activité anesthésiante du β caryophyllène à celle d'un composé de la même famille : l'oxyde de caryophyllène.

Des tests *in vitro* sur des nerfs de rats et une étude *in vivo* sur les réflexes tissulaires de lapins, ont permis de démontrer que le β -caryophyllène réduisait considérablement les réflexes nerveux (d'une manière dose-dépendante). Ce qui n'est pas le cas pour le caryophyllène oxyde [44].

Une autre étude a évalué l'efficacité d'un gel fabriqué à partir de clous de girofle en la comparant à celle d'un anesthésiant : la benzocaïne en gel. Sur les 73 adultes volontaires, certains ont reçu le gel de clous, d'autres la benzocaïne, et les derniers un placebo ressemblant à la benzocaïne ou un placebo ressemblant au gel de clous. Après application du gel, chaque participant a reçu deux piqûres d'aiguilles puis devait quantifier son ressenti grâce à une échelle numérique d'évaluation de la douleur. Les scores sont plus faibles chez les volontaires ayant appliqué le gel de clous et le gel de benzocaïne par rapport à ceux ayant utilisé des placebos. Aucune différence significative entre le gel de clous et le gel de benzocaïne n'a en revanche pu être relevé [45].

III.1.2. Aromathérapie

Au Moyen-Age, l'aromathérapie était la première science de la pharmacie.

III.1.2.1. Mode d'utilisation

❖ Par Voie orale

1 goutte par prise 3 fois par jour, sur un support neutre (miel, mie de pain, comprimé neutre, etc), pour une durée de 5 à 7 jours maximum.

L'idéal étant de l'associer à une H.E. hépato-protectrice comme celle du citron ou de la carotte.

❖ Les groupes à risque

- Enfant de moins de 12 ans.
- Femmes enceintes ou allaitantes.
- Insuffisant hépatique.
- Patient sous traitement anticoagulant et antiagrégant plaquettaire.

❖ Par Voie cutanée

C'est une huile essentielle qui peut être dermocaustique. Elle devra être utilisée diluée dans une huile végétale: à 20% maximum, mais en pratique officinale, les dilutions n'excéderont pas 5% (dans certains ouvrages il est même mentionné que la dilution ne doit pas être supérieure à 1%). Elle peut également s'utiliser pure, une goutte sur un coton tige, pour soigner un aphte par exemple, mais cela reste sur une très petite surface.

Afin d'éviter des possibles irritations, il est préférable d'effectuer des fenêtres thérapeutiques lors d'une utilisation prolongée.

❖ Inhalation

L'H.E. de clous de girofle ne se diffuse pas car elle est trop irritante pour les muqueuses respiratoires, au même titre que les autres huiles essentielles phénolées.

L'huile essentielle de clou de girofle a de très nombreuses propriétés dont voici les principales :

- Anti-infectieuse : antibactérienne puissante à large spectre (bactéries gram négatif et gram positif), antivirale, antifongique
- Odotalgies
- Stimulant général
- Tonique utérin dans la préparation à l'accouchement
- Eueptique et antispasmodique

III.1.2.2. H.E. anti-infectieuse

Comme mentionné auparavant, l'orange plantée de clous de girofle était autrefois le « remède de grand-mère » pour assainir l'air et lutter contre la contagion. L'H.E. de clou de girofle était parfois utilisée (début XXème siècle) pour désinfecter les mains des chirurgiens, des accoucheurs, des infirmiers et les champs opératoires. Il était également connu, à l'époque, que cette H.E. était un excellent pansement ombilical : non toxique pour le nouveau né ni pour la mère, et dotée d'un certain pouvoir analgésique [40].

III.1.2.2.1. H.E. antibacérienne

Aujourd'hui, les études peuvent prouver les pouvoirs antibactériens de l'H.E de clou de girofle. La première date de 1947 (étude de BARTELS HA : the effect of eugenol and oil cloves on the growth of microorganisms).

D'autres études ont été menées depuis, notamment sur des bactéries résistantes comme le *Staphylococcus aureus*. Traiter une infection à *Staphylococcus aureus* avec des antibiotiques est compliqué puisque des souches résistantes ont fait leur apparition.

Dans l'étude de YADAV MK, CHAE SW, IM GJ et al., l'eugénol est efficace (in vitro et in vivo sur des otites de rats) d'une manière identique sur le *S.aureus* sensible et résistant à la méticilline [46].

L'étude réalisée par OUSSALAH M, CAILLET S, SAUCIER L et al., a, quant à elle, permis d'établir la concentration minimale inhibitrice (CMI) de 28 H.E. sur quatre bactéries pathogènes : *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* et *Listeria monocytogenes*. Les résultats se trouvent dans le tableau en annexe (voir annexe A: Activité antibacérienne des huiles essentielles) [47]. Dans ce tableau, l'H.E. de clou de girofle fait partie des H.E. ayant le plus important pouvoir bactéricide, après les cannelles, les origans, le thym à thymol et les sarriettes.

D'autres bactéries sont sensibles aux H.E. de clou de girofle comme le *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Dans l'étude de PRABUSEENVASAN S, JAYAKUMAR M et IGNACIMUTU S, les chercheurs ont testé l'activité bactéricide de certaine H.E. sur ces bactéries, pour des concentrations allant de 0,8 à 12,8 mg/ml par palier de 0,8 mg/ml. Les valeurs obtenues pour la CMI de l'H.E. de clou de girofle sont respectivement 3,2 – 6,4 – 3,2 – 1,6 mg/ml pour *B.subtilis*, *K.pneumoniae*, *P.vulgaris* et *P.aeruginosa*.

En comparaison les valeurs obtenues par *Cinnamomum zeylanicum* sont 1,6 – 3,2 – 1,6 – 0,8 mg/ml, le palier en dessous (sachant que ce ne sont pas des valeurs exactes de CMI, mais des valeurs calculées par paliers) [48].

Les études sont nombreuses. Elles vont de l'efficacité de l'eugénol sur l'*Helicobacter pylori*, bactérie pouvant être responsable d'un ulcère gastrique [49], à l'efficacité sur l'*Haemophilus du creyi*, responsable de la maladie du chancre mou (maladie sexuellement

Les effets thérapeutiques de l'huile essentielle de Girofle

transmissible). L'*Haemophilus du creyi* est une bactérie pouvant présenter des résistances envers certains antibiotiques, et également un germe cofacteur de la transmission du VIH, car les ulcérations que cette bactérie provoquent sur les muqueuses génitales augmentent les risques de transmission du VIH) [50].

Mais l'eugénol n'est pas le seul actif antibactérien dans l'H.E. de clou de girofle. L'eugényle acétate, présent à 10% environ dans l'H.E., possède également des propriétés bactéricides sur des bactéries aussi bien gram négatif que gram positif.

Ces propriétés bactéricides sont démontrées dans l'étude réalisée par MUSTHAFKA KS et VORAVUTHIKUNCHI SP. A la concentration de 150µg/ml, l'eugényle acétate inhibe la production des facteurs de virulence comme la pyocyanine et pyoverdine et diminue l'activité des protéases de *P.aeruginosa*. Avec la même concentration, l'eugényle acétate diminue l'activité hémolytique du *S.aureus* et diminue la production du pigment staphyloxanthine [51].

L'H.E. de clou de girofle présente des propriétés très intéressantes en tant qu'antibactérien grâce à sa composition en eugénol et en eugényle acétate. Elle pourrait ainsi être une alternative à l'utilisation d'antibiotique afin de lutter contre l'apparition de souches résistantes.

❖ Formule dans le cas d'un abcès [52]

H.E. *Melaleuca alternifolia* (Tea tree) 4ml

H.E. *Eugenia caryophyllus* (Clou de girofle) 1ml

H.E. *Laurus nobilis* (Laurier noble) 1ml

H.E. *Commiphora molmol* (Myrrhe) 1ml

H.V. *Calophyllum inophyllum* (Calophylle) qsp 10ml

Posologie : 5 applications locales par jour pendant 7 jours

❖ Préparation contre l'acné juvénile [53]

H.E. *Rosmarinus officinalis* (Romarin officinal à verbénone) 2ml

H.E. *Salvia officinalis* (Sauge) 2ml

H.E. *Lavandula angustifolia* (Lavande officinale) 3ml

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle) 3ml

Posologie : Appliquer pure par point 1 à 2 fois par jour, ou diluée dans 10ml d'huile végétale.

