



La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité

Solène Jouault

► To cite this version:

Solène Jouault. La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité. Sciences pharmaceutiques. 2012. hal-01732038

HAL Id: hal-01732038

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01732038>

Submitted on 14 Mar 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



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
2012

FACULTE DE PHARMACIE

**LA QUALITE DES HUILES
ESSENTIELLES ET SON INFLUENCE
SUR LEUR EFICACITE ET SUR LEUR
TOXICITE**

Présentée et soutenue publiquement

Le 4 Avril 2012

pour obtenir

le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie

par Mlle **Solène JOUAULT**
née le 15 octobre 1986 à Harfleur (76)

Membres du Jury

Président : Mme Dominique LAURAIN-MATTAR, Professeur, Enseignant-chercheur à la
faculté de Pharmacie de Nancy

Juges : Mme Françoise COUIC-MARINIER, Docteur en Pharmacie
M. Jacques FLEURENTIN, Pharmacien, Président de la SFE
M. François TOURNAY, Pharmacien

UNIVERSITE DE LORRAINE
FACULTÉ DE PHARMACIE
Année universitaire 2011-2012

DOYEN

Francine PAULUS

Vice-Doyen

Francine KEDZIEREWICZ

Directeur des Etudes

Virginie PICHON

Président du Conseil de la Pédagogie

Bertrand RIHN

Président de la Commission de la Recherche

Christophe GANTZER

Président de la Commission Prospective Facultaire

Jean-Yves JOUZEAU

Responsable de la Cellule de Formations Continue et Individuelle

Béatrice FAIVRE

Responsable ERASMUS :

Responsable de la filière Officine :

Responsables de la filière Industrie :

Francine KEDZIEREWICZ

Francine PAULUS

Isabelle LARTAUD,

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

**Responsable du Collège d'Enseignement
Pharmaceutique Hospitalier :**

Jean-Michel SIMON

Responsable Pharma Plus E.N.S.I.C. :

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Responsable Pharma Plus E.N.S.A.I.A. :

Bertrand RIHN

DOYENS HONORAIRES

Chantal FINANCE

Claude VIGNERON

PROFESSEURS EMERITES

Jeffrey ATKINSON

Gérard SIEST

Claude VIGNERON

PROFESSEURS HONORAIRES

Roger BONALY

Pierre DIXNEUF

Marie-Madeleine GALTEAU

Thérèse GIRARD

Maurice HOFFMANN

Michel JACQUE

Lucien LALLOZ

Pierre LECTARD

Vincent LOPPINET

Marcel MIRJOLET

François MORTIER

Maurice PIERFITTE

Janine SCHWARTZBROD

MAITRES DE CONFERENCES HONORAIRES

Monique ALBERT

Gérald CATAU

Jean-Claude CHEVIN

Jocelyne COLLOMB

Bernard DANGIEN

Marie-Claude FUZELLIER

Françoise HINZELIN

Marie-Hélène LIVERTOUX

Bernard MIGNOT

Jean-Louis MONAL

Dominique NOTTER

Marie-France POCHON

Anne ROVEL

ASSISTANT HONORAIRE

Marie-Catherine BERTHE

Annie PAVIS

Faculté de Pharmacie**Présentation****ENSEIGNANTS***Section CNU***Discipline d'enseignement***PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS**

Danièle BENSOUSSAN-LEJZEROWICZ ✕	82	Thérapie cellulaire
Chantal FINANCE	82	Virologie, Immunologie
Jean-Yves JOUZEAU	80	Bioanalyse du médicament
Jean-Louis MERLIN ✕	82	Biologie cellulaire
Jean-Michel SIMON	81	Economie de la santé, Législation pharmaceutique

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Jean-Claude BLOCK	87	Santé publique
Christine CAPDEVILLE-ATKINSON	86	Pharmacologie
Pascale FRIANT-MICHEL	85	Mathématiques, Physique
Christophe GANTZER	87	Microbiologie
Max HENRY	87	Botanique, Mycologie
Pierre LABRUDE	86	Physiologie, Orthopédie, Maintien à domicile
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 - PRATICIENS HOSPITALIERS

Béatrice DEMORE	81	Pharmacie clinique
Nathalie THILLY	81	Santé publique

MAITRES DE CONFÉRENCES

Sandrine BANAS	87	Parasitologie
Mariette BEAUD	87	Biologie cellulaire
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 clinique
Joël DUCOURNEAU	85	Biophysique, Acoustique
Florence DUMARCAÏ	86	Chimie thérapeutique
François DUPUIS	86	Pharmacologie

Faculté de Pharmacie

Présentation

ENSEIGNANTS (suite)

Section CNU*

Discipline d'enseignement

Raphaël DUVAL	87	Microbiologie
Béatrice FAIVRE	87	Hématologie
Adil FAIZ	85	Biophysique, Acoustique
Luc FERRARI	86	Toxicologie
Caroline GAUCHER-DI STASIO	85/86	Chimie physique, Pharmacologie
Stéphane GIBAUD	86	Pharmacie clinique
Thierry HUMBERT	86	Chimie organique
Frédéric JORAND	87	Santé publique
Olivier JOUBERT	86	Toxicologie
Francine KEDZIEREWICZ	85	Pharmacie galénique
Alexandrine LAMBERT	85	Informatique, Biostatistiques
Faten MERHI-SOUSSI	87	Hématologie
Christophe MERLIN	87	Microbiologie
Blandine MOREAU	86	Pharmacognosie
Maxime MOURER	86	Chimie organique
Francine PAULUS	85	Informatique
Christine PERDICAKIS	86	Chimie organique
Caroline PERRIN-SARRADO	86	Pharmacologie
Virginie PICHON	85	Biophysique
Anne SAPIN-MINET	85	Pharmacie galénique
Marie-Paule SAUDER	87	Mycologie, Botanique
Gabriel TROCKLE	86	Pharmacologie
Mihayl VARBANOV	87	Immuno-Virologie

Marie-Noëlle VAULTIER	87	<i>Mycologie, Botanique</i>
Emilie VELOT ✕	86	<i>Physiologie-Physiopathologie humaines</i>
Mohamed ZAIOU	87	<i>Biochimie et Biologie moléculaire</i>
Colette ZINUTTI	85	<i>Pharmacie galénique</i>

PROFESSEUR ASSOCIE

Anne MAHEUT-BOSSER	86	<i>Sémiologie</i>
--------------------	----	-------------------

PROFESSEUR AGREGÉ

Christophe COCHAUD	11	<i>Anglais</i>
--------------------	----	----------------

✕ En attente de nomination

**Discipline du Conseil National des Universités :*

80ème et 85ème : Sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

81ème et 86ème : Sciences du médicament et des autres produits de santé

82ème et 87ème : Sciences biologiques, fondamentales et cliniques

32ème : Chimie organique, minérale, industrielle

11ème : 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 tiens à remercier chaleureusement ma Directrice de thèse et amie, Françoise Couic-Marinier, sans le soutien et l'aide infiniment précieuse de qui cette thèse n'aurait jamais vu le jour.

Je remercie également ma Présidente de jury, Mme Dominique Laurain-Mattar, dont la relecture patiente a permis d'éliminer les erreurs principales. Merci de votre suivi tout au long de mon travail.

Mes remerciements vont aussi à mon maître de stage, M. François Tournay, qui a été le premier à me souffler le thème de cette thèse, et qui n'a eu de cesse de me transmettre son enthousiasme à travailler avec les huiles essentielles.

Je remercie M. Jacques Fleurentin de prendre sur son temps afin de siéger dans mon jury, ainsi que de ce qu'il m'a apporté par le truchement de la formation d'ethnopharmacologie.

Je remercie les employés du Centre Anti-Poison de Nancy pour m'avoir permis l'accès aux données exploitées dans ce travail et pour avoir été des collègues exemplaires durant les deux années que nous avons passé ensemble.

Je remercie naturellement l'ensemble de la communauté scientifique qui ont posé les jalons, les briques et le ciment de ce travail.

Je remercie particulièrement :

- Marion dont la présence permanente dans ma vie est un pilier infaillible,
- Olivier dont l'amitié m'est plus précieuse que ce que je lui fais savoir,
- Vivien, qui a été le déclencheur de ce travail, et de ce fait, le premier touché par ses retombées,
- Octave qui a été un exemple frappant de ce que la rédaction d'une thèse pouvait avoir d'exigeant,
- Sophie, dont l'enthousiasme et le positivisme à tout épreuve est un soutien dans les moments les plus difficile,

- Stéphane, pour ta patience, pour ton regard critique, pour avoir toujours voulu me faciliter la vie, pour le prêt de ton ordinateur et pour le reste,
- Nicolas, pour avoir toujours cru en ma foi envers les plantes,
- Rémi, parce qu'il fallait bien un autre thésard avec qui partager les problèmes, et quelqu'un avec qui danser pour décompresser,
- Vanessa, pour m'avoir fait partager cinq ans de vie estudiantine et pour m'avoir montré la voie,
- Aurore, avec qui j'ai passé des moments inoubliables malgré nos nombreux différends,
- Aurélie et Jérémie, qui restent près de mon cœur,
- Et surtout mes parents, dont l'écoute de chaque instant et les conseils souvent avisés m'ont permis de progresser sans trop douter de moi.

Et enfin je remercie infiniment tous mes proches, amis et collègues qui m'ont aidée, soutenue et supportée durant cette période parfois délicate.

Table des matières

Introduction.....	14
1 Généralités sur les Huiles Essentielles, introduction à la compréhension de leur qualité.....	15
1.1 Historique des HE.....	15
1.2 Définition.....	17
1.3 Procédés d'obtention.....	17
1.3.1 Méthodes validées par la Pharmacopée Européenne	17
1.3.1.1 L'expression à froid	17
1.3.1.2 La distillation	20
1.3.2 Autres méthodes	22
1.3.2.1 L'hydrodiffusion pulsée	23
1.3.2.2 L'extraction au CO2 supercritique	23
1.4 Rendement	24
1.5 Densités des HE.....	24
1.6 Les composants chimiques des HE.....	24
1.6.1 Les terpènes.....	24
1.6.2 Les alcools.....	26
1.6.3 Les phénols.....	29
1.6.4 Les phénols méthyl-éthers.....	31
1.6.5 Les oxydes.....	32
1.6.6 Les aldéhydes.....	34
1.6.7 Les esters.....	36
1.6.8 Les cétones.....	36
1.6.9 Les lactones.....	39
1.6.10 Les coumarines.....	40
1.6.11 Les composés soufrés.....	41
1.7 Critères déterminant la qualité des HE.....	42
1.7.1 Sélection de la plante.....	43
1.7.1.1 Genre et espèce botanique	43
1.7.1.2 Chémotype.....	43
1.7.1.3 Partie de la plante.....	45
1.7.1.4 La récolte.....	46
1.7.2 La culture de la plante.....	47
1.7.3 L'extraction de l'HE.....	48
1.7.4 Opérations ultérieures à l'extraction.....	49
1.7.4.1 Rectification.....	49
1.7.4.2 Déterpénation.....	49
1.7.4.3 Mélange.....	50
1.7.4.4 Conditionnement.....	50
1.8 Détermination de la qualité.....	50
1.8.1 Tests physiques.....	50
1.8.2 Tests chimiques.....	51
1.9 Gages de qualité.....	51
2 Enquête sur la qualité des HE.....	53
2.1 Sélection de la plante	53
2.1.1 Genre botanique.....	53

2.1.2	Espèce botanique.....	55
2.1.3	Chémotype.....	57
2.1.4	Partie de la plante utilisée.....	63
2.2	Culture de la plante.....	67
2.3	Extraction de l'HE.....	73
2.4	Opérations ultérieures à l'extraction.....	76
2.5	Illustration de l'importance de la qualité : exemple de l'hélichryse.....	78
3	Influence de la qualité des HE sur leur efficacité.....	85
3.1	Efficacité antibactérienne des HE.....	85
3.1.1	Mode d'action des HE.....	85
3.1.2	Comparaison HE/antibiotique.....	85
3.1.2.1	Efficacité des HE sur les bactéries résistantes aux antibiotiques.....	86
3.1.2.2	Iatrogénie comparative des HE et des antibiotiques.....	87
3.1.3	Étude de l'efficacité de différentes HE et de leurs composants.....	88
3.1.3.1	Aromatogramme.....	88
3.1.3.2	Classement des HE selon leur efficacité.....	88
3.1.3.3	Efficacité des HE par contact gazeux.....	91
3.1.3.4	Rapport avec la qualité.....	92
3.2	Efficacité antifongique des HE.....	95
3.3	Efficacité antivirale des HE.....	96
3.4	Efficacité insecticide des HE.....	97
3.5	Efficacité acaricide des HE.....	99
3.5.1	La gale.....	100
3.5.2	Les tiques.....	101
3.5.3	Les demodex.....	101
4	Influence de la qualité des HE sur leur toxicité.....	103
4.1	Toxicités les plus communes rencontrées dans les HE.....	103
4.1.1	Les molécules allergisantes.....	103
4.1.2	Les molécules hormon-like.....	104
4.1.3	Les molécules stupéfiantes.....	105
4.1.4	Les molécules carcinogènes.....	106
4.1.5	Les molécules irritantes/dermocaustiques.....	106
4.1.6	Les molécules photosensibilisantes.....	107
4.1.7	Les molécules convulsivantes.....	108
4.1.8	Les molécules abortives.....	109
4.1.9	Les molécules entraînant des interactions avec des médicaments.....	109
4.2	Cas concret : exploitation des données du CAP de Nancy.....	111
4.2.1	Analyse et gravité des cas d'intoxication.....	111
4.2.2	Nature des HE mises en cause dans les différents cas d'intoxication.....	114
4.2.2.1	La lavande.....	115
4.2.2.2	L'eucalyptus globuleux.....	117
4.2.2.3	L'eucalyptus citronné.....	118
4.2.2.4	Le lavandin.....	119
4.2.2.5	Les menthes.....	120
4.2.2.6	Le romarin.....	121
4.2.2.7	L'arbre à thé.....	123

4.2.2.8	Le thym.....	123
4.3	HE relevant du monopole pharmaceutique.....	126
4.3.1	Les HE riches en thuyones.....	126
4.3.2	<i>Hyssopus officinalis L.</i>	127
4.3.3	<i>Sassafras albidum Nees</i>	127
4.3.4	<i>Juniperus sabina L.</i>	128
4.3.5	<i>Ruta graveolens L.</i>	128
4.3.6	<i>Chenopodium spp.</i>	128
4.3.7	<i>Brassica spp.</i>	129
4.3.8	Analyse de l'évolution de cette liste.....	129
4.3.9	Cas des HE anisées.....	130
4.4	Influence du mode de culture de la plante sur la toxicité de l'HE.....	131
4.4.1	Analyse d'une HE d'orange douce conventionnelle.....	132
4.4.2	Analyse d'une HE extraite de l'écorce d'un citron non biologique.....	133
4.4.3	Analyse d'une HE extraite de l'écorce d'un citron d'origine biologique.....	134
	Conclusion.....	136
	Bibliographie.....	137

Index des tables

Tableau 1: Rendements de la distillation de quelques drogues courantes.....	25
Tableau 2: Comparaison des principaux chémotypes de <i>Rosmarinus officinalis</i>	46
Tableau 3: Comparaison des principaux composés de <i>Tagetes minuta</i> en fonction du stade de maturation de la plante.....	48
Tableau 4: Différences de composition chimique entre les HE de <i>Cinnamomum camphora</i> (feuilles) et de <i>Ravensare aromatica</i> (feuilles).....	56
Tableau 5: Comparaison des compositions chimiques des HE de deux espèces différentes du genre <i>Lavandula</i>	57
Tableau 6: Comparaison des compositions chimiques des HE de deux espèces différentes du genre <i>Ocimum</i>	59
Tableau 7: Comparaison des compositions chimiques d'HE de <i>Cinnamomum camphora</i> de diverses origines.....	62
Tableau 8: Comparaison des compositions chimiques des HE provenant de différents chémotypes d' <i>Ocimum basilicum</i>	64
Tableau 9: Comparaison des compositions chimiques des HE obtenues à partir des feuilles et de l'écorce de <i>Ravensare aromatica</i>	65
Tableau 10: Comparaison des compositions chimiques des HE tirées des fruits et des parties aériennes de la carotte.....	66
Tableau 11: Comparaison des compositions chimiques d'HE de lavandes vraies biologiques et conventionnelles.....	70
Tableau 12: HE de lavandes vraies issues d'un laboratoire pharmaceutique.....	70
Tableau 13: Comparaison des compositions chimiques d'HE de citron biologiques et conventionnelles.....	71
Tableau 14: Comparaison des compositions chimiques d'HE de cyprès biologiques et conventionnelles.....	71
Tableau 15: Comparaison des compositions chimiques HE d'arbre à thé biologiques et conventionnelles.....	72
Tableau 16: Comparaison des compositions chimiques d'HE de cannelle biologiques et conventionnelle.....	73
Tableau 17: Comparaison des compositions chimiques d'HE de thym biologiques et conventionnelles.....	74
Tableau 18: Comparaison des compositions chimiques des HE de deux qualités différentes d'ylang-ylang.....	76
Tableau 19: Comparaison des compositions chimiques du totum d'HE d'ylang-ylang provenant de différents laboratoires.....	77
Tableau 20: Comparaison des compositions chimiques des HE de lavande commercialisées par différents laboratoires.....	77
Tableau 21: Comparaison des compositions chimiques des HE d' <i>Helichrysum italicum ssp italicum</i> provenant de divers laboratoires.....	81
Tableau 22: Comparaison des compositions chimiques des HE de différentes espèces d'hélichryse	83
Tableau 23: Comparaison des compositions chimiques des HE d' <i>Helichrysum italicum</i> en fonction de l'année de distillation	85
Tableau 24: Variabilité de la composition de l'HE de thym en fonction des chémotypes mis en jeu	95
Tableau 25: Comparaison des HE d' <i>Origanum vulgare</i> et d' <i>Origanum compactum</i>	96
Tableau 26: Évolution des cas d'intoxication au CAP de Nancy en fonction de l'âge sur la dernière décennie.....	113

Tableau 27: Comparaison des compositions chimiques des HE de lavande vraie et de lavande aspic	117
Tableau 28: Comparaison des compositions chimiques des HE des trois lavandes les plus couramment rencontrées	118
Tableau 29: Comparaison des HE d'eucalyptus radié et globuleux	119
Tableau 30: Composition chimique de l'HE d' <i>Eucalyptus citriodora</i>	120
Tableau 31: Comparaison des compositions chimiques des HE de différentes variétés de lavandin	121
Tableau 32: Comparaison des compositions chimiques des HE des quatre principales menthes	122
Tableau 33: Comparaison des compositions chimiques des HE de différents chémotypes de romarin	124
Tableau 34: Composition de l'HE de tea tree	125
Tableau 35: Comparaison des compositions chimiques des HE de différents chémotypes de thym	126
Tableau 36: Comparaison des compositions chimiques des HE des deux principales sauges commercialisées	132

Introduction

Une certaine méfiance à l'égard des médicaments provenant de l'industrie pharmaceutique semble s'installer chez nos patients. Nous l'avons tous constaté depuis la mise en place des génériques, et avons encore vu ce phénomène s'accroître depuis la malheureuse affaire du Médiator® (retiré du marché en novembre 2009).

Et pour nombre de ces patients déçus des molécules chimiques, se tourner vers les thérapeutiques naturelles semble être une solution acceptable. Solution encouragée par un certain effet de mode, par ces magazines féminins et ces émissions télévisées.

Les huiles essentielles font partie du panel proposé aux gens qui veulent renouer avec une manière de se soigner plus authentique, plus ancrée dans la nature.

Mais de grandes disparités existent, des disparités entre les prix des huiles essentielles qui sont proposées dans différents points de vente (marchés, grande distribution, pharmacies, « magasins bio »), disparités entre les effets revendiqués et ceux parfois constatés, disparités entre les bienfaits escomptés et les dangers annoncés.

Cette thèse a pour but de répondre aux questions que ces disparités ont pu soulever. Pour ce faire, nous nous sommes intéressés de manière approfondie au sujet, nous avons comparé la qualité des huiles essentielles provenant de laboratoires fournissant exclusivement des pharmacies, de laboratoires fournissant des grandes enseignes, de laboratoires commercialisant leurs produits sur internet.

Nous avons fouillé dans les études existantes, afin de comprendre comment la qualité des huiles essentielles utilisées pouvait non seulement avoir une incidence sur le résultat de l'étude, mais surtout pouvait amener à des résultats totalement contradictoires selon les études.

Nous avons étudié la toxicité effective des huiles essentielles, en nous appuyant sur les données recueillies dans un Centre Anti-Poison, afin de souligner le caractère primordial qu'il faut accorder à la qualité des huiles essentielles que l'on utilise, ainsi qu'à la qualité du conseil qui doit obligatoirement accompagner leur vente.

Nous avons rencontré un certain nombre de faits qui nous ont choqué, et qu'il nous a paru important de faire partager dans le cadre de cette thèse et même au-delà.

I. Généralités sur les Huiles Essentielles, introduction à la compréhension de leur qualité

I. 1. Historique des HE

De tous temps, en tous lieux, notamment dans les pays tropicaux, les plantes aromatiques ont joué des rôles primordiaux.

D'abord utilisées à l'état brut, puis infusées, digérées, sous forme d'onguent, de parfum, d'extraits alcooliques, elles ont toujours eu une place prépondérante dans la culture de nombreux peuples à travers les âges, que ce soit sur le plan religieux, ou médical.

Il y a plus de 7000 ans en Inde, les « eaux aromatiques » étaient déjà largement employées dans le traitement des troubles de la santé. Le continent indien est le berceau de bien des plantes aromatiques, dont le basilic, qui était sacré (*Ocimum sanctum*), et elles occupaient une large place au cours des sacrifices religieux, autant que pour soigner le corps et l'esprit.

À Babylone, on faisait brûler du Cyprès et d'autres plantes aromatiques dont les traductions ne nous permettent pas de percevoir la nature afin de lutter contre les « esprits malfaisants »

À Athènes vers 400 av. JC, un écrit attribué à Hippocrate, Aphorismes, fait mention de fumigation de diverses plantes aromatiques dont le romarin, la sarriette et l'hysop afin de lutter contre la grande peste qui ravagea la ville. [1]

Les premières traces d'utilisation des HE en tant que telles nous viennent d'Égypte, entre 3000 et 2000 ans avant JC [2]. En effet, à cette période il semble qu'une forme rudimentaire de distillation soit employée pour extraire la substance des plantes aromatiques.

Vers 1700 avant JC, le papyrus Edwin Smith, attribué à Imhotep, indique des recettes

se rapprochant de l'aromathérapie moderne. [3]

Ce sont les Perses qui sont considérés comme les inventeurs de la distillation, technique qui a été perfectionnée par les Arabes, qui l'employaient plutôt à des fins de parfumerie que thérapeutiques.

