AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

UNIVERSITE DE LORRAINE
2015

FACULTE DE PHARMACIE

THESE

Présentée et soutenue publiquement

Le 10 Juin 2015, sur un sujet dédié à :

LE GIROFLIER :
HISTORIQUE, DESCRIPTION ET UTILISATIONS DE LA PLANTE ET DE SON HUILE ESSENTIELLE.

pour obtenir

le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie

par
Sophie Barbelet
née 17/05/1989 à Nancy (54)

Membres du Jury

Président :	Mme LAURAIN-MATTAR Dominique	Professeur,Enseignant chercheur à la faculté de Pharmacie de Nancy
Juges :	Mme COUIC-MARINIER Françoise	Directrice de thèse, Docteur en Pharmacie
	Mme MARTRETTE Anne	Docteur en Pharmacie
	Mme PRATELLI Claire	Docteur en Pharmacie

UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ DE PHARMACIE
Année universitaire 2014-2015

DOYEN
Francine PAULUS
Vice-Doyen
Béatrice FAIVRE
Directeur des Etudes
Virginie PICHON
Conseil de la Pédagogie
Président, Brigitte LEININGER-MULLER
Collège d'Enseignement Pharmaceutique Hospitalier
Président, Béatrice DEMORE
Commission Prospective Facultaire
Président, Christophe GANTZER
Vice-Président, Jean-Louis MERLIN
Commission de la Recherche
Président, Raphaël DUVAL

Responsable de la filière Officine	Béatrice FAIVRE
Responsables de la filière Industrie	Isabelle LARTAUD, Jean-Bernard REGNOUF de VAINS
Responsable de la filière Hôpital	Béatrice DEMORE
Responsable Pharma Plus ENSIC	Jean-Bernard REGNOUF de VAINS
Responsable Pharma Plus ENSAIA	Raphaël DUVAL
Responsable de la Communication	Marie-Paule SAUDER
Responsable de la Cellule de Formation Continue et individuelle	Béatrice FAIVRE
Responsable de la Commission d'agrément des maîtres de stage	Béatrice FAIVRE
Responsables des échanges internationaux	Bertrand RIHN
Responsable ERASMUS	Mihayl VARBANOV

DOYENS HONORAIRES

Chantal FINANCE
Claude VIGNERON

PROFESSEURS EMERITES

Jeffrey ATKINSON
Max HENRY
Gérard SIEST
Claude VIGNERON

PROFESSEURS HONORAIRES

Roger BONALY
Pierre DIXNEUF
Marie-Madeleine GALTEAU
Thérèse GIRARD
Michel JACQUE
Pierre LABRUDE
Lucien LALLOZ
Pierre LECTARD
Vincent LOPPINET
Marcel MIRJOLET

MAITRES DE CONFERENCES HONORAIRES

Monique ALBERT
Mariette BEAUD
Gérald CATAU
Jean-Claude CHEVIN
Jocelyne COLLOMB
Bernard DANGIEN
Marie-Claude FUZELLIER
Françoise HINZELIN
Marie-Hélène LIVERTOUX
Bernard MIGNOT

Maurice PIERFITTE
Janine SCHWARTZBROD
Louis SCHWARTZBROD

Jean-Louis MONAL
Blandine MOREAU
Dominique NOTTER
Christine PERDICAKIS
Marie-France POCHON
Anne ROVEL
Maria WELLMAN-ROUSSEAU

ASSISTANTS HONORAIRES

Marie-Catherine BERTHE
Annie PAVIS

ENSEIGNANTS	*Section CNU**	*Discipline d'enseignement*

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

Danièle BENSOUSSAN-LEJZEROWICZ	*82*	*Thérapie cellulaire*
Chantal FINANCE	*82*	*Virologie, Immunologie*
Jean-Louis MERLIN	*82*	*Biologie cellulaire*
Alain NICOLAS	*80*	*Chimie analytique et Bromatologie*
Jean-Michel SIMON	*81*	*Economie de la santé, Législation pharmaceutique*

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Jean-Claude BLOCK	*87*	*Santé publique*
Christine CAPDEVILLE-ATKINSON	*86*	*Pharmacologie*
Raphaël DUVAL	*87*	*Microbiologie clinique*
Béatrice FAIVRE	*87*	*Biologie cellulaire, Hématologie*
Luc FERRARI	*86*	*Toxicologie*
Pascale FRIANT-MICHEL	*85*	*Mathématiques, Physique*
Christophe GANTZER	*87*	*Microbiologie*
Frédéric JORAND	*87*	*Eau, Santé, Environnement*
Isabelle LARTAUD	*86*	*Pharmacologie*
Dominique LAURAIN-MATTAR	*86*	*Pharmacognosie*
Brigitte LEININGER-MULLER	*87*	*Biochimie*
Pierre LEROY	*85*	*Chimie physique*
Philippe MAINCENT	*85*	*Pharmacie galénique*
Alain MARSURA	*32*	*Chimie organique*
Patrick MENU	*86*	*Physiologie*
Jean-Bernard REGNOUF de VAINS	*86*	*Chimie thérapeutique*
Bertrand RIHN	*87*	*Biochimie, Biologie moléculaire*

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

Béatrice DEMORE	*81*	*Pharmacie clinique*
Julien PERRIN	*82*	*Hématologie biologique*
Marie SOCHA	*81*	*Pharmacie clinique, thérapeutique et biotechnique*
Nathalie THILLY	*81*	*Santé publique*

MAITRES DE CONFÉRENCES

Sandrine BANAS	*87*	*Parasitologie*
Xavier BELLANGER	*87*	*Parasitologie, Mycologie médicale*
Emmanuelle BENOIT	*86*	*Communication et Santé*
Isabelle BERTRAND	*87*	*Microbiologie*
Michel BOISBRUN	*86*	*Chimie thérapeutique*
François BONNEAUX	*86*	*Chimie thérapeutique*
Ariane BOUDIER	*85*	*Chimie Physique*
Cédric BOURA	*86*	*Physiologie*
Igor CLAROT	*85*	*Chimie analytique*

Joël COULON	*87*	*Biochimie*
Sébastien DADE	*85*	*Bio-informatique*
Dominique DECOLIN	*85*	*Chimie analytique*
Roudayna DIAB	*85*	*Pharmacie galénique*
Natacha DREUMONT	*87*	*Biochimie générale, Biochimie clinique*
Joël DUCOURNEAU	*85*	*Biophysique, Acoustique*

ENSEIGNANTS (suite)	*Section CNU**	*Discipline d'enseignement*
Florence DUMARCAY	*86*	*Chimie thérapeutique*
François DUPUIS	*86*	*Pharmacologie*
Adil FAIZ	*85*	*Biophysique, Acoustique*
Anthony GANDIN	*87*	*Mycologie, Botanique*
Caroline GAUCHER	*85/86*	*Chimie physique, Pharmacologie*
Stéphane GIBAUD	*86*	*Pharmacie clinique*
Thierry HUMBERT	*86*	*Chimie organique*
Olivier JOUBERT	*86*	*Toxicologie, Sécurité sanitaire*
Francine KEDZIEREWICZ	*85*	*Pharmacie galénique*
Alexandrine LAMBERT	*85*	*Informatique, Biostatistiques*
Julie LEONHARD	*86*	*Droit en Santé*
Faten MERHI-SOUSSI	*87*	*Hématologie*
Christophe MERLIN	*87*	*Microbiologie environnementale*
Maxime MOURER	*86*	*Chimie organique*
Coumba NDIAYE	*86*	*Epidémiologie et Santé publique*
Francine PAULUS	*85*	*Informatique*
Caroline PERRIN-SARRADO	*86*	*Pharmacologie*
Virginie PICHON	*85*	*Biophysique*
Sophie PINEL	*85*	*Informatique en Santé (e-santé)*
Anne SAPIN-MINET	*85*	*Pharmacie galénique*
Marie-Paule SAUDER	*87*	*Mycologie, Botanique*
Rosella SPINA	*86*	*Pharmacognosie*
Gabriel TROCKLE	*86*	*Pharmacologie*
Mihayl VARBANOV	*87*	*Immuno-Virologie*
Marie-Noëlle VAULTIER	*87*	*Mycologie, Botanique*
Emilie VELOT	*86*	*Physiologie-Physiopathologie humaines*
Mohamed ZAIOU	*87*	*Biochimie et Biologie moléculaire*
Colette ZINUTTI	*85*	*Pharmacie galénique*

PROFESSEUR ASSOCIE

Anne MAHEUT-BOSSER	*86*	*Sémiologie*

PROFESSEUR AGREGE

Christophe COCHAUD	*11*	*Anglais*

**Disciplines du Conseil National des Universités :*

80 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

81 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

82 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

85 ; Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

86 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

87 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

32 : Personnel enseignant-chercheur de sciences en chimie organique, minérale, industrielle

11 : Professeur agrégé de lettres et sciences humaines en langues et littératures anglaises et anglo-saxonnes

SERMENT DES APOTHICAIRES

Je jure, en présence des maîtres de la Faculté, des conseillers de l'ordre des pharmaciens et de mes condisciples :

D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine ; en aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

« LA FACULTE N'ENTEND DONNER AUCUNE APPROBATION, NI IMPROBATION AUX OPINIONS EMISES DANS LES THESES, CES OPINIONS DOIVENT ETRE CONSIDEREES COMME PROPRES A LEUR AUTEUR ».

REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier **Madame Couic-Marinier**, Directrice de thèse, qui m'a guidée tout au long de la rédaction. C'est aussi grâce à son intervention en 6ème année à la faculté de pharmacie de Nancy que j'ai découvert l'aromathérapie et que mon choix s'est alors porté sur l'étude d'une huile essentielle.

Je voudrais aussi remercier **Madame Laurain-Mattar**, Présidente du Jury, qui a accepté de me suivre dans le choix de mon sujet, et qui a pris le temps d'étudier mon travail et de me conseiller.

Merci à **Anne Martrette** et **Claire Pratelli**, deux pharmaciens et amies, et qui me font le grand honneur d'être présentes à ma soutenance.

Cette thèse n'est pas seulement le fruit d'un travail de plusieurs années. Elle représente pour moi la dernière étape de mon cursus, et la fin de ma vie d'étudiante. Ce fut six années très riches, et je voudrais saluer et remercier toute la promotion 2012-2013 ! Merci également à l'ensemble des professeurs qui m'ont enseigné le métier de pharmacien.

Je voudrais dédier cette thèse…

A mes parents, merci de m'avoir coachée et remonté le moral quand je trouvais ça difficile,

A mon frère, c'est un peu grâce à toi si j'en suis là, tu m'as donné envie de faire des études,

A ma famille, qui sera ravie d'apprendre que les études de pharmacie ont une fin,

A Pipo, merci de m'avoir supportée !

A Marie-Claire et Francis, dont les photographies de voyage illustrent cette thèse, merci également d'avoir consacré autant de temps à la corriger, vous m'avez énormément aidée,

A Trolline, sans toi je n'aurais jamais su dans quelle salle je devais passer mes épreuves, et ni à quelle heure !

A Lucie, sans toi, je n'aurais pas su quoi réviser !

A Diane et à ses talents de rédactrice, merci de m'avoir lue, et relue, et relue de nouveau …

A mes amis Adrien, Morgane, Alexis, Alexandra et Claire, la « bande » !

A mes amies lointaines Sabrina et Margaux, loin des yeux mais pas loin du cœur !

A mes amis du GM, Lucie, Mylène, Quentin, Jeanne, Ruben, Brice, une année ça suffit pour se faire des amis pour la vie !

A mes amis rencontrés à la fac, Julien-Luc, Marcus, Nathalie, Edouard, Hervé,

A Barcelone, en souvenir de cette année passée là bas avec Alex, Jon, Ander, Gregor, Dani, Chloée, Manu et Ludo.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION **11**

1 Le Giroflier, d'hier à aujourd'hui **12**

1.1 Histoire de l'épice **12**

1.2 Le commerce du girofle dans le monde **17**

1.2.1 Production mondiale de girofle 17
1.2.2 Exportations mondiales de girofle 18
1.2.3 Importations mondiales de girofle 20

2 Etude de la plante **22**

2.1 Description botanique du Giroflier **22**

2.1.1 Classification 22
2.1.1.1 L'ordre des Myrtales 23
2.1.1.2 La famille des Myrtacées 23
2.1.1.3 Le genre syzygium 23

2.1.2 Description de l'arbre 23
2.1.2.1 Allure générale 24
2.1.2.2 Racines 24
2.1.2.3 Le tronc 25
2.1.2.4 Les feuilles 25
2.1.2.5 L'inflorescence 26

2.1.3 Les fruits 28

2.2 La culture du giroflier **28**

2.2.1 Ecologie 28
2.2.2 Techniques de culture 28
2.2.2.1 Transplantation des sauvageons 28
2.2.2.2 La multiplication par semis 29

2.2.3 La récolte 29
2.2.4 Le stockage 32
2.2.5 Entretien des plantations 32
2.2.6 Conclusion relative à la culture du giroflier 32

3 Les huiles essentielles du giroflier **33**

3.1 Généralités sur les huiles essentielles **33**

3.1.1 Différence entre essence et H.E. 33

3.1.2 Définir et identifier une H.E. 33
3.1.2.1 Dénomination botanique 34
3.1.2.2 Chémotype et origine géographique 35
3.1.2.3 Organe sécréteur 36
3.1.3 Obtenir une huile essentielle de qualité 37
3.1.3.1 Conditions de production de la plante 37
3.1.3.2 Principe de la distillation à la vapeur d'eau 37
3.1.3.3 Conditions pour une distillation de qualité 38
3.1.3.4 Conservation de l'huile essentielle 39
3.1.4 Contrôler en officine 40
3.1.4.1 Réglementation des H.E. 40
3.1.4.2 Les normes en vigueur 45
3.1.4.3 Les labels 47
3.1.4.4 Le bulletin d'analyse 53
3.1.4.5 Les huiles essentielles à éviter 56
3.1.5 Conclusion sur les généralités des huiles essentielles 57
3.2 Les différentes H.E. issues du giroflier 58
3.2.1 H.E. du clou 58
3.2.2 H.E. griffes 58
3.2.3 H.E. feuilles 59
3.2.4 H.E. tiges 59
3.2.5 Les composés des H.E. 59
3.2.5.1 La genèse des molécules aromatiques 59
3.2.5.2 Les terpènes 60
3.2.5.3 Les composés aromatiques 61
3.2.5.4 Autres composants 64
3.2.6 La toxicité des huiles essentielles de giroflier 64
3.2.6.1 Causes de la toxicité des huiles essentielles issues du giroflier : 64
3.2.6.2 Toxicité chronique : 65
3.2.6.3 Toxicité aigüe : 65
3.2.6.4 Récapitulatif des propriétés de l'huile essentielle de clous de girofle 66
3.2.7 Conclusion sur les H.E. issues du Giroflier 67
4 Les utilisations des produits du giroflier 68
4.1 Dans le domaine médical 68
4.1.1 Dentisterie 68
4.1.2 Aromathérapie 70
4.1.2.1 Mode d'utilisation 70
4.1.2.2 H.E. anti-infectieuse : 71
4.1.2.3 H.E. acaricide 76
4.1.2.4 H.E. utilisée comme stimulant général : 77
4.1.2.5 H.E. aide à l'accouchement 78
4.1.2.6 H.E. eupeptique et anti-spasmodique 79

4.1.3 Les clous de girofle antioxydants 81
4.1.3.1 Les clous de girofle et le diabète 81
4.1.3.2 Les clous de girofle et les lipides 82
4.1.3.3 Les clous de girofle et les cancers 82
4.1.4 Spécialités contenant du clous de girofle 83
4.2 Dans le domaine de l'alimentation 84
4.2.1 Conservation des aliments 84
4.2.2 Assaisonnement 85
4.2.3 Vanilline 86
4.3 Autres domaines utilisant le clou de girofle 87
4.3.1 Dans le domaine de la parfumerie 87
4.3.2 Les *Kreteks* 87
4.4 Conclusion sur les utilisations des produits issus du giroflier 87
FICHE PRATIQUE A L'OFFICINE 89
5 Conclusion 90
TABLE DES FIGURES 91
TABLE DES TABLEAUX 93
REFERENCES 94
GLOSSAIRE 107
ANNEXE A : Bulletin d'analyse d'une H.E. de clou de girofle 110
ANNEXE B : Principes généraux de la chromatographie en phase gazeuse 111
ANNEXE C : Activité antibactérienne des huiles essentielles 113
ANNEXE D : Activité antifongique de l'H.E. de clou de girofle et de l'eugénol 114

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

$ int	Dollar international
$/tonne ou $/T	Dollar par tonne
AB	Agriculture biologique
ADN	Acide désoxyribonucléique
AFNOR	Agence française de normalisation
ANSM	Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé
Baill.	Henri Ernest Baillon
BHT	hydroxytoluène butylé
C	Atome de carbone
$C_6H_{12}0_6$	Molécule de glucose
CAS	Chemical Abstracts Service
CCM	Chromatographie sur couche mince
CMI	Concentration minimale inhibitrice
CO_2	Molécule de Dioxyde de carbone
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
CSP	Code de la santé publique
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances
FAOstat	Division statistique de la Food and Agriculture Organization of the Unated Nations
FID	Détecteur à ionisation de flamme
H	Atome d'hydrogène
H.E.	Huile essentielle
H.V.	Huile végétale
H_20	Molécule d'eau
HEBBD	Huile essentielle botaniquement et biochimique définie
HECT	Huile essentielle chémotypée

I.P.P	Isopenténypyrophosphate
IFRA	International Fragance Association
INRS-IAF	Institut National de la Recherche Scientifique –Institut Armand Frappier
ISO	International Organization for Standardization = Organisme international de normalisation
L.	Linné
L.M. Perry	Lily May Perry
$mEqO_2/kg$	Milliéquivalent de dioxygène par kilogramme
Merr.	Elmer Brew Merrill
Nied.	Franx Joseph Niedenzu
O_2	Molécule de dioxygène
OGM	Organisme génétiquement modifié
pH	Potentiel hydrogène
qsp	Quantité suffisante pour
REACH	Registration Evaluation Autorisation Chemicals
Réf.	Référence
RESALA	Recherche en Sciences Appliquées à L'Alimentation
SM	Spectrométrie de masse
Spreng	Kurt Sprengel
Syn.	synonyme
Thunb	Carl Peter Thunberg
TNF	Tumor Necrosis Factor (pour facteur de nécrose tumorale)
UE	Union européenne
VHC	Virus de l'hépatite C
VIH	Virus de l'immunodéficience humaine

INTRODUCTION

Le giroflier est une plante connue de tous, du moins son bouton floral, le clou de girofle. Mais peu de personnes connaissent ses véritables propriétés.

Il évoque souvent les cabinets dentaires, ou encore cette astuce de grand-mère, les oranges piquées de clous, pour assainir l'air en hiver.

Le giroflier ayant été peu abordé dans les thèses de Pharmacie, il a donc d'abord fallu commencer par répondre à cette question : « d'où est originaire le giroflier ? ».

Les recherches sur l'histoire de cette plante montrent que les clous de girofle avaient autrefois beaucoup plus de valeur, dès leur essor durant les Grandes découvertes qui ont engendré le commerce des épices vers l'Europe. Cette épice a su motiver plusieurs nations à partir à sa conquête et cela pendant plusieurs siècles.

Le commerce du giroflier a beaucoup évolué au fil du temps et ses utilisations aussi, elles peuvent d'ailleurs varier selon les pays.

Ce travail a pour but de retracer l'histoire de cette plante jusqu'à aujourd'hui et à l'enjeu économique qu'elle représente, et de mettre en relation ses utilisations d'antan et celles actuelles avec ses véritables propriétés.

1 Le Giroflier, d'hier à aujourd'hui

1.1 Histoire de l'épice

Le mot épice tire son origine du latin *species* qui signifie « espèce », « substance » « drogue ». Il désigne de nombreuses plantes comme le poivre, la cannelle, la vanille, le safran, ou bien le giroflier, possédant toutes des arômes puissants qui stimulent nos perceptions olfactives et gustatives.

Autrefois, une épice était toujours synonyme de denrée rare, de denrée de luxe. Elles étaient vendues au poids de l'or ! Les épices faisaient l'objet de cadeau à la nouvelle année, aux mariages, aux baptêmes, sous forme de confitures ou de dragées. C'est de là que nous vient cette tradition des dragées aux cérémonies.

Au XVème siècle, les épices étaient les présents faits aux juges lors d'un procès. Au début, ce n'était qu'un geste de gratitude, mais il se transforma en coutume, puis en nécessité. On lisait sur les anciens registres du parlement « non deliberetur donec solvantur species » il ne sera pas délibéré avant que les épices aient été payées.

Puis les épices furent remplacées par les espèces. Peut être que l'expression « payer en espèces » tire son origine de cette tradition de « payer en épices ». Mais le 24 août 1790 la loi stipula que les juges seraient salariés de l'Etat et administreraient gratuitement la justice, pour éviter tout risque de corruption.

Nous nous intéresserons plus particulièrement au clou de girofle. Il était très bien connu des Chinois, et cela bien avant l'ère chrétienne. A cette époque, il fallait se rafraîchir l'haleine en mâchant quelques clous « hi-sho-hiang » avant de pouvoir parler à l'Empereur [1]. Mais le giroflier n'était pas indigène à la Chine pour autant [2].