❖ Préparation contre la gastro-entérite / turista [41]

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle) 10mg

H.E. *Artemisia dracunculus* (Estragon) 10mg

H.E. *Cinnamomum cassia* (Cannelle de Chine) 10mg

H.E. *Foeniculum vulgare* (Fenouil doux) 10mg

H.E. *Mentha citrata* (Menthe bergamote) 10mg

Posologie : 3 à 4 gélules par jour (1 à chaque repas), pendant 10 jours. Stopper pendant 10 jours, puis reprendre 10 jours etc. Faire plusieurs cures si nécessaire.

❖ Préparation en cas de cystite [54]

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle) 3 gouttes

H.E. *Gaultheria procumbens* (Gaulthérie) 2 gouttes

H.E. *Citrus aurantium var amara* (Petit Grain Bigarade) 5 gouttes

H.V. *Calophyllum inophyllum* (Calophylle) 2 ml

H.V. *Macadamia intergrifolia* (Macadamia) 2 ml

Posologie : Masser le bas du ventre avec quelques gouttes du mélange plusieurs fois par jour le temps de la douleur. Dans les cas des cystites, le girofle apporte à la fois une action antibactérienne et une action antispasmodique pour les douleurs.

III.1.2.2.2. H.E. antifongique

Le giroflier possède des propriétés antifongiques efficaces sur différentes mycoses (cutanées, orales, unguéales).

Le *S. aromaticum* est un inhibiteur de la prolifération du *Candida albicans* (CMI= 0,156 mg/ml) comme l'a démontré l'étude de LAIRUNGRUANG K, ITHARAT A et PANTHONG S [55].

L'avantage de l'utilisation de l'H.E. de clou de girofle pour traiter des mycoses est qu'il n'y a pas de souches de levures et ou de dermatophytes résistantes, à la différence des traitements à base de fluconazole ou d'amphotéricine B.

Les recherches de PINTO E, VALE-SILVA L, CAVALEIRO et al., mettent en avant le potentiel de l'H.E. de clou de girofle en tant qu'option thérapeutique contre les infections fongiques chez l'Homme. L'H.E. de clou a un large spectre d'action qui ne concerne pas que les dermatophytes, aspergillus et les espèces de candidas (*C.albicans*, *C.tropicalis*,

C.parapsilosis). Il concerne surtout les espèces résistantes au fluconazole comme le *Candida krusei*, le *Candida glabrata* et quelques souches de candidas isolés [56]. Voir annexe B : activité antifongique de l'huile essentielle de clou de girofle et de l'eugénol.

L'H.E. de clous de girofle peut donc être employée pour traiter les candidoses orales et les onychomycosis.

❖ Formule dans le cas d'onychomycosis

H.E. *Geranium rosat* (géranium rosat) 1ml

H.E. *Melaleuca alternifolia* (tea tree) 1ml

H.E. *Syzygium aromaticum* (girofle) 0,5ml

H.V. *Calophyllum inophyllum* (calophylle) 30ml

Posologie : 2 à 3 applications locales sur la mycose pendant une quinzaine de jour [54]. (Voir annexe B)

III.1.2.2.3. H.E. antivirale

Les propriétés antivirales de l'H.E. de clou de girofle sont souvent mentionnées dans les livres d'aromathérapie. Cependant les études qui prouvent son efficacité et ses mécanismes d'action sont peu nombreuses.

Quelques études mentionnent tout de même l'efficacité du clou contre l'Herpes Simplex Virus (HSV), comme celle menée *in vitro* par TRAGOOLPUA Y et JATISATIENR A. Dans cette étude, le *S.aromaticum* inhibe deux types de HSV : le HSV-1 et le HSV-2 grâce à son principal principe actif, l'eugénol [57].

III.1.2.3. H.E. acaricide

L'H.E. de clou de girofle peut aussi être utilisée pour assainir les habitations contre les acariens. Les recherches en faveur des pesticides écologiques ont mené les chercheurs à étudier les effets de l'H.E. de clous sur le *Dermatophagoides pteronyssinum* (acarien domestique) pour le traitement des matelas. L'étude a été réalisée *in vitro* par MAHAKITTIKUN V, SOONTHORNCHAREONNON N, FOONGLADDA et al., et a démontré qu'en pulvérisant de l'H.E. sur des fibres textiles contaminées par le *Dermatophagoides pteronyssinum*, le taux de mortalité était de 81% (en comptant 10 µl d'H.E. pulvérisée pour 10 acariens) [58].

D'autres études confirment ces résultats mais elles sont toutes réalisées *in vitro*. Les effets sur la santé restent flous, car l'H.E. peut être irritante pour les muqueuses respiratoires

[59]. Cependant, son utilisation reste une alternative à approfondir pour limiter la pollution provoquée par les pesticides chimiques.

En ce qui concerne les acariens parasites de l'Homme, l'H.E. de clou agit sur le *Sarcoptes scabiei* (responsable de la gale) sensible et résistant à la perméthrine (insecticide). *In vitro* le temps moyen de survie pour des germes sensibles en présence de perméthrine est de 4 heures, pour des germes résistants il est de 15 heures.

Dans l'étude réalisée par PASAY C, MOUNSEY K, STEVENSON G et al., l'H.E. de clous de girofle tue tous les types de *Sarcoptes scabiei*, sensibles ou résistants, au bout de 15 minutes (mais à des concentrations plus élevées pour les résistants). L'H.E. de clous est même plus efficace que le benzyl benzoate (principe actif du traitement de référence pour la gale) [60].

❖ Formule dans le cas de scabiose [52]

H.E. *Tanacetum annuum* (Camomille bleue) 1ml

H.E. *Eugenia caryophyllus* (Clous de girofle) 1ml

H.E. *Canaga odorata* (Ylang-ylang) 2ml

H.E. *Trachyspermum ammi* (Thym indien) 5ml

H.E. *Litsea citrata* (Litsée citronnée) 5ml

H.E. *Chenopodium ambrodioides* var. anthel (Chénopode) 2ml

H.E. *Mentha piperita* (Menthe poivrée) 3ml

H.E. *Chamaemelum nobile* (Camomille romaine) 2ml

Huile de douche neutre qsp 300g

Posologie : appliquer sur toute la surface corporelle, bander et laisser en contact 12 heures.

III.1.2.4. H.E. utilisée comme stimulant général

L'H.E. de clou de girofle possède un parfum épicé et puissant. C'est surtout l'eugénol, son composant principal, qui donne cette sensation de chaleur, comme la plupart des autres phénols monoterpéniques (thymol, carvacrol). L'H.E. peut donc être utilisée en cas de manque d'entrain, de « blues » et d'épuisement, car elle redonne vitalité et énergie.

❖ Mélange contre l'épuisement hivernal [41]

H.E. *Cinnamomum cassia* (Cannelle de Chine) 10mg

H.E. *Ocimum basilicum* (Basilic) 10mg

H.E. *Thymus thymoliferum* (Thym à thymol) 10mg

H.E. *Mentha x piperita* (Menthe poivrée) 10mg

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle) 10mg

Posologie : prendre 2 gélules par jour pendant 1 mois .

❖ Préparation stimulante [61]

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle) 1 goutte

Posologie : sur un support (miel, sucre, verre d'eau chaude), 2 à 3 fois par jour au maximum.

Préparation en cas d'impuissance [34]

H.E. *Cinnamomum zeylanicum* (Cannelle de Ceylan) 1 goutte

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle) 1 goutte

H.E. *Citrus limonum* (Citron) 4 gouttes

Posologie : prendre le mélange avant l'acte sur un support neutre, 2 fois par jour au maximum.

Une étude a montré l'action du *S. aromaticum* lors de dysfonction érectile (GOSWANI SK, PANDRE MK, JAMWAL R et al.). Le mode d'action résiderait au niveau de la Rho-kinase 2 (ROCK II).

Le système enzymatique Rho A/ Rho-kinase permet de réguler la contraction ou la relaxation du muscle lisse du corps caverneux. Ce système est altéré avec le vieillissement, la Rho-kinase 2 reste alors activée et contracte le corps caverneux, empêchant l'érection [62].

Les plantes de cette étude, dont le *Syzygium aromaticum*, peuvent inhiber cette enzyme et provoquer la relaxation du muscle lisse, donc l'érection.