Les Musulmans reprirent cette technique et l'adaptèrent à des fins médicales. Ibn Sina, dit Avicenne, le « troisième maître », fait un large usage des huiles essentielles au cours des X^{ème} et XI^{ème} siècles, et il contribue à répandre cette thérapeutique grâce à l'un de ses plus fameux ouvrages, le Canon de médecine. [4]

C'est sans doute grâce aux croisades que la distillation a pu être ramenée en Occident, où pas moins de cent huiles essentielles sont utilisées couramment et de manière ciblée dès le début du XVII^{ème}.

L'avènement de la civilisation industrielle entraîna un oubli presque total de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. C'est en France, au XIX^{ème} siècle, avec les travaux de Chamberland, puis par la suite de Cadéac et Meunier, que la capacité des huiles essentielles à neutraliser les germes est prouvée.

Mais c'est René-Maurice Gattefossé, en 1928, qui forge le terme « aromathérapie ». L'on raconte cette anecdote bien connue, où un jour, suite à une explosion accidentelle dans son laboratoire, il eut les mains brûlées. Parfumeur, il avait vaguement connaissance des usages ancestraux des huiles essentielles. Devant la mauvaise tournure que prenait la plaie, il eut l'idée de s'enduire régulièrement d'huile essentielle de lavande. Il connut alors un soulagement immédiat et une cicatrisation étonnamment rapide et « propre ». Mais l'histoire ne nous dit pas s'il s'agit de lavande officinale, dite vraie, ou bien de lavande aspic, mieux connue que sa cousine pour ses vertus cicatrisantes et antiseptiques cutanées...

Il n'aura de cesse jusqu'à sa mort de prouver l'efficacité des huiles essentielles.

L'avènement de l'antibiothérapie, avec la découverte et l'exploitation de la pénicilline dans les années quarante, éclipsera l'aromathérapie pendant des dizaines d'années. C'est concomitamment à l'apparition de résistances des bactéries aux antibiotiques que l'engouement pour les huiles essentielles renaît, grâce notamment aux publications du Dr.

Valnet dans les années soixante. Ce médecin a tiré ses enseignements de ses propres expériences en tant que chirurgien militaire au Tonkin de 1950 à 1953 : il usait sur les blessés de mélanges aromatiques de sa confection et obtenait selon lui des résultats supérieurs à ce qu'on pouvait espérer avec les méthodes en cours à cette période. Depuis lors, de très nombreuses études ont été réalisées pour prouver l'intérêt thérapeutique et économique de ces substances, à présent intégrées à l'industrie agro-alimentaire, ainsi qu'à l'arsenal thérapeutique d'un nombre croissant de médecins.

I. 2. Définition

Les Huiles Essentielles (HE) sont le produit de la distillation d'une plante ou d'une partie de plante. Ce sont des substances de consistance huileuse mais sans corps gras, plus ou moins fluides, voire résinoïdes, très odorantes, volatiles, souvent colorées.

I. 3. Procédés d'obtention

I. 3. 1. Méthodes validées par la Pharmacopée Européenne

1. 3. 1. 1. L'expression à froid

Ce procédé, le plus simple et celui qui conserve le mieux l'intégrité de l'essence, est également le plus limité. En effet, il ne peut s'appliquer qu'à une famille botanique, celle des Rutaceae, pour extraire l'essence du zeste de ses fruits.

La méthode consiste à déchirer mécaniquement les poches à essence que l'on trouve en grande quantité sur l'épicarpe de ces fruits, puis à séparer le produit d'extraction de la matière végétale solide.

Aujourd'hui, la méthode la plus couramment employée, permet une extraction

simultanée du jus et de l'huile essentielle, par pressage vertical des fruits entiers à l'aide de coupelles métalliques, et ces deux éléments sont par la suite séparés par centrifugation [5].

L'expression à froid permet d'obtenir de l'**essence**. Cette méthode permet d'obtenir strictement ce que la plante a produit, sans aucune modification : on peut encore parler de drogue.

I. 3. 1. 2. La distillation

Ce procédé utilise la nature volatile des composants aromatiques pour les séparer du reste de la plante. La distillation directe, sans eau, semblerait plus logique afin de supprimer les phénomènes d'altération hydrolytiques des molécules aromatiques, mais elle s'avère impossible : la température suffisante pour entraîner l'évaporation de l'essence est trop élevée, et ce type de distillation ne formerait que des produits de pyrogénéation.

L'association à l'eau s'appuie sur la théorie des liquides mélangés mais non miscibles, découverte par Berthelot en 1863, qui prouve que l'ébullition simultanée de deux substances insolubles l'une dans l'autre s'effectue à une température inférieure au point d'ébullition de la substance la plus volatile (c'est l'**azéotropisme**).

Ainsi la distillation du mélange eau-essence végétale s'effectue à une température inférieure à 100°C à pression atmosphérique normale, minimisant les dénaturations de l'HE qu'une température supérieure ne manquerait pas de provoquer.

Il existe deux formes de distillation :

- L'hydrodistillation :

L'eau et la matière végétale sont toutes deux chauffées dans un premier ballon, puis la vapeur et les extraits végétaux sont condensés dans un réfrigérant à eau et récupérés en fin de

parcours dans un vase à décanter. La mise en contact de l'eau et du végétal pendant la chauffe favorise l'altération des composés aromatiques, particulièrement des esters.

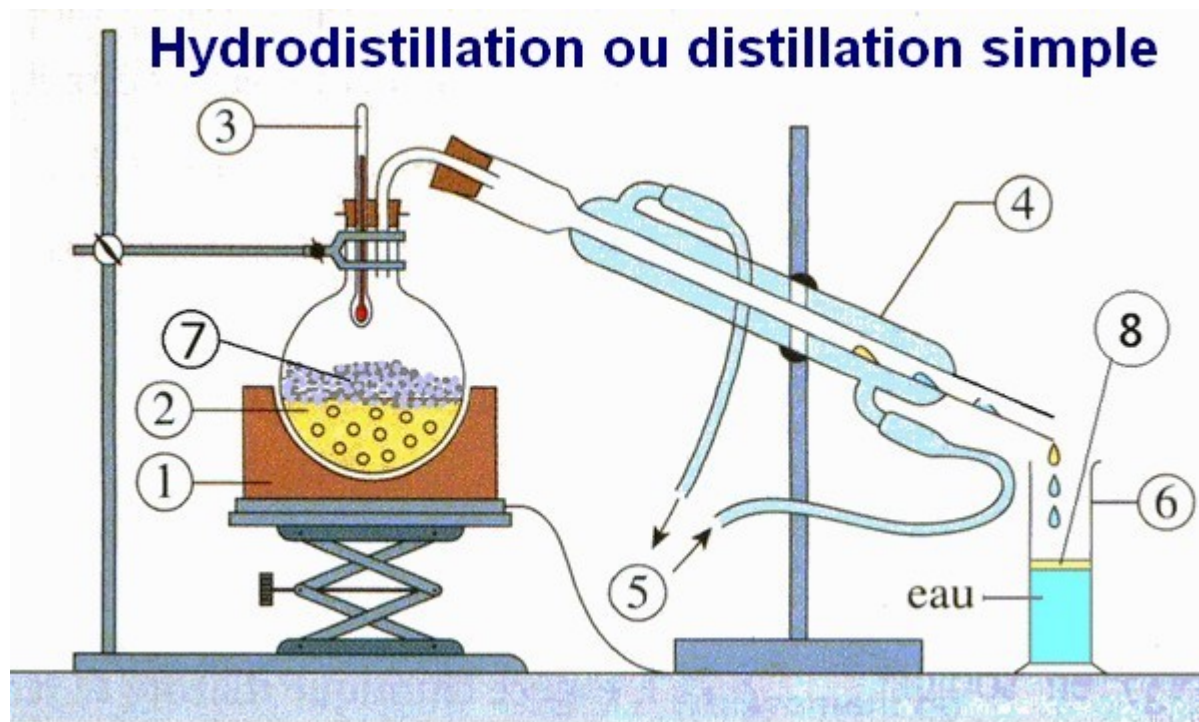


Figure 1 : L'hydrodistillation

1: Chauffe-ballon 2:Eau bouillante 3:Thermomètre 4:Réfrigérant à eau 5:Arrivée d'eau froide et Sortie d'eau tiédie
6:Essencier 7:Végétal 8:Huile Essentielle

- La distillation par entraînement à la vapeur d'eau :

La vapeur d'eau est d'abord produite dans un ballon, puis acheminée dans un second ballon, dans lequel elle va remonter en passant à travers le matériel végétal, entraînant avec elle les composants aromatiques. Le mélange gazeux ainsi formé est amené dans un dernier ballon, où il va être condensé à l'aide d'un réfrigérant à eau. Ce procédé minimise la formation d'artefacts dus aux réactions avec l'eau. Les artefacts correspondent aux molécules étrangères à la drogue initiale formées lors de l'opération de distillation, par hydrolyse, conjugaison, estérification...

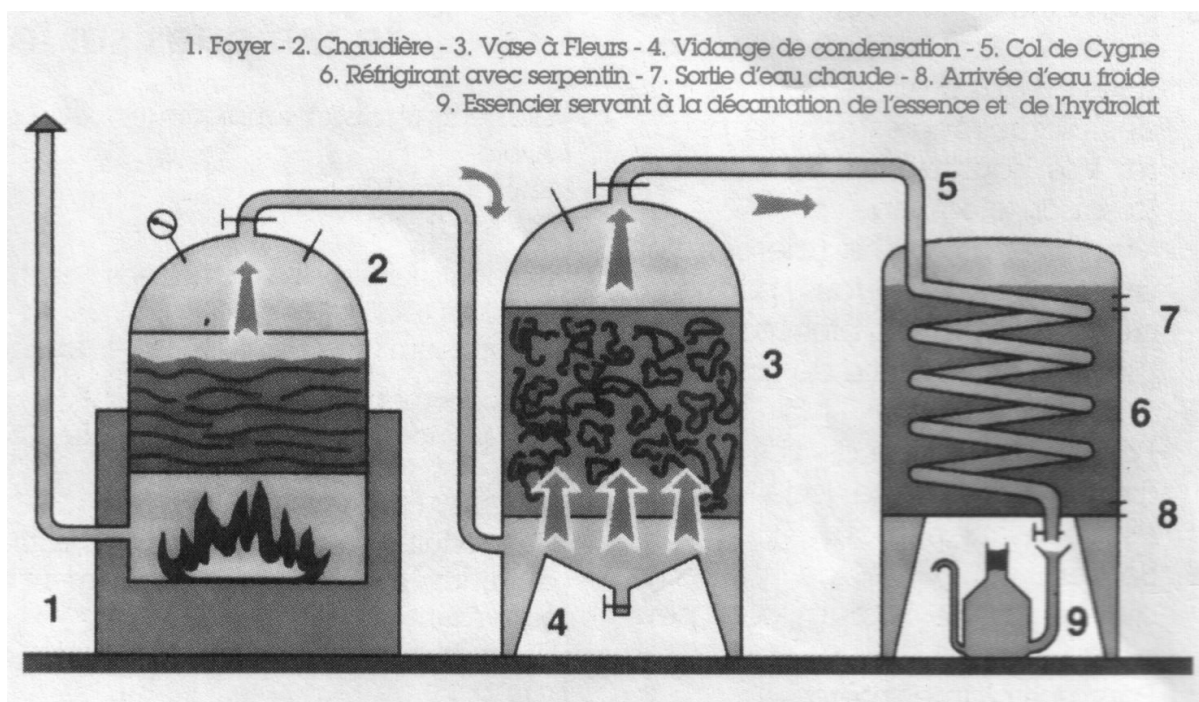


Figure 2: Distillation par entraînement à la vapeur d'eau

Les produits de la distillation sont l'**Huile Essentielle (HE)** et l'**Hydrolat Aromatique (HA)**

Ces deux produits sont séparés par simple décantation, l'huile essentielle étant en règle générale plus légère que l'eau.

L'appellation d'huile essentielle (plutôt qu'essence) se justifie par les transformations que subit l'essence primitive au cours du processus de distillation : oxydation, hydrolyse... On ne peut donc plus parler de drogue végétale.

I. 3. 2. Autres méthodes

Des procédés plus rentables ou améliorant la qualité du produit fini ont été testés, mais ils ne sont pas (encore) validés pour une utilisation thérapeutique, ce sont :

I. 3. 2. 1 : L'hydrodiffusion pulsée

À l'image de la distillation par entraînement à la vapeur d'eau, ce procédé utilise la vapeur d'eau pour entraîner les composés qui nous intéressent, mais à l'inverse de la distillation, la vapeur est ici injectée de haut en bas, à faible pression, à travers la masse végétale. Il en résulte une extraction de certaines substances non volatiles, aussi le produit obtenu ne bénéficie-t-il pas de l'appellation d'huile essentielle, mais d'« **essence de percolation** ». L'hydrodiffusion permet une extraction plus rapide et moins coûteuse en énergie, mais au détriment de la qualité du produit final. [6]

I. 3. 2. 2. L'extraction au CO2 supercritique

La technologie du CO2 supercritique est basée sur le pouvoir solvant du CO2 qui est modulable à volonté selon les conditions de pression et de température qu'on lui applique.

À l'état supercritique (plus de 74 bar et de 31°C) le CO2 possède des propriétés très particulières : une grande diffusivité, comme celle d'un gaz, et une densité élevée, permettant une capacité d'extraction et de transport importante.

Un procédé d'extraction par CO2 supercritique fonctionne en circuit fermé. Il comporte des organes de mise en pression (pompes) et en température (échangeurs) afin d'amener le CO2 au-dessus de son point critique.

Le produit à traiter est placé dans un extracteur traversé par le flux de CO2 supercritique. Le fluide se charge en composé extrait, puis il est détendu, passe en phase gazeuse et se sépare du composé extrait. Ce dernier est recueilli dans un séparateur. [7]

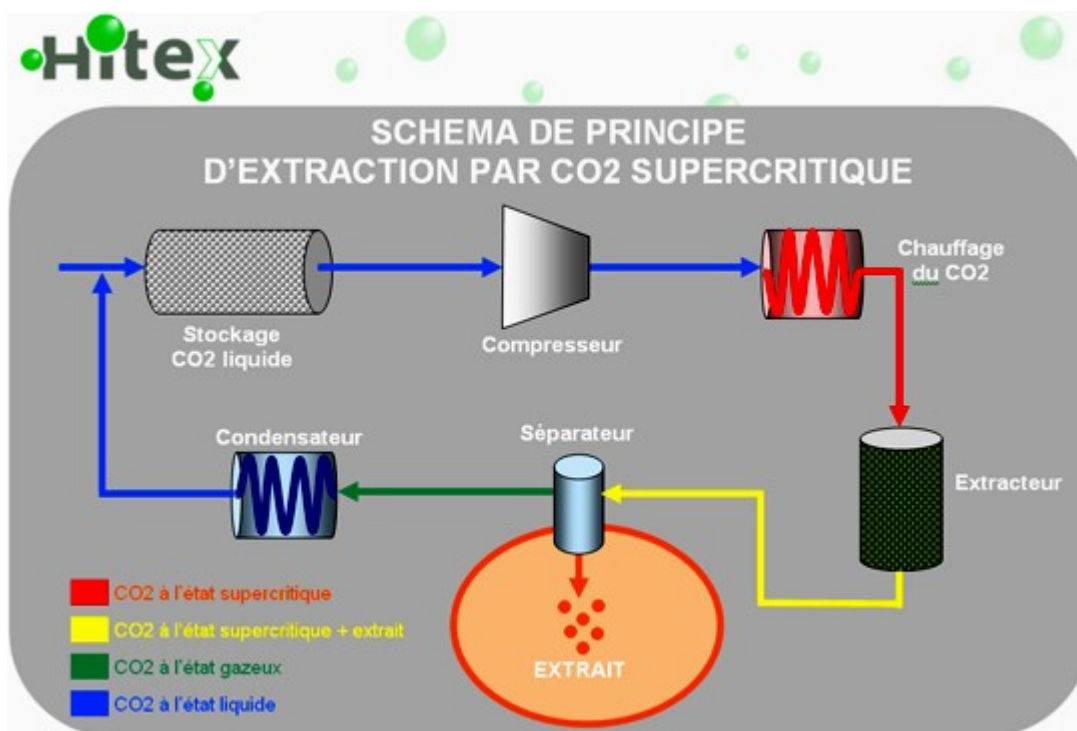


Figure 3: L'extraction au CO2 supercritique

Les molécules solubles dans le CO2 supercritique, donc extractibles, sont les composés peu polaires de faible masse moléculaire, tels que les composés aromatiques, des alcools, des esters, de nombreux pigments, les stérols... Une étude tend à prouver que cette méthode d'extraction entraîne les métaux lourds dans une proportion à peine supérieure à celle retrouvée avec la distillation par entraînement à la vapeur d'eau. [8]

Ce procédé produit des *Extraits aromatiques*.

I. 4. Rendement de la distillation par entraînement à la vapeur d'eau ou par expression

La teneur en HE varie en fonction des drogues, mais elle reste en général très faible, inférieure à 1%. Le rendement de la distillation est donc limité : de plusieurs kilogrammes à plusieurs tonnes d'organes producteurs sont nécessaires pour obtenir un kilogramme d'HE. Le volume de matériel à récolter est souvent important, ce qui explique les coûts élevés de certaines HE, notamment la rose de Damas ou le néroli bigaradier.

Tableau 1: Rendements de la distillation de quelques drogues courantes

Plante	Organe producteur distillé	Poids de matériel nécessaire à l'obtention d'1kg d'HE
Clou de Girofle	boutons floraux séchés	7 Kg
Badiane de Chine	fruits	20 Kg
Ylang-Ylang	fleurs	50 Kg
Lavandin	sommités fleuries	50 Kg
Lavande vraie	sommités fleuries	150 Kg
Menthe poivrée	feuilles	1000 Kg
Thym vulgaire	parties aériennes	1200 Kg
Rose de Damas	pétales	4000 Kg



Illustration 1: Plusieurs kilogrammes de pétales de *Rosa damascena* pour quelques millilitres d'HE

I. 5. Densité des Huiles Essentielles

La densité des HE est très souvent inférieure à celle de l'eau, bien qu'il souffre plusieurs exceptions à cette règle : les cannelles (feuille [1,065] et écorce [1,022]), le bouleau (1,179), le giroflier (feuille et bouton floral), le sassafras, les gaulthéries (couchée et odorante [1,19]).

Les HE sont aussi caractérisées par leur pouvoir rotatoire, leur indice d'acide, leur indice d'oxydation. Il est à noter que certaines pharmacies possèdent un réfractomètre afin de vérifier la qualité des HE qu'elles reçoivent, mais ce n'est une obligation que si elles se fournissent auprès de laboratoires qui ne sont pas agréés en amont pour fournir des revendeurs pharmaceutiques.

I. 6. Les composants chimiques des HE [1];[9];[10]

La composition chimique d'une HE est complexe, on y retrouve couramment plus d'une centaine de composés, parmi lesquels nombre de familles chimiques sont représentées.

I. 6. 1. Les Terpènes

Ce sont des molécules composées d'un nombre variable d'unités d'isoprène (figure 4), comptant les monoterpènes, les sesquiterpènes et les diterpènes.

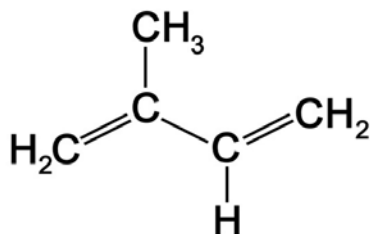


Figure 4: Une unité d'isoprène

Ils ont généralement des effets thérapeutiques assez faibles, mais ils viennent nuancer

ou compléter les actions des composants plus actifs. Ils présentent généralement une toxicité cutanée modérée : irritation, rougeur, chaleur.

– **Les monoterpènes :**

Ils sont formés de deux unités d'isoprène. Ils sont légèrement antiseptiques, stimulants, expectorants. Ils peuvent être irritants pour la peau et les muqueuses.

Ex : - le limonène de *Citrus limonum* (citron, et en général, tous les zestes des Rutaceae)

- l'alpha-pinène de *Pinus sylvestris* (pin sylvestre), ou *Juniperus communis* (genévrier o.p. rameaux)

- le sabinène de *Cinnamomum camphora* (ravintsara)

– **Les sesquiterpènes :**

Composés de trois unités d'isoprènes, ils sont présents dans de nombreuses HE. Ils présentent des activités bactéricides, anti-inflammatoires. Certains sont hypotenseurs, calmants, ou anti-inflammatoires (chamazulène des camomilles)

Ex : - le β -caryophyllène (figure 5), présent dans toutes les Lamiaceae

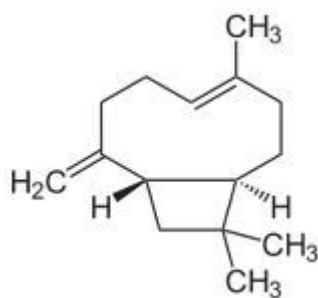


Figure 5: Structure du β -caryophyllène

- le germacrène D (figure 6) de *Juniperus communis* (genévrier o.p. Baies) et de *Cananga odorata* (ylang-ylang)

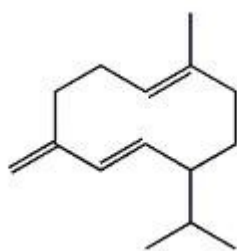


Figure 6: Structure du germacrène D

- le chamazulène (figure 7), de *Matricaria recutita* (camomille allemande) ou *Tanacetum anuum* (tanaïsie annuelle)

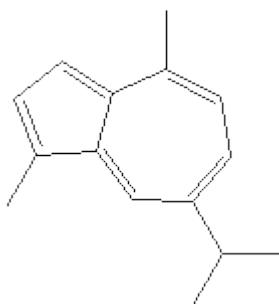


Figure 7: Structure du chamazulène

– Les diterpènes :

Quatre unités d'isoprènes forment ces diterpènes, dont la masse moléculaire relativement importante limite la présence dans les HE obtenues par distillation par entraînement à la vapeur d'eau.

I. 6. 2. Les Alcools

Les membres de ce groupe se forment lorsque des unités composées d'un atome d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (hydroxydes) se rattachent à des atomes de carbone. Les alcools ont généralement des propriétés antiseptiques, antivirales. Ils présentent

généralement peu ou pas de toxicité (le menthol faisant exception à cette règle)

– **Les monoterpénols :**

Quand une unité hydroxyle se rattache à un monoterpène, il en résulte un monoterpénol. Ce sont de bons antibactériens, avec des propriétés stimulantes, réchauffantes, très bien tolérés, même chez les enfants.