Il apparut en Europe vers le IVème siècle, lorsque l'empereur Constantin, alors nouveau chrétien, offrit au pape Sylvestre des richesses d'or, d'argent, d'encens et d'épices parmi lesquelles plus de 50kg de clous de girofle [3][1].

Il a également été rapporté qu'une petit boite d'or contenant deux clous de girofle a été retrouvée dans une sépulture alsacienne datant du VIème siècle. Ce qui donne une idée de la valeur accordée à cette plante [4].

Il était d'usage de penser que les clous de girofle provenaient de Java, jusqu'à ce que les portugais découvrent l'arbre producteur dans son pays d'origine : les îles Moluques (figure 1). En effet, autrefois, les Arabes fournissaient l'Europe en épices, par l'intermédiaire de grands ports comme Venise. Au cours du XIIème siècle, les clous de girofle étaient d'usage à Rome et en France, mais toujours considérés comme un produit de luxe [2].

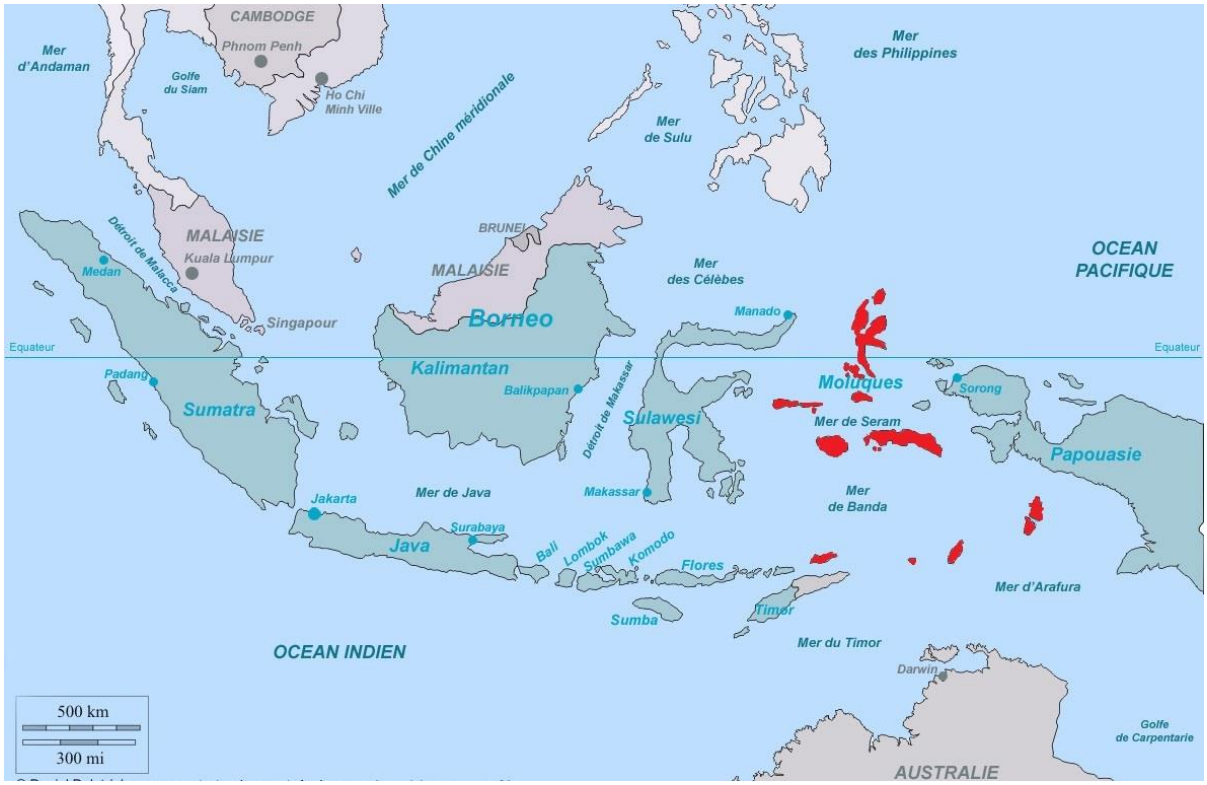
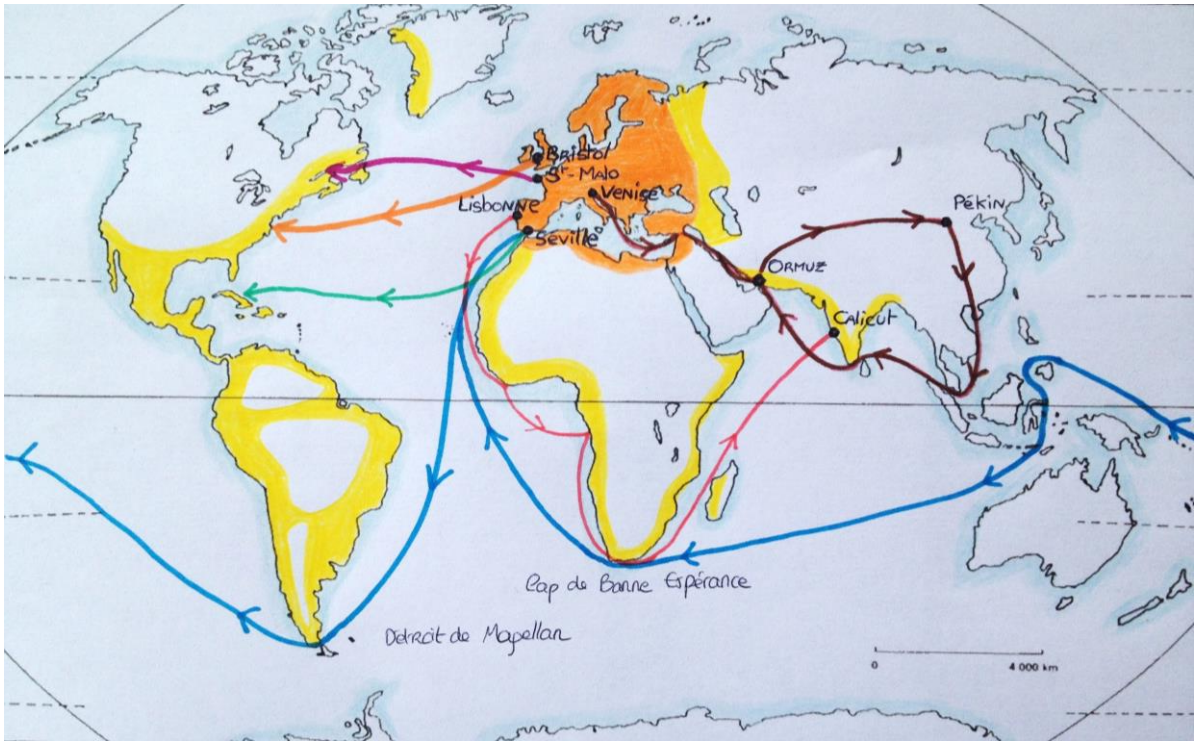


Figure 1 : Situation géographique des îles Moluques dans l'archipel indonésien.

C'est à partir du XIIIème siècle que commença une véritable course aux épices (figure 2). En effet, Marco Polo éleva Venise au rang du plus important port commercial. Les prix étaient tellement élevés que les autres pays européens ont contourné Venise et trouvé de nouveaux itinéraires pour ramener les épices [5].

L'Espagne, participant à son tour aux Grandes Découvertes, missionna Christophe Colomb, qui s'égara (mais qui ne revint pas les mains vides !).

Au Portugal, Vasco de Gama passa par le cap de Bonne Espérance et réussit à atteindre l'océan Indien. Tout au long du XVIème siècle, les Portugais détinrent le monopole du clou de girofle [4][5]. Celui-ci passa aux mains des hollandais en 1605.



Terres connues des européens au Moyen-Age

Terres connues des européens à la fin du XVIème siècle

Voyage vénitien :

Marco Polo (1271-1295)

Voyage anglais :

Jean Cabot (1497)

Voyage portugais :

Vasco de Gama (1498)

Voyage français :

Jacques Cartier (1534)

Voyages espagnols :

Christophe Colomb (1492)

Magellan (1519-1521)

Figure 2 : Carte des principales voies de navigation durant les Grandes Découvertes du XVème et XVIème siècle.

A cette époque, les Hollandais fournissaient main d'œuvre et bateaux aux grandes expéditions européennes. Ils ont su profiter de leur position dominante dans les transports maritimes pour prendre le contrôle des îles Moluques. Bientôt, ils contrôlèrent aussi le commerce du poivre et de la cannelle [5][6].

Suite à une chute des prix, les Hollandais brûlèrent les girofliers en vue de concentrer les plantations dans un petit groupe d'îles et notamment à Amboine [1], pour empêcher leurs rivaux d'acheter les graines et de cultiver leurs propres arbres.

Il était alors interdit d'en exporter les graines ou les plantules sous peine de mort. Les indigènes se révoltèrent dans une bataille sanglante car, dans les îles Moluques, un giroflier était planté à chaque naissance. Les indigènes pensaient que le destin de l'arbre était lié au destin de l'enfant [3].

Finalement, afin de mieux contrôler le monopole, les Hollandais décidèrent que les îles devaient restées inhabitées, et 60 000 personnes furent massacrées [6].

Malgré tous ces efforts pour garder l'exclusivité du commerce du clou de girofle, un compatriote, Pierre Poivre (figure 3), intendant des îles de France et de Bourbon (Maurice et Réunion), réussit au terme de plusieurs années à faire sortir clandestinement le giroflier des îles Moluques en 1769. Parmi les cinq girofliers introduits à Bourbon, quatre périrent, et le survivant devint l'ancêtre de tous les girofliers présents aujourd'hui sur l'île [1]. C'est par ce chemin que le giroflier fut introduit dans d'autres régions chaudes comme Cayenne, Saint Domingue et à la Martinique. Par la suite, Zanzibar deviendra l'un des plus importants centres de production (fin XVIIIème), puis viendra le tour de Madagascar et de l'Indonésie [2][4][6].

Figure 3: Portrait de Pierre Poivre, Lithographie de E.Conguy, XIXème siècle

Fin XVIIème les anglais s'emparèrent de l'Inde et de Ceylan (ancien Sri-Lanka). Les Etats-Unis se lancèrent eux aussi dans la course aux territoires, un peu plus tard mais ont fait de Salem un grand centre de commerce du poivre (7).

Si les épices étaient très onéreuses, les cultivateurs locaux étaient exploités. Mais ces prix élevés étaient perçus comme un dédommagement en contre partie des capitaux engagés, des vies sacrifiées, des longs et périlleux voyages en mer, et de l'insécurité des pays d'outre-mer.

De nos jours, les clous de girofle sont disponibles dans toutes les grandes surfaces, à des prix accessibles (environ 100€/kg), après avoir bouleversé des civilisations entières et coûté la vie à de nombreux hommes.

1.2 Le commerce du girofle dans le monde

1.2.1 Production mondiale de girofle

Historiquement, l'Indonésie, en particulier les îles Moluques, est le berceau de la culture du giroflier. Par la suite, Zanzibar est devenu un pôle important dans la production du clou, jusqu'à être le premier pays producteur. Vers 1960, l'Indonésie a cependant repris sa place de leader, et Madagascar a rejoint la course en 1970 en précédant de peu Zanzibar [7][8].

De nos jours, le premier pays producteur de girofle en tonnes (toutes parties de la plante confondue) est l'Indonésie, suivie de Madagascar, de la République-Unie de Tanzanie (notamment les îles productrices Pemba et Zanzibar), du Sri Lanka et des îles Comores qui arrivent loin derrière en termes de quantité produite (figure 4 et tableau I).

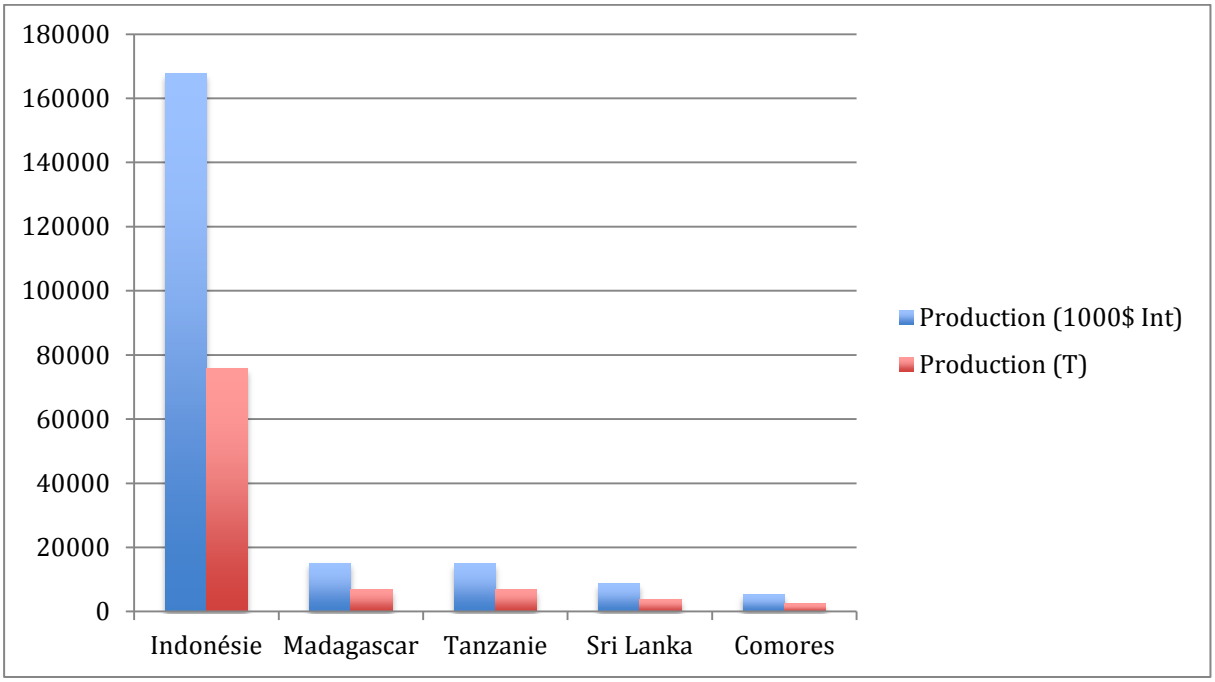


Figure 4 : Production de girofles en 2012 (toutes parties de la plante confondues) par pays en Tonne et en Dollar international (Faostat.fao.org).

Tableau I: Classement des principaux pays producteurs en 2012 de girofles (toutes parties de la plante confondues)(faostat.fao.org).

Position	Région	Production (1000$ int)	Production (T)
1	**Indonésie**	161810	73000
2	**Madagascar**	52089	23500 Im
3	**République-Unie de Tanzanie**	15183	6850 Im
4	Sri Lanka	9420	4250
5	Comores	4876	2200 Im

Notons que les données du tableau I suivies du symbole 'Im' sont décrites à titre indicatif car elles ont été calculées par imputation par rapports aux données recueillies en 1990. En effet l'organisme Faostat (division statistique de la Food and Agriculture Organization of the Unated Nations) utilise cette méthode lorsque les données sont non déclarées.

1.2.2 Exportations mondiales de girofle

Le premier pays exportateur de girofle dans le monde est Madagascar. Bien que l'Indonésie soit le plus gros pays producteur, elle est aussi un gros consommateur de girofle, notamment pour la fabrication de ses cigarettes indonésiennes : les *kreteks*. En augmentant sa production au fil du temps, l'Indonésie a pu mener à bien sa politique d'autosuffisance (9).

La République-Unie de Tanzanie a une production quantitativement faible, mais son prix unitaire est un des plus hauts du marché mondial (figure 5 et tableau II). Cependant, aucune distinction n'est faite entre les différentes parties de la plante (clous, griffes, huile essentielle).

Singapour est le 2ème pays exportateur, mais il ne produit pas de girofle. Il s'agit d'une plate-forme commerciale qui importe et exporte vers l'Inde, la Chine et le Moyen-Orient [10].

Le Brésil se place en 5ème position. C'est un pays qui exporte, mais les chiffres sur la production et l'importation restent flous [11].

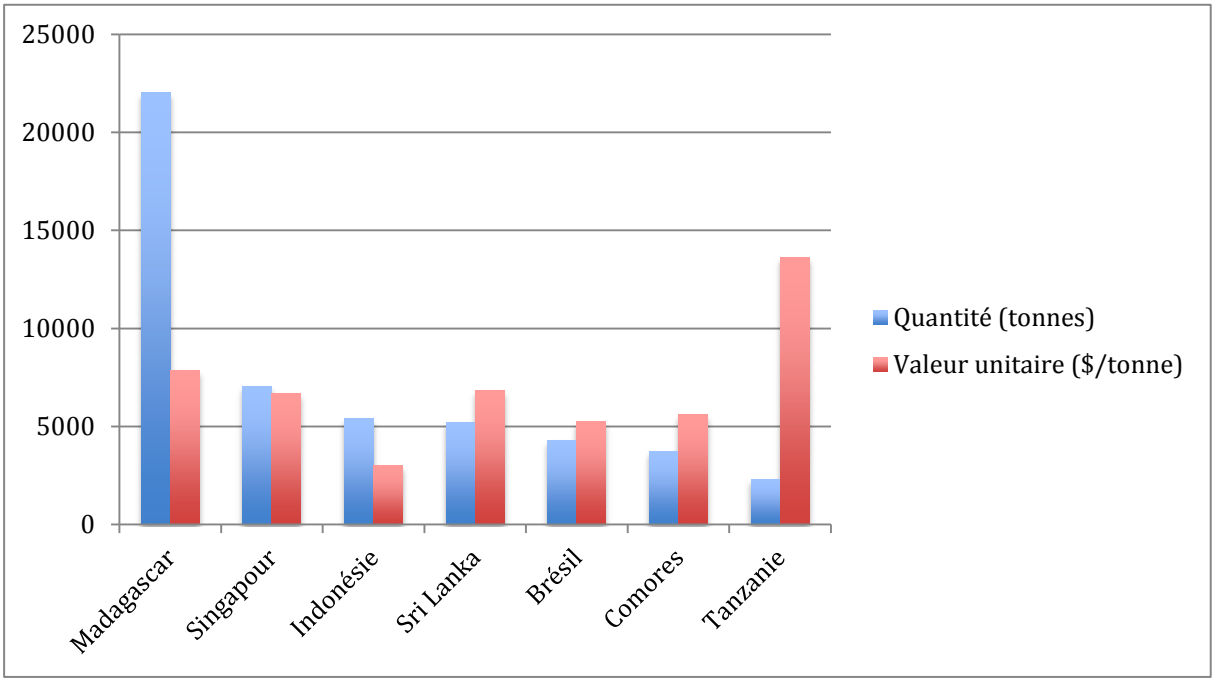


Figure 5 : Exportation de girofles en 2011 (toutes parties de la plante confondues) par pays en tonne et en dollar par tonne (faostat.fao.org).

Tableau II: Classement des principaux pays exportateurs en 2011 de girofles (toutes parties de la plante confondues) (faostat.fao.org)

Position	Région	Quantité (tonnes)	Valeur (1000$)	Valeur unitaire ($/tonne)
1	**Madagascar**	**22014**	**172638**	7842
2	Singapour	7023	46780	6661
3	Indonésie	5397	16304	3021
4	Sri Lanka	5195	35400	6814
5	Brésil	4274	22351	5230
6	Comores	3709	20846	5620
7	**République-Unie de Tanzanie**	2306	31416	**13624**
8	Inde	1870	19312	10327
9	Malaisie	768	2197	2861
10	Pays-Bas	759	7537	9930
11	Kenya	400	730	1825
12	Allemagne	280	2890	10321
13	Etats-Unis d'Amérique	246	1062	4317
14	Emirats arabes unis	213	1047	4915
15	Arabie saoudite	101	424	4198
16	Chine	83	464	5590
17	France	78	949	12167
18	Egypte	60	121	2017
19	Autriche	55	700	12727
20	Belgique	53	711	13415

1.2.3 Importations mondiales de girofle

Comme expliqué dans le paragraphe 1.2.2, Singapour est une plaque tournante dans le commerce asiatique. De ce fait il semble logique qu'il arrive en tête des importations, afin de pouvoir exporter la marchandise par la suite. Singapour est approvisionné en grande partie par Madagascar. Le Sri Lanka quant à lui exporte en Inde car ces deux pays possèdent des accords douaniers préférentiels [12] (figure 6 et tableau III).

Les importations de l'Indonésie dépendent des années. En effet, la production des clous de girofle ne demeurant pas constante (cycle de 5 ans en moyenne), certaines années, l'Indonésie doit s'approvisionner ailleurs pour subvenir à ses besoins, et passe le plus souvent par Singapour.

En Europe, les Pays-Bas sont les premiers importateurs, suivis de l'Allemagne et du Royaume-Uni. Les deux premiers se chargent ensuite de redistribuer environ la moitié de leurs imports au reste de l'Europe [10][7].