H.E. aide à l'accouchement

Les formules qui suivent doivent être administrées avec l'accord et le suivi du médecin.

L'efficacité des clous de girofle et de son huile essentielle pour aider à l'accouchement est souvent mentionnée dans les livres d'aromathérapie, mais il n'y a pas d'étude démontrant leur mécanisme d'action et prouvant de leurs véritables propriétés dans ce domaine.

❖ Retard sur le terme [62]

Ce mélange a pour but de provoquer les contractions afin d'enclencher le travail puis la délivrance lorsqu'il y a retard sur le terme.

H.E. *Thymus satureioides* (Thym à bornéol-carvacrol) 0,5ml

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle) 1ml

H.E. *Cymbopogon martinii var. motia* (Lemon-grass) 2ml

H.E. *Citrus aurantium ssp aurantium* (Néroli) 0,5ml

H.V. *Corylus avellana* (Noisette) qsp 15ml

Posologie : 6 à 8 gouttes dans le bas du dos (région sacrée) 3 fois par jour et 3 gouttes matin et soir en sublingual jusqu'au déclenchement des contractions.

Ce même mélange peut être utilisé pour renforcer les contractions pendant le travail (6 à 8 gouttes dans le bas du dos toutes les 30 min jusqu'à la délivrance). Autrefois, les potages étaient garnis de clous de girofle durant les derniers mois de grossesse, et juste avant l'accouchement, la future mère absorbait une infusion de clous de girofle.

Assouplissement du périnée [62]

H.E. *Citrus reticulata* (Mandarinier) 0,3ml

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle) 0,3ml

H.E. *Lavandula angustifolia var ang.* (Lavande officinale) 0,5ml

H.E. *Artemisia dracuncuus* (Estragon) 1ml

H.E. *Chamaemelum nobile* (Camomille noble) 1ml

H.V. *Hypericum perforatum* (Millepertuis) qsp 30ml

Posologie : 4 à 5 gouttes, localement sur le périnée 2 à 3 fois par jour, dès la 36ème semaine. Ce mélange a une action décontractante musculaire, le but étant de rendre le périnée le plus souple possible afin de faciliter la délivrance.

III.1.2.5. H.E. eupeptique et antispasmodique

En 1611, un médecin met au point l'Eau de Mélisse des Carmes Boyer, composée de 14 plantes et de 9 épices dont le clou de girofle. Cette eau est encore disponible en pharmacie et permet de soulager les problèmes de digestion : lenteur, ballonnements, douleurs et spasmes digestifs.

❖ Crampes d'estomac ou en cas de réplétion

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle) 1 goutte

Posologie : 1 à 2 gouttes d'H.E. après le repas sur du miel à avaler 2 à 3 fois /jour.

AGBAJE EO a cherché dans son étude à mettre en évidence le rôle du *Syzygium aromaticum* dans les troubles gastro-intestinaux. Les recherches ont été effectuées sur des souris présentant ou non des lésions ulcéreuses à l'estomac. Les résultats montrent que l'extrait aqueux de *Syzygium aromaticum* augmente la vidange gastrique d'une manière similaire au métoclopramide, et dans les modèles présentant des lésions ulcéreuses, la zone de l'ulcère diminue. Cette étude confirme son utilisation traditionnelle en tant qu'agent antiulcéreux et purgatif [63].

Par la suite, SANTIN JR, LEMOS M, KLEIN-JUNIOR LC et al. confirment les résultats obtenus précédemment. Leur étude démontre que l'H.E. de clous de girofle et l'eugénol augmentent (chacun et séparément) la production de mucus (qui protège la muqueuse gastrique) mais n'agissent pas sur la production d'acide. L'eugénol est un agent gastroprotecteur, cependant des études complémentaires pharmacologiques et toxicologiques sont à réaliser avant d'inclure son utilisation dans la prise en charge d'ulcère gastrique [64].

❖ Préparation en cas de diarrhées/ aérophagie/ ballonnements [34][54]

H.E. *Cinnamomum zeylanicum* (Cannelle de Ceylan) 1 goutte

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle) 1 goutte

H.E. *Citrus limonum* (Citron) 4 gouttes

Posologie : 2 gouttes du mélange sur un support neutre 3 fois par jour pendant 3 à 4 jours.

Dans le cas d'aérophagie le mélange se prend après les repas, tandis que dans le cas de ballonnements, la prise pourra être faite lors des troubles ou juste avant les repas.

L'étude de YAO Z, NAMKUNG W, A KO E et al. a établi un lien entre l'eugénol et ses propriétés anti-diarrhéique (test effectué sur *in vivo* sur des souris). L'eugénol présent dans l'H.E. de clou de girofle inhibe la transmission du signal au niveau des cellules de Cajal (cellules de l'intestin qui contrôlent son rythme péristaltique) ce qui provoque une inhibition de la contraction intestinale [65], et donc un effet anti-diarrhéique.

❖ Préparation en cas de règles douloureuses [34]

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle) 1 goutte

H.E. *Citrus aurantium* (Petit Grain Bigarade) 2 gouttes

H.V. *Prunus amygdalus var.dulcis* 3 gouttes

Posologie : En application locale sur le bas ventre 3 fois par jour.

Bien que l'utilisation des clous de girofle et de son huile essentielle en cas de règles douloureuses soit souvent mentionnée dans les livres d'aromathérapie, aucune étude n'a confirmé ces propriétés ni les effets antispasmodiques de l'H.E. de clou de girofle.

III.1.3. Les clous de girofle antioxydants

Les clous de girofle possèdent de nombreuses propriétés bienfaites pour l'organisme. En étudiant séparément les plantes composant le mélange du 5 épices chinois, les chercheurs BI X, SOONG YY, LIM SW et al. ont constaté que le clou de girofle possédait un fort pouvoir antioxydant [66]. Il pourrait donc être utilisé pour prévenir et / ou réduire les maladies chroniques comme les maladies cardio-vasculaires, les cancers et le diabète.

En médecine tibétaine, dans le texte des Quatre Tantras Médicaux, le clou de girofle fait partie du remède des six substances dont la consommation permet de faire un « Chudlen » (sorte d'élixir de longue vie).

Le mélange se compose des produits suivants dans des proportions identiques : noix de muscade, sève de bambou, safran, cardamome verte, cardamome noire et des clous de girofle. Il est consommé le matin à jeun, à raison d'une pincée dans de l'eau chaude, une semaine par mois ou même à long terme pendant un à six mois.

III.1.3.1. Les clous de girofle et le diabète

TU Z, MOSS-PIERCE T, FORD P et al. ont observé que les extraits de clou de girofle augmentaient la consommation de glucose par les muscles et diminuaient la glycémie sur des animaux. Mais les mécanismes ne sont pas bien établis [67].

III.1.3.2. Les clous de girofle et les lipides

Chez les rats présentant des taux de triglycérides (TG) et de cholestérol élevés ainsi que des dysfonctions hépatiques, la prise quotidienne d'H.E. ou d'émulsion contenant de l'H.E. de clou de girofle ou d'une microémulsion d'eugénol a permis dans tous les cas d'améliorer ces symptômes. Cette étude met en avant l'effet protecteur du *Syzygium aromaticum* contre les maladies cardio-vasculaires autres complications hépatiques (étude de AL-OKBI SY, MOHAMED DA, HAMED TE et al. [68]).

III.1.3.3. Les clous de girofle et les cancers

Les clous de girofle sont les épices au plus haut taux d'antioxydants. Ce sont ces antioxydants qui jouent un rôle dans la prévention et le traitement de nombreux cancers.

Dans l'étude de ALI S, PRASARD R, MAHMOOD A et al. (test *in vivo* sur des animaux), l'eugénol a montré une action protectrice sur la cirrhose du foie, qui prédispose au cancer, en inhibant la prolifération cellulaire et en diminuant le stress oxydatif [69].

Cette faculté à diminuer le stress oxydatif permet à l'eugénol de lutter contre les métastases. En effet des lésions oxydatives de lipides, de protéines et d'ADN peuvent être impliquées dans des phénomènes d'inflammation chronique comme les métastases. Les recherches effectuées par NAM H et KIM MM sur l'eugénol et ses capacités en tant qu'inhibiteur de l'expression de la métallo-protéase matricielle (MMP, marqueur de certains cancers, responsable du remaniement tissulaire) ont donné les résultats suivants : l'eugénol est un fort inhibiteur de peroxyde d'hydrogène et bloque l'oxydation de l'ADN. L'eugénol pourrait donc être un excellent agent de prévention des métastases liées au stress oxydatif [70].