Ex : - le linalol (figure 8) de *Thymus vulgaris linaloliferum* (thym vulgaire et linalol)

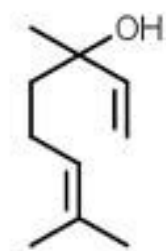


Figure 8: Structure du linalol

– le menthol (figure 9) de *Mentha arvensis* (menthe des champs)

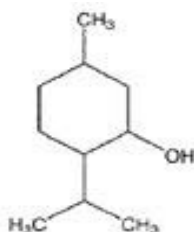


Figure 9: Structure du menthol

– **Les sesquiterpénols :**

Résultants de la fixation d'un groupement hydroxyle sur un sesquiterpène, ces molécules montrent des propriétés anti-inflammatoires et hépatoprotectrices.

Ex : - le carotol (figure 10) de *Daucus carota var. sativa* (carotte sauvage)

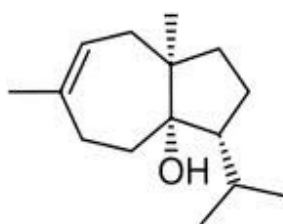


Figure 10: Structure du carotol

- le viridiflorol (figure 11) de *Melaleuca quinquenervia* (niaouli)

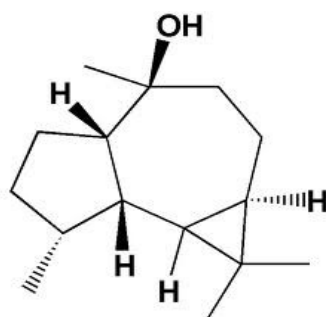


Figure 11: Structure du viridiflorol

- le cédrol (figure 12) de *Cupressus sempervirens* (cypres toujours vert) ou *Juniperus virginiana* (cèdre de Virginie)

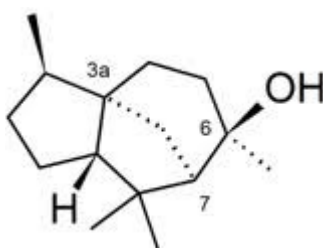


Figure 12: Structure du cédrol

– les diterpénols :

Formés d'un hydroxyle fixé à un diterpène, les diterpénols sont souvent, comme ces derniers, trop lourds pour être entraînés par la vapeur d'eau. Ils présentent une analogie structurale avec certaines hormones stéroïdiennes, et ont alors une action mimétique. Il faut être

extrêmement prudent avec l'emploi de ces molécules, surtout chez les personnes présentant des facteurs de risque ou des antécédents de tumeurs hormono-dépendantes.

Ex : - le sclaréol (figure 13) de *Salvia sclarea* (sauge sclarée)

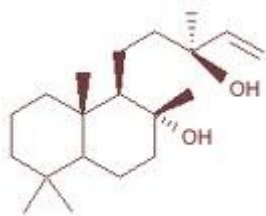


Figure 13: Structure du sclaréol

I. 6. 3. Les Phénols

Ce sont des alcools dans lesquels le groupement hydroxyle est fixé à un anneau d'atomes de carbone. Ce sont de puissants antibiotiques, à large spectre d'action, ainsi que de bons virucides et antifongiques. Les HE qui en contiennent en forte proportion doivent être utilisées avec parcimonie à cause de leurs toxicités :

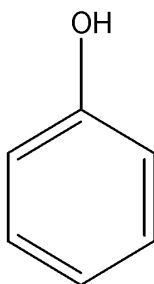


Figure 14: Structure du phénol

Fortement irritants pour la peau et les muqueuses, ils sont qualifiés de dermocaustiques. Avalés, ils provoquent des douleurs gastriques et leur emploi à court terme expose à une toxicité hépatique.

Ex : - le carvacrol (figure 15) d'*Origanum compactum* (origan compact) ou de *Thymus vulgaris carvacroliferum* (thym et carvacrol)

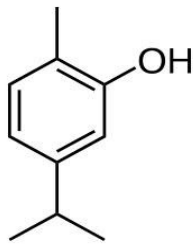


Figure 15: Structure du carvacrol

- le thymol (figure 16) de *Thymus vulgaris thymoliferum* (thym et thymol)

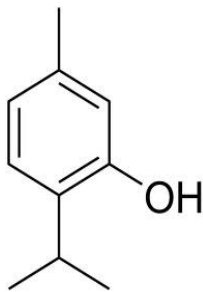


Figure 16: Structure du thymol

- l'eugénol (figure 17) d'*Eugenia caryophyllus* (clou de girofle) ou de *Cinnamomum zeylanicum* (cannelier de Ceylan o.p. rameaux)

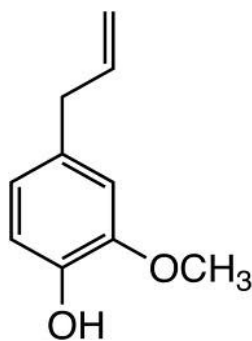


Figure 17: Structure de l'eugénol

I. 6. 4. Les Phénols méthyl-éthers

La structure phénolée subit une méthylation, faisant perdre à ces molécules la dermocausticité des phénols, et leur faisant acquérir de nouvelles propriétés : antispasmodiques puissants des muscles lisses, certains sont aussi antiallergiques (chavicol méthyl-éther), ou antalgiques cutanés (eugénol méthyl-éther). En ce qui concerne les propriétés antibiotiques, elles ne doivent pas être utilisées sans aromatoگرامme : elles répondent à la loi du tout ou rien.

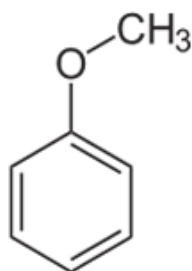


Figure 18: Phénol méthyl-éther

Ex : - le chavicol méthyl-éther (figure 19) d'*Ocimum basilicum* var. *basilicum* (basilic tropical) ou d'*Artemisia dracunculus* (estragon)

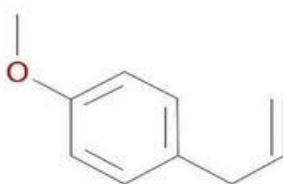


Figure 19: Structure du chavicol méthyl-éther, ou estragole

- l'eugénol méthyl-éther (figure 20) de *Laurus nobilis* (laurier noble)

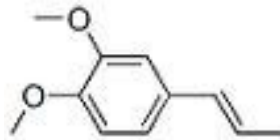


Figure 20: Structure de l'eugénol méthyl-éther

- le trans-anéthol (figure 21) de *Pimpinella anisum* (anis vert) ou de *Foeniculum vulgare* (fenouil)

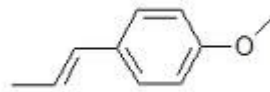


Figure 21: Structure du trans-anéthol

I. 6. 5. Les Oxydes

– les éthers oxydes :

Issus des phénols méthyl-éthers, ils en possèdent le caractère positivant : ils sont stimulants des glandes exocrines, antispasmodiques et antalgiques. Ils présentent diverses toxicités : neurologique (l'apiole provoque des symptômes similaires à ceux provoqués par l'alcool, la myristicine est hallucinogène, le saffrole dopant), ils sont abortifs (myristicine et apiole), et le saffrole est mutagène chez le rat (hépatocarcinome).

Ex : - l'apiole (figure 22) de *Petroselinum sativum apioliferum* (persil simple et apiole)

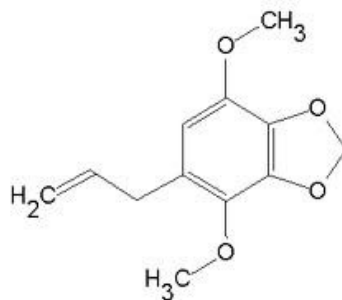


Figure 22: Structure de l'apiole

- la myristicine (figure 23) de *Myristica fragrans* (noix de muscade)

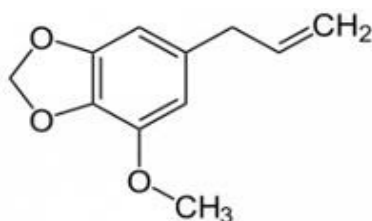


Figure 23: Structure de la myristicine

- le safrole (figure 24) d'*Ocotea pretiosa* (sassafras)

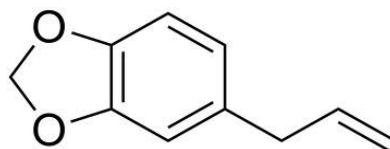


Figure 24: Structure du safrole

– les oxydes terpéniques

Fréquemment rencontrés dans de nombreuses HE, ce sont des molécules de la sphère respiratoire : décongestionnantes des muqueuses, expectorants, mucolytiques, anti-infectieux.

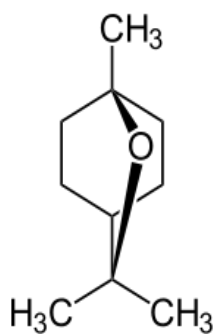


Figure 25: 1,8-cinéole

Le 1,8-cinéole (figure 25) est épiléptogène à dose élevée et chez les jeunes enfants : en France, il est contre-indiqué avant l'âge de 3 ans quelle que soit la voie d'administration, au-delà de 1000 ppm.

L'ascaridole est un antiparasitaire efficace, mais présentant une toxicité neurologique dont il

faut tenir compte : ataxie, troubles visuels et auditifs...

Ex : - le 1,8-cinéole (eucalyptol) d'*Eucalyptus globulus* et *radiata*, de *Cinnamomum camphora* (ravintsara), de *Melaleuca quinquenervia* (niaouli), de *Rosmarinus officinalis cineoliferum* (romarin et cinéole)...

- l'ascaridol de *Chenopodium ambrosioides* (chénopode)

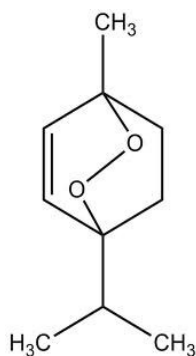


Figure 26: Structure de l'ascaridol

- le linaloloxyle (figure 27) de *Hyssopus officinalis* var. *decumbens* (hysope couchée)

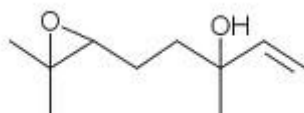


Figure 27: Structure du linaloloxyle

I. 6. 6. Les Aldéhydes

Ils sont formés par l'oxydation des alcools, ce sont des molécules très volatiles qui dégagent souvent une odeur puissante (le citronellal est un bon répulsif). Plutôt négatives, elles ont des propriétés calmantes et anti-inflammatoires. Certaines sont antivirales (géraniol).

Leur toxicité entraîne une légère agressivité de la peau et des muqueuses (attention lors de

fumigation ou de diffusion). Toutefois cette toxicité est en partie neutralisée par les terpènes contenus dans les HE à aldéhydes (limonène surtout).

Ex : - le citronnellal (figure 28) d'*Eucalyptus citriodora* (eucalyptus citronné) ou de *Cymbopogon winterianus* (citronnelle de Java)

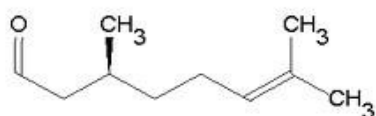


Figure 28: Structure du citronnellal

- le géraniol (figure 29) de *Cymbopogon flexuosus* (lemongrass)

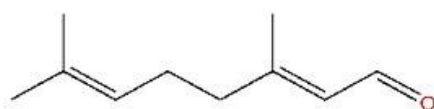


Figure 29: Structure du géraniol

- le néral (figure 30) de *Citrus aurantium* spp. *Bergamia* (petitgrain bergamote)

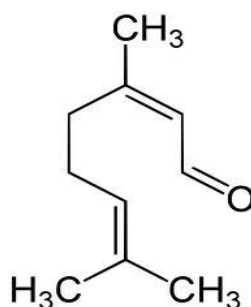


Figure 30: Structure du néral

Cas particulier du cinnamaldéhyde de *Cinnamomum zeylanicum* (cannelle de Ceylan o.p.

écorce) : cet aldéhyde aromatique a de très puissantes propriétés anti-infectieuses (bactéricide, virucide, fongicide), ainsi qu'une puissante dermocausticité. C'est une molécule hautement positivante, qu'il faut là encore employer à bon escient et avec précautions.

I. 6. 7. Les Esters

Ils sont issus de la réaction d'un acide carboxylique avec un alcool. Ils sont négativants, spasmolytiques, anti-convulsivants, anti-inflammatoires. Ils ne manifestent pas de toxicité aux doses thérapeutiques.

Ex : - l'acétate de lavandulyle de *Lavandula angustifolia* (lavande vraie)

- l'acétate de néryle d'*Helichrysum italicum* (hélíchryse italienne ou immortelle)

- le salicylate de méthyle (figure 31) de *Gaultheria procumbens* (gaulthérie couchée) ou *G. fragrantissima* (gaulthérie odorante)

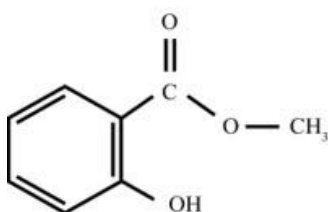


Figure 31: Structure du salicylate de méthyle

I. 6. 8. Les Cétones

Ce sont des molécules très actives, dont les propriétés s'inversent en fonction de la dose employée : à faible dose elles sont stimulantes du système nerveux central, tachycardisantes, et à doses plus élevées elles sont calmantes voire entraînant un état de stupéfaction. À doses encore plus élevées, leur toxicité est redoutable, voici comment elle se manifeste :

- à dose subtoxique : vertiges, malaises, confusion
- à dose plus importante : obnubilation, puis stupéfaction accompagnée d'ataxie
- à dose toxique : accès épileptiforme, avec nausées et dyspnée
- à dose plus élevée encore : coma et décès

Les cétones passent en effet la barrière hémato-encéphalique et viennent déstructurer les gaines de myéline (lipolyse). Elles sont également abortives.

Il existe aussi un risque d'intoxication chronique, par des petites doses répétées, causant une insuffisance hépato-rénale et hémorragies gastriques.

Leurs activités thérapeutiques comprennent un effet mucolytique très important, et des propriétés anti-infectieuses intéressantes (dont antiparasitaires) mais peu exploitables à cause de la dangerosité de la prise per os des HE en contenant.

Ex : - les β -diones de l'*Helichrisum italicum* (hélischryse italienne ou immortelle)

- les thujones (figure 32) de *Thuja occidentalis* (thuya du Canada ou cèdre blanc) ou de *Salvia officinale* (sauge officinale)

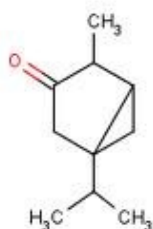


Figure 32: Structure de la thujone

- le bornéone (camphre) (figure 33) de *Rosmarinus officinalis ct camphre* (romarin à camphre) ou de *Cinnamomum camphora* (camphrier de Chine o.p. bois)

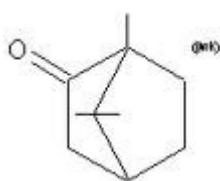


Figure 33: Structure du camphre

- la verbénone (figure 34) de *Rosmarinus officinalis verbenoniferum* (romarin ct verbénone)

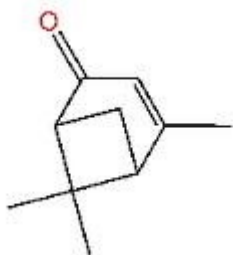


Figure 34: Structure de la verbénone

- la pinocamphone (figure 35) d'*Hyssopus officinalis spp off.* (hysope officinale)

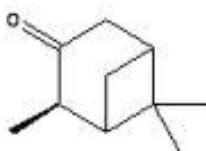


Figure 35: Structure de la pinocamphone

- la pinocarvone (figure 36) d'*Eucalyptus globulus* (eucalyptus globuleux)

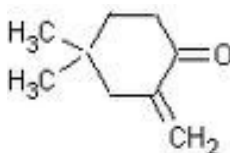


Figure 36: Structure de la pinocarvone

- la menthone (figure 37) et l'isomenthone de *Mentha x piperita* (menthe poivrée)

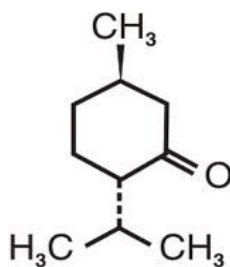


Figure 37: Structure de la menthone

I. 6. 9. Les Lactones

Ce sont des molécules comportant à la fois une fonction oxyde et cétoxy. Elles sont relativement fragiles, et peu résistent à la distillation, c'est pourquoi ce groupe est mal représenté parmi les HE.

Elles sont mucolytiques et expectorantes, et présentent des propriétés antibactériennes et parasitocides (l' α -santonine est ascaricide et nématocide).

Mais, comme pour les cétones, leur toxicité neurologique en limite l'usage per os, et elles provoquent en plus des allergies cutanées. La seule voie d'administration envisageable reste donc l'inhalation.

Ex : - l' α -santonine (figure 38) d'*Artemisia maritima* (armoise maritime)

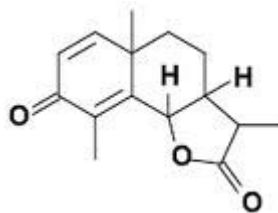


Figure 38: Structure de l' α -santonine

- l'alantolactone (figure 39) d'*Inula graveolens* (inule odorante)

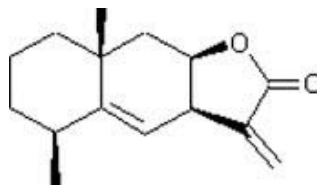


Figure 39: Structure de l'alantolactone

I. 6. 10. Les Coumarines

Fragiles, les coumarines ne se retrouvent dans les HE que de quelques familles botaniques, citons : les *Apiaceae*, les zestes des *Rutaceae*, les *Asteraceae*.

Ce sont de puissantes sédatives nerveuses, anticonvulsivantes, elles sont hypotensives et anticoagulantes. Les furocoumarines et les pyranocoumarines sont photosensibilisantes, quelle que soit la voie d'administration.

Ex : - les psoralène (fig. 40) et bergaptène (fig. 41) de *Citrus aurantium spp. bergamia* (bergamote o.p. zeste)

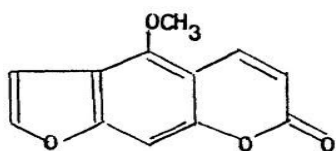


Figure 41: Structure du psoralène

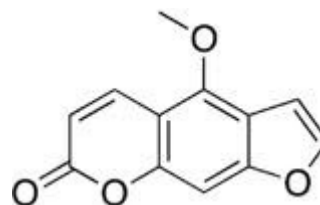


Figure 40: Structure du bergaptène

- l'ombelliférone (figure 42) d'*Anethum graveolens* (aneth)

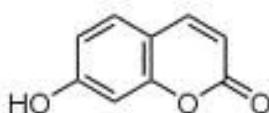


Figure 42: Structure de l'ombelliférone

- l'osthole (figure 43) d'*Angelica archangelica* (angélique)

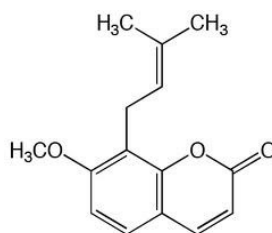


Figure 43: Structure de l'osthole

- la visnadine (figure 44) d'*Ammi visnaga* (khella)

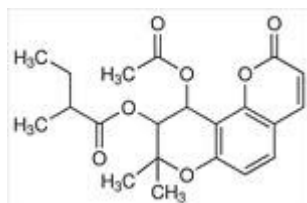


Figure 44: Structure de la visnadine

- la coumarine (figure 45) de *Cinnamomum zeylanicum* (cannelle de Ceylan o.p. écorce)

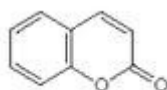


Figure 45: Structure de la coumarine

I. 6. 11. Les Composés soufrés

Relativement rares dans les HE, ces composés sont l'apanage d'un petit nombre de famille botanique : on les rencontre en quantité notable dans quelques *Apiaceae* (genre *Ferula*), mais ils sont surtout présents dans les plantes de la famille des *Liliaceae* (*Allium sativum* et *Allium cepa*) ainsi que chez les *Brassicaceae* (*Brassica nigra*, *Brassica juncea*..).

Ce sont en général des anti-infectieux efficaces, mais ils sont fortement dermocaustiques, et leur emploi est délicat.

Ex : - l'allylpropyl disulfide (figure 46) d'*Allium cepa* (ail)

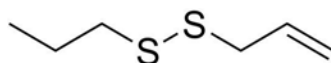


Figure 46: Structure de l'allylpropyl disulfide

- le diallyle disulfide (figure 47) d'*Allium sativum* (oignon)



Figure 47: Structure du diallyle disulfide

- l'isothiocyanate d'allyle de *Brassica juncea* (moutarde brune) ou de *Brassica nigra* (moutarde noire)

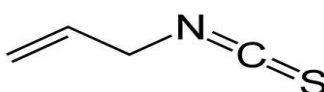


Figure 48: Structure de l'isothiocyanate d'allyle

I. 7. Critères déterminants la qualité des HE

Les huiles essentielles sont les victimes d'un phénomène de mode engagé depuis quelques années, dans lequel leur qualité est totalement mise de côté, ce qui leur est préjudiciable à plus d'un titre :

- on leur prête abusivement toutes sortes de bienfaits.
- l'absence de précision botanique et/ou biochimique est à l'origine d'inefficacités, voire de toxicités qui ruinent leur image aux yeux du public et des médecins non avertis.
- des mélanges fantaisistes ont fait leur apparition, citons par exemple le mélange « assainissant d'atmosphère » à base de pas moins de 41 huiles essentielles. Il est évident qu'avec un tel cocktail, il est impossible de prévoir les interactions que toutes ces substances risquent de manifester, ainsi que les conséquences pour la santé des utilisateurs.

Pour éviter ce genre d'inconvénients, une importance primordiale doit être accordée à

la qualité des huiles essentielles employées en thérapeutique, et cette dernière regroupe plusieurs critères :

- La sélection et la culture de la plante
- Le mode d'obtention de l'huile essentielle
- L'absence d'intervention ultérieure sur l'huile essentielle obtenue

I. 7. 1. Sélection de la plante

I. 7. 1. 1. Genre et espèce botanique

Une plante est identifiée par sa taxinomie : l'ensemble des critères relevant de son aspect, de sa biochimie, et permettant de la classer au sein du règne végétal.

La classification classique propose sept rangs principaux qui sont, dans l'ordre décroissant :

Règne → embranchement → classe → ordre → famille → genre → espèce

Il est nécessaire de s'assurer de l'identité de la plante dont on veut extraire l'HE afin de pouvoir garantir une certaine uniformité de qualité du produit final. On s'assurera également de la présence systématique de la nomenclature binomiale (Genre espèce) sur le conditionnement qui sera proposé à la vente, de manière à ce que les consommateurs connaissent la nature de ce qu'ils acquièrent.

I. 7. 1. 2. Chémotype

Les chémotypes (ou chimiotypes) sont les différents ensembles de molécules chimiques que des plantes, appartenant à la même espèce, peuvent produire si elles sont placées dans des conditions de culture différentes.