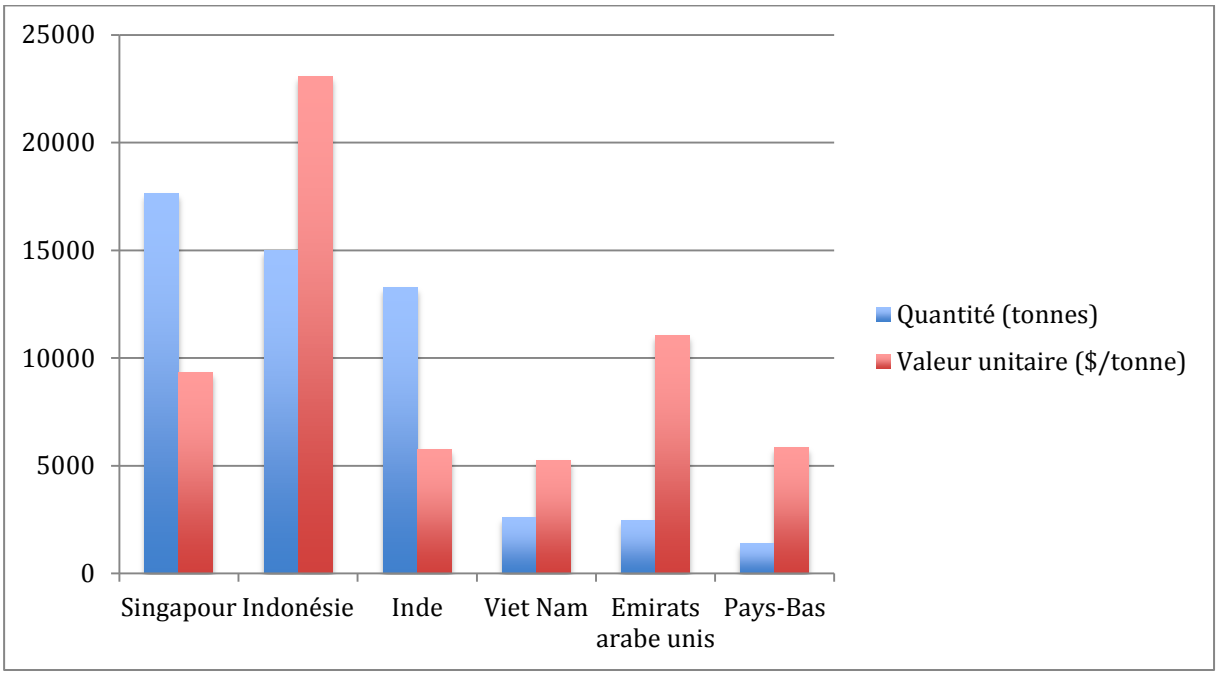


Figure 6 : Importation de girofles en 2011 (toutes parties de la plante confondues) par pays en tonne et en dollar par tonne (faostat.fao.org).

Tableau III: Classement des principaux pays importateurs en 2011 de girofles (toutes parties de la plante confondues)(faostat.fao.org)

Position	Région	Quantité (T)	Valeur (1000$)	Valeur unitaire ($/T)
1	**Singapour**	17634	164519	9330
2	**Indonésie**	14979	345151	23042
3	Inde	13244	75861	5728
4	Viet Nam	2595	13535	5216
5	Emirats arabes unis	2449	27036	11040
6	**Pays-Bas**	1377	8633	5845
7	Etats-Unis d'Amérique	1259	10075	8002
8	Arabie saoudite	1243	1687	1357
9	Pakistan	1211	2653	2191
10	Malaisie	927	10682	11523
11	Egypte	734	1004	1368
12	Allemagne	726	5922	8157
13	Bengladesh	486	3664	7539
14	Mexique	483	2076	4298
15	Japon	449	3801	8465
16	Afrique du Sud	381	2713	7121
17	Nigéria	335	2175	6493
18	Royaume-Unis	332	3040	9157
19	Chine	324	764	2358
20	Fédération de Russie	315	1638	5200

L'Indonésie est toujours le principal producteur de clous de girofle, mais une grande partie des clous qui arrivent en Europe de nos jours sont cultivés à Madagascar.

Aujourd'hui les épices se sont démocratisées, et la mondialisation des échanges a créé un marché international dont les principaux centres sont Londres, Hambourg, Rotterdam, Singapour et New York.

2 Etude de la plante

2.1 Description botanique du giroflier

2.1.1 Classification

Tableau IV: Classification botanique du *Syzygium aromaticum*

CLASSIFICATION		Particularité de la plante
CLASSE	Angiosperme	Plantes à ovaires
SOUS- CLASSE	Tiporées	Pollen à 3 apertures
CLADE	Rosidées	Souvent dialypétales
ORDRE	Myrtales	Feuilles opposées Ovaire infère
FAMILLE	*Myrtaceae*	Poches sécrétrices « schizogènes »
SOUS FAMILLE	*Myrtoideae*	Le fruit est une baie
GENRE	*Syzygium*	Cotylédons libres
ESPECE	*Syzygium aromaticum*	

Comme beaucoup d'espèces, le giroflier a porté plusieurs noms scientifiques avant d'être nommé *Syzygium aromaticum* [13][14][15] :

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

Actuellement, les noms *Sygygium aromaticum* et *Eugenia caryophyllus* sont tous les deux employés.

2.1.1.1 L'ordre des Myrtales

Cet ordre numériquement important sur terre, regroupe la famille des Myrtacées avec celles des Punicacées (exemple : le grenadier), des Oenotheracées (exemple : l'onagre) et d'autres encore.

Les Myrtales représentent la transition entre les Eurosidées I (Fabidées) et les Eurosidées II (Malvidées)[15].

2.1.1.2 La famille des Myrtacées

La famille des Myrtacées regroupe plus de 3000 espèces sur l' « ancien » et le « nouveau » continent, pour la grande majorité tropicales, et toutes aromatiques. En effet, une des caractéristiques des Myrtacées est la présence de poches glandulaires à essence. Cette famille englobe le genre très répandu de l'eucalyptus, mais aussi le niaouli, le tea tree, le piment de la Jamaïque, le myrte et bien sûr le giroflier.

Ces plantes sont chargées de monoterpènes, 1,8-cinéole, caryophyllène, eugénol et tanins, ce qui explique leur intérêt pour le pharmacien en aromathérapie, et leur action ciblée sur les organes respiratoires [3][15].

2.1.1.3 Le genre syzygium

Le genre *syzygium* est caractérisé par le développement initial de deux cotylédons non soudés. Les cotylédons sont les feuilles embryonnaires de la plante, contenant des substances nutritives pour permettre son développement. Une autre spécificité propre à ce genre est l'inflorescence en cyme terminale [14].

2.1.2 Description de l'arbre

C'est à Antonio Pigafetta, un membre de l'expédition de Magellan, à qui serait due la première description de l'arbre producteur, observé en 1521, aux îles Moluques [4].

2.1.2.1 Allure générale

Il s'agit d'un ligneux de 6 à 12 m de haut, qui peut vivre jusqu'à 150 ans. C'est un arbre sempervirent, de forme pyramidale ou conique, qui possède un tronc principal de forme oblique. De nos jours, il ressemble souvent à un arbuste car il est régulièrement taillé pour faciliter la cueillette.

Figure 7 : Allure d'un giroflier de Madagascar (photographie personnelle)

2.1.2.2 Racines

Bien que le pivot puisse atteindre 2 à 3 mètres de profondeur, la majorité des racines est peu développée et reste superficielle (à 60 cm du sol). Le faible ancrage dans le sol explique la faible résistance de cet arbre aux cyclones de Madagascar. Bien qu'il soit cultivé sur place (Madagascar est un des plus gros producteur mondial), il est originaire des îles Moluques, zone géographique ne présentant pas de risque cyclonique.

Les racines superficielles forment un chevelu utilisant facilement les matières minérales du sol [16].

2.1.2.3 Le tronc

D'allure oblique, il est en fait divisé en deux parties à la base (figure 8), ce qui lui donne sa forme caractéristique de pyramide. Il est recouvert, ainsi que tous les rameaux, d'une écorce lisse et de couleur gris clair. Le bois des branches est dur mais fragile. Une fois les branches sectionnées ou cassées, elles bifurquent, ce qui donne un aspect buissonnant à l'arbre. Chaque rameau porte à son extrémité un bouquet de 4 à 10 feuilles avec un bourgeon terminal [16].

Figure 8: Division du tronc à la base (photographie personnelle)

2.1.2.4 Les feuilles

Les feuilles sont persistantes et coriaces. Elles sont positionnées de manière opposée sur le rameau, et leur limbe, simple, fait environ 10 cm de long pour 3cm de large, ce qui leur confère une forme ovale voire lancéolée. Le pétiole portant le limbe mesure entre 0,5 et 1cm de long. Les nervures sont nombreuses mais ne se voient pas beaucoup et la marge de la feuille est lisse.

A l'état adulte, les feuilles sont vert foncé luisant, mais lorsqu'elles se développent elles sont de couleur rose et comme saupoudrées d'or (figure 9). De fines ponctuations peuvent être distinguées sur les feuilles, correspondant à des glandes schizogènes, dans lesquelles se concentre l'essence.

Figure 9: Feuilles jeunes de couleur rose et feuilles matures de couleur verte (photographie personnelle)

2.1.2.5 L'inflorescence

Les fleurs sont disposées en cyme, de 3 à 20 fleurs blanches, hautement aromatiques. La corolle est composée de 4 pétales caducs cohérents, qui alternent avec les sépales. Les pétales tombent à l'ouverture de la fleur. Les sépales forment un calice gamosépale à quatre divisions triangulaires, d'abord vert puis rougeâtre, que l'on qualifie d'hypanthe.

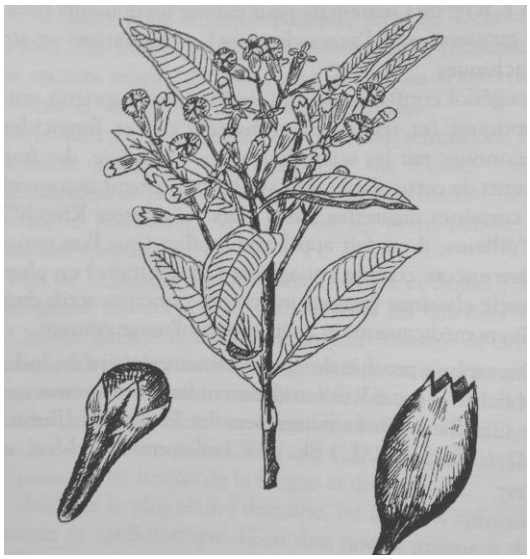


Figure 10 : *Syzygium aromaticum*. Pousse florifère et, en dessous, bouton floral. A droite : fruit surmonté des restes du calice [17].

Le réceptacle floral est presque cylindrique, voire un peu angulaire. Il porte un ovaire infère, biloculaire, chaque loge contenant une vingtaine d'ovules. Au dessus, le style est bref et se termine en stigmate bilobé. En ce qui concerne l'androcée, les étamines sont nombreuses et regroupées en 4 faisceaux.

Ce qui est communément appelé « clou de girofle » correspond à la fleur à l'état de bouton non épanoui, comprenant le calice et la corolle.

Figure 11: Branche de giroflier portant les clous en inflorescence terminale (photographie personnelle)

Quant aux « griffes de girofles », moins estimées, ce sont en fait les pédicelles floraux. Ils sont nommés « griffes » car ces pédicelles se terminent par une série de petites bractées en forme de griffe.

Figure 12: Boutons floraux et fleurs de giroflier (photographie personnelle)

2.1.2.6 Les fruits

Les fruits sont nommés « anthofles » dans le commerce. Ce sont des petites baies elliptiques : environ 2,5cm de long pour 1cm de large (figure 10). Ils sont de couleur pourpre, généralement uniloculaire, et ont une ou parfois deux graines à enveloppe rouge [18][19][20].

2.2 La culture du giroflier

2.2.1 Ecologie

Le giroflier, comme beaucoup d'autres plantes de la famille des Myrtacées, est habitué aux climats tropicaux.

Cet arbre nécessite beaucoup d'ensoleillement, car sans soleil il ne donnera pas de clou. Cependant, à l'état de jeunes plants, il faut légèrement les ombrager durant les premiers mois.

Il a également besoin d'humidité, de chaleur, et d'une altitude basse, ne dépassant pas 300 mètres. Les climats marins semblent favoriser son développement.

Bien qu'il ait besoin d'une humidité atmosphérique de 80%, l'eau stagnante est nuisible aux racines. Il se plait sur les terrains qui s'écoulent bien, et sur les pentes basses des collines. En revanche, les sols très argileux et sableux ne lui conviennent pas.

Dans l'idéal, le giroflier a besoin d'un sol volcanique (ou sédimentaire), au bord de mer (surtout pour l'altitude), avec une forte pluviométrie bien répartie sur l'année, et un ensoleillement plus marqué à l'apparition des inflorescences [2][7][16][19][21].

2.2.2 Techniques de culture

2.2.2.1 Transplantation des sauvageons

Il s'agit de la méthode ancestrale pour cultiver le giroflier. Cette technique consiste à transplanter les jeunes sauvageons trouvés sous les arbres producteurs des plantations, afin qu'ils aient plus d'espace pour grandir. C'est une opération rapide qui permettrait de développer des arbres plus fructifères que les arbres cultivés en pépinière (non démontré).

Cependant cette méthode entraine un fort taux de mortalité des sauvageons, et une croissance lente [7]. La technique de culture la plus utilisée à ce jour est celle des semis.

2.2.2.2 La multiplication par semis

La difficulté de cette technique réside dans la courte faculté germinative que possèdent les graines. En effet, les anthofles doivent être semés très frais, c'est à dire dans les deux semaines après la récolte. Seuls les anthofles de couleur rouge violacé pour la mise en terre dans des conditions optimales de température et d'humidité.

Deux à trois semaines plus tard, la germination commence. Lorsque les jeunes plantes atteignent 1m de hauteur, elles sont transplantées, c'est à dire environ après 10 à 14 mois de pépinière [2][16].

L'ombrage est indispensable dans les premiers temps, puis une fois la plantation à demeure effectuée, l'exposition en plein soleil sera bienfaisante [2].

2.2.3 La récolte

Le moment le plus favorable à la récolte est déterminé par la couleur rosé du clou de girofle (figure 13). 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.

Figure 13 : Clous rose récoltés avant l'épanouissement de la fleur (©Cirad, Danthu P.)

Le giroflier donne des clous à partir de la 5ème année. Autour de la 8ème 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.

Cependant, la production de l'arbre n'est pas régulière d'années en années. Il existe un caractère cyclique dans les récoltes : tous les 5 ans il y a un pic de production, à part dans les plantations où les arbres ont été plantés à quelques années d'intervalle.

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 (tableau V).

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 V: Calendrier de récolte des clous de girofle en fonction du pays producteur (7). Les zones vertes correspondent aux périodes de récolte.

	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.

Trois étapes succèdent à la récolte:

1. L'égriffage (figure 14):

Le soir même, les clous (à gauche sur la photographie) sont séparés des griffes (à droite sur la photographie figure 14).

Figure 14: Egriffage des clous après la récolte (photographie personnelle).

2. Le séchage (figure 15):

Les griffes et les clous sont séchés séparément au soleil sur des nattes végétales pendant 2 ou 3 jours afin de les conserver dans de meilleures conditions. Cela permet de favoriser l'inhibition de toute activité enzymatique après la récolte, et d'éviter la dégradation de certains constituants ainsi que la prolifération microbienne [22].

Figure 15 : Séchage des clous sur des nattes à Madagascar (photographie personnelle)

3. Le vannage :

Cette étape permet d'éliminer les dernières impuretés à l'aide d'un van (sorte de panier percé de petits trous).

Les feuilles peuvent, quant à elles, être cueillies toute l'année. Mais si un arbre est destiné à produire des clous, les feuilles ne seront pas récoltées sur celui-ci. Il existe des arbres à clous, et des arbres à feuilles.

2.2.4 Le stockage

Les clous et les griffes doivent être séchés avant d'être stockés. Ce stockage permet la vente de la récolte tout au long de l'année. En ce qui concerne les feuilles, une fois récoltées elles sont immédiatement distillées.

2.2.5 Entretien des plantations

Dans les plantations de girofliers, le défrichage se fait aux pieds des arbres pour faciliter l'accès pendant la récolte, et la matière végétale est laissée intacte pour constituer une couverture du sol.

Les girofliers sont taillés : l'arbre est étêté pour limiter sa hauteur, ce qui facilite la cueillette et permet de le rendre moins vulnérable en cas de cyclone. Les arbres destinés à la production d'essence de feuilles sont également taillés au niveau des branches périphériques. Il ne faut pas y procéder trop souvent (max 4 fois par an) car un arbre surexploité peut s'affaiblir [7].

2.2.6 Conclusion relative à la culture du giroflier

Bien qu'originaire des îles Moluques, le giroflier a su trouver sa place dans d'autres régions comme Madagascar et Zanzibar où le climat reste similaire à celui d'origine.

Les techniques de culture restent artisanales et demandent beaucoup de main d'œuvre. En effet, tant pour la récolte que pour le tri des clous, griffes, feuilles ou fruits, il s'agit d'un travail minutieux qui se fait à la main. Cela permet d'obtenir des produits de qualité, sans pesticides ni autres produits chimiques, idéaux pour la fabrication des huiles essentielles. Le giroflier est un arbre qui continue, de par sa production, à faire vivre une large partie des populations des régions de production.

3 Les huiles essentielles du giroflier

3.1 Généralités sur les huiles essentielles

Définition d'une huile essentielle selon la norme ISO 9235 :

« Produit obtenu à partir d'une matière première naturelle d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe de fruits de citrus (agrumes), soit par distillation sèche, après séparation de l'éventuelle phase aqueuse par des procédés physiques » [23].

Définition d'une huile essentielle selon la Pharmacopée européenne :

« Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition »

Cette définition est celle retenue dans les recommandations de l'ANSM relatives aux critères de qualité des huiles essentielles [22].

3.1.1 Différence entre essence et H.E.

Dans un premier temps, il est indispensable de préciser la distinction entre l'essence d'une plante, et son huile essentielle. L'essence du giroflier est une sécrétion naturelle que l'on retrouve dans ses poches schizogènes. L'huile essentielle du giroflier est obtenue par distillation à la vapeur d'eau. Bien que le but soit d'obtenir une huile très proche de l'essence de la plante, il existe toujours des phénomènes d'oxydo-réduction dus à la distillation, et certaines molécules trop lourdes ne peuvent être entrainées par la vapeur d'eau, ce qui modifie la composition de l'huile essentielle par rapport à celle de l'essence [21].

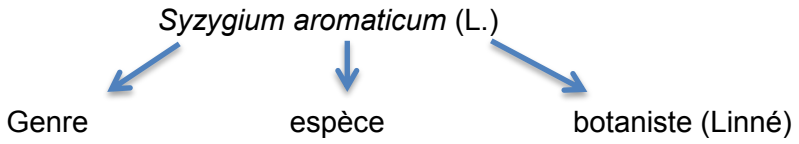
3.1.2 Définir et identifier une H.E.

Afin de garantir l'authenticité et la qualité de l'huile essentielle, il est primordial s'assurer de l'exactitude de certains critères.

En effet, le consommateur et surtout le pharmacien, ne doivent pas se laisser abuser par des productions d'huiles essentielles falsifiées. Pour éviter ce genre de problème, plusieurs moyens de contrôle sont à disposition [22][24].

3.1.2.1 Dénomination botanique

Afin d'éviter tout risque de confusion, il est recommandé d'utiliser le nom international de la plante. Celui-ci, en latin, se compose du nom de genre (avec une majuscule et en italique) , et du nom l'espèce (en minuscule et en italique également), suivi de l'abréviation du botaniste qui a décrit la plante pour la première fois (exemple (L.) pour Linné). Dans certains cas, ces informations peuvent être complétées par la sous-espèce ou la variété quand cela est nécessaire.



Les normes ISO 4720 établissent la liste de tous les noms latins internationaux des plantes à H.E., ainsi que leurs noms communs en français et anglais [22]. Selon ces normes, l'H.E. de Giroflier peut être répertoriée sous les noms *Syzygium aromaticum* ou *Eugenia caryophyllus* (tableau VI).

Tableau VI Extrait de la norme ISO 4720 se référant au giroflier

Référence ISO	Titre anglais	Titre français	Norme AFNOR
ISO 3141 : 1997	Oil of clove leaves *Syzygium aromaticum* (L .), Merr. et Perry, syn. *Eugenia caryophyllus* (Sprengel) Bullock et S.Harrison	Huile essentielle de feuilles de giroflier *Syzygium aromaticum* (L .), Merr. et Perry, syn. *Eugenia caryophyllus* (Sprengel) Bullock et S.Harrison	NF ISO 3141 : 1997
ISO 3142 : 1997	Oil of clove buds *Syzygium aromaticum* (L .), Merr. et Perry, syn. *Eugenia caryophyllus* (Sprengel) Bullock et S.Harrison	Huile essentielle de clous de giroflier *Syzygium aromaticum* (L .), Merr. et Perry, syn. *Eugenia caryophyllus* (Sprengel) Bullock et S.Harrison	NF ISO 3142 : 1997
ISO 3143 : 1997	Oil of clove stems *Syzygium aromaticum* (L .), Merr. et Perry, syn. *Eugenia caryophyllus* (Sprengel) Bullock et S.Harrison	Huile essentielle de griffes de giroflier *Syzygium aromaticum* (L .), Merr. et Perry, syn. *Eugenia caryophyllus* (Sprengel) Bullock et S.Harrison	NF ISO 3143 :1997

L'AFNOR est l'organisme français de normalisation. En ce qui concerne le giroflier, les normes françaises s'appuient sur les normes internationales ISO.