Dans une autre étude menée également *in vitro*, l'eugénol a prouvé qu'il pouvait diminuer l'expression de gènes autophagiques. L'autophagie est un mécanisme impliqué dans de nombreuses maladies comme les cancers, les maladies cardio-vasculaires, les infections virales, VIH, VHC, etc. Sur 86 échantillons de plantes issues de la médecine chinoise analysés par DAI JP, ZHAO XF, ZENG J et al., le *Syzygium aromaticum* a été le plus fort inhibiteur [71].

La nature antioxydante de l'eugénol n'est pas son seul atout pour lutter contre les maladies chroniques. En examinant l'action d'actifs issus d'épices sur les facteurs de transcription, les facteurs de croissance, les protéines kinases et les médiateurs de l'inflammation, SUNG B, PRASARD S, YADAV VR et al. ont constaté que l'eugénol inhibait le TNF, la production de PGE-2 et module l'action de la COX-2 (qui sont des agents inflammatoires) [72].

L'eugénol agit également sur la production de cytokine en inhibant le lipopolysaccharide (LPS), mais l'étude de BACHIEGA TF, DE SOUSA JP, BASTOSJ K et al. prouve que l'inhibition est plus importante en utilisant l'H.E. de clous que l'extrait d'eugénol seul [73]. Il en est de même pour l'étude de KUMAR PS, FEBRIYANTI RM, SOFYAN FF et al., où l'H.E. de clou de girofle est plus cytotoxique envers les cellules de la

lignée MCF-7 (lignée cellulaire utilisée en laboratoire pour les recherches sur le cancer du sein) que l'extrait aqueux ou éthylique de clou [74].

L'effet de l'H.E. de clou de girofle serait plus efficace contre les maladies chroniques que l'eugénol seul. Les autres composés issus de l'H.E. jouent eux aussi un rôle dans l'action antioxydante et anti-inflammatoire. Le β -caryophyllène, présent environ à 10% dans l'H.E. de clou, interfère dans plusieurs cascades de signalisation engendrant des tumeurs (étude de PARK KR, NAM D, YUN HM et al.), et serait lui aussi, au même titre que l'eugénol, un candidat en tant qu'agent préventif et curatif de certains types de cancers [75].

II.1.4 Spécialités contenant des clous de girofle

A l'officine, l'huile essentielle de clou de girofle se retrouve sous différentes formes : sprays assainissant pour purifier l'atmosphère, sprays pour la gorge, crème antalgique chauffante, traitements antiseptiques des voies respiratoires, bains de bouches, lotion antipoux, etc.

Quelques exemples de spécialités contenant de l'H.E. de clous de girofle :

- Aromasol® (Naturactive®) : médicament en solution pour inhalation par fumigation.
- Gouttes aux essences® (Naturactive®) : solution buvable en cas d'affection bronchique aiguë bénigne.
- Baume Aroma® (Mayoly-Spindler®) : crème antalgique d'action locale.
- Nazinette du Dr Gilbert ® (Pharma Développement®) : pommade nasale pour le traitement des affections rhinopharyngées.
- Baume du tigre et baume chinois : baume en cas de douleurs musculaires ou Articulaires.

III.2. Dans le domaine de l'alimentation

III.2.1. Conservation des aliments

Les propriétés antimicrobiennes des plantes aromatiques comme le clou de girofle étaient connues depuis l'Antiquité. Les clous de girofle étaient utilisés pour conserver les aliments, notamment la viande [76][40].

L'activité antimicrobienne des plantes provient de leur essence. En effet les huiles essentielles ont un spectre d'action très large puisqu'elles inhibent aussi bien la croissance des bactéries que celles des levures et la prolifération des acariens [76].

❖ Les avantages de prendre des plantes comme conservateurs sont :

- Utilisation de produits naturels à la place de produits de synthèse,
- La plupart ont déjà été approuvées comme additifs alimentaires par la « food and drug administration », ils n'ont donc pas besoin d'autorisation d'emploi supplémentaire.

❖ Les inconvénients

- Il faut faire des études préalables afin de mieux cerner leur activité microbienne.
- La composition des plantes au niveau moléculaire peut varier en fonction de la récolte (il faut standardiser).
- D'autres facteurs peuvent modifier l'activité antimicrobienne des HE comme : la température, les conditions de stockage, le pH ou la composition de l'aliment. En effet l'efficacité de l'huile augmente avec la diminution du pH de l'aliment, de la température de stockage, de la quantité d'oxygène dans l'emballage et de la quantité de graisse et/ou de protéines dans l'aliment [76].

Le laboratoire de recherche en Sciences Appliquées à l'Alimentation (RESALA) de l'INRS-IAF a étudié les huiles essentielles dans la cinétique d'inhibition et la survie des quatre bactéries pathogènes les plus répandues dans l'alimentation. Les chercheurs ont donc recherché le seuil d'efficacité pour chaque huile essentielle et pour chaque bactérie (c'est à dire la plus faible concentration en huile capable d'inhiber toute croissance bactérienne). Les tests ont été effectués soit en incorporant directement l'huile essentielle dans l'aliment (viande hachée, purée de fruits, yaourts, etc) soit en vaporisant la surface de l'aliment (pièce de viande, poulet, fruits et légumes entiers, etc) [62].

En ce qui concerne le clou de girofle, les concentrations minimales inhibitrices sont respectivement 0,1% - 0,1%- 0,05% - 0,2% pour *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* et *Listeria monocytogenes*. Il a été mentionné dans cette étude que pour des concentrations inférieures à 0,1%, il n'y avait pas de modification des caractères organoleptiques de l'aliment.

Cependant ces tests sont réalisés dans des conditions expérimentales, c'est à dire dans un milieu modèle. Les concentrations efficaces sur un aliment sélectionné sont en général un peu plus élevées. Il faut alors bien choisir l'aliment et l'huile essentielle adaptée à sa conservation.

Dans cette étude, l'huile essentielle de clou de girofle ne possède pas le plus fort pouvoir antibactérien sur ces souches. Il fait néanmoins partie des plus efficaces, avec la

cannelle, l'origan, la sarriette et le thym (nous retrouvons ici les huiles essentielles phénolées). Son emploi était donc tout à fait justifié dans la conservation de la viande et des charcuteries, comme l' « amykos » par exemple (mélange d'acide borique et de glycérine dans une infusion de clous de girofle qui donnait une liqueur antiseptique) utilisée il y a quelques siècles.

Ces résultats étaient déjà cités dans un livre du Docteur Valnet, concernant les recherches de Cavel, scientifique qui a étudié les doses infertilisantes pour 1000cm³ d'un bouillon de viandeensemencé avec de l'eau de fosse septique [40].

III.2.2. Assaisonnement

Les clous de girofle se trouvent facilement en grande surface à des tarifs abordables.

Le temps où ils étaient un produit de luxe est loin. De nos jours, les clous de girofle peuvent être incorporés dans la cuisine de tous les jours.

On peut les acheter tels quels, ou bien dans des mélanges d'épices préalablement moulins. A ce propos, le mélange des cinq épices chinois ne doit pas être confondu avec le quatre-épices.

Le mélange cinq épices chinois contient du poivre de Sichuan, de l'anis étoilé, de la cannelle de Chine, du fenouil et des clous de girofle.

Le quatre-épices quant à lui n'est pas un mélange, c'est une seule et même épice : Pimenta dioica ou Poivre de la Jamaïque. Son nom provient du fait qu'une fois broyé, il développe les senteurs mélangées de gingembre, muscade, poivre et girofle.

Les clous de girofle entrent aussi dans la composition du curry. Bien que sa recette change en fonction du pays (Indes, Indonésie, Sri Lanka etc) ou de la région, les clous de girofle sont un ingrédient de base pour préparer le curry, au même titre que pour le Colombo des Antilles, le massalé de la Réunion et le ras el hanout du Maghreb.

III.2.3. Vanilline

La vanilline est la molécule présente dans l'arôme de la vanille. Elle a été synthétisée pour la première fois par Erlenmeyer en 1876 à partir de l'eugénol de clou de girofle.