On sait à présent que l'ADN n'est pas seul maître, que l'environnement auquel il est soumis conditionne la façon dont il va s'exprimer (c'est l'épigénétique). C'est ce phénomène

qui explique les différents chémotypes de plantes appartenant pourtant à la même espèce, mais cultivées dans des conditions différentes.

Le romarin (*Rosmarinus officinalis*) présente un exemple de ces différents chémotypes :

- Quand il est originaire du Maroc, il développe majoritairement un composé antiseptique : le 1,8-cinéole, ce qui en fait une plante efficace pour traiter des affections ORL notamment.
- S'il est cultivé en Provence, le camphre sera le composant majoritaire, il servira à soulager les douleurs articulaires.
- Le romarin provenant de Corse synthétisera une cétone, la verbénone, ainsi qu'un ester, l'acétate de bornyle, deux composés qui ne se retrouvent dans aucun des deux autres chémotypes, et qui en fait une plante à visée hépatoprotectrice, et digestive.

Tableau 2: Comparaison des principaux chémotypes de *Rosmarinus officinalis*

Nom latin	Origine géographique	Chémotype	Propriétés thérapeutiques
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Maroc	1,8-cinéole	Antiseptique ORL
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Provence	Camphre (30%)	Anti-rhumatismal
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Corse	Verbénone, acétate de bornyle	Hépatoprotecteur, digestif

Les chémotypes sont notés « *Nom latin ct. molécule* », ou alors « *Nom latin molculiferum* ».

Ainsi le romarin de Maroc sera du *Rosmarinus officinalis* ct. 1,8-cinéole, aussi dénommé *Rosmarinus officinalis cineoliferum*, celui de Provence *Rosmarinus officinalis* ct. camphre, ou bien *Rosmarinus officinalis camphoriferum*, et celui de Corse *Rosmarinus officinalis* ct. verbenone, ou *Rosmarinus officinalis verbenoniferum*.

Il est intéressant de noter qu'un plant de *Rosmarinus officinalis cineoliferum* arraché à son Maroc natal et acclimaté en Corse se mettra tout naturellement à produire de la verbénone et de l'acétate de bornyle.

Le chémotype dépend de l'ensoleillement, de la température, de l'humidité, de la

nature du sol, mais aussi de la pression atmosphérique, ainsi que de l'altitude...

En ce qui concerne les spécificités botaniques des plantes utilisées pour l'extraction des HE, il faut se référer à la norme AFNOR NF T 75-004 de 1976, équivalent ISO 3218 : elle fixe les règles de dénomination à respecter dans les différents cas qui peuvent se présenter : chimiotypes, clones, hybrides, origine géographique variée, lieu de production...

I. 7. 1. 3. Partie de la plante

Comme chacune des parties d'une même plante ne possède pas le même équipement enzymatique, elles ne produisent pas toutes les mêmes composés ; il est donc tout aussi primordial de préciser la partie de la plante qui est mise en jeu lors de l'extraction de l'huile essentielle, que l'espèce ou le chémotype.

Pour les Rutaceae, les HE issues de l'écorce des fruits porte le nom du fruit, les HE obtenues par distillation des feuilles s'appellent « petit grain » suivi du nom de l'arbre, et enfin, les HE extraites des fleurs se dénomment néroli.

Par exemple pour le bigaradier, ou oranger amer, l'écorce des fruits donnera l'essence d'orange amère, composée en grande majorité de monoterpènes comme le limonène, qui a des propriétés toniques et digestives. Dans la fraction non-volatile, on trouvera des traces de coumarines et furocoumarines ; c'est ce qui rend cette essence photosensibilisante.

L'huile essentielle extraite des feuilles s'appelle donc « petit grain bigarade », et sa composition est plus équilibrée : 10 % seulement de monoterpènes, 30 % d'alcools monoterpéniques, dont une majorité de linalol, et plus de 50 % d'esters terpéniques comme l'acétate de linalyle, qui en font une excellente huile antispasmodique et anti-inflammatoire, ainsi que légèrement anti-infectieuse (sur certains staphylocoques et pneumocoques).

La distillation de fleurs de cet arbre produit l'huile essentielle de néroli bigarade, qui possède 30 % de monoterpènes, 40 % d'alcools terpéniques, et ce qui la rend si précieuse, environ 5 % d'alcools sesquiterpéniques, dont le trans-nérolidol. De par sa composition, l'huile essentielle de néroli bigarade est donc plutôt recommandée dans des états de fatigue

nerveuse, comme rééquilibrante, voire antidépressive.

Ces deux dernières HE sont obtenues par entraînement à la vapeur d'eau, ce qui les laisse vierge de toute trace de coumarine : elles ne sont donc en aucun cas photosensibilisantes : cet inconvénient est réservé aux essences produites par expression à froid des péricarpes des agrumes.

1. 7. 1. 4. La récolte

Déterminante dans la qualité de l'HE finale, la récolte de la plante doit se faire au moment où les principes actifs les plus intéressants produits par la plante sont à leur concentration maximale.

Exemples pour quelques *Lamiaceae* : La menthe poivrée ainsi que la sarriette seront cueillies juste avant la floraison, pour limiter la teneur en cétones neurotoxiques pour la première et pour optimiser la teneur en carvacrol antibiotique chez la deuxième.

Les lavandes se récoltent pendant la floraison, tandis que la sauge sclérée donne le meilleur d'elle-même à la graine. [1]

Voici un exemple chiffré suffisamment parlant : celui de *Tagetes minuta* (tagete), dont voici les teneurs en les principaux composés en fonction du stade de maturité de la plante au moment de la récolte et de la distillation de celle-ci [12] :

Tableau 3: Comparaison des principaux composés de *Tagetes minuta* en fonction du stade de maturation de la plante

Composé	Stade de maturation au moment de la récolte		
	Bourgeonnement	Floraison	Fruit
β -ocimène	17,8 – 21,9%	33,3 – 35,3%	45,9%
Dihydrotagétone	36,0 – 51,3%	30,0 – 30,5%	14,8%
Tagétone	18,9 – 24,1%	16,9 – 17,5%	7,5%
Tagéténone	4,4 – 6,9%	6,9 – 8,6%	20,4%

On voit ici que certains composés peuvent varier d'un facteur 4 en fonction du stade de

maturité de la plante, c'est donc un critère important à prendre en compte quand on s'intéresse à la qualité de l'HE finale.

I. 7. 2. La culture de la plante

Les plantes utilisées pour la production d'HE peuvent provenir de 3 circuits différents de cultures :

- La culture dite « traditionnelle », utilisant engrais et pesticides,
- La culture « biologique », avec un cahier des charges réglementant de façon très strict l'emploi des pesticides.
- La culture sauvage : les plantes sont simplement récoltées dans leur environnement naturel.

Les plantes sauvages seront privilégiées pour garantir une qualité maximale, en effet, dans leur environnement naturel, les plantes poussent à leur rythme, en synthétisant les molécules dont elles ont besoin pour se protéger des intrus, ou pour communiquer entre elles. C'est de cette façon que l'on obtient le totum le plus pur et le plus complet.

Ce sont les plantes issues de la culture dite « écologique ». Ce mode de culture n'utilise évidemment aucun pesticide ni engrais, mais il n'est pas protégé contre d'éventuelles pollutions agricoles dues à des cultures conventionnelles effectuées dans le voisinage.

Les plantes issues de l'agriculture biologique (label AB) sont exemptes de traces de produits phytosanitaires, ce qui est préférable, mais elles sont cultivées toutes ensemble en champs, elles n'ont pas besoin d'émettre des signaux olfactifs pour se prémunir d'une invasion par d'autres espèces, ce qui au fil des cultures risque de leur faire perdre la capacité à produire certaines des molécules que l'on considère comme des principes actifs majeurs en aromathérapie.

Et enfin, la culture conventionnelle, pour laquelle une grande diversité de pesticide est

utilisée, et dont est issue la majorité des matières premières des HE.

I. 7. 3. L'extraction de l'huile essentielle

Au cours de cette étape également se joue la qualité finale du produit. En effet, différents critères d'extraction influent sur la composition de l'HE obtenue :

- Le traitement de la plante après récolte : il est possible de distiller la plante fraîche dans les meilleurs délais (et donc généralement dans le pays dont elle provient), ou bien de la sécher pour l'entreposer, la transporter, avant de pratiquer l'extraction de l'HE.
- La température de chauffe et la pression : les composés aromatiques sont fragiles, et leur extraction par vapeur d'eau ne peut que leur nuire. Pour les préserver au mieux, un équilibre entre la pression et la température doit être trouvé : sous basse pression, entre 0,01 et 0,05 bars, le risque de suroxydation des molécules est faible et acceptable. En revanche, au delà de 0,25 bars ce risque est bien présent : en dénote la couleur de l'HE de *Thymus vulgaris* selon la pression à laquelle elle est obtenue. À basse pression, elle est d'un rouge clair, qui vire au rouge brun foncé quand on élève la pression, preuve de la formation d'oxydes, colorés.
- Le matériau des cuves de distillation : il en existe en cuivre, en fer, ou en inox. Les cuves en fer sont attaquées par le cyprès, celles en cuivre ou en fer forment des oxydes durant la distillation, dénaturant le produit final. Aujourd'hui, toutes les cuves et tous les alambics devraient être intégralement en matériau inoxydable.
- Le temps de distillation : c'est un critère déterminant. Sous basse pression, la durée de distillation est nécessairement plus longue. Une distillation prolongée permet de

recueillir l'ensemble des fractions, dites « de tête » et « de queue ».

Autant de critères sur lesquels le consommateur n'a aucun moyen d'obtenir le moindre renseignement, et pour lesquels une réglementation précise et officielle manque.

I. 7. 4. Opérations ultérieures à l'extraction de l'HE

Après une cueillette, une sélection rigoureuse des plantes et une distillation minutieuse, il reste à entreposer la précieuse HE obtenue de façon à éviter son oxydation et la polymérisation de ses composants, en la tenant à l'écart de l'air, de la lumière, et de la chaleur. Il convient de la stocker dans des cuves inaltérables, hermétiques, dans un endroit frais.

I. 7. 4. 1. Rectification

Certaines HE sont « rectifiées » : c'est une opération qui a pour but d'augmenter artificiellement leur concentration en un principe actif donné.

I. 7. 4. 2. Déterpénation

Elle consiste à ôter tout ou partie des terpènes contenues dans l'HE. Elle vise souvent à en amenuiser la toxicité : risque épileptogène ou photosensibilisant. Mais les terpènes sont des molécules « diluantes » des HE, elles permettent de diminuer la concentration en certains principes actifs qui seraient plus agressifs sans eux. Par exemple, si les plantes productrices de phénols (thym, sarriette, origan...) ne produisaient pas en même temps ces terpènes, elles mourraient de la toxicité de leur propre HE.

I. 7. 4. 3. Mélange

Cette pratique consiste à faire des « assemblages » d'HE provenant de différentes sources afin d'obtenir une composition correspondant à un objectif fixé.

Elle s'apparente à une falsification et elle est aujourd'hui pratiquement abandonnée dans le domaine pharmaceutique.

I. 7. 4. 4. Conditionnement

Pour la commercialisation, les HE doivent être conditionnées dans des flacons qui les protègent des rayons UV : en verre opaque, bruns, ou bleus, de préférence en l'absence de plastique ou caoutchouc, qui sont attaqués par les HE.

En résumé nous retiendrons que chaque élément de l'histoire d'une plante a un rôle à jouer dans la qualité de l'HE qui va en résulter : de sa naissance à sa mort, en passant par la manière dont elle a été élevée.

Une norme AFNOR codifie la présence d'un minimum de ces éléments sur le packaging :

NF T 75-002 : l'étiquetage doit comporter : « la désignation commerciale de l'HE, le nom (latin) de la plante et de la partie de la plante dont elle est extraite, la technique de production ou le traitement qu'elle a subi »

I. 8. Détermination de la qualité

1. 8. 1. Tests physiques

Densité et indice de réfraction sont deux valeurs propres constantes d'un liquide pur.

Elles sont toujours mesurées, mais elles sont indiquées à titre indicatif, car la complexité des huiles essentielles ne permet pas de détecter les fraudes uniquement grâce à elles. Il en va de même pour le pouvoir rotatoire. L'analyse chimique reste donc indispensable et la mieux adaptée pour connaître la composition exacte de l'HE, et donc la plante de laquelle elle est extraite.

1. 8. 2. Tests chimiques

La chromatographie en phase gazeuse permet de séparer et de comptabiliser les différentes molécules contenues dans ce mélange complexe qu'est l'HE. Couplée à la spectrométrie de masse, c'est la méthode la plus adéquate et facile à mettre en œuvre pour obtenir l'identité et l'abondance relative des composés aromatiques.

Les méthodes d'analyse sont normalisées dans la Pharmacopée européenne V^{ème} édition, ainsi que dans les normes AFNOR NF T 75-400 et 401, équivalent ISO 7359 et 7609.

I. 9. Gages de qualité

Les HE labellisées HEBBD (HE Botaniquement et Biochimiquement Définies) sont extraites de plantes botaniquement identifiées, et ont subi une analyse chimique type CPG/SM afin de déterminer le chémotype.

Elles sont dites :

- 100% pure quand elles ne sont pas contaminées par un composant appartenant à une autre HE (preuve de fraude), et qu'elles sont obtenues à partir d'un ensemble homogène de plantes : même producteur dans l'idéal, sinon même région de production, récoltées au même moment.

- 100% naturelle : aucune trace de solvant chimique, pas de molécule de synthèse. Il est difficile de détecter une fraude qui utilise des produits de synthèse pour enrichir une HE, car chimiquement, la molécule synthétisée sera identique à la molécule naturelle. Le risque

est alors de perturber l'équilibre de l'HE entre les molécules agressives (comme les phénols ou les cétones) et les molécules qui protègent des effets néfastes de celles-ci (les esters notamment). C'est la détection de précurseurs de synthèse, ou encore de dérivés secondaires, qui nous renseignera sur la présence de molécules de synthèse.

- 100% totale : cela signifie que toutes les fractions de l'HE sont recueillies au cours de la distillation (pas d'arrêt prématuré de celle-ci pour augmenter le rendement). Cela implique également qu'aucun composant n'a été retiré (exemple : déterpénation).

Nous venons de présenter les différents critères qui peuvent influencer la qualité finale de l'HE, mais il est difficile d'appréhender l'amplitude des variations du produit fini qui en découlent.

Nous allons effectuer une recherche approfondie sur les compositions des HE de différentes provenances, ainsi qu'une comparaison minutieuse de ces dernières, afin d'évaluer l'impact de chacun de ces critères sur la qualité de l'HE finale. Nous allons comparer différents laboratoires producteurs d'HE, et afin de préserver leur anonymat, nous allons les dénommer par des lettres.

II. Enquête sur la qualité des Huiles Essentielles

Les différents critères susceptibles d'avoir un impact sur la qualité des HE sont connus depuis longtemps et bien expliqués dans la littérature [1]. Mais aucune étude approfondie n'a été réalisée sur l'ampleur réelle de cet impact.

Les laboratoires commercialisant des HE destinées à la vente en pharmacie sont tenus de fournir des bulletins d'analyse correspondant à chaque lot d'HE. C'est d'après ces analyses, ainsi que celles trouvées pour des laboratoires non pharmaceutiques, qu'a été réalisée l'étude ci-dessous.

Les critères présentés dans le chapitre premier vont donc être repris avec à chaque fois un ou plusieurs exemples d'altération de qualité.

II. 1. Sélection de la plante

II. 1. 1. Genre botanique

Différencier les genres botaniques des plantes sur lesquelles on travaille est la base de toute recherche en phytothérapie, incluant l'aromathérapie. Il paraît donc difficilement concevable que des erreurs puissent se glisser à ce niveau. Il existe pourtant des plantes avec lesquelles de telles confusions ont été observées : illustrons cette partie par ces arbres qui n'ont pas fini de nous rendre sceptiques : le *Cinnamomum camphora* et le *Ravensara aromatica*.

Ces arbres poussant à Madagascar sont d'apparences similaires et appartiennent tous deux à la famille des Lauraceae.

Le nom malgache du *Cinnamomum camphora*, ravintsara, a contribué à renforcer cette similarité et a conduit à une gigantesque méprise qui a perduré des décennies, même chez les aromathérapeutes les plus aguerris (les Dr. Valnet, Pénoël, Dominique Baudoux et Pierre

Franchomme se sont eux-mêmes laissés prendre au piège). On peut ainsi lire dans leurs ouvrages [1 ;12], considérés pourtant comme des références en aromathérapie, que l'HE de *Ravensare aromatica* a d'excellentes propriétés anti-infectieuses et notamment antivirales, alors que ces vertus sont celles de l'HE de *Cinnamomum camphora*.

On connaît à présent la différence entre les HE extraites :

- des feuilles du *Cinnamomum camphora* : l'HE de ravintsara
- des feuilles du *Ravensare aromatica* : l'HE de ravensare

Tableau 4: Différences de composition chimique entre les HE de *Cinnamomum camphora* (feuilles) et de *Ravensare aromatica* (feuilles)

	Ravintsara	Ravensare
	Laboratoire A	Laboratoire A
1,8-cinéole	53,84%	1,42%
Sabinène	14,14%	11,81%
α -pinène	4,83%	4,80%
β -pinène	3,47%	2,68%
Myrcène	1,62%	4,95%
Limonène	0,92%	14,37%
β -phellandrène	Non mentionné	1,55%
Terpinéol	7,90%	2,94%
Linalol	0,06%	6,14%
Méthyl-eugénol	Non mentionné	7,29%
Estragole	Non mentionné	4,00%
Germacrène D	Non mentionné	4,01%
β -caryophyllène	Non mentionné	2,52%

L'HE de Ravintsara est riche en 1,8-cinéole, en sabinène, en alpha-terpinéol et en pinènes, ce qui en fait une bonne HE antivirale.

On trouvera dans l'HE de ravensare une plus grande quantité de monoterpènes (limonène et sabinène) et de sesquiterpènes (germacrène D et beta-caryophyllène), ce qui l'indique plutôt comme calmante du système nerveux central. De plus, la présence en quantité non négligeable de méthyleugénol et d'estragole la dote de propriétés antispasmodiques qu'on

ne retrouvera pas dans l'HE de ravintsara.

II. 1. 2. Espèce botanique

Comme nous l'avons vu, une plante appartient à une famille, à un genre, à une espèce, et enfin, parfois, à une sous-espèce. Ces appartenances sont déterminées génétiquement, et c'est cet ADN spécifique qui va ordonner la production de différentes molécules par les organes sécréteurs.

Ainsi, la lavande vraie, (*Lavandula angustifolia* Mill.) produit en abondance des esters (acétate de linalyle, de lavandulyle), dont les propriétés sont plutôt calmantes, sédatives, antalgiques ; alors que la Lavande aspic (*Lavandula latifolia* Medic.) produit très peu de ces esters, mais plutôt du 1,8-cinéole ainsi que des cétones, ce qui la rend antiseptique et cicatrisante. Ces deux plantes appartenant au même genre, *Lavandula*, montrent donc des propriétés bien différentes, qui seront utilisées pour traiter des pathologies spécifiques.

Tableau 5: Comparaison des compositions chimiques des HE de deux espèces différentes du genre *Lavandula*

	<i>Lavandula angustifolia</i>		<i>Lavandula latifolia</i>	
	Laboratoire A	Laboratoire F	Laboratoire B	Laboratoire F
	France, 10/07	France, 08/09	Espagne, 10/07	Espagne, 08/10
Limonène	0,40%	0,26%	1,60%	1,76%
Linalol	26,60%	30,25%	43,70%	44,67%
1,8-cinéole	0,70%	0,51%	26,50%	26,05%
Camphre	0,30%	0,33%	13,20%	12,16%
Acétate de linalyle	36,30%	37,39%	0,20%	Non mentionné
Acétate de lavandulyle	3,80%	3,86%	Non mentionné	Non mentionné
Fenchone	Non mentionné	Non mentionné	Non mentionné	Non mentionné

On ne peut donc se contenter de conseiller de la « lavande » pour aider les enfants à dormir, sous peine de prendre le risque de voir des parents appliquer généreusement de la lavande aspic en massage sur les poignets ou le plexus solaire de leurs enfants, qui est contre-

indiquée du fait de ses cétones (camphre) chez les enfants de moins de six ans ! Ou encore appliquer en urgence de la lavande vraie sur une brûlure calmera certes la douleur, mais n'aura pas autant l'action cicatrisante et antiseptique qu'aurait eue la même application de lavande aspic.

La sauge présente un problème similaire. On tire communément deux HE des feuilles de deux espèces distinctes de sauge : la sauge officinale (*Salvia officinalis*) et la sauge sclarée (*Salvia sclarea*). L'huile essentielle de la première contient une grande proportion de monoterpénones, entre 15 et 45 % de thujone (dépendant surtout du moment de la récolte des plantes), et entre 5 et 25 % de camphre. Ces molécules montrent une forte activité convulsivante, notamment chez les personnes sensibles (à tendance épileptique), et elles sont abortives.

L'huile essentielle de sauge sclarée contient une majorité d'esters terpéniques, à visée calmante, et une petite quantité d'une molécule dite oestrogen-like, le sclaréol, qui a la propriété de se lier aux récepteurs aux oestrogènes humains.

Au cours de mon exercice officinal, j'ai pu voir le cas de cette femme atteinte d'aménorrhée depuis plusieurs années. Ayant entendu parler des effets régulateurs hormonaux de « la sauge », elle s'en procure en pharmacie, où un personnel non expérimenté lui a amené naïvement un flacon de sauge officinale (appartenant au monopole pharmaceutique, afin que l'on soit sûr d'une délivrance adaptée et accompagnée des conseils adéquats). Cette jeune femme, apparemment pressée de voir les résultats, se verse l'intégralité du flacon sur le bas-ventre, et finit aux urgences pour crise convulsive.

Prenons un autre exemple, que l'on va suivre tout au long de ce chapitre : le basilic. Comparons ici deux espèces botaniques différentes : *Ocimum basilicum* et *Ocimum sanctum*, dont le nom vernaculaire est toujours basilic.

Tableau 6: Comparaison des compositions chimiques des HE de deux espèces différentes du genre *Ocimum*

Laboratoire A	Nom français Nom latin Origine	Basilic (sacré) <i>Ocimum sanctum</i> Inde	Basilic (tropical) <i>Ocimum basilicum</i> Vietnam
Eugénol		49,74 %	0,43%
β-caryophyllène		32,36 %	0,17%
Linalol		0,15%	0,86%
Camphre		non mentionné	0,43%
Méthyl-chavicol		non mentionné	85,32 %

La forte teneur en eugénol de *Ocimum sanctum* lui confère des propriétés anti-infectieuses locales (antifongique, antiparasitaire et antibactérienne), et le β-caryophyllène le rend légèrement calmant du système nerveux central (SNC).