3.1.2.2 Chémotype et origine géographique

Le chémotype définit l'identité biochimique de la plante, sa « race chimique ». Pour une même espèce, les facteurs écologiques (température, ensoleillement, altitude, nature des sols) peuvent influencer la composition de l'huile essentielle.

Rappelons que l'essence des plantes est composée de métabolites primaires et secondaires. Ces métabolites secondaires sont fabriqués par la plante pour faire face aux agressions externes. Si les conditions changent, la plante s'adapte, et les métabolites secondaires peuvent donc varier.

L'origine géographique et le chémotype de la plante doivent donc être précisés sur le flacon car ils conditionnent l'activité et/ou la toxicité.

Un des exemples les plus cités est celui du Romarin : *Rosmarinus officinalis* L., dont voici quelques chémotypes :

Tableau VII: Les chémotypes du *Rosmarinus officinalis* et leurs propriétés.

Dénomination botanique	Origine géographique	Chémotype	Propriétés thérapeutiques
Rosmarinus officinalis	Maroc	1,8-cinéole (eucalyptol)	Antiseptique brocho-pulmonaire
Rosmarinus officinalis	Provence	Camphre ≥ 20-30%	Anti-rhumatismal, troubles cardiaques
Rosmarinus officinalis	Espagne	Camphre = 5%	Anti-rhumatismal, troubles cardiaques (mais moins d'effets secondaires)
Rosmarinus officinalis	Corse	Acétate de bornyle, verbénone	Hépato-protecteur, digestif

D’après le tableau VII, les propriétés de l’H.E. varient beaucoup en fonction du chémotype du Romarin, et pour un même chémotype, les effets thérapeutiques peuvent être différents si l’on ne connaît pas l’origine géographique (exemple le chémotype camphre dans le tableau VII). Dans le cas du giroflier, il n’existe pas vraiment de chémotypes différents sur le marché.

Comme décrit dans le tableau VIII, les composants des échantillons provenant de Madagascar et ceux provenant d’Indonésie sont présents dans des proportions relativement similaires. Il n’y a donc pas de chémotypes différents en ce qui concerne les huiles essentielles de giroflier.

Tableau VIII: Composition chimique d'échantillons d'HE de clous de girofle provenant de Madagascar (39 échantillons) et d'Indonésie (6 échantillons) (25)

	Madagascar			Indonesia		
Component	min	max	mean	min	max	mean
eugenol	72.08	80.71	77.50	77.32	82.36	79.87
β-caryophyllene	2.76	6.38	4.06	5.34	8.64	6.91
α-humulene	0.34	1.04	0.50	0.65	1.04	0.83
eugenylacetate	11.68	21.30	16.01	8.60	10.55	9.56
caryophyllene oxide	0.10	0.37	0.22	0.06	0.32	0.19
α-copaene	0.00	0.11	0.05	0.17	0.27	0.21
methyl eugenol	0.00	0.06	0.02	0.04	0.08	0.06
iso eugenol	0.00	0.20	0.04	0.02	0.24	0.08
chavicol	0.00	0.24	0.17	0.13	0.18	0.15
methyl salicylate	0.00	0.32	0.15	0.04	0.16	0.10

3.1.2.3 Organe sécréteur

Lorsque l’huile essentielle n’est pas extraite de la plante entière, il est indispensable alors de préciser l’organe utilisé. Car, si tous renferment potentiellement une essence, la composition de celle-ci peut varier d’un organe à un autre. En effet, la biosynthèse et l’accumulation des molécules aromatiques sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées (poches sécrétrices par exemple) souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante [22].

En ce qui concerne le giroflier, l'huile essentielle extraite des clous est à différencier de celle des feuilles, des griffes ou mêmes des tiges.

3.1.3 Obtenir une huile essentielle de qualité

3.1.3.1 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.

3.1.3.2 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 [21]. Elle tient son origine du monde arabe, aux alentours du IVème siècle. Bien qu'ayant connu quelques perfectionnements techniques, le principe est resté le même [20].

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 entrainent 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 16).

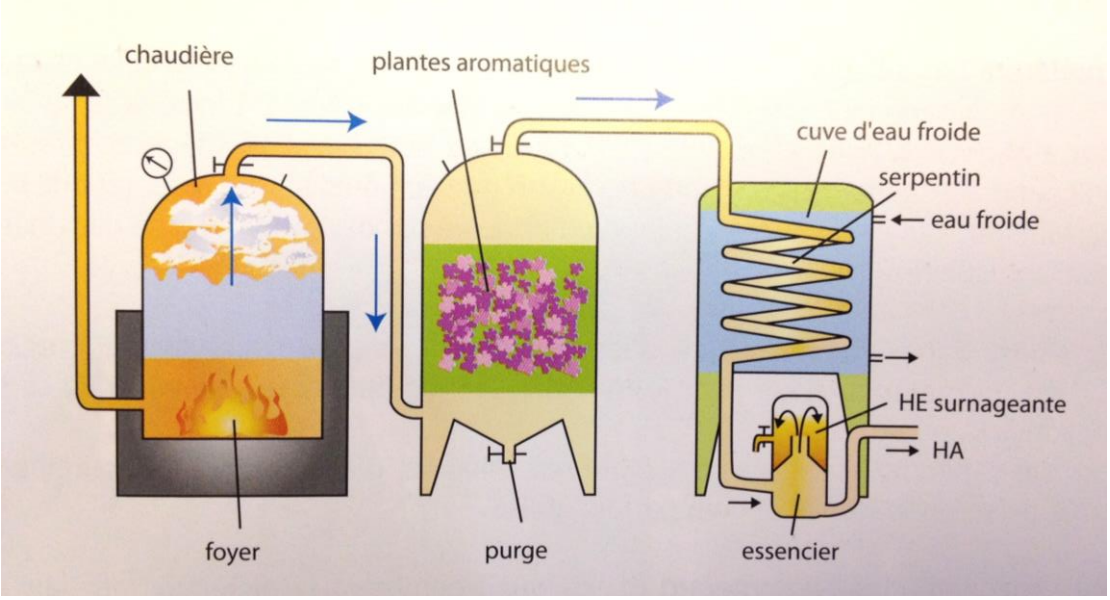


Figure 16: Schéma du fonctionnement de la distillation à la vapeur d'eau [20]

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 17.

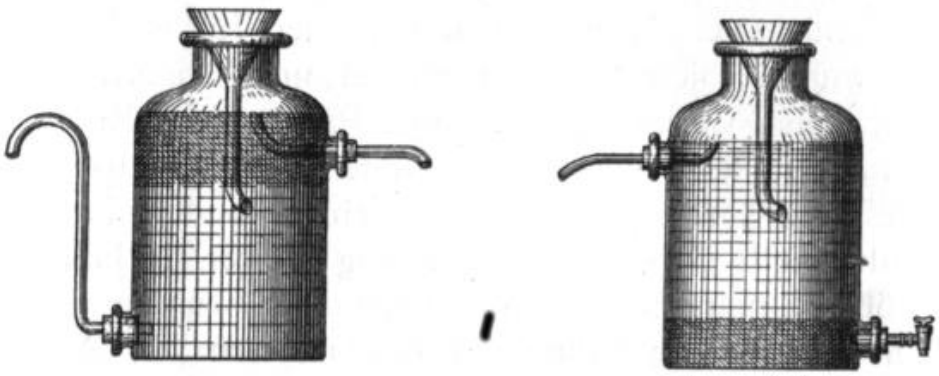


Figure 17: Dessin des deux types de vases florentin (nature-helps.com).

3.1.3.3 Conditions pour une distillation de qualité

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 [20].

- 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 [21].

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 [20].

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

3.1.3.4 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.

3.1.4 Contrôler en officine

3.1.4.1 Réglementation des H.E.

Actuellement, il n'existe pas de réglementation en France concernant spécifiquement l'emploi des H.E.

Excepté une quinzaine d'H.E. énumérées par le Code de la Santé Publique, appartenant au monopole pharmaceutique, et celles contenant de l'anethol, qui sont soumises à prescription, les H.E. peuvent être classées comme compléments alimentaires, produits cosmétiques, produits chimiques ou même parfum d'ambiance.

Les huiles essentielles du giroflier ne faisant pas partie des exceptions, elles peuvent se retrouver dans différents circuits, dont les magasins BIO, parapharmacies, magasin type Nature & Découverte ® etc [22][23].

Il existe cependant des règles permettant d'encadrer leur emploi et leur commercialisation. Certaines d'entre elles sont détaillées ci-après.

3.1.4.1.1 Réglementation des huiles essentielles dans les produits cosmétiques

Un produit cosmétique est défini comme un produit qui agit sur des parties superficielles du corps humain et qui n'a pas d'effet systémique. Cependant, les H.E. étant liposolubles et pénétrant facilement la barrière cutanée, leur emploi est limité dans cette catégorie de produit.

a) Arrêté du 6 février 2001

Cet arrêté fixe la liste des substances interdites dans les produits cosmétiques, ou les conditions et concentrations maximales autorisées.

Par exemple, le méthyleugénol (n°CAS 93-15-2) est interdit dans les produits cosmétiques sauf s'il s'agit de méthyleugénol naturellement présent (comme celui présent dans l'H.E. de clou de girofle), et sous réserve que sa concentration n'excède pas :

- 0,01% dans les parfums fins
- 0,004% dans les eaux de toilette
- 0,002% dans les crèmes parfumées
- 0,001% dans les produits rincés
- 0,0002% dans les autres produits non rincés et les produits d'hygiène buccale.

b) Arrêté du 17 novembre 2004 :

Une liste de 26 substances a été éditée, rendant obligatoire leur mention sur l'étiquetage des produits cosmétiques, afin de prévenir le consommateur des risques allergiques. L'eugénol et l'isoeugénol font partie de ces 26 substances [22].

c) Recommandations de l'IFRA

L'IRFA ou *International Fragrance Association*, est une association délivrant des recommandations en ce qui concerne les H.E. employées dans les produits cosmétiques. Cette association regroupe dans une base de données des huiles essentielles, ou simplement leurs constituants, accompagnées de leurs quantités maximales autorisées dans les cosmétiques, exprimées en pourcentage. Ces recommandations ont pour but d'éviter tout effet secondaire.

Les adhérents IFRA s'engagent à respecter le bon usage de ces recommandations, mais l'adhésion n'est pas obligatoire [22].

3.1.4.1.2 Réglementation des huiles essentielles en pharmacie

a) Spécialités pharmaceutiques à base d'huiles essentielles

Les spécialités pharmaceutiques à base d'huiles essentielles répondent à la définition du médicament à base de plantes : « les médicaments à base de plantes sont des médicaments dont les principes actifs sont exclusivement des drogues végétales et/ou préparations à base de drogue(s) végétale(s) », et suivent leur réglementation [22].

b) La Pharmacopée

Selon l'article L.5112-1 (loi 2009-594) : « La Pharmacopée comprend les textes de la Pharmacopée européenne et de la Pharmacopée française ».

Selon l'ANSM : « La Pharmacopée est un ouvrage réglementaire destiné aux professionnels de santé qui définit :

- les critères de pureté des matières premières ou des préparations entrant dans la fabrication des médicaments (à usage humain et vétérinaire) voire leur contenant,
- les méthodes d'analyses à utiliser pour en assurer leur contrôle. »

La Pharmacopée française :

La Pharmacopée française contient seulement les textes strictement nationaux, c'est à dire qu'elle permet de compléter les textes de la Pharmacopée européenne [26].

La Pharmacopée française répertorie une monographie sur le clou de girofle et une sur l'huile essentielle de feuilles de giroflier depuis l'édition de 2007 (XIème édition).

Ces monographies décrivent les étapes de l'identification du produit, les essais de qualité à effectuer, et pour l'huile essentielle, son chromatogramme.

La Pharmacopée européenne

Elle consacre une monographie au clou de girofle et à son huile essentielle.

La monographie du clou de girofle, définit succinctement le clou et décrit plus précisément l'identification du bouton floral ; notamment les critères nécessaires à une bonne identification macroscopique et microscopique, ainsi que ceux spécifiques pour réaliser la CCM[1].

[1] Principe de la CCM : le mélange à analyser migre sur un support (feuille de papier, de silice ou autre). En fonction de l'affinité des constituants avec l'éluant, ceux-ci vont former des tâches à différents endroits du support permettant de les identifier.

La Pharmacopée française et la Pharmacopée européenne recensent des monographies du clou de girofle qui diffèrent l'une de l'autre pour certains aspects. Tout d'abord la méthode de la CCM n'est pas tout à fait la même, mais la différence essentielle réside dans l'essai pour les éléments étrangers. La Pharmacopée française autorise au maximum 4% de pédoncules, pétioles et fruits dans l'échantillon, alors que la Pharmacopée européenne en tolère 6% au maximum.

En ce qui concerne l'huile essentielle de clou de girofle, les quantités réglementaires des principales molécules sont les suivantes :

- eugénol : 75,0 à 88,0%
- acétyleugénol : 4,0 à 15,0 %
- beta-caryophyllène : 5,0 à 14,0 %

c) Article L. 5138-3 du CSP :

Si le pharmacien s'approvisionne auprès d'un établissement pharmaceutique, il n'est pas tenu d'effectuer les contrôles qui relèvent de la responsabilité du laboratoire. Il s'assurera que le laboratoire dispose effectivement d'un numéro d'autorisation ministérielle, et pourra exiger le bulletin d'analyse [23].

d) Préparations pharmaceutiques à base d'huiles essentielles

De même pour une préparation magistrale classique, le pharmacien est responsable du contrôle de ses matières premières, donc il est responsable de la qualité des huiles essentielles s'il ne s'approvisionne pas auprès d'une laboratoire pharmaceutique [22][23].

3.1.4.1.3 Réglementation des huiles essentielles en tant que substance chimique

a) Le règlement REACH

REACH (*Registration Evaluation Autorisation Chemicals*) est un règlement européen qui recense toutes les substances chimiques y compris les substances organiques, les métaux, et les substances naturelles comme les huiles essentielles. Une fiche de sécurité est établie suite à l'évaluation du produit concerné [27].

b) Les numéros EINECS et CAS

Ces numéros permettent d'identifier des substances chimiques. A ce titre, l'huile essentielle de clou de girofle est défini par :

- le numéro CAS : 8000-34-8
- le numéro EINECS : 284-638-7

Il existe également des numéros pour l'eugénol, l'iso-eugénol etc.

Ils permettent l'harmonisation de l'identification des substances chimiques au sein de l'Union Européenne (le numéro CAS d'une substance est d'ailleurs inscrit dans sa monographie).

3.1.4.1.4 Réglementation des huiles essentielles dans l'alimentation

a) Directive 88/388/CEE

Cette directive considère les huiles essentielles comme des préparations aromatisantes (parmi les différentes catégories d'agents d'aromatisation), et à ce titre peuvent bénéficier du terme « arôme naturel » sur l'étiquetage.

Cette directive répertorie également des listes de substances interdites d'emploi direct mais qui peuvent être tolérées à certaines concentrations dans les denrées alimentaires (notamment de nombreux composants d'huiles essentielles) [22].

b) Réglementation concernant les compléments alimentaires

Selon le Décret 2006-352 du 20 Mars 2006 du Journal Officiel de la République Française, voici la définition des compléments alimentaires :

« Denrées alimentaires dont le but est de compléter le régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique (…) commercialisés sous forme de doses, (…) destinées à être prises en unités mesurées de faible quantité ».

Une grande quantité de produits est retrouvée dans les compléments alimentaires, avec des composants très variables, parmi lesquels les huiles essentielles.

Au titre de complément alimentaire, l'étiquetage du produit sera particulier : il devra, par exemple, mentionner la portion journalière de produit dont la consommation est recommandée, et des mentions spécifiques telles que « ne se substitue pas à une alimentation variée et équilibrée ».

3.1.4.1.5 Conclusion sur les réglementations

Il n'existe pas de réglementation unique applicable à l'ensemble des huiles essentielles. La réglementation applicable à ces produits est en effet fonction de leur destination, selon qu'il s'agisse d'un produit cosmétique, d'un médicament ou d'un produit destiné à l'alimentation humaine [28].

⇒ Les huiles essentielles relevant de la qualification de produits cosmétiques suivent la réglementation de ceux-ci,

⇒ Les huiles essentielles ayant des propriétés thérapeutiques relèvent de la qualification de médicament à base de plantes et seront commercialisées exclusivement en pharmacie,

⇒ Les huiles essentielles destinées à parfumer l'air ambiant doivent comporter un étiquetage conforme aux règlements des substances dangereuses,

⇒ Les huiles essentielles utilisées en gastronomie doivent respecter les règles édictées pour les produits alimentaires, et même compléments alimentaires [28].

Lorsqu'une huile est destinée à plusieurs usages, l'étiquetage propre à chacun de ces usages doit figurer sur le produit [28].

Ce contexte réglementaire explique la raison pour laquelle l'étiquetage des huiles essentielles ou produits à base d'huiles essentielles est différent selon le laboratoire. Il en résulte une information parfois confuse pour le consommateur.

3.1.4.2 Les normes en vigueur

Pour commencer, il semble pertinent de rappeler la différence entre une réglementation et une norme.

« La réglementation relève des pouvoirs publics. Elle est l'expression d'une loi, d'un règlement. Son application est *imposée. Les normes sont d'application volontaire. S'y conformer n'est pas une obligation (sauf si un texte réglementaire l'impose), et traduit l'engagement des entreprises de satisfaire un niveau de qualité et de sécurité reconnu et approuvé » [29].*

La réglementation prévaut toujours sur la norme.

Les normes ISO (Organisation Internationale de la normalisation) sont des normes adoptées par tous les pays. ISO est une association qui coordonne le réseau des instituts nationaux de normalisation de 160 pays, dont AFNOR est le représentant français. En France, AFNOR propose son savoir faire et ses services à des entreprises (ce sont des services payants).

3.1.4.2.1 Norme ISO 2 2254

Norme ISO 2 2254 :2004 : ***clous de girofle*** *entiers et clous de girofle en poudre – spécifications :*

Cette norme définit des critères de qualité concernant : l'odeur, la couleur, l'absence de moisissure ou d'insecte, la quantité de matières étrangères acceptables dans les échantillons, les spécifications chimiques des produits, etc. Elle redéfinit également les termes et les définitions telles que « clous » « griffes », mais aussi la classification botanique des clous de girofle. Les critères de l'emballage et du marquage des produits y sont également détaillés [30].

3.1.4.2.2 Norme ISO 3142 : 1997

Norme ISO 3142 : 1997 : ***Huile essentielle de clou de girofle*** *[Syzygium aromaticum (L.) Merr. et Perry, syn. Eugenia caryophyllus (Sprengel) Bullock et S. Harrison] :*

Cette norme traite des spécifications relatives à l'huile essentielle issue des clous, destinées à faciliter l'appréciation de sa qualité. A nouveau sont décrits les critères tels que l'aspect, la couleur, l'odeur, la densité, l'indice de réfraction, le pouvoir rotatoire, la teneur en composés phénoliques, le profil chromatographique, le point d'éclair, et la façon d'effectuer les différentes méthodes d'essai. De même que la norme précédente, les conditions de l'emballage, l'étiquetage, du marquage et du stockage sont également rédigées [31].

3.1.4.2.3 Normes ISO 3141 :1997 et 3143 :1997

La norme ISO 3141 : 1997 : ***Huile essentielle de feuille de giroflier*** *[Syzygium aromaticum (L.) Merr. et Perry, syn. Eugenia caryophyllus (Sprengel) Bullock et S. Harrison]*

La norme ISO 3143 : 1997 : ***Huile essentielle de griffe de giroflier*** *[Syzygium aromaticum (L.) Merr. et Perry, syn. Eugenia caryophyllus (Sprengel) Bullock et S. Harrison]*

Ces normes énumèrent les mêmes critères que la norme ISO 3142, mais propres à l'huile essentielle issue des feuilles et celle issue des griffes [32][33].

D'une manière plus générale, il existe des normes concernant les essais à effectuer sur les huiles essentielles (détermination de la densité, du pouvoir rotatoire, de l'indice de réfraction, etc), les règles générales d'emballage, de conditionnement et de stockage, sur la nomenclature, etc.

3.1.4.3 Les labels

Sur les flacons d'huile essentielle, plusieurs labels sont visibles.

La présence de label dépend du laboratoire qui les produit (les labellisations se font sur demande du producteur), et cela dépend également de la réglementation qui s'applique à l'huile essentielle. Il existe différents labels selon qu'il s'agisse de produits alimentaires, de parfums d'ambiance ou de cosmétiques. Il n'est pas toujours aisé de voir clair à la vue du nombre de labels qui cohabitent.

Les principaux labels qui peuvent être présents sur les produits d'aromathérapie, qu'ils proviennent d'une pharmacie, d'un magasin diététique, ou même d'un magasin de bien-être sont détaillés ci-après.

3.1.4.3.1 Le label AB

Label français créé en 1985 par le Ministère de l'Agriculture, et signifie Agriculture Biologique. Il est attribué aux producteurs qui en font la demande après certification par les organismes compétents (Ecocert, Agrocert,..)(Figure 18).