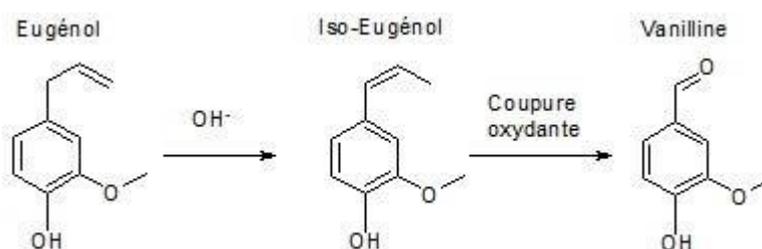


Figure 9: Principales étapes de la synthèse de vanilline à partir de l'eugénol.[77]

Il s'agit en fait d'une hémisynthèse car la molécule de départ (l'eugénol) est un composé naturel possédant déjà une partie de la molécule visée (la vanilline). L'avantage de cette réaction est que la vanilline de synthèse ainsi obtenue est identique à la vanilline naturelle.

Grâce aux girofliers, la production de vanilline de synthèse a pu se développer. C'était en effet un procédé beaucoup moins coûteux que l'extraction à partir des gousses de vanille. Ce fut le premier moyen de production durant 50 ans.

L'arôme vanille est omniprésent dans nos produits quotidiens, 75% de la quantité mondiale est d'origine synthétique. De nos jours, cet arôme est fabriqué à partir de procédés encore plus économiques [77].

III.3. Autres domaines utilisant le clou de girofle

III.3.1. Dans le domaine de la parfumerie

Le parfum que dégagent les clous de girofle est souvent utilisé en parfumerie. Il permet d'apporter une note orientale, boisée et épicée, aussi bien pour des parfums féminins que masculins, ou le plus souvent mixtes.

Ce sont toujours des parfums chauds, classiques et assez opulents qui, chez la femme, dégagent la sensualité et sophistication, et chez l'homme l'élégance [77][78]. Quelques exemples de parfums contenant des notes de girofle : Gentleman de Givenchy ®, Kenzo Jungle ®, Coco Chanel ®, Miss Dior ®, Opium de Yves Saint Laurent ®, etc.

III.3.2. Les Kreteks

Leskreteks sont des cigarettes originaires d'Indonésie, constituées de tabac, de clous de girofle et d'une sorte de mélange aromatique. Elles ont été créées vers 1880 par un certain Haj Jamahri, asthmatique, qui voulait soulager sa douleur grâce aux pouvoirs anesthésiants de l'eugénol, et se soigner en fumant.

Les effets thérapeutiques de l'huile essentielle de Girofle

Plusieurs études ont comparé des cigarettes type American-blend (Malboro®, Winston®, etc) à des cigarettes *kreteks*. Il a été mis en évidence que pour une même quantité de fumée inhalée, l'inflammation des poumons est moins forte avec les *kreteks*. Les altérations histopathologiques des voies respiratoires sont également moins importantes qu'après l'inhalation de cigarettes American-blend. [79][80][81].

Elles sont donc moins nocives, mais le demeurent tout de même. Cela ne soigna pas l'asthme de Haj Jamahri. A sa mort, l'idée fut reprise par un homme d'affaire, Nitisemito, qui fonda la première grande manufacture de cigarettes *kreteks* en Indonésie. Ces cigarettes sont vite devenues très populaires et aujourd'hui leur fabrication nécessite 95% de la production indonésienne de clous de girofle [82][83].

Conclusion

Conclusion

A l'origine le clou de girofle était une simple épice locale orientale. Mais au cours de l'Histoire, il est devenu un produit de luxe en occident, puis un produit alimentaire (notamment avec la vanilline) avant d'être utilisé en tant que produit d'aromathérapie.

Aujourd'hui, le bouton floral du girofler se retrouve aussi bien dans des produits thérapeutiques occidentaux (grâce à son huile essentielle) que dans des produits plus nocifs comme les cigarettes orientales *kreteks*.

L'huile essentielle de clou de girofle se démarque par ses pouvoirs antibactériens, antifongiques et acaricides. Si elle n'est pas la plus puissante des huiles essentielles phénolées, elle est surtout la moins toxique. De plus, ses propriétés analgésiques locales en font l'huile essentielle idéale pour soigner les maux de bouche.

Les recherches récemment menées sur le clou de girofle ont permis de rendre compte du fort pouvoir antioxydant de cette plante, et des nombreux bienfaits qu'il procure à l'organisme. D'après les études citées dans ce travail, il est légitime de se demander si son incorporation dans l'alimentation quotidienne pourrait diminuer l'apparition de maladies chroniques, de la même manière que les tibétains consomment les clous sous forme d'élixir de longue vie « chudlen ».

L'huile essentielle de clou de girofle mériterait une place importante à l'officine. Des études complémentaires, sur sa toxicité chez l'Homme, pourraient motiver son utilisation dans le cadre de nouvelles stratégies thérapeutiques.

***Références
bibliographiques***

Références bibliographiques

[1] ATMANI.H, BAIRA.K. Mise en évidence de l'activité antibactérienne et antifongique et l'étude des caractères Physico-chimique de l'huile essentielle du clou de girofle *Syzygium aromaticum* L. [en ligne]. Biologie et physiologie végétale. Algerie: Université Frères Mentouri 1 Constantine, 2015, 86 p.

[02] Davet P Rouxel F., 1997. Détection et isolement des champignons du sol, Paris.cedex07, p147

[03] Rakotoatimanana B.V. et al., 1999 :« Contribution à l'optimisation d'une unité de production d'huiles essentielles », mémoire de fin d'études,Département Génie Chimique, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo ESPA, Université d'Antananarivo,

[04] Koroch A., Ranarivelo L., Behra O., Juliani H.R., and Simon J.E.« Quality Attributes of Ginger and Cinnamon Essential Oils from Madagascar » in : Issues in new crops and new uses. Ed by Janick and A. Whipkey. ASHS Press, Alexandria, VA,2007 pp 338-341,

[05]BOIS D. Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges : histoire utilisation, culture. Volume 3 : plantes à épices, à aromates, à condiments. Paris : Ed. CME; 1999. p. 1-11.

[06]RANOARISOA KM. Evolution historique et état des lieux de la filière girofle à Madagasc[Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome]Antananarivo : Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; 2012. 89 p.

[07] KAREN RANOARISOA. Evolution historique et état des lieux de la filière girofle a Madagascar. [en ligne]. Sciences agronomiques. Madagascar : université d'antanarivo, 2012, 135p. Disponible sur

http://afs4food.cirad.fr/content/download/4421/33648/version/2/file/Ranoarisoa_historique_filiere_girofle_2012.pdf

[08] MINISTERE DE L'AGRICULTURE DE LA REPUBLIQUE DE MADAGASCAR. Girofli[en ligne]. 2014 [consulté le 19.08.2020]. Disponible sur

<http://www.agriculture.gov.mg/wpcontent/uploads/2014/pdf/Giroflier.pdf>

[09]RAMARIJAONA RABARY BC. Le giroflier de Madagascar : conditions de production différentes utilisations. Thèse de chirurgie dentaire. Université de Nancy I ; 1985, 110 f.

[10]BARBELETS. LE GIROFLIER : HISTORIQUE, DESCRIPTION ET UTILISATIONS DE LA PLANTE ET DE SON HUILE ESSENTIELLE. (Mémoire de fin d'étude Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie) UNIVERSITE DE LORRAINE, 2015.

[11] FAUCON M. Traité d'aromathérapie scientifique et médicale : fondements & aide à la

Références bibliographiques

prescription : monographies : huiles essentielles, huiles végétales, hydrolats aromatiques. Paris : Ed. Sang de la Terre ; 2012. 879 p.

[12] PERRIER DE LA BÂTHIE H. Flore de Madagascar et des Comores, 152ème famille, Myrtacées. Paris : Firmin-Didot et Cie ; 1953. p. 1-2.

[13] AMSHOFF GJH. Myrtacées. Paris : MNHN ; 1966. p. 3-4 ; 16.

[14] DUPONT F, GUIGNARD JL. Botanique : les familles des plantes. 15e éd. Issy lesMoulineaux : Elsevier Masson ;2012. p. 16.