On constate que la proportion est très différente pour le deuxième basilic, *Ocimum basilicum*, dont le composant majoritaire, le méthyl-chavicol, est très particulier (c'est l'une des rare HE qui en contiennent). Il a une importante action spasmodique des muscles lisses, et est particulièrement apprécié en cas de dysménorrhée et de coliques. Il a aussi une action antivirale intéressante.

On comprend que la prescription d'« HE de basilic » sans autre précision ne rime à rien.

Il est donc indispensable de toujours préciser le genre ET l'espèce lors d'un conseil en aromathérapie, sous peine d'inefficacité, ou d'accidents qui peuvent s'avérer tragiques.

II. 1. 3. Chémotype

Nous avons vu que les chémotypes étaient les différentes « versions » de la même plante en fonction de l'environnement dans lequel elle poussait. Voici un exemple concret qu'il nous a été facile de trouver au gré de nos pérégrinations à la recherche de la qualité sur internet. Sur un site de vente d'HE en ligne (laboratoire F) sont présentés deux chémotypes

de l'huile essentielle d'*Achillea millefolium*.

Ceci est la retranscription exacte de la page du site telle qu'elle apparaît aux internautes :

Procédé d'obtention : Distillation complète par entraînement à la vapeur d'eau

Organe distillé : sommités fleuries

Nom botanique : *Achillea millefolium*

Pays d'origine : Hongrie (lot KE234) et Bulgarie (lot LE314)

Culture : écologique (lot KE234) et sauvage (lot LE314)

Qualité : 100% pure et naturelle

Distillation : août 2009 (lot LE314) et septembre 2009 (lot KE234)

A utiliser de préférence avant fin : août 2013 (lot LE314) et septembre 2013 (lot KE234)

Autres dénominations : Herbe de Saint-Jean

Remarque : sur l'étiquette, le numéro de lot est suivi d'une lettre indiquant la série de conditionnement

Propriétés Organoleptiques :

- Aspect : liquide mobile opaque
- Couleur : bleu foncé
- Odeur : fraîche, herbacée, camphrée

Principaux constituants biochimiques

- *Chromatographie phase gaz du lot KE234 :*

Monoterpènes : sabinène (13.31%), bêta-pinène (11.89%), gamma-terpinène (5.40%), alpha-pinène (3.59%), limonène (1.41%), para-cymène (0.84%), myrcène (0.54%)

Monoterpénols : terpinène-4-ol (2.91%), bornéol (1.66%), alpha-terpinéol (0.78%), linalol (0.65%)

Sesquiterpènes : **bêta-caryophyllène (14.88%), germacrène-D (4.48%),** alpha-humulène (1.60%), E bêta-farnésène (0.97%), E-E alpha farnésène (0.46%), guaiazulène (0.38%), chamazulène (0.02%)

Cétones terpéniques : camphre (6.91%), (Z)-thujone (0.83%), pipéritone (0.35%), (E)-thujone (0.15%)

Oxydes monoterpéniques : 1,8-cinéole (5.91%)

- *Chromatographie phase gaz du lot LE314* :

Monoterpènes : sabinène (15.16%), bêta-pinène (6.81%), alpha-pinène (3.19%), paracymène (1.37%), limonène (0.92%), myrcène (0.21%)

Monoterpénols : terpinène-4-ol (1.02%), bornéol (0.50%), alpha-terpinéol (0.45%)

Sesquiterpènes : **germacrène-D (18.86%), bêta-caryophyllène (3.15%),** E-E alpha farnésène (1.28%), alpha-humulène (0.71%), (E)-bêta-farnésène (0.90%), chamazulène (0.19%)

Cétones terpéniques : camphre (0.46%), pipéritone (0.35%)

Oxydes monoterpéniques : 1,8-cinéole (1.82%)

Le premier, de Hongrie, affiche une concentration en bêta-caryophyllène de 14,9 % , tandis que cette même plante cultivée en Bulgarie ne produira guère que 3,2 % de cette molécule. En contrepartie, la concentration en germacrène-D sera de seulement 4,5 % dans le chémotype hongrois, pour une concentration de 18,9 % dans le chémotype bulgare.

Cette différence primordiale s'explique par les différences de longitude, de latitude, même minimales pour des pays presque voisins, ainsi que de climats et de la nature des sols.

Là où la qualité du fournisseur est remise en cause, c'est que lorsqu'on commande l'HE d'Achillée, on peut recevoir indifféremment l'un ou l'autre de ces chémotypes, sans que le choix ne nous soit laissé.

Comme nous l'avons vu précédemment, *Cinnamomum camphora* et *Ravensara aromatica* ont plongé les experts dans des abîmes de perplexité, et il est manifeste que cette période n'est pas derrière nous.

Concentrons-nous ici sur *Cinnamomum camphora*, et nous reviendrons sur *Ravensara aromatica* quand nous aborderons la partie de la plante utilisée.

Cinnamomum camphora est un arbre originaire de Chine, qui a été par la suite acclimaté à Madagascar.

Originellement, le camphrier chinois produit une majorité de linalol, ainsi que des cétones comme le camphre et le safrole. Ces derniers composés sont convulsivants et contre-indiquent l'emploi de l'HE obtenue chez les enfants, les femmes enceintes et allaitantes, ainsi que chez les personnes ayant un seuil épiléptogène bas. En revanche, elle contient très peu de composants antiseptiques et est donc totalement inutile en cas de pathologies hivernales comme la grippe ou le rhume. Le résultat de la distillation du camphrier poussant en Chine est l'HE de *Cinnamomum camphora linaloliferum*.

Ce n'est qu'à Madagascar qu'il produit du cinéole et de l' α -terpinéol en plus grande quantité, et qu'il possède cette propriété anti-virale pour laquelle il est si recherché. Nous avons alors affaire à du *Cinnamomum camphora cineoliferum*.

L'HE de ravintsara est l'une des plus constante que nous ayons eu l'occasion d'étudier, du point de vue qualitatif. En effet, sa teneur en composés actifs est étonnamment reproductible d'un distillateur à un autre, et d'une récolte à une autre. Ce tableau regroupe les compositions de plusieurs HE distillées à des années différentes, par des laboratoires différents :

Tableau 7: Comparaison des compositions chimiques d'HE de *Cinnamomum camphora* de diverses origines

Composés	Non BIO				BIO	
	Labo B	Labo F	Labo D	Labo A	Labo A	Labo D
1,8-cinéole	12,00%	49,49%	54,20%	53,84%	55,24%	55,50%
Sabinène	-	14,93%	15,10%	14,14%	14,84%	15,00%
α -pinène	-	5,06%	5,20%	4,83%	5,63%	5,60%
β -pinène	-	3,52%	3,70%	3,47%	3,89%	3,50%
α -terpinène	-	2,15%	0,90%	0,79%	0,98%	-
Myrcène	-	1,96%	1,70%	1,62%	1,70%	1,60%
Limonène	-	1,66%	0,80%	0,92%	0,87%	0,90%
β -phellandrène	-	1,66%	-	-	-	-
α -terpinéol	3,90%	6,44%	6,40%	7,90%	6,24%	7,80%
Linalol	46,00%	0,31%	-	0,06%	0,05%	-
Camphre	15,00%	-	-	0,41%	0,01%	-
Safrole	7,90%	-	-	0,05%	0,02%	-

On constate aisément que les composés majeurs pour la thérapeutique, tels que le 1,8-cinéole, le sabinène, les pinènes et le terpinéol, sont présents en concentrations très similaires. Sauf pour un laboratoire, pour lequel la chromatographie que l'on découvre semble appartenir à une autre plante : en effet, le laboratoire B récolte les feuilles de *Cinnamomum camphora* distillées en Chine, contrairement à tous les autres, qui les récoltent à Madagascar.

Sur le conditionnement, l'acheteur non averti lit « Ravintsara ». Il sait que c'est le nom d'une HE conseillée en cas de coup de froid en hiver.

L'acheteur plus averti vérifie le nom latin, car il sait que l'on a longtemps appelé « Ravintsara » l'HE issu du *Ravensara aromatica*, une plante totalement différente, plus appréciée pour ses vertus calmantes. Là encore, ce qu'il lit le rassure : « *Cinnamomum camphora* ». Et pourtant, s'il passe à l'achat, il fera l'acquisition d'une HE bien différente de ce à quoi il s'attendait. Non seulement elle sera inefficace contre les maux de l'hiver, mais elle représente un réel danger, à cause de sa concentration en camphre (15%), une cétone potentiellement convulsivante et abortive et en safrole (près de 8%), suspecté d'être cancérigène pour l'homme et interdit en tant qu'additif dans l'alimentation depuis 1960 [13,14].

Pour finir d'illustrer l'importance de la notion de chémotype dans la qualité des HE, reprenons notre exemple du basilic :

Tableau 8: Comparaison des compositions chimiques des HE provenant de différents chémotypes d'*Ocimum basilicum*

Composés	Laboratoires	Laboratoire C	Laboratoire B		Laboratoire E
	Nom français	Basilic tropical	Basilic MC	Basilic à linalol	Basilic (français)
	Nom latin	<i>O. basilicum</i> L.	<i>Ocimum basilicum</i>	<i>O. basilicum</i>	<i>O. basilicum</i> et Linalol
	Origine	Madagascar	Vietnam	Egypte	Egypte
Eugénol		0,97%	Non détecté	11,30%	5,65%
β-caryophyllène		0,13%	Non mentionné	Non mentionné	non mentionné
Linalol		1,05%	0,80%	51,70%	45,27%
Camphre		0,30%	0,40%	0,60%	0,66%
Méthyl-chavicol		84,74%	86,20%	0,90%	1,20%
1,8-cinéole		3,20%	3,30%	8,40%	8,66%
Trans-α-bergamotène		Non mentionné	2,30%	3,90%	non mentionné

Les deux premières plantes étudiées ici, provenant respectivement de Madagascar et du Vietnam, présentent des profils chromatographiques semblables : une grande majorité (> 80%) de méthyl-chavicol, autour de 3% de 1,8-cinéole, et très peu d'eugénol (moins de 1%).

Le troisième, cultivé en Égypte, a un profil qui se rapproche de celui d'*Ocimum sanctum*, que l'on a vu plus haut : c'est typiquement le basilic à linalol. Le laboratoire B a décidé de commercialiser les deux chémotypes, tout en faisant apparaître clairement la différence sur le conditionnement en précisant dans le nom vernaculaire le composé principalement retrouvé. Le choix est laissé au consommateur.

C'est le laboratoire E qui commercialise le dernier basilic : cet *Ocimum basilicum* égyptien qu'il qualifie arbitrairement de « français ». D'après l'espèce, on s'attend donc à une HE riche en ce composé antispasmodique, le méthyl-chavicol. C'était compter sans le chémotype ! Ils sont allés chercher ce basilic en Egypte dans l'intention justement d'éviter la présence trop encombrante de ce composé, potentiellement dangereux en application pure, et suspecté d'être cancérigène par ingestion, mais qui a dans le même temps perdu l'essentiel de son intérêt thérapeutique. La grande proportion de linalol en fait un anti-infectieux doux, action renforcée par l'eugénol et le 1,8-cinéole, mais cette activité peut aisément être retrouvée dans d'autres HE (thym à linalol par exemple, ou encore celle de lavande vraie), alors que la propriété spasmolytique perdue est quasiment irremplaçable.

II. 1. 4. Partie de la plante utilisée

Nous avons déjà survolé l'exemple des agrumes, dont une HE différente est tirée de chacune des parties de la plante (feuilles, fleur, épicarpe du fruit).

Autre exemple notable, l'HE issue de l'**écorce** de la cannelle de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum*) est riche en cinnamaldéhyde, ce qui en fait une HE antibactérienne à très large spectre d'action, et très puissante.

En distillant les **feuilles** de cette même plante, on obtient une HE dont le composé majoritaire est l'eugénol, un phénol également antibactérien, ce qui la rapproche plus de l'HE extraite du clou de girofle (bouton floraux de *Syzygium aromaticum*).

Ce qui est curieux, c'est que l'HE obtenue par distillation des **feuilles** d'une autre espèce de cannelle, *Cinnamomum cassia*, qui pousse en Chine, va contenir elle aussi une très grande quantité de cinnamaldéhyde, tout comme l'HE de l'**écorce** de notre cannelle de Ceylan...

Nous pouvons également nous pencher à nouveau sur le *Ravensare aromatica*. Maintenant que nous connaissons bien sa différence avec le *Cinnamomum camphora*, explorons les différences qu'il existe au sein de ce même arbre. En effet, il est possible d'obtenir de l'HE à partir des jeunes **feuilles** (c'est l'HE de Ravensare qui est étudiée plus haut), mais également à partir de l'**écorce** de l'arbre : on obtient alors l'HE dite «Havozo ».

Tableau 9: Comparaison des compositions chimiques des HE obtenues à partir des feuilles et de l'écorce de *Ravensare aromatica*

	Laboratoire A	
	Ravensare (Feuilles)	Havozo (Bois)
Sabinène	11,81%	0,01%
Limonène	14,37%	1,25%
Linalol	6,14%	2,69%
Methyl-eugénol	7,29%	0,32%
Estragole	4,00%	90,95%
Germacrène D	4,01%	Non mentionné
β-caryophyllène	2,52%	Non mentionné

La grande majorité d'estragole au sein de l'HE extraite de l'écorce du *Ravensare aromatica* lui confère d'importantes propriétés spasmodiques des muscles lisses, ainsi qu'une forte odeur anisée.

Pour cette raison l'arbre a été baptisé une deuxième fois sous le nom de *Ravensare anisata* (qui est le nom sous lequel le laboratoire A commercialise cette HE) dans les années 1950 après sa première découverte au XVII^{ème} siècle sous le nom de *Ravensare aromatica*. Depuis, des études ont confirmé que ces deux noms latins regroupaient une seule et même plante, qu'il a été décidé d'appeler *Ravensare aromatica*. [15]

Pour en revenir à l'HE d'Havozo, ses propriétés antispasmodiques la rendent sans conteste très intéressante sur le plan thérapeutique, mais son mode d'obtention prête à la polémique. En effet, étant extraite du bois de l'arbre, elle en nécessite la destruction. Il est dommage de perpétuer cette déforestation malgache pour obtenir une propriété que le basilic (*Ocimum basilicum var basilicum*, voir plus haut), peut fournir plus simplement (l'estragole est en effet un des autres noms du méthyl-chavicol).

Prenons l'exemple de la carotte (*Daucus carota*) : quand on parle de l'HE de carotte, c'est habituellement l'HE tirée de ses fruits. Mais il est également possible et relativement fréquent de distiller les parties aériennes (tableau 10) :

Tableau 10: Comparaison des compositions chimiques des HE tirées des fruits et des parties aériennes de la carotte

<i>Daucus carota</i> Laboratoire A	Fruits			Parties aériennes	
	DCS3	DCS2	DCS1	BDCH4	BDCH2
	France 08/07	France 08/06	France 08/05	France 08/10	France 08/09
α -pinène	9,60%	11,06%	3,07%	13,05%	30,44%
Sabinène	6,60%	11,00%	2,01%	2,35%	8,91%
β -bisabolène	4,25%	6,84%	14,18%	35,92%	12,70%
Carotol	34,30%	29,93%	44,35%	Non détecté	Non détecté
Méthylisoeugénol	0,02%	0,06%	0,12%	16,42%	11,44%
Elemicine	Non détecté	Non détecté	Non détecté	11,87%	4,70%

Comme à l'accoutumée, des variations dans les taux en chaque molécules apparaissent en fonction des années de culture : dans l'HE de fruits par exemple, le β -bisabolène se retrouve en concentrations allant de 4 à 14% entre 2005 et 2007, le sabinène varie de 2 à 11% dans la même période, mais une certaine homogénéité se dégage à l'intérieur de chaque groupe.

Les HE extraites des fruits contiennent une majorité de carotol (30 – 45%), alors que dans les HE des parties aériennes cet alcool sesquiterpénique n'apparaît pas, remplacé par un phénylpropanoïde : le méthylisoeugénol et par un alkyl benzène, l'élémicine.

Alors que le carotol est réputé avoir des vertus hypocholestérolémiantes et comme draineur hépatique, le méthylisoeugénol et l'élémicine ont fait leur preuve en tant que composés antibactériens [16].

Ainsi, les HE de carotte, selon la partie de la plante dont elles sont extraites, n'auront pas du tout les mêmes propriétés.

Pour obtenir des résultats reproductibles en aromathérapie, il convient donc de définir précisément la plante dont on parle :

- d'un point de vue botanique : le nom vernaculaire ne suffit pas, il faut préciser le nom latin du genre et de l'espèce. On peut penser qu'aujourd'hui, dans les circuits de distribution un tant soit peu soigneux, les confusions de ce genre n'existent plus. Voici quelques exemples que j'ai pu trouver au cours de mes recherches :

° chez le laboratoire G, on peut lire sur le certificat d'analyse de l'HE d'eucalyptus radié (*Eucalyptus radiata*) le nom latin suivant : *Melaleuca viridiflora quinquenerv.* SOL, soit celui du... niaouli !.



Illustration 2: Extrait du bulletin d'analyse d'un laboratoire qui manque de sérieux

La composition globale de l'HE, ainsi que l'absence notable de viridiflorol nous font tout de même penser que l'HE analysée est bien celle d'*Eucalyptus radiata*, mais une erreur aussi grossière interpelle quant au sérieux de la démarche aromathérapique de tels réseaux de distribution.

° le laboratoire H inscrit sur le packaging de l'HE de ravintsara la chose suivante « dénomination latine : *Cinnamomum camphora*, ancienne dénomination : *Ravensara aromatica* SONNERAT ». Cette inscription ne fait que nous replonger dans la perplexité dont ont toujours eu du mal à se défaire nos aromathérapeutes à propos de ces deux plantes. En effet, *Cinnamomum camphora* et *Ravensara aromatica* sont bel et bien deux arbres différents, tous deux récoltés à Madagascar, et avec des propriétés là encore bien différentes.

De plus l'inscription de ce laboratoire est non seulement incorrecte, mais également incomplète : pour être exacte, elle aurait dû mentionner le chémotype : « *Cinnamomum camphora cineoliferum* »

- d'un point de vue biochimique : ce sont les HE chémotypées. De nombreux exemples de l'importance de cette précision ont déjà été développés plus haut. Il faut constamment veiller à ce qu'elle apparaisse quelque part sur le conditionnement, et cela dépend beaucoup du circuit d'achat : en effet, nous avons eu l'occasion de discuter avec des vendeurs d'HE sur les marchés qui ne savaient pas du tout ce que « chémotypé » signifiait.

- au niveau de la partie de la plante qui est utilisée

II. 2. Culture de la plante

Nous avons déjà eu l'occasion de passer en revue les différents modes de culture que pouvaient subir les plantes destinées à fournir les HE (écologique, conventionnel et biologique).

Beaucoup d'aromathérapeutes déconseillent l'utilisation d'HE issues de culture conventionnelle, mais cette recommandation vient du principe de précaution et en réalité, très peu d'études prouvent un risque plus élevé à l'utilisation d'HE non biologiques, ou une supériorité d'efficacité des HE biologiques.

Nous allons comparer différentes HE d'origine biologique et non biologique afin de mettre en avant d'éventuelles variations de composition qui seraient dues au mode de culture.

Ici, de la lavande (*Lavandula officinalis*) issue d'un site commercialisant des HE (laboratoire F) :

Tableau 11: Comparaison des compositions chimique d'HE de lavandes vraies biologiques et conventionnelles

<i>Lavandula officinalis</i>	Biologique	Non biologique		
	Juillet 2009	Juillet 2009	Août 2009	Moyenne
Linalol	25,94%	26,88%	33,11%	30,00%
Terpinèn-4-ol	4,17%	3,24%	2,31%	2,78%
Lavandulol	0,86%	0,77%	0,90%	0,84%
Bornéol	0,83%	0,91%	1,40%	1,16%
α -terpinéol	0,26%	1,25%	1,25%	1,25%
(Z)- β -ocimène	4,31%	5,48%	2,74%	4,11%
(E)- β -ocimène	3,53%	2,48%	2,96%	2,72%
β -phellandrène	0,25%	0,24%	0,15%	0,20%
γ -terpinène	0,14%	-	0,01%	0,01%
β -caryophyllène	4,88%	3,98%	3,55%	3,77%
(E)- β -farnésène	1,85%	2,85%	2,12%	2,49%
Germacrène-D	0,74%	0,39%	0,41%	0,40%
Acétate de linalyle	39,38%	36,78%	36,85%	36,82%
Acétate de lavandulyle	3,93%	4,45%	2,76%	3,61%
Acétate de géranyle	0,38%	0,74%	0,46%	0,60%
Acétate de néryle	0,20%	0,44%	0,88%	0,66%
Camphre	0,18%	0,37%	0,36%	0,37%
1,8-cinéole	0,66%	1,03%	0,48%	0,76%

On remarque effectivement des différences de composition entre l'HE d'origine biologique et les HE qui proviennent d'une culture conventionnelle. Cependant des différences plus grandes existent bien souvent entre les deux HE non biologiques, cela signifie donc que les différences remarquées sont liées aux différences intrinsèques à chaque plante plutôt qu'aux différences du mode de culture.

Ici, la même espèce de lavande (*Lavandula officinalis*), commercialisée cette fois par un laboratoire pharmaceutique :

Tableau 12: HE de lavandes vraies issues d'un laboratoire pharmaceutique

Laboratoire A		
	<i>Lavandula officinalis</i> Bio	<i>Lavandula off.</i> Non bio
Linalol	44,11 %	36,17 %
Acétate de linalyle	32,37%	32,18%
Camphre	0,79%	0,60%
β -caryophyllène	2,27%	3,04%
Acétate de lavandulyle	0,21%	-
(E)- β -ocimène	1,15%	3,75%
(Z)- β -ocimène	0,77 %	2,26 %

Les différences existant entre les HE des deux laboratoires, quel que soit leur mode de culture, sont plus importantes que celles entre les HE de cultures différentes mais du même laboratoire. Ceci incite à penser que ce n'est pas le critère qui influence le plus la qualité du produit fini.

Comparaison d'HE biologiques et non biologiques de citron :

Tableau 13: Comparaison des compositions chimiques d'HE de citron biologiques et conventionnelles

<i>Citrus limon</i>	HE Biologiques		HE Non Biologiques	
	Labo B Italie 09/07	Labo A Italie 06/10	Labo D 01/10	Labo D 08/10
β -pinène	11,30%	11,96%	13,30%	13,20%
Sabinène	1,80%	1,61%	1,80%	1,50%
Limonène	68,00%	65,91%	68,20%	68,90%
γ -terpinène	9,10%	9,29%	7,60%	7,20%
β -caryophyllène	0,20%	0,18%	0,40%	0,40%
Néral	0,70%	0,76%	1,00%	1,10%
Géranial	1,30%	1,37%	1,70%	1,80%
Acétate de géranyle	0,40%	0,20%	0,10%	0,20%

Encore une fois, les différences observées ne sont pas significativement suffisantes pour en tirer des conclusions quant à une éventuelle différence de qualité intrinsèque de l'HE en fonction du mode de culture.