Figure 18: Logo du label AB (AgenceBio.org)

Le mode de production est garanti sans pesticide, et sans traitement chimique après récolte [34]. Les OGM et les rayonnements ionisants sont également exclus de ce mode de culture. Tout produit utilisé pendant la culture des plantes doit faire l'objet d'une autorisation biologique.

Selon l'Agence bio, en charge de la gestion et de la communication de la marque, ce label concerne uniquement :

- les produits agricoles
- les denrées alimentaires contenant au moins 95% d'ingrédients d'origine agricole biologiques
- aliments pour animaux d'élevage
- aliments pour animaux de compagnie [35]

Toujours selon l'Agence Bio, le label AB garantit au final un produit « composé à 100% d'ingrédients issus du mode de production biologique ou au moins 95% de produits agricoles biologiques dans le cas des produits transformés, si la part restante n'est pas disponible en bio et est expressément autorisée. Le mode de production biologique mettant en œuvre des pratiques agronomiques et d'élevages respectueuses des équilibres naturels, de l'environnement et du bien-être animal » [36].

Ce logo pourra donc être accordé pour les H.E. suivant le règlement de complément alimentaire. L'avantage de ce label est sa popularité auprès des français, et sert de référence pour les consommateurs.

3.1.4.3.2 Logo Bio européen :

Ce logo, aussi appelé « Eurofeuille », est obligatoire depuis le 1er Juillet 2010 pour les produits en Europe qui souhaitent être reconnus issus de l'agriculture biologique (figure 19).

Il peut se retrouver associé au logo AB, et il sera toujours accompagné d'une indication concernant le lieu de production : « agriculture UE » « agriculture non UE » ou « agriculture UE/non UE », et du numéro d'agrément de l'organisme certificateur.

Figure 19: Logo "Eurofeuille" du label bio européen (agencebio.org)

Ce label garantit, au même titre que le label AB, des produits 100% issus de l'agriculture biologique ou contenant au moins 95% de produits agricoles biologiques dans le cas des produits transformés. Il est accordé après certification auprès d'un organisme indépendant (Ecocert, Agrocert, etc)[36].

.

Il paraît pertinent de se questionner sur l'utilité de deux labels pour une même exigence. A l'origine, le label AB était plus exigeant que les normes bio européennes. Le nouveau règlement, avec le nouveau label bio européen, interdit aux gouvernements de poser des exigences plus fortes pour le secteur bio (le label correspondant à l'ancien label AB serait aujourd'hui le label Bio Cohérence de l'association Alternative Bio)[34].

La création d'un label Bio européen a permis au *bio* de faire de la production intensive. Des produits *bio,* portant ce fameux logo, proviennent du Pérou, d'Argentine, etc.

Bien que le nouveau cahier des charges européen remplace l'ancien cahier des charges français (pour le label AB), les deux logos coexistent afin de conserver le célèbre logo AB [34].

En résumé, l'Eurofeuille peut être utilisé seul, ou associé au logo AB, mais le logo AB ne peut plus être utilisé seul sur les produits alimentaires.

Quelques exemples de flacons d'huiles essentielles de clous de girofle trouvés dans le commerce portant ces logos (figure 20, figure 21, figure 22) :

Figure 20: H.E. portant les logos AB et Eurofeuille, provenant du magasin "La Vie Saine" (magasin d'alimentation *bio*)

Figure 21: H.E. portant les logos AB et Eurofeuille, provenant d'une Pharmacie

Figure 22: H.E. portant le logo eurofeuile, commercialisée par "Nature & Découvertes" (magasin de bien être)

3.1.4.3.3 Les labels HEBBD HECT

Une démarche de labellisation étant contraignante et coûteuse, certains laboratoires d'aromathérapie la contournent et présentent les mentions HEBBD et HECT (figure 23, 24 et 25) comme un label alors qu'il s'agit d'une mention qu'ils apposent eux-mêmes sur leurs produits sans certification. Ces labels ne font en fait que reprendre les normes déjà définies par AFNOR/ISO [37].

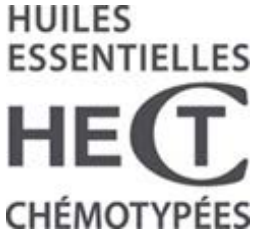


Figure 23: Logo HECT de chez Pranarôm (pranarom.com)

Figure 24: Logo HECT (developpementdurable.com)

Figure 25: Logo HEBBD (phytosunaroms.fr)

HEBBD : Huile Essentielle Botaniquement et Biochimiquement Définie

HECT : Huile Essentielle Chémotypée

Quelques exemples de flacons d'huiles essentielles de clou de girofle trouvés dans le commerce portant ces logos (figure 26 et 27) :

Figure 26: H.E. HEBBD provenant d'une pharmacie

Figure 27: H.E. HECT provenant du magasin "La Vie saine" (magasin d'alimentation bio) également commercialisée en pharmacie

A titre d'exemple, ces deux laboratoires commercialisent l'huile essentielle de clous de girofle également en tant que complément alimentaire.

En aucun cas ces logos ne garantissent que la culture de ces plantes s'est faite dans des conditions dites « biologiques » et peuvent être issues d'un mode de culture conventionnelle.

3.1.4.3.4 Les organismes de certification :

A ce jour, huit organismes sont agréés par l'agence Bio pour le contrôle des produits biologiques en France [36] (ils effectuent un contrôle au moins une fois par an) [34] :

- Ecocert
- Agrocert
- Certipaq bio
- Bureau Veritas / qualité France
- Certisud
- Certis
- Bureau alpes contrôle
- Qualisud

L'organisme le plus courant pour la certification des différents labels cités précédemment est Ecocert. Le groupe a d'ailleurs créé un référentiel qui valorise les parfums d'ambiance fabriqués à partir de substances d'origine naturelle et/ou issues de l'agriculture biologique (figure 28).

Figure 28: Logo du référentiel Ecocert parfums d'ambiance (ecocert.com)

La présence de ce logo signifie que 100% des ingrédients sont d'origine naturelle. Mais il peut y avoir un deuxième niveau de labellisation qui classe les produits dans la catégorie « bougies et parfums d'ambiance biologiques ». Pour cela, au minimum 95% des ingrédients végétaux doivent être issus de l'agriculture biologique, et au minimum 10% des ingrédients doivent être issus de l'agriculture biologique [38].

Sur la figure 29, le logo Ecocert est présent sur le dos du flacon (figure 29):

Figure 29: H.E. de clous de girofle Ecocert Parfums d'ambiance,provenant d'une Pharmacie.

Il est important de souligner que l'insigne « bio » inscrit sur le flacon n'est pas rattaché à un label officiel. Seul le logo « Ecocert parfums d'ambiance » est un gage de qualité.

C'est un cas ambigu, car d'après la figure 29, aucune information n'indique au consommateur s'il s'agit d'un complément alimentaire ou d'une H.E. à effet thérapeutique. La confusion règne. Le rôle du pharmacien d'officine est donc de connaître les modes d'utilisation de ces huiles essentielles afin de pouvoir les conseiller au mieux.

3.1.4.3.5 L'importance du « bio »

En ce qui concerne les huiles essentielles, la notion de « biologique »/« agriculture biologique » est un gage de qualité. En effet, les plantes issues de l'agriculture conventionnelles sont arrosées de pesticides, d'herbicides, et de fongicides. Ces molécules liposolubles ou apolaires vont alors se concentrer dans l'huile essentielle lors de la distillation et confèrent une certaine toxicité.

Par ailleurs, les plantes synthétisent des métabolites secondaires pour lutter contre les agressions extérieures. L'ajout d'agents chimiques tels que les pesticides diminue leur capacité à produire ces molécules de défense, donc leur efficacité aromatique diminue également.

3.1.4.4 Le bulletin d'analyse

A l'officine le pharmacien peut exiger auprès de son fournisseur, le bulletin d'analyse d'un lot d'huile essentielle. Cela lui permet de comparer plusieurs lots entre eux et aussi plusieurs laboratoires. Les données sur un bulletin d'analyse sont nombreuses mais ne suscitent pas toutes un intérêt pour l'analyse de celui-ci.

Voir annexe A : Exemple de bulletin d'analyse page 110.

Voici l'étude détaillée du bulletin d'analyse d'une huile essentielle de clous de girofle provenant d'un laboratoire X.

Nom latin : ***Eugenia caryophyllata Thunb***	Code : MP1000862

Nom scientifique complet de la plante, en l'occurrence celui-ci ne fait pas partie de la liste des noms internationaux

Code interne au laboratoire

N° de lot : **M14046**	Date péremption : 03/2018	CMPP106-G Spécification SMPP106-G

Numéro de lot et date de péremption du lot concerné

Spécifications internes au laboratoire

Ces numéros permettent d'identifier une substance chimique répertoriée dans l'Inventaire Européen des Substances chimiques Commercialisées Existantes (EINECS) ou dans le *Chemical Abstracts service* (CAS).

La culture conventionnelle est celle qui utilise des pesticides et des engrais chimiques.

Nom commun : Giroflier clous
n° CAS TSCA / EINECS : 8000-34-8 / 84961-50-2
Organe producteur : Boutons floraux séchés
Biotope : Culture conventionnelle

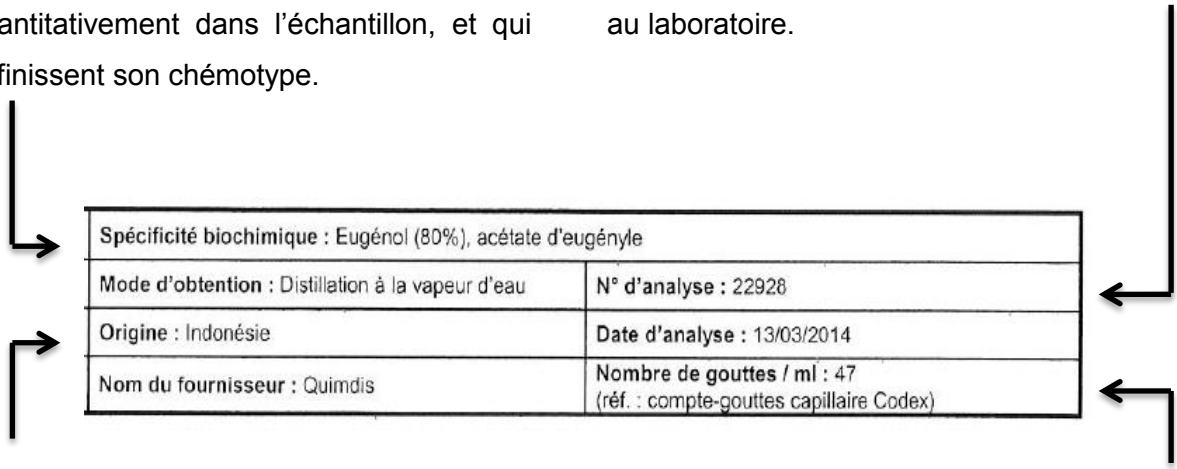
	ORIGINE MONOGRAPHIE	ESSAIS	SPECIFICATIONS	RESULTATS
Caractéristiques organoleptiques	Pharmacopée Européenne 6.0 01/2008 : 1091	Aspect	Liquide limpide	Conforme
		Couleur	Jaune, virant au brun lorsqu'il est exposé à l'air	Jaune
Caractéristiques physiques		Densité à 20°C	1,0300 - 1,0630	1,0557
		Indice de réfraction à 20°C	1,5280 - 1,5370	1,5337
		Pouvoir rotatoire à 20°C	-2° à 0°	-0°45

Cette partie est dédiée aux caractéristiques organoleptiques et les caractéristiques chimiques de l'échantillon. A titre d'exemple, la couleur est jaune, ce qui signifie que le produit a bien été conservé à l'abri de l'air.

Densité, indice de réfraction, pouvoir rotatoire, sont des caractéristiques spécifiques à un produit. Cependant, elles sont peu fiables pour définir la qualité de l'huile essentielle car elles sont facilement modifiables et ajustables [39].

Il s'agit des molécules les plus présentes quantitativement dans l'échantillon, et qui définissent son chémotype.

Le numéro d'analyse est un numéro interne au laboratoire.



Spécificité biochimique : Eugénol (80%), acétate d'eugényle	
Mode d'obtention : Distillation à la vapeur d'eau	**N° d'analyse :** 22928
Origine : Indonésie	**Date d'analyse :** 13/03/2014
Nom du fournisseur : Quimdis	**Nombre de gouttes / ml :** 47 (réf. : compte-gouttes capillaire Codex)

Le lieu de culture de la plante est renseigné et il est aussi indiqué sur l'emballage du produit. Néanmoins dans ce cas précis, il est écrit Origine Madagascar sur le flacon.

Le nombre de gouttes au ml permet de fournir une mesure volumétrique. D'après la pharmacopée, cette mesure est exprimée en nombre de gouttes / g, et la valeur est de 44 gouttes/ g.

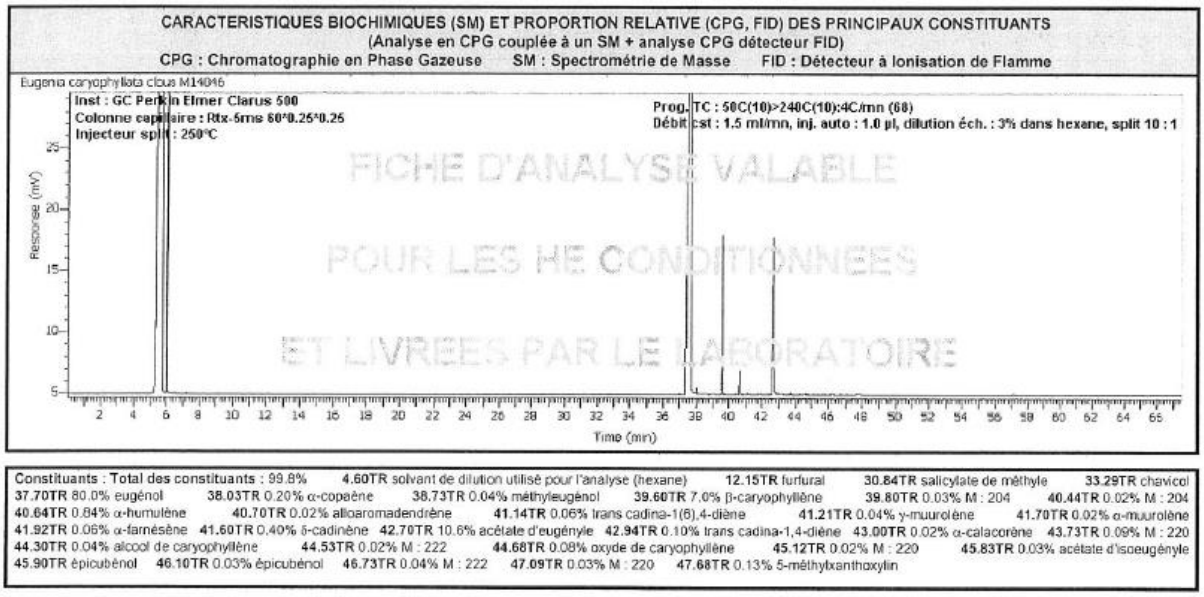
Caractéristiques chimiques	Interne	Indice d'acide (mg/g)	< 30	0,3
		Indice de péroxyde ($mEqO_2/kg$)	< 80	0

Ces caractéristiques chimiques sont détaillées ici dans un souci de qualité. En effet, la présence en trop grande quantité d'acides et de peroxydes est un signe de dégradation de l'huile essentielle après son obtention.

	ORIGINE MONOGRAPHIE	CONSTITUANTS	SPECIFICATIONS	RESULTATS
Caractéristiques biochimiques	Pharmacopée Européenne 6.0 01/2008 : 1091	eugénol β-caryophyllène	75 - 88% 5 - 14%	80,0% 7,0%

CONSTITUANTS	SPECIFICATIONS	RESULTATS
acétate d'eugényle	4 - 15%	10,6%

Concernant les caractéristiques biochimiques, les principales molécules de l'H.E. de giroflier sont dosées quantitativement et comparées aux spécifications de la Pharmacopée Européenne.



La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est une méthode qui consiste à séparer et évaluer la proportion des divers constituants des huiles essentielles.

Voir annexe B : Principes généraux de la chromatographie en phase gazeuse page 110.

Un profil chromatographique est alors obtenu et comparé à un profil de référence de la substance analysée. Toute falsification ou reconstitution est visible dans la majeure partie des cas. Le chromatogramme est la carte d'identité de l'essence [40].

D'après le bulletin d'analyse, deux analyses ont été faites : une CPG couplée à une SM (spectrométrie de masse) et une CPG couplée à une FID (détecteur à ionisation de flamme). La méthode FID a l'avantage de présenter une très grande sensibilité aux composés organiques, et la spectrométrie de masse, quant à elle, détecte les composés organiques et inorganiques.

Les bulletins d'analyse sont présentés différemment en fonction du laboratoire qui les fournit. Certains ne détaillent pas l'analyse chimique, et ne renseignent pas les spécifications de la Pharmacopée.

3.1.4.5 Les huiles essentielles à éviter

Les huiles essentielles répondant aux caractéristiques suivantes sont à éviter dans le cadre d'une prise en charge en aromathérapie :

- H.E. déterpénées (Tout ou une partie des terpènes sont éliminées dans le but d'atténuer les risques d'allergie, mais cette opération dénature l'huile essentielle)[24]
- H.E. reconstituées chimiquement (le Niaouli par exemple l'est fréquemment)
- H.E. adultérées (addition de produits aromatiques de synthèse)
- H.E. diluées avec des HE moins précieuses
- H.E. extraites par solvants organiques
- H.E. brûlées (distillation à température et pression trop élevées)

En effet leur utilisation conduit rapidement à des phénomènes d'intolérance et d'intoxications [39]. Toutefois la Pharmacopée européenne autorise à commercialiser des H.E. déterpénées, désesquiterpénées, rectifiées ou privées d'une substance « x ».

Certains constituants comme Ethylparaben, BHT, Oxybenzone-benzopnone-3, polysorbate-20, arômes artificiels, etc, correspondent à des molécules de synthèse qui peuvent se révéler toxiques ou allergisantes [41].

3.1.5 Conclusion sur les généralités des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont toujours définies grâce à :

⇒ leur dénomination botanique complète et officielle
⇒ leur chémotype et origine géographique de culture
⇒ l'organe sécréteur utilisé.

La qualité de l'huile essentielle obtenue dépend des traitements appliquée à la plante avant sa récolte (mode de culture), et après sa récolte (distillation, rectification de la composition, conditionnement et stockage).

En dépit d'un contexte réglementaire confus, le pharmacien d'officine dispose de quelques moyens pour l'aider au contrôle de ses achats :

⇒ s'approvisionner auprès d'un laboratoire pharmaceutique
⇒ reconnaître les logos officiels lui permettant une lecture éclairée des étiquettes apposées sur les emballages
⇒ savoir lire un bulletin d'analyse et le comparer si nécessaire aux monographies présentes dans la Pharmacopée.

3.2 Les différentes H.E. issues du giroflier

Le giroflier est à l'origine de plusieurs types d'huile essentielle, de qualité différente selon la partie de la plante utilisée. Il existe l'essence de clous, des feuilles, des griffes et des tiges.

L'huile essentielle de clou est essentiellement utilisée en parfumerie et en aromathérapie, alors que l'huile essentielle de feuille est de loin la plus commercialisée, notamment pour la production d'eugénol du fait de son faible coût et de sa récolte plus facile.

Dans la Pharmacopée française et dans la Pharmacopée européenne, sont répertoriées les monographies du clou de girofle, de l'huile essentielle du clou de girofle, et depuis 2007 la monographie de l'huile essentielle de feuille de giroflier.

3.2.1 H.E. du clou

Elle est extraite des clous du giroflier, c'est à dire des inflorescences à l'état de bouton, par distillation à la vapeur d'eau.

Les clous renferment à l'état frais environ 15 à 20% d'huile essentielle, dont 78 à 98% d'eugénol.

Selon la pharmacopée européenne, l'H.E. de clous de girofle est un liquide jaune, limpide, virant au brun lorsqu'il est exposé à l'air.

En ce qui concerne la composition, la Pharmacopée définit des intervalles de quantité recommandée pour chaque constituant [42] :

- 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)

3.2.2 H.E. de griffe

L'huile essentielle de griffe est essentiellement produite pour des raisons économiques. En effet, lors de la récolte des clous, ceux-ci sont séparés de leurs pédicelles : c'est l'égriffage. Les griffes recueillies sont alors elles aussi distillées en tant que « produit second ». Les griffes renferment à 4-6% d'huile essentielle dont 80 à 95% d'eugénol.

3.2.3 H.E. de feuille

Cette huile est plus facile à obtenir car les feuilles peuvent être récoltées toute l'année, ce qui assure une source de revenu plus stable pour les producteurs. Cependant sa composition est moins intéressante du point de vue de l'aromathérapie [43]. Elle était utilisée pour sa ressource en eugénol qui constituait la matière première de la fabrication de la vanilline. Les feuilles contiennent 1 à 3 % d'huile essentielle dont 75 à 88% d'eugénol.

NB : l'huile essentielle de feuilles ou de griffe de giroflier est bon marché comparée à l'H.E. de clous de girofle. Mais celle-ci est beaucoup mieux tolérée (au niveau des allergies cutanées) par la présence de l'ester aromatique (acétate d'eugényle). C'est la raison pour laquelle elle est de meilleure qualité en aromathérapie.