[15]MichelBotineau, Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs, éditions Tec & Doc.

[16]Peter Marius Veth, Sue O'Connor et Matthew Spriggs, The Archaeology of the Aru Islands, Eastern Indonesia, Terra Australis, Vol. 22, février 2007.

[17]WERNERM, VONBRAUNSCHEIGR. L'aromathérapie : principes, indications, utilisations. Paris : Ed. Vigot ; 2008. 334 p.

[18] Compagnie des Sens, 2, rue Saint Jean de Dieu, 69007 Lyon.

[19] Meyer B. les matières premières mondiales en compétition avec la production française et européenne. *Rivista Italiana Eppos*, numéro spécial, 1997, p.273-281.

[20] MahmoudI. Nassar1*, AhmedH. Gaara, AhmedH. El-Ghorab, Abdel-RazikH. Farrag, Hui Shen, EnamulHuq andTomJ. Mabry (Received: April 2007; Accepted October 2007) ChemiCal Constituents of Clove (*Syzygium aromaticum*, fam. Myrtaceae) and their antioxidant activity

[21] Pibiri M.C., 2006. Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse doctorat. Ecole polytechnique fédérale de lausanne, pp28-52.

[22] Georgetti, S.R., Casagrande, R., Di Mambro, V.M., Azzolini Ana, E.C.S., Fonseca Maria, J.V. (2003). Evaluation of the antioxidant activity of different flavonoids by the Chemiluminescence Methode. *AAPS Pharm Sci*, 5 (2) : P1-5

[23] Dorosso Sonate J. Composition chimique des huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanienne du Burkina Faso : valorisation. Université Ouagadougou. 2002.

[24] Kaloustian J, Hadji-Minaglo F. La connaissance des huiles essentielles : qualitologie et aromathérapie. Paris. Edition Springer. 2012.

[18] Brunton J. Pharmacognosie photochimie plantes médicinales 3ème édition. Paris

[26] Naili.N EP Kesraoui ; 2013 Activité antibactérienne du Cumin velu *Ammodaucus*

Leucotrichus Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'études médicales Spécialisées (DEMS) en Botanique médicale et Cryptogamie

[27] DIRECTION DE LA QUALITE DU MEDICAMENT DU CONSEIL DE L'EUROPE.

Pharmacopée Européenne. 5e éd. Sainte-Ruffine : Maisonneuve S.A. ; 2004.

[28] KLEIN AH, CARSTENS ML, CARSTENS E. Eugenol and carvacrol induce temporally desensitizing patterns of oral irritation and enhance innocuous warmth and noxious heat sensation on the tongue, Pain. 2013; 154(10): 2078-2087.

[29] MAILHEBIAU P. La nouvelle aromathérapie : caractérologie des essences et tempéraments humains. Toulouse : Ed. Nouvelle Vie ; 1989. 372 p.

[30] MAILHEBIAU P, SOULIER JM, AZEMAR J. Collège d'aromathérapie Philippe Mailhebiau : étude et prescription de la médecine aromatique. [Avesnelles] : Nouvelles Presses Internationales ; 1992. 163 p.

[31] MAYER B.G ; 1999 « Extraction au CO₂ : Nouvelles applications pour l'industrialimentaire », Bios (Paris), vol 21, N° 3 ;, pp 47-51 ,

[32] EI-BAHAI M., AL-HARIRU M., YART. et BAMOSA A.200. Cardiac inotropic and hypertrophic effects of *Nigella sativa*. Department of Physiology, College of Medicine, King Faisal University, PO Box 2114, Dammam, 31451, Saudi Arabia, P. 1.2.3

[33] VITASPICE. Girofle [en ligne]. c2009 [consulté le 19.08.20]. Disponible sur : <http://vitaspice.com.br/fra/girofle.asp>

[34] FAUCON M. Traité d'aromathérapie scientifique et médicale : fondements & aide à la prescription : monographies : huiles essentielles, huiles végétales, hydrolats aromatiques. Paris : Ed. Sang de la Terre ; 2012. 879 p.

[35] Fauchère J.L. et Avril J.L., 2002. Bactériologie générale et médicale. Elleipses edition Marketing, ISBN: 2-7298-0747-0

[36] Wright S., Keele C.A. et Neil E. 1998 Physiologie appliquée à la médecine. Edition Flammarion Médecine-Sciences.

[37] Danielle.C, 2011: Fiche Technique Bactériologie: *Enterobacter cloacae* . Laboratoire de Bactériologie Hygiène Toulouse. pp1-2.

[38] JÉRÔME BÉRUBÉ-GAGNO 2007: Isolation et identification de composés antibiotiques des écorces 'Univéristé du Québec à Chicoutimi comme exigence partielle P 27-28.

[39] Eugénia Pinto, Luís Vale-Silva, Carlos Cavaleiro, Lígia Salgueiro; 2009 : Antifungal activity of the clove essential oil from *Syzygium aromaticum* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species.

- [40] VALNET J. Aromathérapie : traitement des maladies par les essences de plantes. 10e éd. Paris : Maloine ; 1984. 544 p.
- [41] FESTY D. Ma bible des huiles essentielles. Paris: Ed. Leduc.s ; 2008. 549 p.
- [42] UJU DE, OBIOMA NP. Anticariogenic potentials of clove, tobacco and bitter kola. Asian Pacific journal of tropical medicine. 2011 ; 4(10) : 814-818.
- [43] KLEIN AH, CARSTENS ML, CARSTENS E. Eugenol and carvacrol induce temporally desensitizing patterns of oral irritation and enhance innocuous warmth and noxious heat sensation on the tongue, Pain. 2013 ; 154(10) : 2078-2087.
- [44] GHELARDINI C, GALEOTTI N, DI CESARE MANNELLI L, et al. Local anesthetic activity of beta-caryophyllène. Farmaco. 2001 ;56(5-7) :387-389.
- [45] ALGAREER A, ALYAHYA A, ANDERSSON L, The effect of clove and benzocaine versus placebo as topical anesthetics. Journal of dentistry. 2006 ; 34(10) : 747-750.
- [46] YADAZ MK, CHAE SW, IMG J, et al. Eugenol : a phyto-compound Effective against Methicillin-Resistant and Methicillin-sensitive *Streptococcus aureus* Clinical Strains Biofilms. PLoS One. 2015 ; 10(3) :e0119564.
- [47] OUSSALAH M, CAILLET S, SAUCIER L, et al. Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria : *Escherichia coli* 0157 :H7, *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. Food control. 2007 ;18(5) :415-420.
- [48] PRABUSEENIVASAN S, JAYAKUMAR M, IGNA-CIMUTHUS S, *In vitro* antibacterial activity of some plant essential oils. BMC Complement Alters Medicine. 2006 ;6 :39.
- [49] MAHABOOBALI S, AKHAN A, AHMED I, et al. Antimicrobial activities of eugenol and cinnamaldehyde against the humans gastric pathogen *Helicobacter pylori*. Ann. Clin. Microbiol. Antimicrob. 2005 ;4 :20.
- [50] LINDEMAN Z, WAGGON M, BATDORFF A et al. Assessing the antibiotic potential of essential oils against *Haemophilus du creyi*. BMC Complement Alternative Medicinal. 2014 ; 14 :172.
- [51] MUSTHAFA KS, VORAVUTHIKUNCHAI SP. Anti-virulence potential of eugenyl acetate against pathogenic bacteria of medical importance. Antonie Van Leeuwenhoek. 2015 ; 107(3) :703-710.
- [52] BAUDOUX D. Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française. Volume 5 : grossesse. Luxembourg : Ed. Inspir ; 2006. 316 p.