Études des HE de cyprès toujours vert provenant de cultures biologique et conventionnelle :

Tableau 14: Comparaison des compositions chimiques d'HE de cyprès biologiques et conventionnelles

<i>Cupressus sempervirens</i>	HE Biologiques			HE Non Biologiques		
	BCSB8	BCSB7	BCSB5	CSB2	CSB4	CSB6
	Maroc 06/09	Maroc 06/08	Maroc 06/07	Maroc 06/06	Maroc 06/07	Maroc 06/08
Laboratoire A						
α -pinène	55,18%	59,10%	53,30%	54,13%	54,17%	51,25%
Δ^3 -carène	22,55%	20,62%	24,65%	23,95%	22,60%	24,65%
Myrcène	3,05%	2,47%	2,86%	2,70%	2,68%	2,93%
Limonène	2,03%	2,03%	2,03%	1,88%	2,01%	2,18%
Terpinolène	3,11%	2,92%	3,11%	3,28%	3,14%	3,56%
Acétate de terpényle	2,18%	1,42%	2,54%	1,86%	2,39%	2,68%
Cédrool	0,29%	0,28%	0,50%	0,40%	0,58%	0,53%

Cet exemple est édifiant de par son invariance : la stabilité de la composition de l'HE de *Cupressus sempervirens* à travers les années de culture permet de faire réellement ressortir le rôle du mode de culture.

Ici, il est clair : le rôle du mode de culture est tout à fait négligeable.

Les HE de cyprès, qu'elles soient d'origine biologiques ou non, comportent toutes les même composants, et dans des proportions très similaires.

L'étude des chromatographies de l'arbre à thé (*Melaleuca alternifolia*) cultivé selon les deux méthodes conforte ce résultat :

Tableau 15: Comparaison des compositions chimiques HE d'arbre à thé biologiques et conventionnelles

Melaleuca alternifolia	HE Biologiques		HE Non biologiques	
	Australie 02/11	Zambie 02/07	Australie 09/10	Australie 02/07
Laboratoire A				
α-terpinène	13,25%	12,53%	9,16%	8,82%
1,8-cinéole	3,58%	2,40%	2,80%	2,95%
γ-terpinène	25,01%	24,65%	20,76%	20,15%
Terpinolène	4,37%	4,17%	3,33%	3,29%
Terpinène-4-ol	33,57%	38,87%	39,39%	40,90%
α-terpinéol	1,96%	2,27%	2,70%	3,05%

En effet là encore, aucune différence significative n'apparaît dans la composition de ces HE.

Intéressons-nous à présent à l'HE d'écorce de cannelle de Ceylan (*Cinnamomum verum*) :

Tableau 16: Comparaison des compositions chimiques d'HE de cannelle biologiques et conventionnelle

<i>Cinnamomum verrum</i>	HE Biologiques				HE Non Biologiques		
	BCVB2	BCVB3	BCVB7	Labo B	CVB2	CVB7	CVB11
Laboratoire A	Madagascar	Madagascar	Madagascar	Sri Lanka	Sri Lanka	Sri Lanka	Sri Lanka
β-phellandrène	5,51%	5,83%	10,25%	2,50%	1,99%	2,62%	3,85%
Linalol	3,28%	2,36%	4,12%	4,40%	3,55%	3,58%	1,45%
(E)-cinnamaldéhyde	52,70%	48,15%	39,55%	68,00%	73,35%	58,54%	63,56%
Acétate de cinnamyle	3,41%	11,33%	6,08%	5,40%	2,93%	2,14%	8,33%
Eugénol	3,57%	5,51%	1,74%	3,10%	2,68%	11,18%	2,79%

Les différences de composition de cette HE sont très marquées, même pour des lots provenant du même type de culture, de la même région, et distillés la même année.

Aucune particularité attribuable à la culture biologique de la cannelle ne ressort, on peut seulement constater une fois encore la grande variabilité du végétal, avec des taux d'aldéhyde cinnamique allant de 39% à 73%, d'acétate de cinnamyle de 2 à 11% et d'eugénol de 1,7% à plus de 11%.

Si l'on ne s'intéresse qu'aux HE biologiques d'une même provenance (Madagascar), on note des différences importantes (taux d'eugénol variant de 1,7 à plus de 5%, d'acétate de cinnamyle de 3,5% à plus de 11%).

En se focalisant sur les HE non biologiques d'origine srilankaise, le même type de différences apparaît : les concentrations en cinnamaldéhyde variant de 59 à 73%, en acétate de cinnamyle de 2 à 8%, et en eugénol de 2,5 à 11%.

Les différences constatées entre les compositions des HE de même origine (Sri Lanka) mais de modes de culture différents ne sont pas plus importantes : ceci est bien la preuve que les variations rencontrées ne s'expliquent pas par l'utilisation d'une culture biologique ou non.

Voyons ici le cas d'une HE riche en phénol : *Thymus vulgaris thymoliferum*, commercialisée par un laboratoire pharmaceutique :

Tableau 17: Comparaison des compositions chimiques d'HE de thym biologiques et conventionnelles

<i>Thymus vulgaris thymolifera</i>	Non BIO				BIO			
	1	2	3	Moyenne	1	2	3	Moyenne
γ -terpinène	9,36%	18,04%	8,99%	12,13 %	11,02%	6,60%	4,02%	7,21 %
Para-cymène	22,25%	23,84%	17,79%	21,29 %	17,96%	13,45%	14,90%	15,44 %
Camphre	0,10%	0,02%	0,04%	0,05 %	1,84%	1,07%	0,14%	1,02 %
Linalol	4,65%	1,42%	5,00%	3,69 %	4,16%	4,02%	4,70%	4,29 %
Eugénol	0,03%	-	-	0,03 %	0,02%	-	-	0,02 %
Thymol	48,59%	31,10%	47,30%	42,33 %	38,92%	53,84%	58,05%	50,27 %
Carvacrol	2,87%	1,67%	3,61%	2,72 %	2,73%	3,07%	2,93%	2,91 %

Les HE biologiques de thym à thymol semblent en moyenne plus riches en phénols (thymol et carvacrol) que leurs cousines issues de l'agriculture conventionnelle. Ces molécules constituent pour la plante des armes afin de lutter contre les différents parasites qui seraient susceptibles de perturber leur croissance. Or, dans l'agriculture conventionnelle, des pesticides sont dispensés afin d'éliminer ces parasites : ce n'est donc plus une priorité pour la plante que de les produire. Ce fait pourrait expliquer pourquoi le taux de phénols est globalement plus élevé dans les HE biologiques.

Les phénols nous intéressent en thérapeutique justement de par leurs effets biocides : ils constituent de puissants antibiotiques, et sont largement utilisés pour lutter contre les pathologies infectieuses.

Il semblerait donc que dans ces cas précis, l'utilisation des HE d'origine biologique serait une alternative plus intéressante que le HE conventionnelles.

II. 3. Extraction de l'HE

L'état dans lequel se trouve la drogue au moment de l'extraction de l'HE influe sur la nature des composés extraits :

Plusieurs études tendent à prouver que les divers composants de l'HE sont mieux préservés quand elle est extraite à partir de la plante fraîche.

Divers *Ocimum basilicum* (basilic) ont été distillés dans les deux états : il apparaît que certains composés essentiels pour l'activité thérapeutique (méthylchavicol, aux propriétés antispasmodiques, et eugénol, dont on ne conteste plus l'activité antiseptique) se retrouvent en plus grande proportion dans les HE extraites de plantes fraîches. [17]

Une étude similaire a été menée sur le *Curcuma longa* (curcuma) et les HE obtenues à partir des rhizomes séchés ou non ont été testées au niveau de leurs propriétés antioxydantes : il s'avère que l'HE obtenue sur plante fraîche a un potentiel antioxydant supérieur à celle provenant de rhizomes séchés. L'étude des deux compositions donne un élément de réponse, nous apprenant que certains composés comme l'alpha-turmérone, présent à hauteur de 20% dans l'HE extraite de plante fraîche, ne se trouve qu'à l'état de trace dans l'HE extraite du rhizome séché. [18]

En revanche, pour obtenir un rendement optimal, la lavande *Lavandula angustifolia* doit être pré-fanée avant de subir l'opération de distillation : elle est cueillie 24h auparavant.

Nous avons aussi vu dans la première partie l'importance du procédé de distillation en lui-même : l'exemple le plus parlant est celui de l'ylang-ylang (*Cananga odorata*).

La distillation des fleurs du *Cananga odorata* dure entre 15 et 20h, et produit cinq qualités d'HE : l'Extra supérieure, l'Extra, la Première, la Deuxième, et la Troisième.

Tableau 18: Comparaison des compositions chimiques des HE de deux qualités différentes d'ylang-ylang

<i>Cananga odorata</i>	Extra		III (3ème distillation)	
Laboratoire	Laboratoire B	Labo A (COEF9)	Labo E (12/10)	Labo F
Origine	Comores, 09/06	Comores, 06/10	Madagascar	Madagascar, 06/10
Linalol	5,10%	13,90%	0,86%	2,75%
β -caryophyllène	5,70%	4,82%	16,91%	16,86%
Germacrène-D	19,00%	12,82%	26,49%	21,46%
α -farnesene	11,00%	6,78%	10,93%	10,90%
Benzoate de benzyle	5,60%	5,40%	7,40%	7,29%
Trans-farnesol	1,20%	non mentionné	2,47%	non mentionné
Acétate de farnesyle	2,40%	2,00%	1,96%	1,80%
δ -cadinène	1,40%	1,41%	5,09%	3,69%
Salicylate de benzyle	2,90%	2,04%	Non mentionné	1,71%
Méthylanisole	7,20%	9,27%	0,30%	non mentionné
Farnésol	1,20%	1,21%	2,47%	2,21%
Alpha-caryophyllène	Non mentionné	non mentionné	5,05%	non mentionné
Acétate de géranyle	4,10%	6,18%	2,45%	7,69%

La Troisième est la plus importante en volume, mais c'est aussi la moins intéressante qualitativement : elle est uniquement employée en cosmétique et savonnerie. Pour avoir une action thérapeutique globale, il convient d'utiliser l'HE dite complète, ou « totum », qui regroupe l'ensemble des produits de distillation de l'ylang-ylang.

Le linalol semble être présent en plus grande quantité dans l'HE dite "extra" que dans la troisième distillation (il est "passé" avant). C'est le contraire qui se produit pour deux sesquiterpènes essentiels pour l'activité thérapeutique : le β -caryophyllène et le germacrène D, qui eux, ne se retrouvent en grande quantité que dans la troisième distillation.

Tableau 19: Comparaison des compositions chimiques du totum d'HE d'ylang-ylang provenant de différents laboratoires

Ylang-Ylang	Totum				
Laboratoire	Laboratoire B	Labo A (BCOTF)	Labo F	Labo C (Fleur com)	Labo D (11/08)
Origine	Madagascar, 07/09	Madagascar, 06/08	Madagascar 09/10	Madagascar	
Linalol	7,50%	6,78%	7,34%	5,46%	3,00%
β-caryophyllène	11,80%	13,53%	13,58%	8,45%	8,00%
Germacrène-D	12,70%	16,61%	17,56%	(+benzyl acetate) 21	30,00%
α-farnesene	10,40%	10,99%	10,69%	+geranyl acetate 14	29,00%
Benzoate de benzyle	8,20%	7,35%	7,10%	8,98%	non mentionné
Trans farnesol	2,50%	non mentionné	+farnesol 2,17%	4,48%	non mentionné
Acetate de farnesyle	2,60%	1,98%	1,73%	4,49%	non mentionné
δ-cadinène	4,00%	3,57%	3,45%	2,53%	non mentionné
Salicylate de benzyle	2,80%	1,77%	1,86%	non mentionné	non mentionné
Méthylanisole	3,90%	3,00%	non mentionné	non mentionné	non mentionné
Farnésol	2,50%	1,88%	+trans farnésol 2,17	non mentionné	non mentionné
α-caryophyllène	non mentionné	non mentionné	non mentionné	non mentionné	non mentionné
Acétate de géranyle	5,70%	5,96%	7,81%	non mentionné	non mentionné

Les HE regroupant toutes ces fractions de distillation (totum) présentent un plus grand équilibre au niveau des proportions de chacune de ces molécules. Ce n'est pas le cas de l'HE que propose le laboratoire D, qui se démarque nettement de ses consœurs notamment par les quantités de germacrène D et d'α-farnésène, respectivement 30 et 29%. De telles quantités ne sont jamais retrouvées par ailleurs, laissant libre cours à la suspicion : s'agit-il véritablement du totum, ou bien d'une troisième distillation ? (qui retrouve ces molécules en plus grande quantité) ou encore : y'a-t-il rectification ?

Quand à l'HE de *Lavandula angustifolia*, elle est extraite à 80% environ en 1h en moyenne.

Tableau 20: Comparaison des compositions chimiques des HE de lavande commercialisées par différents laboratoires

<i>Lavandula angustifolia</i>	Labo A	Labo F	Labo E (Bulgarie)	Labo B (France)	Labo C (France)
Linalol	36,17%	26,88%	26,76%	26,60%	44,39%
Acétate de linalyle	32,18%	36,78%	34,79%	36,30%	33,05%
Camphre	0,60%	0,37%	0,36%	0,30%	0,75%
β-caryophyllène	3,04%	3,98%	4,59%	non mentionné	2,49%
Acétate de lavandulyle	non mentionné	4,45%	4,57%	3,80%	0,43%
Acétate de néryle	non mentionné	0,44%	0,32%	non mentionné	non mentionné
(E)-β-ocimène	3,75%	2,48%	3,41%	non mentionné	0,80%
(Z)-β-ocimène	2,26%	5,48%	5,14%	non mentionné	1,05%

Un distillateur est payé au kilogramme d'HE produit, il apparaît donc probable que certains producteurs arrêtent la distillation après le passage du linalol et de l'acétate de linalyle. Or il faut au moins vingt minutes supplémentaires pour que certains esters passent dans l'HE : les acétates de bornyle, de lavandulyle, de néryle, de géranyle, qui tous, jouent un rôle non négligeable dans les propriétés relaxantes et sédatives de cette HE.

II. 4. Opérations ultérieures à l'extraction de l'HE

Nous avons déjà passé en revue les diverses opérations qu'il était possible de pratiquer sur une HE après sa distillation (rectification, déterpénation, mélange).

Intéressons-nous ici à la rectification de l'HE d'un eucalyptus.

La norme pharmacopée exige de l'HE d'*Eucalyptus globulus* une concentration en 1,8-cinéole supérieure à 70%. Pour atteindre ce taux, les laboratoires sont encouragés à pratiquer des distillations successives : c'est la rectification.

S'ils ont recours à ce procédé, ils doivent le mentionner, et l'HE perd son qualificatif d'HE « 100% pure, non rectifiée »

Mais la concentration en 1,8-cinéole est augmentée au détriment d'autres molécules, qui n'ont peut-être pas son efficacité anti-infectieuse, mais qui viennent modérer son agressivité, notamment au niveau de la peau et des muqueuses.

Nous avons comparé divers laboratoires et leurs différentes politiques en la matière :

- Le laboratoire B refuse la rectification et prévient le consommateur que le taux en 1,8-cinéole n'atteint pas la norme pharmacopée pour cette raison
- le laboratoire D et le laboratoire F affichent tous deux fièrement plus de 80% de 1,8-cinéole en annonçant la rectification
- Les HE biologiques et non biologiques du laboratoire A atteignent toutes les 70% fatidiques, sans pour autant qu'il soit fait mention d'une quelconque rectification
- Quand au laboratoire G, les 70% ne sont pas atteints, et aucune autre information n'est

donnée.

Encore une fois, les informations dont dispose le consommateur sont floues, quand elles existent même.

II. 5. Illustration de l'importance de la qualité : exemple de l'hélichryse

L'hélichryse (*Helichrysum italicum*), ou immortelle, est une plante vivace que l'on trouve couramment autour du bassin méditerranéen (elle a été décrite pour la première fois en Italie, d'où son nom). Elle possède plusieurs sous-espèces :

- *Helichrysum italicum* *sb italicum*
- *Helichrysum italicum* *sb serotinum*
- *Helichrysum italicum* *sb microphyllum*
- *Helichrysum italicum* *sb pseudolitoreum*

Les HE que l'on trouve commercialisées en France proviennent principalement des deux premières.

Aucune distinction n'est pratiquée par les laboratoires commercialisant cette HE, la sous-espèce étant rarement précisée. Il n'existe non plus pas de chémotype reconnu.

L'HE d'hélichryse est connue pour ses propriétés cicatrisantes et antiphlébitique, avec une capacité à accélérer la résorption des hématomes. Les molécules censées détenir l'effet thérapeutique sont les italidiones (de trois types) et l'acétate de néryle essentiellement.

Le profil type d'une HE d'hélichryse est le suivant [1] : une majorité d'esters terpéniques (dont plus de 70% d'acétate de néryle), entre 15 et 20% d'italidiones (I, II, et III), le reste étant composé de sesquiterpènes (comme le beta-caryophyllène) et de monoterpénols (nérol).

Voyons ce qu'il en est de 6 HE provenant de 6 laboratoires différents :

Tableau 21: Comparaison des compositions chimiques des HE *d'Helichrysum italicum ssp italicum* provenant de divers laboratoires

<i>Helichrysum italicum</i>	Labo A (Italie)	Labo D (« France »)	Labo B (Corse)
α-pinène	18,69%	2,90%	2,60%
Limonène	1,38%	5,30%	6,30%
Nérol	0,43%	4,40%	2,70%
Italicène	2,47%	3,20%	2,10%
β-caryophyllène	3,56%	non mentionné	0,10%
γ-curcumène	12,46%	14,70%	12,40%
Acétate de néryle	27,75%	35,70%	35,40%
Propionate de néryle	0,37%	5,20%	12,40%
α-curcumène	1,96%	non mentionné	3,50%
Italidione I	4,53%	0,60%	2,80%
Italidione II	1,85%	1,20%	2,40%
Italidione III	1,01%	2,60%	Non mentionné
Somme Italidiones	7,39%	4,40%	5,20%
Thujone	0,57%	non mentionné	Non mentionné
Camphre	0,29%	non mentionné	Non mentionné
	Labo C (« France »)	Labo E (Albanie)	Labo F (Corse)
α-pinène	2,99%	16,78%	2,13%
Limonène	6,17%	1,60%	7,16%
Nérol	2,45%	Non mentionné	2,28%
Italicène	2,69%	Non mentionné	non mentionné
β-caryophyllène	0,16%	4,75%	non mentionné
γ-curcumène	14,47%	17,61%	13,97%
Acétate de néryle	32,83%	17,85%	32,43%
Propionate de néryle	4,10%	0,67%	4,40%
α-curcumène	1,92%	8,11%	2,79%
Italidione I		3,10%	4,16%
Italidione II	(+isobutyrate de néryl) 10,08%		1,39%
Italidione III	(+valérate de néryle) 1,96%	? 0,66/0,24% (coquille)	2,14%
Somme Italidiones	\	4,00%	7,69%
Thujone		1,04%	non mentionné
Camphre		0,45%	non mentionné

On constate dès le premier abord de grosses disparités :

La concentration en α -pinène, par exemple, varie de moins de 3% à près de 20%, celle en limonène de moins de 1,5% à plus de 6%. Ces molécules jouent certes un rôle dans le profil global de l'HE, mais ce ne sont pas celles qui nous intéressent le plus dans cette HE.

Intéressons-nous à l'acétate de néryle :

Quand la plante est originaire de Corse, la concentration en acétate de néryle dépasse systématiquement les 30%. Cette concentration diminue un peu quand on va chercher l'hélichryse en Italie, mais elle ne devient plus que la moitié de ce qu'elle devrait être quand la plante pousse encore plus à l'est (Albanie).

Le phénomène se répète avec un autre ester important : le propionate de néryle : présent en quantités non négligeables dans les HE corses, il disparaît quasiment dans les HE italiennes et albanaises.

En ce qui concerne les italdiones :

La comparaison est malaisée à cause de la manière dont chaque laboratoire présente ses chromatographies : le laboratoire B ne mentionne pas l'italidione III, le laboratoire C regroupe ensemble des pics, et donc des molécules différentes, rendant ces données inexploitable. Le laboratoire E fait pire : sa chromatographie mentionne deux fois l'italidione II...

Nous allons donc quand c'est possible prendre en compte uniquement la somme des 3 italdiones :

Là encore, on constate des différences importantes, de 4% à près du double, mais sans qu'une explication géographique ne ressorte. N'importe quel autre critère influençant la qualité dont j'ai déjà fait mention pourrait expliquer ces différences.

Le souci c'est que le consommateur n'a aucun moyen de savoir ce qu'il achète.

Le problème des espèces :

Le laboratoire B va plus loin : il commercialise en plus de l'hélichryse italienne trois autres espèces d'hélichryse :

- *Helichrysum angustifolium* D.C.
- *Helichrysum bracteiferum* Humb
- *Helichrysum gymnocephalum*

Tableau 22: Comparaison des compositions chimiques des HE de différentes espèces d'hélichryse

Laboratoire B	<i>H. italicum</i> var. <i>serotinum</i>	<i>H. angustifolium</i> (Serbie)	<i>H. bracteiferum</i> (Madagascar)
α-pinène	2,60%	27,90%	4,20%
Limonène	6,30%	2,00%	2,30%
Nérol	2,70%	non mentionné	Non mentionné
Italicène	2,10%	3,50%	Non mentionné
β-caryophyllène	0,10%	5,00%	5,20%
γ-curcumène	12,40%	19,50%	Non mentionné
Acétate de néryle	35,40%	2,90%	Non détecté
Propionate de néryle	12,40%	1,40%	Non mentionné
α-curcumène	3,50%	3,50%	Non mentionné
Italidione I	2,80%	2,60%	Non mentionné
Italidione II	2,40%	2,50%	Non mentionné
Italidione III	Non mentionné	non mentionné	Non mentionné
Thujone	Non mentionné		Non mentionné
Camphre	Non mentionné	1,40%	Non mentionné
1,8-cinéole	Non mentionné	non mentionné	45,80%

Nous avons donc quatre espèces distinctes d'hélichryse, toutes quatre originaires de régions différentes et éloignées géographiquement les unes des autres : Corse, Serbie, et Madagascar. Il est donc impossible ici de dissocier la notion d'espèce de celle de chémotype.

H. italicum et *H. angustifolium* ont en commun la présence des italidiones, en concentrations sensiblement identiques, mais quand la première contient près de 50% d'esters de néryle, la deuxième n'en comporte pas le dixième (moins de 5%). À la place, on trouve en quantité importante des α - et β -pinènes, aux propriétés tout à fait différentes (cortico-mimétiques).

Il est à noter également la présence dérangeante de thujone et de camphre, deux cétones que l'on ne s'attend pas à trouver dans une HE d'hélichryse. Cette remarque est à nuancer par le fait que les italidiones sont déjà des cétones, qui à elles seules suffisent à déconseiller l'utilisation de l'HE d'hélichryse en quantité importante chez les personnes sensibles.