3.2.4 H.E. tiges

De même que l'H.E. de griffe, l'H.E. de tige ne présente pas un intérêt majeur, elle est produite afin d'optimiser le rendement des récoltes..

3.2.5 Les composés des H.E.

3.2.5.1 La genèse des molécules aromatiques

La photosynthèse est le phénomène nécessaire et indispensable au métabolisme végétal. Il conditionne la synthèse des métabolites actifs de la plante.

Le principe de la photosynthèse est le suivant : le pigment vert situé dans les feuilles de la plante, la chlorophylle, capte le rayonnement solaire (photons). La chlorophylle utilise cette énergie pour scinder la molécule d'eau en hydrogène et oxygène. L'oxygène est en majeure partie rejeté dans l'air ambiant, tandis que l'hydrogène réagit avec le dioxyde de carbone absorbé par la plante afin de former des sucres (figure 30)[39].

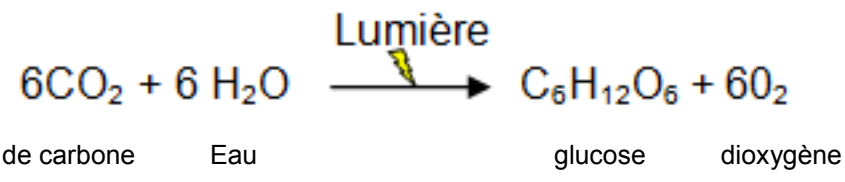


Figure 30: Equation de la photosynthèse (ac-grenoble.fr)

A partir de ces sucres et par des procédés d'oxydo-réduction, la plante élabore des molécules spécifiques (métabolites primaires et métabolites secondaires). Il existe deux voies principales de biosynthèse [40]:

- la voie des terpènes
- la voie des phénylpropanes

La voie des terpènes fait intervenir de l'isopenténypyrophosphate (I.P.P) et aboutit à la synthèse de monoterpènes ($C_{10}H_{16}$), sesquiterpènes ($C_{15}H_{24}$) et de diterpènes ($C_{20}H_{32}$). A partir de ces molécules, et par l'intermédiaire des réactions d'oxydo-réductions, d'autres métabolites se forment comme les alcools, aldéhydes, phénols, cétones, oxydes, acides, esters, etc [39].

La voie des phénylpropanoïdes emploie l'acide shikimique, et forme directement des composés aux fonctions biochimiques variées : phénols, acides, coumarines, etc. Celles-ci entreront par la suite dans la composition d'autres molécules comme les lactones ou les méthyl éthers [39].

On parle alors de deux grandes classes de constituants dans les huiles essentielles : les terpènes et les composés aromatiques. Les composés aromatiques présentent au moins un cycle benzénique. Les autres constituants des H.E. existent à l'état de traces et ne conditionnent pas l'activité de l'huile essentielle [43].

Ci-après sont décrites les principales molécules de l'H.E. de clou de girofle.

3.2.5.2 Les terpènes

Les terpènes sont des molécules très répandues dans le règne végétal et animal. 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.

3.2.5.2.1 Les sesquiterpènes

Ce sont les terpènes formés en $C_{15}H_{24}$, sesqui- se référant à un rapport de 1,5, un monoterpène étant en $C_{10}H_{16}$, et un diterpène en $C_{20}H_{32}$. Le suffixe –ène signifie que ces molécules possèdent des doubles liaisons de carbone.

Les sesquiterpènes sont des molécules calmantes et anti-inflammatoires [21]. 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) [43].

Le β-caryophyllène constitue un exemple de sesquiterpène présente dans l'H.E. de giroflier (5 à 14%).

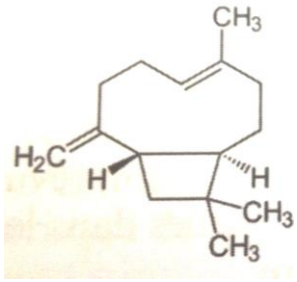


Figure 31: Formule de la molécule de β-caryophyllène

L'H.E. de giroflier contient d'autres sesquiterpènes comme l'α-humulène <1%, camphène 1%, et le γ-pinène<1% (39).

3.2.5.3 Les composés aromatiques

3.2.5.3.1 Les Phénylpropanoïdes

Le composé prépondérant dans les huiles essentielles du giroflier est l'eugénol (figure 32). Issu de la dégradation de la phénylalanine (acide aminé), l'eugénol possède une structure en C_6C_3, à laquelle se greffent d'autres fonctions.

L'eugénol appartient aux phénylpropanoïdes (molécules dérivées du phénylpropane), mais il est rattaché au groupe des phénols monoterpéniques car ses propriétés s'en rapprochent [43]. Par ailleurs l'eugénol peut être obtenu par le biais des deux voies de synthèse [39].

Il s'agit de composés fortement anti-infectieux (bactéricides, virucides et parasiticides), ils sont également immunostimulants. Il faut les employer avec précaution du fait de leur caractère irritant pour les muqueuses, et hépatotoxique à fortes doses et doses répétées. Ils seront toujours dilués dans une huile végétale avant d'être appliqués sur la peau.

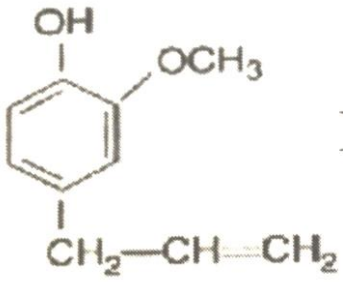


Figure 32: formule de la molécule d'eugénol

Parmi les 3 « phénols » les plus puissants dans les H.E. : carvacrol, thymol, et eugénol, l'eugénol est le moins toxique [20]. Cependant, il est préférable de les utiliser sur de courtes périodes (21 jours), ou d'observer des fenêtres thérapeutiques (5 jours sur 7), en raison de son hépatotoxicité.

L'eugénol est un principe actif qui, à la différence des autres phénols, possède un pouvoir anesthésiant. L'étude de KLEIN AH, CARSTENS ML et CARSTENS E a permis de comparer ce pouvoir anesthésiant à celui du carvacrol sur la langue. 524 personnes y ont participé. Les résultats démontrent ainsi que l'eugénol peut augmenter le seuil de détection pour un faible stimuli tactile (jusqu'à 0,2 mM). En revanche, le carvacrol ne modifie en rien la perception de ces stimuli [44].

Autre caractéristique de l'eugénol, cette molécule procure une forte activité antiagrégante plaquettaire à l'huile essentielle [37]. D'après plusieurs recherches, comme celle de SAEED SA, SIMJEE RU, SHAMIM G et al., celle de SRIVASTAVA KC et celle de RAGHAVENDRA RH et NAIDU KA, son action cible le facteur d'activation plaquettaire (PAF). C'est aussi un antagoniste de l'acide arachidonique (inducteur de l'agrégation plaquettaire). Il a été démontré en comparant les IC50 (Concentration inhibitrice médiane) de l'eugénol et de l'aspirine, que l'eugénol possédait un pouvoir antiagrégant plaquettaire plus puissant que l'aspirine [45][46] (jusqu'à 5 fois supérieur selon certaines études)[47].

L'aspirine est prescrite pour ses propriétés antiagrégantes à dose minimum de 75mg (Kardegic® 75mg). L'huile essentielle de clou de girofle, quant à elle, est utilisée à raison de 3 gouttes par jour en moyenne. Ce dosage correspond à environ 65mg d'huile essentielle, soit 52mg d'eugénol.

A la posologie recommandée dans le cadre d'un conseil officinal, un risque d'inhibition de l'agrégation plaquettaire est possible avec l'H.E. de clou de girofle. Il conviendra donc de faire preuve de vigilance envers les personnes traitées par un anticoagulant ou un antiagrégant plaquettaire.

3.2.5.3.2 Les éthers

Il s'agit en fait de phényléthers, du fait de la présence d'un cycle benzénique. Un exemple de phényléther est le méthyl-eugénol de la figure 33 :

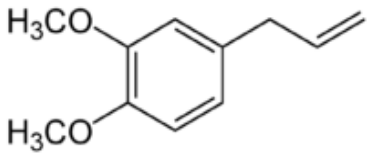


Figure 33: Formule de la molécule de méthyleugénol

Bien qu'en général ces composants apportent des propriétés intéressantes aux huiles essentielles, dans le cas du méthyleugénol, sa concentration devra être inférieure à 0,5% afin de minimiser les risques d'irritations et d'allergies cutanées.

3.2.5.3.1 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 [21]. Dans le cas de l'H.E. de clou de girofle, l'ester est l'acétate d'eugényle (figure 34), issu de l'eugénol.

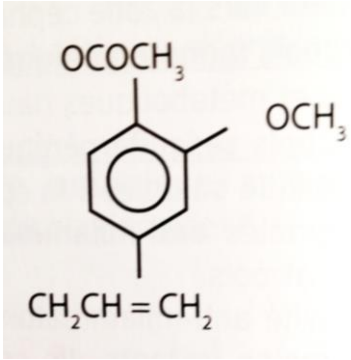


Figure 34: Formule de la molécule d'acétate d'eugényle

Un autre exemple d'ester aromatique est le salicylate de méthyle, qui lui est présent en très petite quantité dans l'huile essentielle (<1%) [39].

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 [43].

3.2.5.4 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.

3.2.5.4.1 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.

3.2.5.4.2 Les oxydes sesquiterpèniques

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 [43]. Parmi elles, l'oxyde de caryophyllène qui est présent dans l'H.E. de clou de girofle (<1%).

3.2.6 La toxicité des huiles essentielles de giroflier

3.2.6.1 Causes de la toxicité des huiles essentielles issues du giroflier :

Les huiles essentielles issues du giroflier peuvent contenir du méthyleugénol (en faible quantité). Il s'agit d'une substance classée comme génotoxique par la *European Union Scientific Committee on Food*. Les mécanismes sont mal connus, mais l'hypothèse suggère que le méthyleugénol pourrait induire une endoreduplication et inhiber la Topoisomérase II. Ces phénomènes endommagent le matériel génétique des cellules [48].

Ce n'est pas la seule cause de cette toxicité. Un des facteurs principaux est la présence d'eugénol, ou plutôt la formation de son métabolite. En effet, l'eugénol est métabolisé en quinone méthide qui est lui toxique pour l'organisme.

L'étude menée par BOLTON JL établit l'hypothèse suivante: l'eugénol, en se métabolisant en quinone méthide produit un effet antioxydant (bénéfique), mais le métabolite ainsi formé est lui pro-oxydant (donc néfaste) [49].

Le principal organe où se produit le métabolisme des médicaments (ou autre principe actif) est le foie. L'eugénol est donc métabolisé dans le foie. Le quinone méthide y provoque une toxicité, donc une hépatotoxicité.

L'administration d'eugénol chez des rats (étude menée par SOUNDRAN V, NAMAGIRI T, MANONAYAKI S et al.) a démontré que l'élévation du taux de protéine hépatique (transaminases et bilirubine) était provoquée par une forte dose. A faible dose, les taux de protéines restent plus ou moins égaux à ceux obtenus après administration de la solution de contrôle [50].

L'équilibre entre les effets antioxydants apportés par l'eugénol et les effets pro-oxydants produits par son métabolite, reste à étudier pour pouvoir utiliser cette plante dans le traitement de maladies inflammatoires chroniques.

3.2.6.2 Toxicité chronique :

Par voie orale :

Bien que l'eugénol ne soit pas le plus toxique des phénols, les huiles essentielles de girofliers sont des H.E. potentiellement hépatotoxiques. La *Word Health Organization* a établi la dose journalière acceptable à 2,5mg/kg chez l'Homme. Cette dose correspond à environ 8 gouttes par jour pour un adulte de 70 kg [45]. Il est nécessaire de l'associer à un protecteur hépatique (exemple l'H.E. de citron) en cas d'usage prolongé par voie orale.

En usage externe :

Afin d'éviter les irritations, il est préférable de la diluer avec une huile végétale. La posologie maximale conseillée est de 10 gouttes pour 100ml d'huile végétale en moyenne pour des utilisations sur des larges zones, mais la dilution diffère en fonction des ouvrages.

3.2.6.3 Toxicité aigüe :

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

Plusieurs cas de jeunes enfants ayant ingéré de l'H.E. de clou de girofle ont été répertoriés. Les jeunes patients ont absorbé 10ml, l'équivalent d'un flacon vendu dans le commerce. Les effets furent les suivants : nécrose hépatique, Coagulation Intravasculaire Disséminée (CIVD), et cela en 24 heures [52]. L'étude de JANES SE, PRICE CS et THOMAS D a montré que les dommages causés chez un enfant de 15 mois pouvaient être traités par une injection en intraveineuse de N-acétylcystéine [53].

3.2.6.4 Récapitulatif des propriétés de l'huile essentielle de clou de girofle

Les huiles essentielles à eugénol appartiennent aux huiles essentielles ayant l'activité anti-infectieuse la plus forte, avec celles contenant du thymol et du carvacrol. Ce sont des bactéricides à large spectre puisque 90% des bactéries pathogènes y sont sensibles.

L'huile essentielle de clous de girofle présente l'avantage d'associer des vertus antiseptiques à un pouvoir anesthésiant et anti-inflammatoire. C'est également un antispasmodique et un stimulant général.

Ce sont des propriétés qui, associées, sont très intéressantes, mais malheureusement limitées par les effets indésirables de l'eugénol : hépatotoxicité et irritation des muqueuses.

Tableau IX: récapitulatif des quantités, familles chimiques et propriétés des principaux composants de l'H.E. de clous de girofle.

Nom de la molécule	Quantité	Famille chimique	Propriétés
Eugénol	75-88%	Phénylpropanoïdes (Phénols)	Anti-infectieux (bactéricide, virucide, fongicide) Anesthésiant, Antiagrégant plaquettaire
Acétate d'Eugényle	4-15%	Ester aromatique	Antispasmodique musculotrope et neurotrope Stimulant général
β -caryophyllène	5-14%	Sesquiterpènes	Calmant et anti-inflammatoire

3.2.7 Conclusion sur les H.E. issues du Giroflier

Comme dans toute huile essentielle, les véritables propriétés sont attribuables à l'action synergique des composants, y compris ceux existant à l'état de trace. Le tout est plus que la somme de ses parties [43].

C'est la raison pour laquelle, l'huile essentielle issue des clous de girofle (et non des feuilles ou des griffes) est de meilleure qualité, du fait de sa complexité et du fait qu'elle soit mieux tolérée.

4 Les utilisations des produits du giroflier

4.1 Dans le domaine médical

Seuls les produits dérivés du clou de girofle seront abordés ici.

Avant de détailler les différentes propriétés médicinales de cette plante, un peu d'étymologie permet de cibler son champ d'action.

Le nom d'*Eugenia caryophyllus* lui vient de Sainte Eugénie l'une des patronnes des sages-femmes [20]. Autrefois les femmes priaient Sainte Eugénie pour que leur accouchement se passe bien. En grec « eu-genos » signifie bonne naissance, bien né.

Par ailleurs, selon le « principe des signatures » de Paracelse, de nombreux auteurs ont décrit le bouton floral comme ressemblant à la tête d'un enfant sortant de la matrice maternelle.

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 [54].

4.1.1 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 abimée (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.

Abcès 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. *Hypercium 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 [55].

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 (vue précédemment dans le 3.2.5.3.1) démontre l'effet anesthésiant local de l'eugénol [44].

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 [56].

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 [57].

4.1.2 Aromathérapie

Au Moyen-Age, l'aromathérapie était la première science de la pharmacie, et le pharmacien était appelé « Aromathérii » [41].

4.1.2.1 Mode d'utilisation

Voie orale :

Posologie (dans le cas d'un conseil à l'officine)

- 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.

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 [39]. Certains livres parlent de la faire diffuser pour tonifier, mais cela n'est pas conseillé.

Principales propriétés :

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
- odontalgies
- stimulant général
- tonique utérin dans la préparation à l'accouchement
- eupeptique et antispasmodique

4.1.2.2 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 [54].

4.1.2.2.1 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 [58].

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 C *(voir annexe C : Activité antibactérienne des huiles essentielles page 113)* [59]. 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) [60].

Les études sont nombreuses. Elles vont de l'efficacité de l'eugénol sur *l'Helicobacter pylori,* bactérie pouvant être responsable d'un ulcère gastrique [61], à l'efficacité sur *l'Haemophilus du creyi,* responsable de la maladie du chancre mou (maladie sexuellement 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) [62].

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 MUSTHAFA KS et VORAVUTHIKUNCHI SP. A la concentration de 150µg/ml, l'eugényl acétate inhibe la production des facteurs de virulence comme la pyocyanin et pyoverdin 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 staphyloxanthin [63].

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 [64] :

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 [65] :

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 [66]

H.E. *Syzygium aromaticum* (Clou de girofle)	3 gouttes
H.E. *Gaultheria* procumbens (Gaulthérie)	2 gouttes
H.E. *Citrus auriantum 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.

4.1.2.2.2 H.E. antifongique

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

Le *Syzygium 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 [67].

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 glabatra* et quelques souches de candidas isolés [68].

Voir annexe D : activité antifongique de l'huile essentielle de clou de girofle et de l'eugénol page 114.

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 [66].

4.1.2.2.3 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 [69].

4.1.2.3 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) [70].

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 [71]. 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) [72].

Ces résultats ouvrent la voie à de nouveaux traitements topiques possibles.

Formule dans le cas de scabiose [64] :

H.E. *Tanacetum annum* (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.

4.1.2.4 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. *Ocinum 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 [37]:

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 [20] :

H.E. *Cinnamomum zeylanicum* (Cannelle de Ceylan)	1 goutte
H.E. *Syzygium aromacitum* (Clou de girofle)	1 goutte
H.E. *Citrus limomum* (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 *Syzygium 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 [73].

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

4.1.2.5 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 pas d'étude démontrant leur mécanisme d'action et prouvant de leurs véritables propriétés dans ce domaine.

Retard sur le terme [73]:

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 auratium 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 [73]:

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.

4.1.2.6 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 [74].

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 gastro-protecteur, cependant des études complémentaires pharmacologiques et toxicologiques sont à réaliser avant d'inclure son utilisation dans la prise en charge d'ulcère gastrique [75].

Préparation en cas de diarrhées/ aérophagie/ ballonnements [20][66]:

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 [76], et donc un effet anti-diarrhéique.

Préparation en cas de règles douloureuses [20] :

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.

4.1.3 Les clous de girofle antioxydants

Les clous de girofle possèdent de nombreuses propriétés bienfaisantes 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 [77]. Il pourrait dont 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, cardamone verte, cardamone 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.

4.1.3.1 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 [78].

4.1.3.2 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. [79]).

4.1.3.3 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 [80].

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 [81].

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 [82].

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) [83].

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 [84]. 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 [85].

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 [86].

4.1.4 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 anti-poux, 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 aigüe 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

4.2 Dans le domaine de l'alimentation

4.2.1 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 [87][54].

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 [87].

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 [87].

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) [73].

Voir Annexe C : activité antibactérienne des Huiles essentielles page 113.

En ce qui concerne le clou de girofle, les concentrations minimales inhibitrices sont respectivement 0,1% - 0,1%- 0,05% - 0,2% pour *l'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 a 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 1000cm^3 d'un bouillon de viande ensemencé avec de l'eau de fosse septique [54].

4.2.2 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 moulinés. 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.

4.2.3 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.

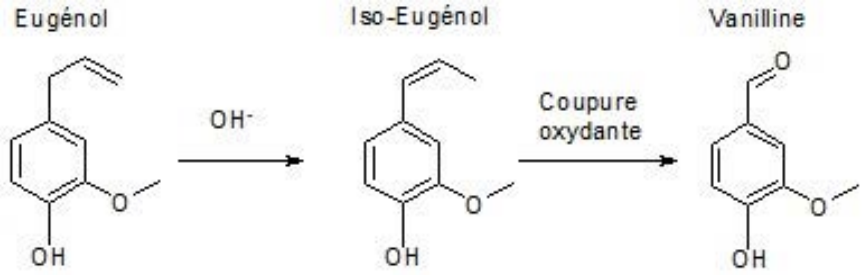


Figure 35: Principales étapes de la synthèse de vanilline à partir de l'eugénol

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'arome 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 [88].

4.3 Autres domaines utilisant le clou de girofle

4.3.1 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 [88][89].

Quelques exemples de parfums contenant des notes de girofle : Gentleman de Givenchy ®, Kenzo Jungle ®, Coco Chanel ®, Miss Dior ®, Opium de Yves Saint-Laurent ®, etc.

4.3.2 Les *Kreteks*

Les *kreteks* 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.

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. [90][91][92].

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 [93][94].

4.4 Conclusion sur les utilisations des produits issus du giroflier

L'H.E. de clou de girofle reste l'H.E. phare des maux de bouches. Elle a cependant sa place lors du conseil officinal pour d'autres pathologies comme les cystites et les troubles digestifs.

Les clous de girofle ont longtemps fait partie de notre quotidien quand ils servaient à la synthèse de l'arôme vanille. Aujourd'hui, leur présence dans les plats indiens, antillais, réunionnais ou maghrébins, mélangés à d'autres épices, permet de les déguster sans y penser.

De nos jours, la majorité de la production mondiale des clous de girofle sert à la fabrication des cigarettes *kreteks* consommées en Indonésie.