- [53] CIEUR J, MILLET J, MOREL JM, et al. Conseil en aromathérapie. 2e éd. Rueil-Malmaison : Ed. Pro-officina ; 2008. 187p.
- [54] FAUCON M. Aromathérapie pratique et usuelle. Paris: Ed. Sang de la Terre: 2009. 153 p.
- [55] LAIRUNGRUANG K, ITHARAT A, PANTHONG S. Antimicrobial activity of extracts from a Thai traditional remedy called Kabpi for oral and throat infection and its plant components. Journal of medicine association of Thailand. 2014 ; 97(8): 108-115
- [56] PINTO E, VALE-SILVA L, CAVALEIRO C, et al. Antifungal activity of the clove essential oil from *Syzygium aromaticum* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species. Journal of medical microbiology. 2009 ; 58(11) :1454-1462.
- [57] TRAGOOLPUA Y, JATISATIENR A, Anti-herpes simplec virus activities of *Eugenia caryophyllus* (Spreng.) Bullock & S.G. Harrison and essential oil, eugenol. Journal of microencapsulation. 2011 ; 28(1) :82-91.
- [58] MAHAKITTIKUN V, SOON THORNCHAREONNON N, FOON GLADDA S, et al. A preliminary study of the acaricidal activity of clove oil, *Eugenia caryophyllus*. Asian Pacific journal of allergy and Immunology. 2014, 32(1) : 46-52.
- [59] KIM JR, SHARMA S. Acaricidal activities of clove bud oil and red thyme oil using microencapsulation against HDMs. Journal of microencapsulation. 2011 ;28(1) : 82-91.
- [60] PASAY C, MOUNSEY K, STEVENSON G et al. Acaricidal activity of eugenol based compounds against scabies mites. PLoS One. 2010 ; 5(8) :e12079.
- [61] RAYNAUD J. Prescription et conseil en aromathérapie. Paris : Ed. Tec & Doc ; 2006. 247 p
- [62] GOSWAMI SK, PANDRA MK, JAMWAL R et al. Screening for Rho-kinase 2 inhibitory potential of Indian medicinal plants used in mangement of erectile dysfunction. Journal of ethnopharmacology. 2012 ; 144(3) :483-489.
- [63] AGBAJE EO. Gastrointestinal effects of *Syzygium aromaticum* (L) Merr & Perry (Myrtaceae) in animal models. Nigerian quarterly journal of hospital medicine. 2008 ; 18(3) :137-141.
- [64] SANTIN JR, LEMOS M, KLEIN-JUNIOR JC, et al. Gastroprotective activity of essential oil of the *Syzygium aromaticum* and its major component eugenol in different animal models. Naunyn Schmiedeberg's Archive of Pharmacology. 2011 ; 383(2) : 149-158.
- [65] YOA Z, NANKUNG W, A KO E et al. Fractionation of a herbal antidiarrheal medicine reveals eugenol as an inhibition of a Ca²⁺ - activated Cl⁻ channel TMEM16A. PLoSOne. 2012 ;7(5) :e38030.

- [66] BI X, SOONG YY, LIM SW, et al. Evaluation of antioxidant capacity of Chinese five-spice ingredients. *International Journal of food science and nutrition*. 2015 ;10 :1-4.
- [67] TU Z, MOSS-PIERCE T, FORD P, et al. *Syzygium aromaticum* L.(clove) extract regulates energy metabolism in myocytes. *Journal of medicinal food*. 2014 ;17(9) :1003-1010.
- [68] AL-OKBI SY, MOHAMED DA, HAMED TE et al. Protective effect oil and eugenol microemulsions on fatty liver and dyslipidemia as components of metabolic syndrome. *Journal of medicinal food*. 2014 ; 17(7) : 704-771.
- [69] ALI S, PRASARD R, MAHMOOD A, et al, Eugenol-rich Fraction of *Syzygium aromaticum* (clove) Reverses Biochemical and Histopathological Changes in Liver Cirrhosis and Inhibits Hepatic Cell Proliferation. *Journal of Cancer Prevention*. 2014 ;19(4) :288-300.
- [70] NAM H, KIM MM, Eugenol with antioxidant activity inhibits MMP-9 related to metastasis in human fibrosarcoma cells. *Food and chemical toxicology*. 2013 ; 55 :106-112.
- [71] DAI JP, ZHAO XF, ZENG J, et al. Drug screening for autophagy inhibitors based on the dissociation of Beclin1-Bcl2 complex using BiFC technique and mechanism of eugenol on anti-influenza A virus activity. *PLoS One*. 2013 ; 8(4) :e61026.
- [72] SUNG B, PRASAD S, YADAV VR, et al. Cancer cell signaling pathways targeted by spice-derived nutraceuticals. *Nutrition and cancer*. 2012 ;64(2) :173-197.
- [73] BACHIEGA TF, DE SOUSA JP, BASTOS JK, et al. Clove and eugenol in noncytotoxic concentrations exert immunomodulatory/anti inflammatory action on cytokine production by murine macrophages. *The journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2012 ; 64(4) :610-616.
- [74] KUMAR PS, FEBRIYANTI RM, SOFYAN FF, et al. Anticancer potential of *Syzygium aromaticum* L. in MCF-7 human breast cancer cell lines. *Pharmacognosy Research*. 2014 ; 6(4) :350-354.
- [75] PARK KR, NAM D, YUN HM, et al. Beta-caryophyllene oxide inhibits growth and induces apoptosis through the suppression of PI3K/AKT/mTOR/S6K1 pathways and ROS-mediated MAPKs activation. *Cancer letters*. 2011 ;312(2) :178-188.
- [76] RESALA : LABORATOIRE DE RECHERCHE EN SCIENCES APPLIQUEES A L'ALIMENTATION. Les huiles essentielles : leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles alimentaires [en ligne]. [consulté le 26.08.20]. Disponible sur : http://www.labo-resala.com/fiches_huiles_essentielles.html
- [77] Société Chimique de France. Vanille et vanilline [en ligne]. [consulté le 08.08.20]. Disponible sur : <http://www.societechimiquedefrance.fr/produit-du-jour/vanille-et-vanilline.html>

- [78] OSMOZ. OSMOZ, share your fragrances [en ligne]. c2011-2015 [consulté le 08.08.20]. Disponible sur : <http://www.osmoz.fr>
- [79] ROEMER E, DEMPSEY R, SCHORP MK, Toxicological assessment of kretek cigarettes : Part 1 : Background, assessment approach, and summary of findings Regul Toxicol Pharmacol. 2014; 70(1): 2-14
- [80] ROEMER E, DEMPSEY R, VAN OVERVELD FJ, et al. Toxicological assessment of kretek cigarettes Part 5 : mechanistic investigations, inhalation toxicity. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2014; 70(1):54-65.
- [81] PIADÉ JJ, ROEMER E, DEMPSEY R, WAILER H, et al. Toxicological assessment of kretek cigarettes Part 3 : kretek and American-blended cigarettes , inhalation toxicity. Regulatory Toxicology and Pharmacology. Vol 70, supp 1, p S26-S40.
- [82] SANDER LG, XUN Z. Smoke : a global history of smoking. London : Reaktion Books ; 2004. 408 p
- [83] HANUSZ M. Kretek : the culture and heritage of Indonesia's Clove cigarettes. Jakarta : Equinox Publishing ; 2000. 203 p.

Annexes

Annexes

ANNEXE A : Activité antibactérienne des huiles essentielles

Tableau : seuil d'efficacité (concentration minimale inhibitrice) des huiles essentielles sélectionnées contre quatre bactéries pathogènes (OUSSALAH M, CAILLET S, SAUCIER L et al, Food control, 2007).