Quand à *H. bracteiferum*, son profil est tout à fait différent de ce qu'on attend de l'HE d'hélichryse : pas d'italidiones, ni d'esters de néryle ; à la place, une molécule qu'on ne trouve pas dans les deux précédentes espèces : le 1,8-cinéole, connue pour sa légère activité anti-

infectieuse, et que l'on trouve déjà dans nombre d'HE plus faciles d'accès (*Eucalyptus globulus* et *radiata*, *Thymus vulgaris cineoliferum*, *Rosmarinus officinalis cineoliferum* etc..)

En ce qui concerne la dernière espèce commercialisée par ce laboratoire, *H. gymnocephalum*, aucun bulletin d'analyse n'est publié. Mais si on s'appuie sur le profil moyen indiqué par le laboratoire, on constate que son HE contient plus de 60% de 1,8-cinéole, ce qui la rapproche de celle d'*H. bracteiferum*, et les mêmes remarques s'appliquent alors.

Pour ce laboratoire, *H. italicum* var *serotinum* bénéficie d'une appellation spécifique : hélichryse italienne. Pour ce qui est des autres, elles sont toutes rangées sous le même nom français : hélichryse. Il est facile de concevoir qu'un quidam ayant entendu parler de l'HE d'hélichryse pour ses qualités anti-hématome ou phlébotoniques risque de ne se fier qu'au nom français et de se retrouver avec une HE, certes redoutable contre les infections ORL bénignes, mais inutile dans les applications souhaitées.

Quid de l'intérêt de distiller ces hélichryses, qui n'apportent rien à l'arsenal classique d'HE, mais qui ajoutent encore au risque de confusion déjà important dans ce domaine ?

Continuité de la qualité dans le temps :

Les bulletins d'analyse qui sont étudiés plus haut ne sont guère que des instantanés, reflétant la qualité d'un lot, libéré à tel moment, mais ne tenant pas compte de la variabilité naturelle en fonction du climat d'une année sur l'autre, ou des changements de fournisseurs que peuvent subir les laboratoires commercialisant ces HE.

Étudions les compositions de l'HE d'hélichryse que commercialise le laboratoire A sur une plage de 5 ans :

Tableau 23: Comparaison des compositions chimiques des HE d'*Helichrysum italicum* en fonction de l'année de distillation

	Juin 2010	Juin 2010	Juin 2008	Juin 2007	Juin 2006	Juin 2006
	Italie (HHB2)	Italie (HHB1)	Slovénie (HHB1)	Slovénie (HHB1)	Slovénie (HHB1)	Italie (HHB2)
α-pinène	11,40%	13,02%	21,19%	22,71%	22,03%	0,11%
Limonène	2,14%	1,95%	2,99%	1,48%	1,66%	0,97%
Nérol	0,59%	0,78%	0,75%	0,45%	0,35%	6,00%
Italicène	3,44%	2,90%	4,56%	3,07%	4,12%	2,85%
β-caryophyllène	2,15%	2,67%	3,90%	4,82%	5,15%	0,42%
γ-curcumène	8,89%	9,36%	10,10%	9,85%	15,03%	6,93%
Acétate de néryle	36,70%	38,60%	8,85%	15,65%	3,14%	53,65%
β-selinène + α-muurolène	2,86%	2,15%	5,44%	5,37%	5,90%	0,47%
Propionate de néryle	0,63%	0,76%	1,12%	0,36%	0,43%	7,10%
α-curcumène	2,39%	2,07%	3,67%	2,46%	3,73%	3,27%
Italidione I	2,08%	2,60%	3,31%	6,83%	7,99%	0,11%
Italidione II	1,06%	1,05%	2,08%	2,40%	4,45%	0,14%
Italidione III	1,40%	1,02%	1,56%	0,94%	1,63%	0,05%
Thujone	NM	NM	NM	1,31%	1,03%	NM
Camphre	NM	NM	NM	0,99%	0,57%	NM
Total	75,73%	78,93%	69,52%	76,39%	75,61%	82,07%
Nombre de composants	155	154	146	129	121	81

La première remarque que l'on peut faire est l'origine de la drogue : elle varie d'une année sur l'autre, ainsi qu'au cours de la même année.

En 2010, le laboratoire s'est fourni en Italie, proposant une HE relativement riche en acétate de néryle (plus de 30%), avec une concentration en alpha-pinène moyenne, et comportant très peu de propionate de néryle. Les italidiones représentent environ 5% du total.

De 2006 à 2008, les hélíchryses distillées provenaient de Slovénie. Les HE en résultant sont plus riches en alpha-pinène qu'en acétate de néryle (dont la concentration excède rarement les 10%). Le propionate de néryle est là encore très peu présent, mais la concentration en italidiones est bien plus importante, représentant en 2006 jusqu'à 15% de l'HE. On note en 2007 et 2006 la présence de thujone et de camphre en quantité non négligeable.

En 2006, le laboratoire s'est aussi approvisionné en Italie, rapportant une HE des plus étonnantes : une concentration en alpha-pinène quasi-nulle, plus de 60% d'esters de néryle

(dont 53% d'acétate de néryle), mais très peu d'italidiones (0,3%).

Que penser d'un laboratoire qui propose la même année deux HE d'hélichryse aux profils si différents, sans mentionner aucune indication pour le public ?

III. Influence de la qualité des HE sur leur efficacité

Les HE sont particulièrement connues pour leurs propriétés anti-infectieuses, à tel point que pour nombre de thérapeutes, aromathérapie = alternative à l'antibiothérapie.

Avant l'avènement de l'antibiothérapie, les plantes étaient le seul remède contre les diverses pathologies infectieuses, et elles étaient fréquemment utilisées avec succès sous forme d'huiles essentielles. C'est devant les premiers succès fulgurants obtenus par les antibiotiques que cet art s'est quasiment perdu, mais il a continué malgré tout à évoluer à bas bruit grâce aux recherches de quelques passionnés, et il a doucement refait surface il y a quelques dizaines d'années, au fur et à mesure qu'apparaissaient les résistances des bactéries aux antibiotiques de synthèse.

III. 1. Efficacité anti-bactérienne des HE

III. 1. 1. Mode d'action des HE

Les HE sont des molécules à caractère lipophile, ce qui leur permet de se répartir dans les lipides des membranes cellulaires bactériennes, et de les désorganiser, augmentant de ce fait leur perméabilité [19]. L'action est légèrement différente pour les bactéries Gram négatif : les composés hydrophobes des HE sont capables de gagner leur périplasme directement par les porines [20]

On observe alors chez la bactérie une perte plus importante d'électrolytes comme le potassium et le sodium, ainsi qu'une sensibilité accrue aux changements de pH de son milieu de culture [21]

III. 1. 2. Comparaison HE/antibiotiques

Les antibiotiques sont des molécules isolées. On connaît le mode d'action de chacune

d'elles : elles agissent sur une partie de l'agent pathogène qu'elles détruisent ou qu'elles inhibent. Il suffit alors qu'une des bactéries développe par mutation une enzyme permettant d'inactiver cette molécule, ou d'en inverser l'action, pour mettre en péril toute l'action thérapeutique. En effet, en échangeant leur matériel génétique avec leurs consœurs comme elles le font fréquemment (par transformations, transductions et conjugaisons), ces bactéries vont être capables de transmettre la résistance rapidement au sein du pool de bactéries infectant l'organisme traité.

Les HE sont des ensembles très complexes de molécules (plusieurs dizaines, voire centaines) issues de différentes familles chimiques (terpènes, alcools, aldéhydes, phénols, esters pour ne citer que les plus courantes). Nous allons montrer ci-après que leur activité anti-infectieuse résulte bien d'un ensemble d'actions, pour lesquelles chaque molécule va jouer un rôle. Il est, dans ces conditions, bien improbable qu'une bactérie parvienne à muter suffisamment dans la durée de vie dont elle dispose afin de déjouer toutes ces différentes activités.

III. 1. 2. 1. Efficacité des HE sur les bactéries résistantes aux antibiotiques

Une étude menée en 2008 s'est donnée pour but d'observer le comportement de *Staphylococcus aureus* méticillino-résistants mis en contact avec 91 HE différentes [22]. Sur ces 91 HE, 78 (près de 86%) ont montré un potentiel inhibiteur sur ces bactéries résistantes aux pénicillines et potentiellement pathogènes. Les quelques 13 HE qui n'ont présenté aucune activité bactériostatique ou bactéricide ne sont pas connues comme des HE anti-infectieuses, autrement dit, elles n'auraient pas été plus efficaces sur des *Staphylococcus aureus* non résistants.

Les *S. pneumoniae* résistants à la pénicilline ont une sensibilité aux HE (cannelle de Ceylan, « lemongrass », perilla, thym sauvage, thym rouge, thym à géraniol, menthe poivrée, tea tree, coriandre, lavande aspic, lavande vraie, romarin, eucalyptus radié, citron (les noms latins n'apparaissent pas) équivalente à celle des *S. pneumoniae* sensibles à la pénicilline (par contact gazeux). [23]

Aucune résistance croisée entre les antibiotiques et les HE n'a été mise en

évidence.

III. 1. 2. 2. Iatrogénie comparative des HE et des antibiotiques

Nombre d'antibiotiques sont toxiques de manière intrinsèque, citons notamment la néphrotoxicité des aminosides, l'hépatotoxicité de certains anti-tuberculeux, les troubles de l'hémostase causés par les β -lactamines, les troubles de la minéralisation dentaire et osseuse provoqués par les tétracyclines etc...

À ces toxicités il faut ajouter le risque de sensibilisation et de réactions allergiques imprévisibles dont la gravité varie du plus bénin (un simple rash cutané) au plus sérieux (syndrome de Lyell-Johnson).

Jamais de tels effets indésirables n'ont été observés avec l'emploi des HE (par voie interne). Certaines sont toxiques, et c'est seulement par ignorance des précautions d'emploi les plus basiques que des accidents surviennent. En respectant des conditions d'utilisation bien établies, comme on le fait déjà pour les antibiotiques, le risque de survenue d'accidents iatrogènes serait proche de zéro.

Ajoutons que de nombreux patients ont à supporter les effets indésirables constants de la plupart des antibiotiques : effets digestifs (nausées, maux de ventre, diarrhées), apparition de mycoses (candidose buccale, intestinale, vaginale). Pour tenter de prévenir ces effets secondaires, il est fréquent de voir prescrits sur la même ordonnance l'antibiotique associé à un probiotique.

Les HE n'entraînent pas ce genre de désagréments : en effet la microflore intestinale de l'être humain est accoutumée depuis des milliers d'années à être en contact avec ces molécules aromatiques, que l'on trouve pour la plupart dans les épices et les herbes condimentaires. Leur utilisation ne nécessite donc pas la mise en place d'une thérapie adjuvante, contrairement aux antibiotiques.

Il a en effet été montré que les bactéries commensales, celles faisant partie du pool habituellement retrouvé dans l'organisme humain, exprimaient une résistance aux HE de 8 à

32 fois supérieure par rapport aux bactéries pathogènes [24]. On peut donc utiliser les HE, notamment ici l'HE de *Melaleuca alternifolia* à une concentration suffisante pour détruire la flore pathogène tout en n'endommageant pas la flore résidente, évitant les effets indésirables que cela entraînerait.

III. 1. 3. Étude de l'efficacité de différentes HE et de leurs composants

III. 1. 3. 1. Aromatogramme

Copiée sur le modèle des antibiogrammes, cette méthode permet de mesurer le pouvoir antibactérien et antifongique des HE de manière fiable et reproductible.

En pratique, une suspension bactérienne est réalisée à partir d'un prélèvement sur un patient (ou d'une banque de bactéries s'il s'agit de travaux de recherche). Onensemence la surface plane d'un milieu de culture gélosé coulé en boîte de Petri avec cette suspension, puis on dépose des disques de papier filtre imprégnés d'un volume donné de différentes HE.

Durant l'incubation, chaque HE testée occupe donc autour de son papier une zone où la concentration en molécules aromatiques diminue progressivement du centre à la périphérie. Les germes se développent, sauf sur des zones concentriques ayant pour centre ces disques, à l'intérieur desquels la concentration en produits testés est égale ou supérieure à la concentration minimale inhibitrice (CMI), c'est-à-dire bactériostatique.

III. 1. 3. 2. Classement des HE selon leur efficacité

Intéressons-nous à cette étude qui a cherché à connaître l'efficacité de 6 HE sur 25 souches bactériennes, ainsi que celle de plusieurs des molécules principales les composant, par la méthode des aromatogrammes. [25]

Ont été testées :

- *Myristica fragrans*, *Origanum vulgare*, *Pelargonium graveolens*, *Piper nigrum*, *Syzygium aromaticum*, *Thymus vulgaris* pour les HE totales, ainsi que divers

composés présents dans les HE :

- Le thymol, le bornéol, le carvacrol, le carvacrol méthyl-ether, le géraniol, l'eugénol, le linalol, la menthone, le nérol, le R-limonène, l' α -pinène, l' α -terpinéol, le terpinen-4-ol, le δ -3-carène, le cis-hex-3-en-1-ol, la (-)-thujone, le citral, le géranyl acétate, le β -pinène, l' α -terpinène, et le (+)-sabinène.

Le thym se classe en premier des HE testées, et le thymol est le premier parmi les composants testés. Logique. Pourtant il est intéressant de constater que le halo d'inhibition de l'HE de *Thymus vulgaris* est en moyenne plus du double de la taille de celui du thymol seul, autrement dit l'HE complète de thym possède une activité bactéricide deux fois plus importante que son composant supposé le plus actif seul.

Le même phénomène se produit avec l'eugénol et l'HE de *Syzygium aromaticum* : l'HE de clou de girofle a un effet inhibiteur plus important que l'eugénol sur 16 des 25 souches étudiées (soit 64 %). Pour 6 de ces souches (24 %), l'effet de l'eugénol est supérieur, et ces deux substances possèdent une action comparable sur les 3 dernières souches.

Les HE complètes se montrent d'une efficacité bactéricide supérieure dans 68% des cas, tout confondu. Certaines bactéries ne sont inhibées par aucun composé isolé et pourtant elles le sont, d'une manière plus ou moins importante, par presque toutes les HE totales.

Ces travaux mettent en évidence le fait que c'est bien de l'ensemble des molécules que vient la totalité de l'efficacité de l'HE, et non d'un seul « principe actif » qu'il est illusoire de vouloir isoler.

Cette « théorie du totum » est renforcée par l'observation de ces chercheurs brésiliens [26] sur des dermatophytes : la concentration minimale inhibitrice de l'HE de clou de girofle sur des souches de champignons recueillies sur des onychomycoses est quatre fois inférieure à la CMI de l'eugénol seul, qui est la molécule passant pour détenir l'effet anti-infectieux de l'HE de clou de girofle. On peut donc affirmer que l'effet antifongique de cette HE est la résultante d'une synergie d'effets, ceux de toutes les molécules la composant.

Ceci étant établi, nous avons élaboré à partir de cette étude canadienne [25] un classement des molécules les plus actives sur certaines des souches bactériennes les plus

intéressantes en pathologie humaine, afin de poursuivre nos recherches sur la relation entre la qualité d'une HE et son efficacité.

- Sur *Escherichia coli* :

Thymol > carvacrol > α -terpinéol > terpinen-4-ol > delta-3-carène > linalol > eugénol > cis-hex-3-en-1-ol > (-)-thujone > (+)-limonène > citral > géranyl acétate > géraniol > α -pinène > β -pinène > nérol > bornéol > menthone > α -terpinène > carvacrol méthyl-éther > (+)-sabinène (absence d'inhibition)

- Sur *Klebsiella pneumoniae* :

Thymol > carvacrol > α -terpinéol > linalol > δ -3-carène > (-)-thujone > eugénol > terpinen-4-ol > cis-hex-3-en-1-ol > citral > α -pinène > α -terpinène > β -pinène > géranyl acétate > (+)-sabinène > carvacrol méthyl-ether > (+)-limonène > menthone > bornéol = géraniol = nérol (absence d'inhibition)

- Sur *Pseudomonas aeruginosa* :

Carvacrol > terpinen-4-ol > thymol > eugénol > nérol > δ -3-carène > (-)-thujone > α -terpinéol > cis-hex-3-en-1-ol > citral > géranyl acétate > β -pinène > α -terpinène > géraniol > bornéol = carvacrol méthyl-éther = (+)-limonène = linalol = menthone = α -pinène = (+)-sabinène (absence d'inhibition)

- Sur *Staphylococcus aureus* :

Thymol > carvacrol > α -terpinéol > terpinen-4-ol > eugénol > δ -3-carène > menthone > (-)-thujone > nérol > linalol > α -pinène > cis-hex-3-en-1-ol > β -pinène > bornéol > géranyl acétate > géraniol > citral > carvacrol méthyl-ether = (+)-limonène = (+)-sabinène = α -terpinène (absence d'inhibition)

Classement général des HE selon [25] : *Thymus vulgaris* > *Origanum vulgare* > *Syzygium aromaticum* > *Myristica fragrans* > *Pelargonium graveolens* > *Piper nigrum*

III. 1. 3. 3. Efficacité des HE par contact gazeux

Et puisque les HE ont cet avantage sur les antibiotiques d'être volatiles, une méthode a aussi été développée afin de mesurer l'activité antibactérienne par contact gazeux [22]. Une culture de bactérie sur de la gélose est déposée dans une boîte hermétique, à côté d'un disque de papier filtre imprégné d'HE. Le tout est mis à incuber à 37°C. Ici, soit les bactéries se développent, soit elles ne le font pas. Pour déterminer la concentration minimale inhibitrice, il faut réaliser plusieurs cultures avec des concentrations aériennes d'HE décroissantes afin de trouver la plus faible empêchant la croissance bactérienne.

Les résultats obtenus permettent d'établir un classement des HE les plus actives pour traiter une pathologie ORL par fumigation, ou pour assainir une atmosphère par diffusion :

Cinnamomum zeylanicum (ecorce) > *Thymus vulgaris thymoliferum* > *Thymus vulgaris linaloliferum* > *Cymbopogon citratus* > *Mentha piperata* > *Lavandula spicata* > *Melaleuca alternifolia* > *Rosmarinus officinalis* > *Eucalyptus radiata* > *Citrus limon*

Puis des molécules isolées ont été testées de la même façon, et un classement étonnant à certains titres a été déterminé :

Cinnamaldéhyde > thymol > citral > geraniol > nonanal > octanal > menthol > terpinène-4-ol > linalol > 1,8-cinéole > camphre > menthone > limonène

En premier lieu, ce sont les aldéhydes qui sont les plus efficaces par contact gazeux, comme le cinnamaldéhyde, expliquant l'activité très importante et le spectre très large de l'HE de cannelle, mais des aldéhydes moins connus pour ces propriétés antibactériennes figurent en bonnes places : comme le citral ou le nonanal de l'HE de *Pelargonium graveolens* (géranium). Précisons que les aldéhydes sont irritants pour les muqueuses, ainsi que pour les voies respiratoires : il ne faudra jamais utiliser l'HE d'écorce de cannelle en fumigation, et pour assainir l'atmosphère, on prendra soin de quitter la pièce lors de la diffusion.

Juste derrière se trouvent les phénols, avec en chef de file le thymol, puis les alcools :

géraniol, menthol, terpinèn-4-ol, linalol.

Il est surprenant de voir en bas de ce classement le 1,8-cinéole, pourtant utilisé depuis fort longtemps en fumigation, comme dans la spécialité Calyptol inhalant®. On aura aussi noté la médiocre efficacité du citron, et de son principal composant, le limonène, alors que l'HE de citron est aussi bien souvent vantée pour ses mérites en tant qu'« assainissant d'atmosphère ».

Pour diminuer la proportion de bactéries en suspension dans l'air d'une pièce, on pourra donc utiliser les HE de cannelle de Ceylan ou de thym à thymol, mais en prenant soin de quitter la pièce durant la diffusion, et de ne la regagner qu'une dizaine de minutes plus tard, le temps que les molécules actives se soient déposées : en effet ces phénols très actifs sont également caustiques pour la peau et surtout les muqueuses du système respiratoire. Il est formellement contre-indiqué de les employer en fumigation : leur inhalation directe risque de provoquer un bronchospasme. Pour cet usage, l'emploi du thym à linalol est préférable et presque aussi efficace.

III. 1. 3. 4. Rapport avec la qualité

Certains auteurs affirment que les différents chémotypes n'interviennent pas dans l'efficacité des HE utilisées en thérapeutique [27] arguant du fait que l'efficacité est souvent présente même quand on ne tient pas compte de cette notion.

Et cependant, dans nombre d'études sérieuses réalisées grâce à des antibiogrammes, dont le but était de déterminer le pouvoir bactéricide et bactériostatique de plusieurs HE, des résultats contradictoires émergent. Le chémotype y est toujours négligé. Aucune chromatographie (couche mince, ou phase gazeuse) ne nous permet de connaître les compositions des HE utilisées lors de la réalisation de ces aromagrammes. Dans le meilleur des cas, nous connaissons seulement l'origine géographique des plantes.

Ce manque de rigueur en ce qui concerne la qualité des HE employées lors des études entraîne de nombreuses contradictions que l'on observe au cours de l'analyse de ces études en vue d'établir un classement des HE en fonction de leur activité anti-bactérienne.

Les chromatographies ne sont que des indicateurs de qualité : elles servent à connaître les concentrations des HE en principes actifs, mais ne permettent pas de déduire leurs propriétés sur la seule base de ces compositions. Elles sont indispensables pour connaître leur profil phytochimique, et pour pouvoir différencier les chémotypes des drogues de base, leur origine géographique, leur condition de culture, de récolte et de distillation.

Quand on s'intéresse à l'aromathérapie, il faut toujours garder à l'esprit que la variabilité chimique des HE est extrêmement importante et dépend de multiples facteurs.

Voici un exemple :

Dans l'étude [28] l'HE d'origan a une concentration minimale inhibitrice sur *Staphylococcus aureus* deux fois plus petite que celle du thym : on en conclut donc que l'HE d'origan est deux fois plus efficace que l'HE de thym. Si on se souvient des quelques pages que l'on vient de parcourir, on est en droit de se demander de quel chémotype de thym il s'agit ici.

Question qui prend toute sa pertinence quand on consulte l'étude suivante : [22], dans laquelle on découvre que l'HE de thym a un halo d'inhibition plus important que celle d'origan sur *Staphylococcus aureus*.