FICHE PRATIQUE A L'OFFICINE

L'Huile Essentielle de Clou de Girofle

Dénomination botanique :

Syzygium aromaticum,
Eugenia caryophyllus

Principales molécules :

Eugénol
Acétate d'eugényle
β-caryophyllène

Partie de la plante utilisée :

Bouton floral, les « clous »

Origine :

Madagascar, Indonésie

Indications

- Aphtes
- Gingivite
- Abcès dentaire
- Douleur dentaire

Conseils d'utilisation :

Application locale : 1 goutte d'HE de clou de girofle à l'aide d'un coton-tige sur l'aphte ou l'abcès dentaire, 2 à 3 fois par jour pendant 2 à 3 jours.
La diluer dans une HV (olive, tournesol, amande douce) pour masser une zone plus importante

- Troubles digestifs (aérophagie, ballonnements)
- Asthénie

Voie orale : Prendre 1 goutte sur support neutre, miel, sucre, 2 à 3 fois par jour pendant 5 à 7 jours

Contre-indications :

- Femme enceinte ou allaitante
- Enfant de moins de 12 ans
- Insuffisance hépatique
- Prudence avec les traitements anticoagulants

Précautions d'emploi :

- Ne pas faire de traitement prolongé (5 à 7 jours au maximum)
- Ne pas diffuser ou inhaler cette huile essentielle
- La diluer dans une huile végétale avant de l'appliquer sur la peau

5 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 giroflier 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.

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Production de girofles en 2012 (toutes parties de la plante confondues) par pays en tonne et en Dollar international (faostat.fao.org).

Figure 2 : Exportation de girofles en 2011 (toutes parties de la plante confondues) par pays en tonne et en dollar par tonne (faostat.fao.org).

Figure 3 : Importations de girofles en 2011 (toutes parties de la plante confondues) par pays en tonne et en dollar par tonne (faostat.fao.org).

Figure 4 : Situation géographique des îles Moluques dans l'archipel indonésien.

Figure 5 : Cartes des principales voies de navigation durant les Grandes Découvertes du XVème au XVIIème siècle.

Figure 6 : Portrait de Pierre Poivre, Lithographie de CONGUY E., XIXème siècle.

Figure 7 : Allure d'un giroflier de Madagascar (photographie personnelle).

Figure 8 : Division du tronc à la base (photographie personnelle).

Figure 9 : Feuilles jeunes de couleur rose et feuilles matures de couleur verte (photographie personnelle).

Figure 10 : *Syzygium aromaticum*, Pousse florifère et, en dessous, bouton floral. A droite : fruit surmonté des restes du calice [17].

Figure 11 : Branche de giroflier portant les clous en inflorescences terminale (photographie personnelle).

Figure 12 : Boutons floraux et fleurs de giroflier (photographie personnelle).

Figure 13 : Clous roses récoltés avant l'épanouissement de la fleur (©Cirad, DANTHU P.)

Figure 14 : Egriffage des clous après la récolte (photographie personnelle).

Figure 15 : Séchage des clous sur des nattes à Madagascar (photographie personnelle).

Figure 16 : Schéma du fonctionnement de la distillation à la vapeur d'eau [20].

Figure 17 : Dessin des deux types de vases florentin (nature-helps.com).

Figure 18 : Logo du label AB (agencebio.org).

Figure 19 : Logo « eurofeuille » du label Bio Européen (agencebio.org).

Figure 20 : H.E. portant les logos AB et eurofeuille, provenant du magasin « La vie saine » (magasin d'alimentation bio).

Figure 21 : H.E. portant les logos AB et eurofeuille, provenant d'une pharmacie.

Figure 22 : H.E. portant le logo eurofeuille, commercialisée par « Nature & Découverte »

Figure 23 : Logo HECT du laboratoire Pranarôm (pranarôm.com).

Figure 24 : Logo HECT (développementdurable.com).

Figure 25 : Logo HEBBD (phytosunaroms.com).

Figure 26 : H.E. HEBBD provenant d'une pharmacie.

Figure 27 : H.E. HECT provenant du magasin « la vie saine » (magasin d'alimentation bio) également commercialisée en pharmacie.

Figure 28 : Logo du référentiel Ecocert parfums d'ambiance (ecocert.com).
Figure 29 : H.E. de clous de girofle Ecocert parfum d'ambiance provenant d'une pharmacie.
Figure 30 : Equation de la photosynthèse (ac-grenoble.fr)
Figure 31 : Formule de la molécule de β-caryophyllène.
Figure 32 : Formule de la molécule d'eugénol.
Figure 33 : Formule de la molécule de méthyleugénol.
Figure 34 : Formule de la molécule d'acétate d'eugényle
Figure 35 : Principales étapes de la synthèse de vanilline à partir de l'eugénol.
Figure 36 : Exemple de bulletin d'analyse d'une huile essentielle de clou de girofle vendue en pharmacie.
Figure 37 : Schéma de l'appareillage d'une chromatographie en phase gazeuse [40].
Figure 38 : Principe de l'obtention d'un chromatogramme [40].

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Classement des principaux pays producteurs en 2012 de girofles (toutes parties de la plante confondues) (faostat.fao.org).

Tableau II : Classement des principaux pays exportateurs en 2011 de girofles (toutes parties de la plante confondues) (faostat.fao.org).

Tableau III : Classement des principaux pays importateurs en 2011 de girofles (toutes parties de la plante confondues) (faostat.fao.org).

Tableau IV : Classification botanique du *Syzygium aromaticum*.

Tableau V : Calendrier de récolte des clous de girofle en fonction des pays producteurs [7]. Les zones vertes correspondent aux périodes de récolte.

Tableau VI : Extrait de la norme ISO4720 se référant aux giroflier.

Tableau VII : Les chémotypes du *Romarins officinalis* et leurs propriétés.

Tableau VIII : Composition chimique d'échantillons d'H.E. de clous de girofle provenant de Madagascar (39 échantillons) et d'Indonésie (6 échantillons) [25].

Tableau IX : Récapitulatif des principaux composants de l'H.E. de clous de girofle.

Tableau X : Seuil d'efficacité (concentration minimale inhibitrice) des huiles essentielles sélectionnées contre quatre bactéries pathogènes.

Tableau XI : 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).

REFERENCES

[1] BOTNIEAU M.
Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs
Paris : éd Tec&Doc ; 2010. p. 483-486.

[2] 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.

[3] VERMEULEN F, JOHNSTON MD L.
Plants, homeopathic and medicinal uses from a botanic family perspective. Volume 3.
Glasgow : Saltire Books ; 2011. p. 729-745.

[4] JEANGUYOT M, SEGUIER-GUIS M.
L'herbier du voyageur, histoire des fruits, légumes et épices du monde
Toulouse : Ed. Plume de carotte ; 2004. 163p.

[5] SpiceAdvice.
The History of spice [en ligne]. c1997-2015 [consulté le 19.09.14].
Disponible sur : http://www.spiceadvice.com/history/index.html

[6] GURIB-FAKIM A.
Toutes les plantes qui soignent, plantes d'hier, médicaments d'aujourd'hui.
Neuilly-sur-Seine : Ed. Michel Lafon ; 2008. p. 112-114.

[7] RANOARISOA KM.
Evolution historique et état des lieux de la filière girofle à Madagascar [Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome].
Antananarivo : Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; 2012. 89 p.
Disponible sur :
http://afs4food.cirad.fr/content/download/4421/33648/version/2/file/Ranoarisoa_historique_filiere_girofle_2012.pdf

[8] FRANÇOIS E.
Giroflier et Girofle (Suite et fin).
Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale. [en ligne]. 1936 [consulté le 26.03.15] ; 16(183) : 892-907.
Disponible sur : http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/jatba_0370-3681_1936_num_16_183_5676

[9] LAROUSSE ENCYCLOPEDIE.
Indonésie [en ligne]. [consulté le 19.09.14].
Disponible sur : http://www.larousse.fr/encyclopedie/pays/Indon%C3%A9sie/124942

[10] QUALIREG : la qualité pour le développement en Océan Indien.
Valorisations des filières épices à Madagascar [en ligne]. 2011 [consulté le 19.09.14].
Disponible sur : http://www.qualireg.org/ressources/documentation-publique/rapports-de-synthese/qualite-et-origine/valorisation-des-filieres-epices-a-madagascar/(language)/fre-FR

[11] VITASPICE.
Girofle [en ligne]. c2009 [consulté le 19.09.14].
Disponible sur : http://vitaspice.com.br/fra/girofle.asp

[12] EENI.
Programme de l'Unité didactique: Inde - Sri Lanka Partenariat économique global [en ligne]. c1995-2015 [consulté le 19.09.14].
Disponible sur http://fr.reingex.com/Inde-Sri-Lanka-ALE.shtml

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

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

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

[16] MINISTERE DE L'AGRICULTURE DE LA REPUBLIQUE DE MADAGASCAR.
Giroflier [en ligne]. 2014 [consulté le 19.09.14].
Disponible sur : http://www.agriculture.gov.mg/wp-content/uploads/2014/pdf/Giroflier.pdf

[17] BOULLARD B.
Plantes médicinales du monde : croyances et réalités.
Paris : Ed. ESTEM ; 2001. p. 511-512.

[18] HEYWOOD VH.
Les plantes à fleurs : 306 familles de la flore mondiale.
Paris : Ed. Nathan ; 1996. p. 11 ; 13-15.

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

[20] 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.

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

[22] AFSSAPS.
Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles : contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles [en ligne]. 2008 [consulté le 20.09.14].
Disponible sur :
http://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/657257784ff10b16654e1ac94b60e3fb.pdf

[23] ISO.
ISO 9235:2013(fr) : matières premières aromatiques naturelles, vocabulaire [en ligne]. 2013 [consulté le 06.10.14].
Disponible sur : https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:9235:ed-2:v1:fr:term:2.11

[24] JOUAULT S 2012.
La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité. [Thèse d'exercice de Pharmacie]. Nancy : Université de Lorraine ; 2012. 142 p.
Disponible sur : http://docnum.univ-lorraine.fr/public/BUPHA_T_2012_JOUAULT_SOLENE.pdf

[25] RAZAFIMAMONJISON D, JAHIEL M, DUCLOS T, et al. 2014.
Bud, leaf and stem essential oil composition of Syzygium aromaticum from Madagascar, Indonesia and Zanzibar.
International Journal of Basic and Applied Sciences. 2014 ; 3(3) :224-233.

[26] ANSM.
Qu'est-ce que la Pharmacopée ?[en ligne]. 2015 [consulté le 12.01.15].
Disponible sur : http://ansm.sante.fr/Activites/Pharmacopee/Qu-est-ce-que-la-Pharmacopee/(offset)/0

[27] MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE.
REACH [en ligne]. 2012 [consulté le 05.01.15].
Disponible sur : http://www.developpement-durable.gouv.fr/REACH,30375.html

[28] SENAT.
Conséquences de l'utilisation des huiles essentielles, 14ème législature [en ligne]. 2012 [consulté le 05.01.15].
Disponible sur : http://www.senat.fr/questions/base/2012/qSEQ121002315.html

[29] MINISTERE DE LA VILLE, DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS.
Normes et normalisation [en ligne]. 2013 [consulté le 05.01.15].
Disponible sur : http://www.sports.gouv.fr/pratiques-sportives/Les-equipements-sportifs/La-reglementation-en-matiere-d-equipements-sportifs/article/Normes-afnor

[30] ISO.
ISO 2254:2004(fr) : clous de girofle entiers et clous de girofle en poudre, Spécifications [en ligne]. 2004 [consulté le 26.03.15].
Disponible sur : https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:2254:ed-2:v1:fr:fig:4

[31] ISO.
ISO 3142:1997(fr) : huile essentielle de clous de giroflier [Syzygium aromaticum (L.) Merr. et Perry, syn. Eugenia caryophyllus (Sprengel) Bullock et S. Harrison] [en ligne]. 2004 [consulté le 26.03.15].
Disponible sur : https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:3142:ed-2:v1:fr

[32] ISO.
ISO 3141:1997(fr) : huile essentielle de feuilles de giroflier [Syzygium aromaticum (L.) Merr. et Perry, syn. Eugenia caryophyllus (Sprengel) Bullock et S. Harrison] [en ligne]. 2004 [consulté le 26.03.15].
Disponible sur : https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:3141:ed-3:v1:fr

[33] ISO.
ISO 3143:1997(fr) : huile essentielle de griffes de giroflier [Syzygium aromaticum (L.) Merr. et Perry, syn. Eugenia caryophyllus (Sprengel) Bullock et S. Harrison] [en ligne]. 2004 [consulté le 26.03.15].
Disponible sur : https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:3143:ed-2:v1:fr

[34] 60 MILLIONS DE CONSOMMATEURS.
A quel label bio se fier ? [en ligne]. 2011 [consulté le 20.10.14].
Disponible sur : http://www.60millions-mag.com/guides_d_achat/conseils_d_experts/a_quel_label_bio_se_fier/le_logo_ab

[35] MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PECHE, DE LA RURALITE ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE.
Règles d'usage de la marque « AB », article 6 : champ d'application [en ligne]. 2011 [consulté le 26.03.15].
Disponible sur : http://www.agencebio.org/sites/default/files/upload/documents/3_Espace_Pro/regles_usage_marque_AB.pdf

[36] AGENCE FRANCAISE POUR LE DEVELOPPEMENT ET LA PROMOTION DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE.
Le logo bio européen [en ligne]. [consulté le 20.10.14].
Disponible sur : http://www.agencebio.org/le-logo-bio-europeen

[37] RAYNAUD J.
Prescription et conseil en aromathérapie.
Paris : Ed. Tec &Doc ; 2006. 247 p.

[38] GROUPE ECOCERT.
Bougies et parfums d'ambiance d'origine naturelle et biologique [en ligne]. [consulté le 12.01.15].
Disponible sur : http://www.ecocert.com/bougies-et-parfums-dambiance-dorigine-naturelle-et-biologiques

[39] 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.

[40] STAUB H, BAYER L.
Traité approfondi de phytoaromathérapie : avec présentation de 750 huiles essentielles connues.
Paris: Ed. Grancher ; 2013. 750 p.

[41] FESTY D.
Ma bible des huiles essentielles.
Paris: Ed. Leduc.s ; 2008. 549 p.

(42) DIRECTION DE LA QUALITE DU MEDICAMENT DU CONSEIL DE L'EUROPE.
Pharmacopée Européenne. 5e éd.
Sainte-Ruffine : Maisonneuve S.A. ; 2004.

[43] WERNER M, VON BRAUNSCHWEIG R.
L'aromathérapie : principes, indications, utilisations.
Paris : Ed. Vigot ; 2008. 334 p.

[44] 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.

[45] SAEED SA, SIMJEE RU, SHAMIM G, GILANj AH, 1995.
Eugenol : a dual inhibitor of platelet-activating factor and arachidonic acid metabolism.
Phytomedicine. 1995; 2(1): 23-28.

[46] RAGHAVENDRA RH, NAIDU KA.
Spice active principles as the inhibitors of humans platelet aggregation and thromboxane biosynthesis.
Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids. 2009 ;81(1) :73-78.

[47] SRIVASTAVA KC, 1993.
Antiplatelet principles from a food spice clove (Syzygium aromaticum L)
Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids. 1993; 48(5) : 363-372.

[48] MARALHAS A, MONTEIRO A, MARTINS C et al.,
Genotoxicity and endoreduplication inducing activity of the food flavouring eugenol.
Mutagenesis. 2006; 21(3):199-204.

[49] BOLTON JL,
Quinone Methide Bioactivation Pathway: Contribution to Toxicity and/or Cytoprotection?
Current organic chemistry. 2014;18(1):61-69.

[50] SOUNDRAN V, NAMAGIRI T, MANONAYAKI S et al.,
Hepatotoxicity of eugenol.
Ancient science of life. 1994 ; 13(3-4) : 213-217.

[51] CORTES-ROJAS DF, FERNANDES DE SOUZA CR, PEREIRA OLIVIERA W,
Clove (Syzygium aromticum) : a precious spice.
Asian Pacific Journal Of Tropical Biomedicine. 2014 ; 4(2) : 90-96.

[52] BROWN SA, BIGGERSTAFF J, SAVIDEE GF,
Disseminated intravascular coagulation and hepatocellular necrosis due to clove oil.
Blood Coagulation & fibrinolysis. 1992 ;3(5) : 665-668.

[53] JANES SE, PRICE CS, THOMAS D,
Essentiel oil poisoning : N-acetylcystein for eugenol-induced hepatic failure and analysis of a national database.
European journal of pediatrics. 2005 ; 164(8) :520-522.

[54] VALNET J.
Aromathérapie : traitement des maladies par les essences de plantes. 10e éd.
Paris : Maloine ; 1984. 544 p.

[55] UJU DE, OBIOMA NP.
Anticariogenic potentials of clove, tobacco and bitter kola.
Asian Pacific journal of tropical medicine. 2011 ; 4(10) : 814-818.

[56] GHELARDINI C, GALEOTTI N, DI CESARE MANNELLI L, et al.
Local anesthetic activity of beta-caryophyllène.
Farmaco. 2001 ;56(5-7) :387-389.

[57] 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.

[58] 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.

[59] 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.

[60] PRABUSEENIVASAN S, JAYAKUMAR M, IGNA-CIMUTHUS S,
In vitro antibacterial activity of some plant essential oils.
BMC Complement Alters Medicine. 2006 ;6 :39.

[61] 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.

[62] 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.

[63] MUSTHAFA KS, VORAVUTHIKUNCHAI SP.
Anti-virulence potential of eugenyl acetate against pathogenic bacteria of medical importance.
Antonie Van Leeuwenhoek. 2015 ; 107(3) :703-710.

[64] BAUDOUX D.
Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française. Volume 5 : grossesse.
Luxembourg : Ed. Inspir ; 2006. 316 p.

[65] CIEUR J, MILLET J, MOREL JM, et al.
Conseil en aromathérapie. 2e éd.
Rueil-Malmaison : Ed. Pro-officina ; 2008. 187p.

[66] FAUCON M.
Aromathérapie pratique et usuelle
Paris: Ed. Sang de la Terre: 2009. 153 p.

[67] 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 compoenents.
Journal of medicine association of Thailand. 2014 ; 97(8): 108-115.

[68] 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.

[69] 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.

[70] 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.

[71] 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.

[72] PASAY C, MOUNSEY K, STEVENSON G et al.
Acaricidal activity of eugenol based compounds against scabies mites.
PLoS One. 2010 ; 5(8) :e12079.

[73] GOSWAMI SK, PANDRA MK, JAMWAL R et al.
Screening for Rho-kinase 2 inhibitoy potential of Indian medicinal plants used in mangement of erectile dysfunction.
Journal of ethnopharmacology. 2012 ; 144(3) :483-489.

[73] BAUDOUX D, ZHIRI A.
Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française. Volume 2 : dermatologie.
Bruxelles : Ed. Amyris ; 2003. 292 p.

[74] 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.

[75] 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.

[76] YOA Z, NANKUNG W, A KO E et al.
Fractionation of a herbal antidiarrheal medicine reveals eugenol as an inhibition of a Ca^{2+}-activated Cl^- channel TMEMIGA.
PLosOne. 2012 ;7(5) :e38030.

[77] 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.

[78] 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.

[79] 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.

[80] 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.

[81] 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.

[82] 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.

[83] 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.

[84] 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.

[85] 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.

[86] 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.

[87] 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 26.03.15].
Disponible sur : http://www.labo-resala.com/fiches_huiles_essentielles.html

[88] Société Chimique de France.
Vanille et vanilline [en ligne]. [consulté le 08.01.15].
Disponible sur : http://www.societechimiquedefrance.fr/produit-du-jour/vanille-et-vanilline.html

[89] OSMOZ.
OSMOZ, share your fragances [en ligne]. c2011-2015 [consulté le 08.01.15].
Disponible sur : http://www.osmoz.fr

[90] 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.

[91] 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.

[92] PIADE 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. DOI : 10.1016/j.yrtph.2014.09.013

[93] SANDER LG, XUN Z.
Smoke : a global history of smoking.
London : Reaktion Books ; 2004. 408 p

[94] HANUSZ M.
Kretek : the culture and heritage of Indonesia’s Clove cigarettes.
Jakarta : Equinox Publishing ; 2000. 203 p.

[95] MAROUF A, REYNAUD J.
La botanique de A à Z.
Paris : Ed. Dunod, 2007. 342 p.