Huiles essentielles				Concentration minimale inhibitrice (CMI) pour chaque bactérie testée (%)			
Nom commun	Origine	Partie de la plante utilisée	Composition majoritaire de l'huile essentielle	<i>E. coli</i>	<i>Salm.</i>	<i>S. aur</i>	<i>L. monoc</i>
Cannelle de Chine	Chine	Rameau	Cinnamaldéhyde (65), méthoxy-cinnamaldéhyde (21)	0,05	0,025	0,025	0,05
Cannelle de Ceylan	Sri Lanka	Ecorce	Cinnamaldéhyde (87)	0,025	0,05	0,025	0,05
Coriandre	Russie	Fruit	Linalol (70), α -pinène (6)	0,2	0,2	0,2	>0,8
Origan d'Espagne	Espagne	Plante en fleur	Carvacrol(76), thymol (5)	0,025	0,025	0,013	0,025
Lemongrass	Inde	Herbe	Geranial (46), Neral (31)	>0,8	0,4	0,1	0,4
Palmarose	Inde	Herbe	Geraniol (80), geranyl acétate (9)	0,2	0,2	0,1	0,2
Citronnelle de Ceylan	Sri Lanka	herbe	Géraniol (19), limonène (10), camphène (9)	>0,8	0,8	0,4	0,8
Citronnelle de Java	Vietnam	Herbe	Citronnellal (34), géraniol (21), Citronnellol(11)	>0,8	0,4	0,05	0,4
Clou de girofle	Madagascar	fleur	Eugénol (78), eugényl acétate (14)	0,1	0,1	0,05	0,2
Lavande aspic à cinéole	France	Plante en fleur	Linalol (34), 1,8-cinéole (22), camphor (15)	>0,8	0,8	0,2	>0,8
Origan à inflorescences	Maroc	Plante en fleur	Carvacrol (22), γ -terpinène (23) thymol (19)	0,025	0,05	0,013	0,1
Origan de Grèce	France	Plante en fleur	Carvacrol (54), paracymène (14), γ -terpinène (14)	0,025	0,05	0,013	0,05
Marjolaine des jardins	Egypte	Plante en fleur	Terpinène-4-ol (26), γ -terpinène (12), thuyanol (10)	>0,8	0,4	0,2	>0,8
Piment	Antilles	Feuilles	Eugénol (48), myrcène (27), geraniol (10)	0,1	0,1	0,1	0,2
Sarriette des jardins	France	Plante en fleur	Carvacrol (41), γ -terpinène (33), p-cymène (6)	0,05	0,05	0,013	0,1
Sarriette des montagnes	Slovénie	Plante en fleur	Thymol (43), p-cymène (12), γ -terpinène(9)	0,05	0,05	0,013	0,05
Thym sauvage	Espagne	Plante en fleur	1,8-cinéole (47), linalol (24), limonène (7)	>0,8	>0,8	0,8	>0,8
Thym à bornéol	maroc	Plante en fleur	Bornéol (26), camphène (9), carvacrol (7)	0,2	0,2	0,05	0,4
Thym à thujanol	France	Plante en fleur	Trans-thujanol-4(44), mycène 8-ol (13)	0,8	0,4	0,4	>0,8
Thym à thymol	France	Plante en fleur	Thymol (38), p-cymène (19), γ -terpinène (17)	0,05	0,1	0,025	0,2

E.coli = *Escherichia coli*, *Salm.* = *Salmonella*, *S.aur* = *Staphylococcus aureus*, *L.monoc* = *Listeria monocytogenes*

ANNEXE B : Activité antifongique de l'H.E. de clou de girofle et de l'eugénol

Tableau : activité antimicrobienne (CMI et CMF) de l'huile essentielle de clous de girofle et de l'eugénol contre des souches de *Candida*, *dermatophytes* et *aspergillus*.

	H.E. de clous de girofle		Eugenol		Fluconazole		Amphotéricine B	
	CMI*	CMF*	CMI*	CMF*	CMI [#]	CMF [#]	CMI [#]	CMF [#]
Souches de <i>Candida</i> ATCC								
<i>C. albicans</i>	0.64	0.64–1.25	0.64	0.64–1.25	1	>128	NT	NT
<i>C. krusei</i>	0.64	0.64	0.64	0.64	64	64–128	NT	NT
<i>C. tropicalis</i>	0.64	0.64	0.64	0.64	4	>128	NT	NT
<i>C. parapsilosis</i>	0.32–0.64	0.64–1.25	0.32	0.64	<1	<1	NT	NT
Souches cliniques de <i>Candida</i> isolés								
<i>C. albicans D5</i>	0.64	0.64	0.32–0.64	0.64–1.25	64	>128	NT	NT
<i>C. albicans D1</i>	0.64	0.64–1.25	0.64	0.64–1.25	2	128	NT	NT
<i>C. krusei D39</i>	0.64	0.64	0.64	0.64	64	64–128	NT	NT
<i>C. tropicalis D42</i>	0.64	0.64	0.64	0.64	2	>128	NT	NT
<i>C. glabrata D10R</i>	0.64	0.64–1.25	0.64	0.64–1.25	32	32	NT	NT
Dermatophytes								
<i>Epidermophyton floccosum</i>	0.16	0.32	0.16	0.32	16	16	NT	NT
<i>Trichophyton rubrum</i>	0.16	0.32	0.16	0.32	16–32	32	NT	NT
<i>Tichophyton mentagrophytes</i>	0.16	0.32	0.16	0.32	16–32	32–64	NT	NT
<i>Microsporum canis</i>	0.08–0.16	0.16–0.32	0.08	0.16	128	128	NT	NT
<i>Microsporum gypseum</i>	0.16	0.32	0.16	0.32	≥128	≥128	NT	NT
Espèces d' <i>Aspergillus</i>								
<i>A. flavus</i>	0.64	1.25	0.32–0.64	1.25	NT	NT	2	8
<i>A. fumigatus</i>	0.32	1.25	0.32	1.25	NT	NT	2	4
<i>A. niger</i>	0.32	1.25	0.32	1.25	NT	NT	1–2	4

Source : étude de PINTO E, VALE-SILVA L, CAVALEIRO C et al, antifungal activity of the clove essential oil from *Syzygium aromaticum* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species.

CMI= Concentration minimale inhibitrice

CMF= concentration minimale fongicide

NT= nontesté

ATCC= American Type Culture Collection, centre de ressources biologiques qui procure des souches microbiennes de références.

*CMI et CMF sont exprimées en µl/ml.

[#]CMI et CMF sont exprimées en µg/ml

Résumé

Notre travail porte sur l'étude d'une plante médicinale *Syzygium aromaticum* . connue sous le nom de giroflier, ainsi l'étude de plusieurs propriétés physico-chimiques de l'extrait de son huile essentielle. L'extraction de l'huile essentielle des boutons floraux de *Syzygium aromaticum* L. est réalisée par la méthode d'hydro distillation.L'huile essentielle de clou de girofle est utilisé comme un moyen thérapeutique dans plusieurs domaines: médicale, alimentaire et parfumerie. Les étude montrent que l'huile essentielle du clou de girofle possède une forte activité Antibactérienne(*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* et *Listeria monocytogenes*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris* et *Pseudomonas aeruginosa*...) antifongique (dermatophytes, aspergillus et les espèces de candidas: *C.albicans*, *C.tropicalis*, *C.parapsilosis*) et antiviral(Herpes Simplex Virus HSV,Virus de l'immunodéficience humaine VIH).

Mots clés: *Syzygium aromaticum* L., huile essentielle,effet thérapeutique, activité antibactérienne, activité antifongique..

Summary

Our work focuses on the study of a medicinal plant *Syzygium aromaticum*. known under the name of clove, thus the study of several physicochemical properties of the extract of its essential oil.The extraction of essential oil from the flower buds of *Syzygium aromaticum* L. is carried out by the hydro distillation method.Clove essential oil is used as a therapeutic medium in several areas: medical, food and perfume.Studies show that the essential oil of cloves has a strong activityAntibacterial (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonellatyphimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris* and *Pseudomonas aeruginosa*) antifungal (dermatophytes, asperbicansasus, *C. tropicalis*, *C. parapsilosis*) and antiviral (Herpes Simplex Virus HSV, Human Immunodeficiency Virus HIV).

Keywords: *Syzygium aromaticum* L., essential oil, therapeutic effect, antibacterial activity, antifungal activity.

ملخص

يركز عملنا على دراسة نبات طبي *Syzygium aromaticum* المعروف باسم القرنفل، وبالتالي دراسة العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمستخلص الزيت العطري. يتم استخراج الزيت العطري من براعم زهرة *Syzygium aromaticum* L. بطريقة التقطير المائي. يستخدم زيت القرنفل الأساسي كوسيلة علاجية في عدة مجالات: الطبية والغذائية والعطور. تشير الدراسات إلى أن الزيت العطري للقرنفل له نشاط قوي مضاد للجراثيم (*Staphylococcus aureus*، *Escherichia coli*، *Salmonella typhimurium*، *Listeria monocytogenes*، *Bacillus subtilis*، *Klebsiella pneumoniae*، *Proteus vulgaris*، *Pseudomonas aeruginosa*) مضاد للفطريات (dermatophytogenes *Tropicalis*)، *C. parapsilosis*) ومضاد للفيروسات (Herpes Simplex Virus HSV، HIV Human Immunodeficiency Virus HIV).

الكلمات المفتاحية: *Syzygium aromaticum* L.، زيت عطري، تأثير علاجي، نشاط مضاد للبكتيريا، نشاط مضاد للفطريات.