GLOSSAIRE

Acide aminé :	Molécules entrant dans la composition des protéines.
Androcée :	Désigne l'ensemble des étamines d'une fleur (organe mâle), en opposition au gynécée.
Antioxydant :	Molécule qui empêche l'oxydant d'autres espèces chimiques. L'oxydation peut produire des radicaux qui entrainent une chaine de réaction destructrice pour les cellules.
Aperture :	Zone de moindre résistance à la surface du grain de pollen permettant la sortie du tube pollinique [95].
Autophagie :	Dégradation partielle du contenu de la cellule.
Baie :	Fruit charnu contenant une ou plusieurs graines.
Basophiles (cellules) :	Variété de globule blanc qui intervient dans le déclenchement de la réaction inflammatoire.
Biloculaire (ovaire) :	Lorsque l'ovaire est divisé en deux loges contenant les ovules.
Bractée :	Pièce florale à l'aisselle de laquelle naissent les fleurs, mais qui n'est ni un sépale ni un pétale [95].
Calice :	Ensemble des sépales d'une fleur.
Chromatogramme :	Graphique retraçant les résultats obtenus lors de la chromatographie
Chudlen :	Sorte d'élixir de longue vie issue de la médecine tibétaine.
Coriace (feuille) :	Se dit d'une plante possédant la consistance du cuir et sa résistance.
Corolle :	Ensemble des pétales d'une fleur.
Cotylédon :	Au moment de la germination, les cotylédons constituent les premières feuilles de la plantule, contenant les substances nutritives nécessaires au développement [95].
Cytokine :	Molécule de signalisation synthétisée par les molécules du système immunitaire.
Dermocaustique :	Produit pouvant entrainer des brûlures de la peau et des muqueuses.
Dialypétale :	Se dit des plantes dont les pétales sont totalement séparés.
Distillat :	Produit de la distillation.
Distillation sèche :	Consiste à faire chauffer un solide pour en récupérer la phase gazeuse, après l'avoir fait condenser.
Endureduplication :	Processus par lequel la cellule duplique son matériel génétique mais ne se divise pas.

Epicarpe :	Désigne la partie la plus externe de l'enveloppe du fruit.
Etamines :	Organe mâle d'une fleur portant les sacs polliniques.
Eupeptique :	Se dit d'un produit favorisant la digestion.
Facteur de transcription :	Un facteur de transcription est une protéine qui régule l'expression des gènes (active ou inhibe).
Fenêtre thérapeutique :	Interruption provisoire du traitement dans le but d'en éviter les effets secondaires.
Feuille opposée :	Feuilles insérées par deux sur la tige, l'une en face de l'autre à la même hauteur [95].
Gamosépale (calice) :	Se dit d'un calice dont les sépales sont soudés au moins à leur base [95].
Gram positif et gram négatif :	Permet de définir les bactéries selon leur type de paroi.
Huile végétale :	Huile extraite de plantes oléagineuses (ex : Huile d'olive, de colza, de noix, de tournesol, d'argan, de Jojoba, etc).
Hypanthe :	Se dit d'un calice quand celui-ci est soudé à sa base et forme une urne enveloppant les ovaires de la fleur.
Insecticide :	Tue les insectes.
Insectifuge :	Repousse les insectes.
Ligneux :	Une plante ligneuse est une plante qui produit de la lignine, un des principaux composants du bois (en opposition aux plantes herbacées).
Limbe :	Correspond à la partie large et élargie de la feuille.
Liposoluble :	Qui est soluble dans les graisses.
Métabolite primaire :	Produit du métabolisme d'un organisme qui est directement impliqué dans sa croissance et son développement.
Méticilline :	Antibiotique.
Odontalgie :	Douleur des dents.
Ovaire :	Partie de la plante qui abrite les ovules, après maturation les ovaires donnent les fruits.
Ovaire infère :	Se dit d'un ovaire situé en dessous du niveau d'insertion des autres pièces florales [95].
Oxydoréduction :	Réaction chimique au cours de laquelle se produit un échange d'électron.
Pédicelle :	Petite ramification portant directement la fleur.
Persistante (feuille) :	Voir sempervirent.

Pétiole :	Désigne la partie de la feuille qui relie le limbe à l'axe qui porte la feuille.
Pivot :	Désigne la racine principale d'une plante d'où partent latéralement les racines secondaires et les radicules.
Préparation magistrale :	Les préparations magistrales sont réalisées par la Pharmacie pour un patient déterminé et selon une prescription médicale, en raison de l'absence de spécialité disponible ou adaptée.
Pro-oxydant :	A l'inverse de l'antioxydant, le pro-oxydant déclenche l'oxydation et la formation de radicaux libre.
Protéine kinase :	Groupe d'enzyme qui permet l'activation ou l'inhibition de protéines cibles.
Pyocynine et pyoverdine :	Pigments qui jouent un rôle dans la pathogénicité de la bactérie *P.aeruginosa*.
Rythme péristaltique :	Rythme de l'ensemble des contractions musculaires permettant la progression d'un contenu à l'intérieur d'un organe creux.
Sempervirent :	Désigne une plante qui garde son feuillage tout au long de l'année.
Sépale :	Pièce d'une fleur qui entoure les pétales (en général vert pour des pétales colorés).
Staphyloxanthine :	Pigment du *S.aureus* ayant un rôle dans sa pathogénicité.
Stigmate :	Extrémité glutineuse du style adaptée à la réception des grains de pollen [95].
Style :	Partie effilée prolongeant l'ovaire et à l'extrémité duquel est situé le stigmate [95].
Systémique :	En médecine, un effet systémique a une action sur l'ensemble de l'organisme.
Thromboxane B2 :	Composé biochimique qui permet d'augmenter l'agrégation plaquettaire.
Topoisomérase :	Enzyme régulant l'enroulement des molécules d'ADN. Ce mécanisme est important lors de la multiplication cellulaire.

ANNEXE A : Bulletin d'analyse d'une H.E. de clou de girofle

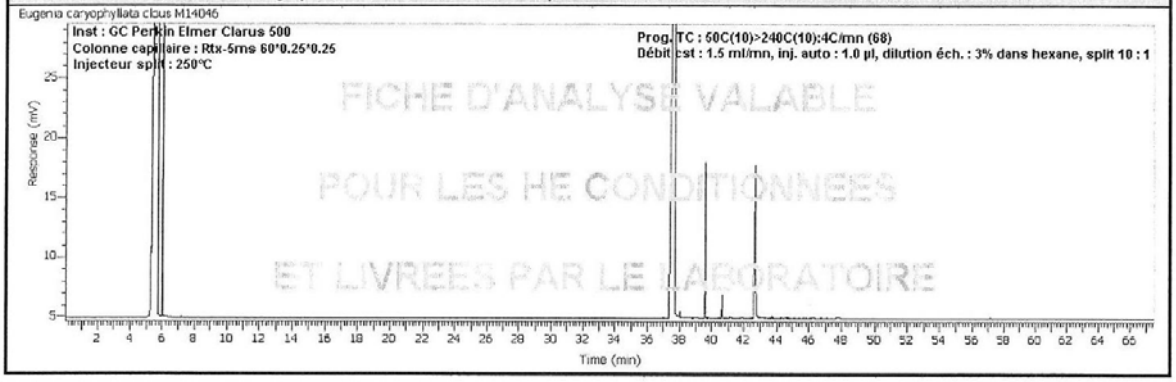
Nom latin : ***Eugenia caryophyllata Thunb***	Code : MP1000862	N° de lot : **M14046**	Date péremption : 03/2018	CMPP106-G Spécification SMPP106-G

Nom commun : Giroflier clous	**Spécificité biochimique** : Eugénol (80%), acétate d'eugényle	
n° CAS TSCA / EINECS : 8000-34-8 / 84961-50-2	**Mode d'obtention** : Distillation à la vapeur d'eau	**N° d'analyse** : 22928
Organe producteur : Boutons floraux séchés	**Origine** : Indonésie	**Date d'analyse** : 13/03/2014
Biotope : Culture conventionnelle	**Nom du fournisseur** : Quimdis	**Nombre de gouttes / ml** : 47 (réf. : compte-gouttes capillaire Codex)

	ORIGINE MONOGRAPHIE	ESSAIS	SPECIFICATIONS	RESULTATS
Caractéristiques organoleptiques	Pharmacopée Européenne 6.0 01/2008 : 1091	Aspect	Liquide limpide	Conforme
		Couleur	Jaune, virant au brun lorsqu'il est exposé à l'air	Jaune
Caractéristiques physiques		Densité à 20°C	1,0300 - 1,0630	1,0557
		Indice de réfraction à 20°C	1,5280 - 1,5370	1,5337
		Pouvoir rotatoire à 20°C	-2° à 0°	-0°45
Caractéristiques chimiques	Interne	Indice d'acide (mg/g)	< 30	0,3
		Indice de péroxyde ($mEqO_2/kg$)	< 80	0

	ORIGINE MONOGRAPHIE	CONSTITUANTS	SPECIFICATIONS	RESULTATS	CONSTITUANTS	SPECIFICATIONS	RESULTATS
Caractéristiques biochimiques	Pharmacopée Européenne 6.0 01/2008 : 1091	eugénol β-caryophyllène	75 - 88% 5 - 14%	80,0% 7,0%	acétate d'eugényle	4 - 15%	10,6%

CARACTERISTIQUES BIOCHIMIQUES (SM) ET PROPORTION RELATIVE (CPG, FID) DES PRINCIPAUX CONSTITUANTS
(Analyse en CPG couplée à un SM + analyse CPG détecteur FID)
CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse SM : Spectrométrie de Masse FID : Détecteur à Ionisation de Flamme



FICHE D'ANALYSE VALABLE
POUR LES HE CONDITIONNEES
ET LIVREES PAR LE LABORATOIRE

Constituants : Total des constituants : 99.8% **4.60TR** solvant de dilution utilisé pour l'analyse (hexane) **12.15TR** furfural **30.84TR** salicylate de méthyle **33.29TR** chavicol **37.70TR** 80.0% eugénol **38.03TR** 0.20% α-copaène **38.73TR** 0.04% méthyleugénol **39.60TR** 7.0% β-caryophyllène **39.80TR** 0.03% M : 204 **40.44TR** 0.02% M : 204 **40.64TR** 0.84% α-humulène **40.70TR** 0.02% alloaromadendrène **41.14TR** 0.06% trans cadina-1(6),4-diène **41.21TR** 0.04% γ-muurolène **41.70TR** 0.02% α-muurolène **41.92TR** 0.06% α-farnésène **41.60TR** 0.40% δ-cadinène **42.70TR** 10.6% acétate d'eugényle **42.94TR** 0.10% trans cadina-1,4-diène **43.00TR** 0.02% α-calacorène **43.73TR** 0.09% M : 220 **44.30TR** 0.04% alcool de caryophyllène **44.53TR** 0.02% M : 222 **44.68TR** 0.08% oxyde de caryophyllène **45.12TR** 0.02% M : 220 **45.83TR** 0.03% acétate d'isoeugényle **45.90TR** épicubénol **46.10TR** 0.03% épicubénol **46.73TR** 0.04% M : 222 **47.09TR** 0.03% M : 220 **47.68TR** 0.13% 5-méthylxanthoxylin

Conservation : en flacon bien fermé, à l'abri de la lumière et de la chaleur

CONCLUSION :

Conforme à la Pharmacopée EUR

[redacted] Docteur en Pharmacie
Responsable du Département Achat et Contrôle Qualité des huiles essentielles – huiles végétales - hydrolats

Le : 19. 3. 2014
Visa :

Figure 36: exemple de bulletin d'analyse d'une huile essentielle de clou de girofle vendue en pharmacie.

ANNEXE B : Principes généraux de la chromatographie en phase gazeuse

La chromatographie en phase gazeuse est une technique de séparation des substances volatiles de bas poids moléculaire comme les huiles essentielles.

On utilise un gaz vecteur (phase mobile) pour faire passer l'échantillon à analyser dans une colonne capillaire (phase stationnaire). En fonction des affinités avec cette phase stationnaire (polarité, poids moléculaire), les molécules de même nature vont être plus ou moins retenues dans la colonne, et n'en sortiront pas au même moment [40].

Un détecteur est placé à la sortie de cette colonne. Il existe plusieurs types de détecteur, notamment les suivants qui sont les plus couramment utilisés pour analyser les échantillons d'huile essentielle :

- détecteur à ionisation de flamme
- détecteur de masse (spectrométrie de masse)

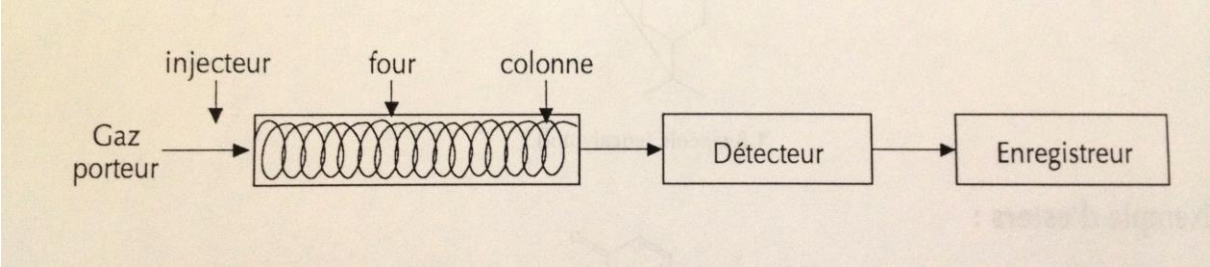


Figure 37 : Schéma de l'appareillage d'une chromatographie en phase gazeuse [40]

D'une manière générale, le détecteur transmet un signal électrique à l'enregistreur celui-ci étant proportionnel à la concentration du composant au sein de l'échantillon. Cet enregistreur reproduit alors graphiquement les résultats sur ce qu'on appelle un chromatogramme [40].

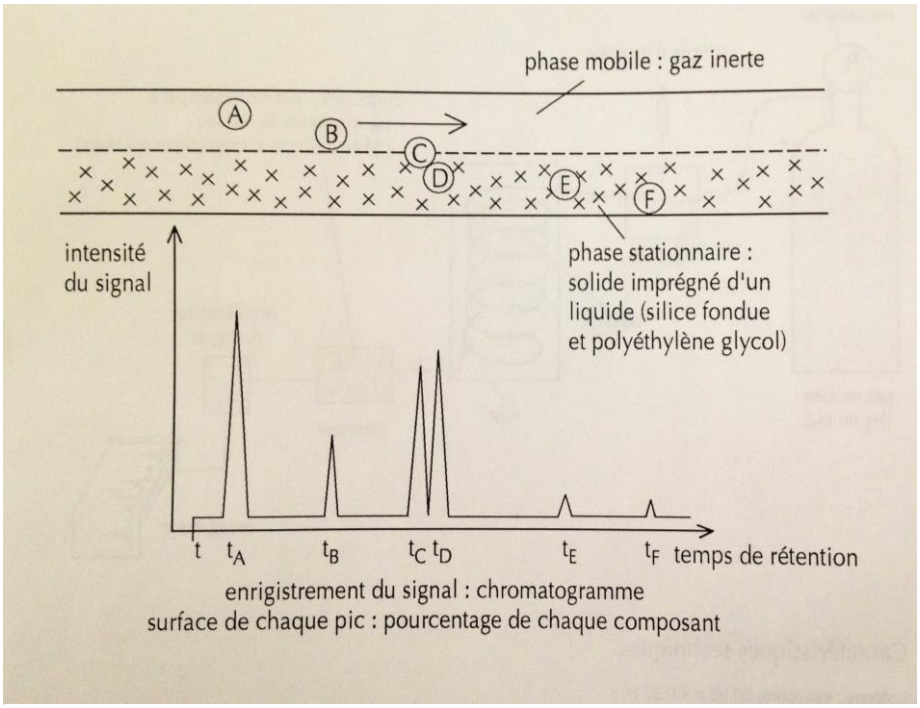


Figure 38: Principe de l'obtention d'un chromatogramme [40]

Cette définition reprend les grandes lignes du principe d'une CPG. Il existe de nombreux systèmes d'appareillage à adapter en fonction de l'échantillon à analyser : nature et débit du gaz vecteur, nature de la colonne capillaire, température, etc. Un bonne optimisation de ces paramètres permettra d'obtenir des chromatogrammes de meilleure qualité. Les pharmacopées (Européennes et Françaises) définissent ces paramètres dans chaque monographie.

ANNEXE C : Activité antibactérienne des huiles essentielles

Tableau XI: 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**	***E. coli***	***Salm.***	***S. aur***	***L. monoc***
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
Lemongrasse	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
Citronelle de Ceylan	Sri Lanka	herbe	Géraniol (19), limonène (10), camphène (9)	>0,8	0,8	0,4	0,8
Citronelle de Java	Vietnam	Herbe	Citronenellal (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 feur	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	Carvarcol (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 D : Activité antifongique de l'H.E. de clou de girofle et de l'eugénol

Tableau 1: activité antimicrobienne (CMI et CMF) de l'huile essentielle de clous de girofle et de l'eugénol contre des souches de *candidas, dermatophytes* et *aspergillus*.

	H.E. de clous de girofle		Eugenol		Fluconazole		Amphotéricine B	
	CMI*	CMF*	CMI*	CMF*	CMI♯	CMF♯	CMI♯	CMF♯
Levures								
Souches de candidas ATCC								
C. albicans	0.64	0.64–1.25	0.64	0.64–1.25	1	>128	NT	NT
C. krusei	0.64	0.64	0.64	0.64	64	64–128	NT	NT
C. tropicalis	0.64	0.64	0.64	0.64	4	>128	NT	NT
C. parapsilosis	0.32–0.64	0.64–1.25	0.32	0.64	<1	<1	NT	NT
Souches cliniques de candidas isolés								
C. albicans D5	0.64	0.64	0.32–0.64	0.64–1.25	64	>128	NT	NT
C. albicans D1	0.64	0.64–1.25	0.64	0.64–1.25	2	128	NT	NT
C. krusei D39	0.64	0.64	0.64	0.64	64	64–128	NT	NT
C. tropicalis D42	0.64	0.64	0.64	0.64	2	>128	NT	NT
C. glabatra D10R	0.64	0.64–1.25	0.64	0.64–1.25	32	32	NT	NT
Champignons filamenteux								
Dermatophytes								
Epidermophyton floccosum	0.16	0.32	0.16	0.32	16	16	NT	NT
Trichophyton rubrum	0.16	0.32	0.16	0.32	16–32	32	NT	NT
Tichophyton mentagrophytes	0.16	0.32	0.16	0.32	16–32	32–64	NT	NT
Microsporum canis	0.08–0.16	0.16–0.32	0.08	0.16	128	128	NT	NT
Microsporum gypseum	0.16	0.32	0.16	0.32	≥128	≥128	NT	NT
Espèces d'Aspergillus								
A. flavus	0.64	1.25	0.32–0.64	1.25	NT	NT	2	8
A. fumigatus	0.32	1.25	0.32	1.25	NT	NT	2	4
A. niger	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= non testé

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

FACULTE DE PHARMACIE **UNIVERSITE DE LORRAINE**

DEMANDE D'IMPRIMATUR

Date de soutenance : 10 Juin 2015

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

présenté par : Sophie BARBELET

Sujet : Le Giroflier : historique, description et utilisations de la plante et de son huile essentielle.

Jury :

Président : Mme Dominique LAURAIN-MATTAR, Professeur des Universités
Directeur : Mme Françoise COUIC-MARINIER, Pharmacien Aromathérapeute
Juges : Mme Anne MARTRETTE, Pharmacien
Mme Claire PRATELLI, Pharmacien

Vu,

Nancy, le 4 Mai 2015

Le Président du Jury — Mme Laurain-Mattar

Directeur de Thèse — Mme Couic-Marinier

Vu et approuvé,

Nancy, le 11.05.2015

Doyen de la Faculté de Pharmacie de l'Université de Lorraine,

Francine PAULUS

Vu,

Nancy, le 15 MAI 2015

Le Président de l'Université de Lorraine,

Pierre MUTZENHARDT

N° d'enregistrement : 6706.

N° d'identification : 6706

TITRE

Le giroflier : historique, descriptions et utilisations de la plante et de son huile essentielle.

Thèse soutenue le 10 Juin 2015

Par Sophie Barbelet

RESUME :

Le giroflier est un arbre originaire des îles Moluques en Indonésie. Ses boutons floraux, les clous de girofle, étaient au coeur du commerce des épices durant les grandes découvertes, et sont aujourd'hui produits en grande quantité à Madagascar, Zanzibar et toujours en Indonésie.
Les clous récoltés peuvent être utilisés tels quels, ou peuvent être distillés afin de produire l'huile essentielle.
Il y a quelques décennies, la culture du clou de girofle servait à la production de vanilline de synthèse (arôme vanille). Aujourd'hui, la plus grande partie de la production mondiale est destinée à la fabrication des cigarettes kreteks, consommées en Indonésie.
L'huile essentielle issue des clous de girofle possède des propriétés antiseptiques très puissantes, grâce à la présence de phénols, et également un pouvoir anesthésiant.
A l'officine, on conseillera cette huile essentielle pour les maux de bouche, les troubles digestifs et en cas d'asthénie fonctionnelle.
Le contexte réglementaire étant confus, c'est le pharmacien qui devra s'assurer de la qualité du produit
lors de son approvisionnement auprès d'un laboratoire. Il devra être vigilant quant à l'organe de la plante utilisé pour produire l'huile essentielle (le clou et non les feuilles ou les tiges), le mode de culture
utilisé, et les traitements effectués après la récolte.

MOTS CLES :
Giroflier, clou de girofle, *Eugenia caryophyllata, Syzygium aromaticum*, distillation, huile essentielle, épice, Myrtacées, Madagascar, Indonésie, Zanzibar, réglementation, label, eugénol, acétate d'eugényle, kreteks, vanilline

Directeurs de thèse	Intitulé du laboratoire	Nature
Mme Françoise COUIC-MARINIE Mme Dominique LAURAIN-MATT	Laboratoire de Pharmacognosie	**Expérimentale** ☐ **Bibliographique** X **Thème** ☐

Thèmes	**1 – Sciences fondamentales** **3 – Médicament** **5 - Biologie**	**2 – Hygiène/Environnement** **4 – Alimentation – Nutrition** **6 – Pratique professionnelle**