L'HE de thym a une variabilité chimique exceptionnelle en fonction de son environnement :

Tableau 24: Variabilité de la composition de l'HE de thym en fonction des chémotypes mis en jeu

<i>Thymus vulgaris</i>	Thym ct thymol	Thym ct linalol	Thym ct thuyanol	Thym ct géraniol	Thym ct carvacrol
	Laboratoire A	Laboratoire A	Laboratoire A	Laboratoire A	Laboratoire B
Origine	Espagne 06/10	France 06/10	France 06/10	France 06/10	France 06/07
γ-terpinène	8,21%	0,91%	5,65%	0,46%	6,50%
p-Cymène	23,45%	1,16%	0,92%	0,20%	35,20%
Trans-thuyanol	0,51%	0,28%	30,70%	1,10%	Non mentionné
Linalol	4,85%	76,97%	3,13%	1,55%	2,40%
Cis-thuyanol	0,19%	0,09%	5,21%	0,31%	Non mentionné
Acétate de géranyle	0,02%	0,17%	0,03%	15,34%	Non mentionné
Géraniol	0,06%	0,33%	0,05%	60,00%	Non mentionné
Myrcénol	0,03%	0,07%	7,97%	0,82%	Non mentionné
Thymol	43,58%	1,48%	0,12%	0,17%	5,30%
Carvacrol	2,73%	0,08%	0,04%	0,03%	25,50%

Dans ces études, il peut donc s'agir d'un thym particulièrement riche en phénols, comme le sont le thym à thymol ou à carvacrol, aussi bien que d'un thym qui n'en comporte quasiment pas, mais avec une teneur très élevée en divers monoterpénols (thym à géraniol, à linalol...)

Mais la nature du thym n'est pas la seule question soulevée par cette contradiction : en effet, la première étude utilisait l'HE d'*Origanum vulgare*, quand la deuxième utilisait de l'HE d'*Origanum compactum* :

Tableau 25: Comparaison des HE d'*Origanum vulgare* et d'*Origanum compactum*

Laboratoire B	<i>Origanum vulgare</i>	<i>Origanum compactum</i>
	Suisse, 2006	Maroc, 2007
β-myrcène	2,30%	1,90%
α-terpinène	1,50%	2,10%
p-cymène	7,20%	10,70%
γ-terpinène	7,20%	18,50%
Thymol	6,30%	21,20%
Carvacrol	63,60%	36,90%

On constate que les deux espèces d'origan présentent une concentration en phénols systématiquement supérieure à tous les chémotypes de thym, avec une richesse en carvacrol exceptionnelle pour l'HE d'*Origanum vulgare*.

D'une étude analysée précédemment, on avait retenu que le thymol présentait une efficacité supérieure au carvacrol contre *S. aureus*. De là, on peut penser que dans la première étude, c'est un thym autre que celui à thymol qui est utilisé, et que le contraire se produit dans la deuxième étude : en effet le thym à thymol, comportant en moyenne le double de thymol que l'origan compact, présente donc une efficacité supérieure.

Outre les bactéries, d'autres agents pathogènes sont sensibles aux HE et peuvent être contrés avec leur aide.

III. 2. Efficacité antifongique des HE

De nombreuses HE ont été testées *in vitro* sur différentes souches de levures ; la majorité a présenté une action antifongique à des concentrations facilement utilisables en clinique, de 0,002% pour l'HE d'*Origanum vulgare* sur des dermatophytes [29] jusqu'à 8% pour l'HE de *Melaleuca alternifolia* sur *Aspergillus niger* [30].

Comme pour les bactéries, il semblerait que ce soit les phénols (thymol, carvacrol, ainsi que le cinnamaldéhyde) qui conduisent aux résultats les plus intéressants [31].

Les études réalisées *in vivo* se montrent tout aussi encourageantes [32] :

Cette étude porte sur le suivi de 117 patients atteints d'onychomycose, scindés en deux groupes : le premier, composé de 53 patients, a reçu une solution dosée à 1% de clotrimazole, un antifongique de référence, et le second, 64 patients, a bénéficié de l'HE de *Melaleuca alternifolia* (arbre à thé) pure. Les deux groupes étaient astreints à une double application journalière, et des checks-up ont été réalisés à 1, 3 et 6 mois, au cours desquels le débridement des ongles malades a été effectué.

Après six mois de traitement, il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes, et trois mois après la fin du traitement, plus de la moitié de chacun des groupes a expérimenté une résolution partielle ou totale.

Poursuivons sur les onychomycoses avec cette étude [33] qui a pour but d'améliorer l'efficacité du traitement chimique en y associant de l'HE de *Melaleuca alternifolia*. La crème contenant le mélange buténafine/HE a été testée sur 40 patients, contre 20 patients recevant une crème placebo. Après huit semaines, 80% des patients appartenant au groupe recevant la crème active a pu subir une avulsion complète de ce qui restait de l'ongle malade, contre 0% dans le groupe placebo. On notera que 80% est un taux de guérison nettement supérieur à celui que l'on peut espérer avec les traitements chimique habituellement employé (amorolfine, ciclopiroxine... moins de 50% de guérison en 6 mois).

Aucune étude évaluant l'efficacité d'une HE phénolée sur les onychomycoses n'a été

rapportée, ce qui est dommage car l'ongle étant peu sensible à la causticité de ces HE, il serait facile de les utiliser à une dose thérapeutique sans crainte d'effet indésirable, et la forte pénétration de l'HE dans la tablette unguéale couplée à la grande efficacité des phénols sur les dermatophytes permettent d'espérer des résultats satisfaisants dans ce domaine.

En ce qui concerne les mycoses cutanées, les résultats sont tout aussi intéressants : l'étude [34] montre la supériorité d'efficacité de l'HE d'*Artemisia sieberi* sur une lotion de clotrimazole dans le traitement de *Pityriasis versicolor*. (91,9% d'amélioration contre 71% dans le groupe du clotrimazole)

Les HE présentent donc véritablement une efficacité anti-fongique qui pourrait être avantageusement exploitée en thérapeutique, autant contre des mycoses cutanées que des onychomycoses.

III. 3. Efficacité antivirale des HE

Plusieurs études [35 ; 38] prouvent l'action des HE sur les virus, même sur ceux ayant développé une résistance aux antiviraux [39], mais en pratique cette efficacité est peu retrouvée : en effet elle repose sur un traitement du virus par les HE **postérieur** à l'infestation cellulaire. En thérapeutique, l'occasion de pré-traiter le virus qui va nous infecter ne se présente jamais.

En pratique, on ne peut qu'appliquer une HE préventivement, comme par exemple en se passant régulièrement un baume aux HE sur les lèvres afin de diminuer les récurrences d'herpès. Cela revient *in vitro* à un **pré-traitement des cellules par l'HE**, mais l'efficacité de cette méthode n'a pas été démontrée.

Quant à traiter les cellules après pénétration du virus, c'est-à-dire la zone déjà infectée, c'est une méthode qui montre peu de résultats. L'application d'une HE dans ce cadre permet uniquement de limiter la dispersion inter-cellulaire des virus [40], mais ne présente pas d'activité virucide.

Une équipe a tenté l'expérience *in vivo* suivante [41] :

Vingt personnes souffrant d'herpès labial récurrent ont été divisées en deux groupes :

l'un recevant un gel dosé à 6% d'HE de *Melaleuca alternifolia*, et l'autre un gel placebo, qu'ils devaient appliquer cinq fois dans la journée, dès les premiers symptômes.

Le temps moyen de re-épithélialisation a été de 9 jours dans le groupe du gel actif, contre 12,5 avec le placebo. Ce bénéfice modéré est à nuancer à cause du faible nombre de volontaires inclus dans l'étude : il n'est pas statistiquement significatif, mais encourage à poursuivre l'essai à plus grande échelle.

En ce qui concerne les infections systémiques d'origine virale, peu d'études se sont encore penchées sur la question, mais en voici une d'un intérêt évident [42] :

Deux groupes de 76 patients présentant une rhino-sinusite ont été formés. Le premier a reçu deux capsules contenant 100 mg de 1,8-cinéole trois fois par jour, le deuxième s'est vu remettre des capsules de placebo. Le critère de suivi de l'étude a été une appréciation personnelle des symptômes de la maladie sous forme d'un score. Il était de 15,6 au début de l'étude dans les deux groupes. Après 4 jours, il était de 6.9 ± 2.9 dans le groupe cinéole, et de 12.2 ± 2.5 dans le groupe placebo. Après 7 jours, le groupe cinéole l'estimait à 3.0 ± 2.8 , alors que le groupe placebo le situait à 9.2 ± 3.0 . Ces résultats sont statistiquement significatifs et fortement encourageants.

Afin de resituer la posologie en aromathérapie, faisons le calcul : la quantité de 1,8-cinéole administrée ici, 200 mg, correspond à 0,3 mL d'une HE d'eucalyptus dosée à 70%, comme la Pharmacopée Européenne l'exige, et une prise tri-quotidienne de 0,3 mL d'HE d'*Eucalyptus radiata* est tout à fait envisageable en pratique.

III. 4. Efficacité insecticide des HE

Les plantes doivent faire face à de nombreux prédateurs, nombre d'entre eux étant des insectes. Mais leur immobilité les empêche de choisir la fuite comme moyen de défense : il leur reste donc l'offensive ou la dissuasion. C'est dans ces deux buts précis que sont produits la majorité des composés d'une HE. En effet, certains d'entre eux ont une toxicité qui va tuer le nuisible cherchant à se nourrir de la plante [43], et les autres vont avoir une action simplement répulsive.

C'est une propriété que l'on peut mettre à profit : naturellement en produisant des

pesticides provenant directement de l'environnement, et donc le respectant, mais également pour développer des solutions en pathologie humaine.

Il existe beaucoup d'insectes vecteurs de maladies, parmi lesquels les moustiques figurent en bonne place. Plusieurs études se sont employées à déterminer l'efficacité répulsive des HE sur ces espèces de moustiques :

Une étude a réalisé un screening de 38 HE à différentes concentrations afin de déterminer les plus efficaces dans la prévention d'une piqûre par un moustique de l'espèce *Aedes aegypti* [44]. Ce moustique est considéré comme un vecteur important de nombreux virus, et notamment la dengue et la fièvre jaune.

De ces 38 HE, 4 ont été sélectionnées pour leur efficacité supérieure, il s'agit des HE de *Cymbopogon nardus* (citronelle), *Pogostemon cablin* (patchouli), *Syzygium aromaticum* (clou de girofle) et *Zanthoxylum limonella* (nom thaï: makaen). Appliquées pures sur la peau de volontaires, ces HE ont apporté une protection d'au moins 2h, celle de clou de girofle s'est montrée la plus rémanente avec une durée d'efficacité allant jusqu'à 4h.

Une autre étude [45] étend légèrement le champ de recherche à 41 HE et à trois espèces de moustiques, *Aedes aegypti*, donc vecteur de la dengue et de la fièvre jaune, *Anopheles stephensi*, l'un des vecteurs du paludisme, et *Culex quinquefasciatus*, vecteur de la filariose.

Ici, cinq HE ressortent particulièrement : *Litsea cubeba* (litsée), *Melaleuca leucadendron* ou *cajepatii* (cajéput), *Melaleuca quinquenervia* (niaouli), *Viola odorata* (violette), et *Nepeta cataria* (cataire). Plus intéressant encore, il a été prouvé qu'en fixant ces HE avec une formulation particulière, leur efficacité répulsive pouvait être étendue à 8h, avec une efficacité de 100% concernant les trois espèces d'insectes susmentionnées.

D'un point de vue environnemental, les HE ont aussi leur place dans la lutte contre les moustiques : certaines d'entre elles ont montré un effet dissuasif de ponte, entraînant un

amointrissement des colonies [46].

D'autres insectes ont fait l'objet d'études de sensibilité aux HE, c'est le cas des poux de tête *Pediculus humanus capiti*.

Une étude comparative a été réalisée [47] confrontant l'efficacité létale directe et par fumigation de 54 HE et de la phénothrine et pyrethrum, qui sont deux insecticides couramment employés dans la pédiculose humaine. La DL50 de ces insecticides a été supérieure à celle des HE d'Eucalyptus, marjolaine, menthe poivrée et romarin par contact direct, et similaire à celle des HE de cade, cardamome, clou de girofle, myrte, bois de rose et sauge. La preuve a été apportée de l'efficacité par fumigation sur ces insectes hématophages, alors qu'aucun des insecticides n'a montré de toxicité gazeuse.

Le gros défaut de cette étude concerne la qualité des HE mises en cause : le nom latin des plantes n'est pas précisé. En ce qui concerne la sauge, le myrte ou l'eucalyptus, on ne peut même pas dire quelle est l'espèce utilisée. De même, il est primordial de connaître le chémotype de la marjolaine et du romarin. Nous en sommes donc réduits à faire des suppositions : s'il s'agit du myrte vert, de l'eucalyptus radié ou globuleux, et du romarin à cinéole, il est probable que le 1,8-cinéole est un acteur principal de cette efficacité pédiculicide.

III. 5. Efficacité acaricide des HE

Nous n'avons pas fini d'explorer les innombrables applications anti-infectieuses des HE : elles sont des alliées non seulement dans la lutte contre les bactéries, les virus, les levures, les insectes comme nous l'avons vu, mais elles ont également un rôle à jouer dans les pathologies causées par des acariens.

III. 5. 1. La gale :

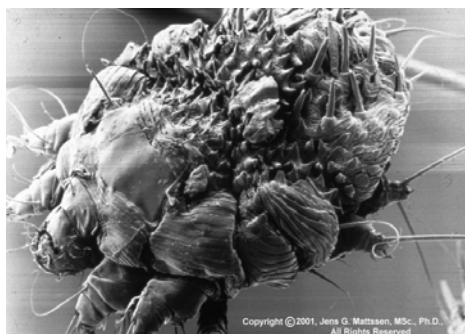


Illustration 3: Le sarcopte de la gale

La gale est une pathologie cutanée extrêmement contagieuse, dont l'agent, *Sarcoptes scabiei*, est un acarien qui provoque rougeurs et démangeaisons en creusant des sillons dans la peau des personnes contaminées. Le traitement courant est un badigeonnage au peroxyde de benzoyle et/ou un traitement oral par ivermectine, ces deux traitements présentant chacun leurs inconvénients, notamment lorsqu'il faut traiter les femmes enceintes et les enfants en bas âge. Un autre problème soulevé par ces acaricides est l'apparition de résistance, tant à la perméthrine (peu utilisée en France, mais traitement de référence dans d'autres pays) qu'au lindane.

Une étude australienne [50] s'est penchée sur la question, cherchant à savoir s'il existait un moyen naturel de lutter efficacement contre cette pathologie. Des sarcoptes ont été prélevés sur des volontaires infectés, et mis immédiatement en contact avec des solutions dosées respectivement à 5% d'HE d'arbre à thé, à 2,1% de terpinèn-4-ol, à 5% de perméthrine et à 100 µg/L d'ivermectine. Une efficacité significativement plus importante a été trouvée pour les produits dérivés de l'HE d'arbre à thé sur la mortalité des acariens par rapport aux solutions insecticides classiques. Une efficacité *in vivo* est également rapportée, bien que mal documentée.

III. 5. 2. Les tiques

Les tiques sont un vecteur redoutable de maladies, comme dans nos régions la maladie de Lyme (borréliose), ou encore l'encéphalopathie à tique.

Là encore, l'HE d'arbre à thé montre une toxicité dose-dépendante à l'encontre de ces acariens, que ce soit par fumigation ou par contact direct [49]. Mais le temps nécessaire à l'action de l'HE la fait exclure comme traitement du parasite une fois son rostre « cimenté ». En effet, 90 minutes est un temps beaucoup trop long, permettant à la tique agressée d'essayer de se libérer, en injectant par la même occasion les spirochètes par exemple.

Mais ces résultats prometteurs peuvent orienter les recherches sur une efficacité éventuelle des HE en tant que répulsif pour les promeneurs ou les travailleurs amenés à entrer en contact avec des tiques.

III. 5. 3. Les demodex

D'autres acariens interagissent avec l'homme, mais aucun ne le fait de manière aussi proche que le Demodex. Ce parasite minuscule vit dans les follicules pileux d'une grande partie de la population adulte, tout en restant dans la majorité des cas très discret.



Illustration 4: Un demodex

Mais chez les personnes immuno-déprimées, l'infestation peut prendre des proportions considérables et déclarer alors des symptômes tels que : démangeaisons, rougeurs inflammatoires : c'est la démodécie. Lorsque ce sont les follicules des cils qui sont touchés,

ça conduit à une blépharite infectieuse.

L'étude suivante a comparé l'efficacité de plusieurs HE et de différents antiseptiques contre cette pathologie particulière [50]. Alors que *Demodex follicularum* survit plus de 150 minutes lorsqu'il est plongé dans une solution à 10% de povidone iodée, dans de l'alcool à 75°, dans du shampoing doux ou dans une solution à 4% de pilocarpine, il meurt en moins de 15 minutes quand il est placé en contact avec de l'alcool absolu, ou encore avec les HE de *Melaleuca alternifolia* (arbre à thé), de *Pimpinella anisum* (anis) et de *Carum carvi* (carvi).

Il a été prouvé *in vivo* qu'une application hebdomadaire d'une solution à 50% d'HE de *Melaleuca alternifolia*, couplée à un lavage quotidien des paupières avec un gel moussant contenant cette même HE permettait d'éradiquer totalement *Demodex follicularum*, un des agents responsables des blépharites.

Nous venons de constater que les HE constituent un potentiel important pour soulager différentes affections causées par tous types d'agents pathogènes. Mais pour obtenir ces résultats, nous savons à présent qu'il est primordial d'accorder une attention toute particulière à ce que nous avons appelé tout au long de cette étude « la qualité des HE », c'est-à-dire tout ce qui va être susceptible de modifier leur composition, car c'est leur composition qui va être responsable de leur efficacité.

IV. Influence de la qualité des HE sur leur toxicité

Comme nous l'avons vu précédemment, les HE sont des concentrés des molécules actives issues des plantes dont elles sont extraites. Leurs précautions d'emploi doivent donc être en adéquation avec leur puissance. De trop nombreux accidents surviennent à cause du phénomène de mode qui les entoure, et du manque de conseils et d'encadrement qui accompagne leur vente.

Nous aurions aimé écrire ici « délivrance »... mais nous parlons bien de vente de produits de consommation, que l'on peut trouver dans des chaînes telles qu'Alinéa[®], Darty[®], GiFi[®], sans aucun vendeur formé à l'utilisation particulière de ces produits.

Nous avons analysé les données du Centre Anti-Poison de Nancy afin d'évaluer l'importance des cas d'intoxication par les HE et leurs évolutions ces dernières années. Les HE incriminées seront ensuite détaillées et étudiées afin d'éviter les pièges qui les ont conduits à figurer sur cette liste.

Afin d'appréhender ce chapitre dans de bonnes conditions, nous allons commencer par étudier les molécules rencontrées dans les HE et qui posent plus particulièrement problème. Ainsi nous comprendrons pourquoi la qualité, en influant sur la composition de l'HE, joue un rôle si déterminant dans sa toxicité, et nous pourrons établir des précautions d'emploi permettant d'utiliser les HE en toute sérénité.

IV. 1. Toxicités les plus communes rencontrées dans les HE

IV. 1. 1. Les molécules allergisantes

Certaines des molécules contenues dans les HE (et parfois même largement répandues) sont connues pour entraîner des allergies cutanées chez les personnes à terrain atopique : limonène, géraniol, eugénol, isoeugénol, citral, citronellol... Les citer toutes serait superfétatoire, et ce qui est vrai pour les molécules l'est d'autant plus pour les HE qui en

contiennent au moins une. En effet, leur caractère ubiquitaire rend impossible l'existence d'une HE qui en serait absolument exempte.

En pratique, les personnes se sachant sensibles doivent impérativement faire un test de tolérance avant d'appliquer une HE, ou une spécialité en contenant : pour ce faire, appliquer une goutte du mélange qui va être utilisé au pli du coude et patienter un quart d'heure : si une réaction apparaît (rash, prurit...), il faut s'abstenir d'utiliser l'HE concernée.

Il faut préciser que ces phénomènes d'allergie se manifestent presque exclusivement de manière locale, par contact cutané ou muqueux, direct ou gazeux (par fumigation). Il est très rare de constater une réaction allergique due aux HE après leur ingestion.

IV. 1. 2. Les molécules « hormon-like »

Quelques molécules, présentes dans quelques HE, possèdent une similarité de conformation spatiale avec certaines hormones humaines.

C'est le cas des pinènes, que l'on trouve notamment dans les HE de conifères (*Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster*, *Pinus laricio*, *Picea mariana* ...), qui ont des propriétés « cortison-like » sur l'axe hypophyso-cortico-surrénalien, et qui, de ce fait, sont utilisés comme toniques généraux.

Leurs précautions d'emploi découlent directement de leur activité : ne pas les utiliser sur une période prolongée, au risque (théorique) de mettre au repos l'axe hypophyso-surrénalien et de subir une insuffisance surrénalienne aiguë à l'arrêt de la prise de l'HE.

Il faut également éviter d'appliquer les HE concernées le soir (ou avant toute période de repos), et elles sont déconseillées chez les personnes souffrant d'ostéoporose, en raison du risque de décalcification inhérent.

D'autres molécules se lient aux récepteurs hormonaux féminins, elles sont dites « œstrogen-like » : c'est le trans-anéthol, le sclaréol, et l' α -humulène.

La première, un phénol méthyl-ether, se trouve en grande quantité dans les HE de *Pimpinella*

anisum (anis vert), *Foeniculum vulgare* (fenouil), *Illicium verum* (badiane).

Le sclaréol ne se rencontre que dans l'HE de *Salvia sclarea* (sauge sclarée), et l' α -humulène dans celle de *Humulus lupulus* (cônes de houblon).

Ces HE sont à privilégier pour les femmes (risque théorique d'atrophie testiculaire chez l'homme). Elles sont contre-indiquées chez les femmes enceintes (même risque de féminisation d'un fœtus mâle), ainsi que pour toutes les personnes à risque de tumeur hormono-dépendante.

IV. 1. 3. Les molécules stupéfiantes

Le trans-anéthol, ou (E)-anéthol est trouvé en grande quantité dans les HE de *Pimpinella anisum* (anis vert), *Foeniculum vulgare* (fenouil), *Illicium verum* (badiane). Cet isomère est bien connu pour ses propriétés spasmolytiques et « œstrogen-like », mais il comporte aussi une composante stupéfiante, qui se manifeste à doses importantes. Il faut donc privilégier ces HE en usage externe, et limiter l'usage interne à une dose maximale de 2 gouttes/prise et 6 gouttes/jour, uniquement chez les adultes. Elle est à proscrire pour les personnes ayant des antécédents de toxicomanie.

Notons que les HE d'*Artemisia dracunculus* (estragon), ou encore d'*Ocimum basilicum* (basilic), avec leur composition riche en méthyl-chavicol, possèdent les mêmes vertus antispasmodiques, sans ces inconvénients.

La myristicine est la molécule majoritaire de l'HE de *Petroselinum sativum* (persil), avec une concentration de 35 à 50%, et on en trouve en quantités moindres dans l'HE de *Myristica fragrans* (noix de muscade) dont elle a été originellement extraite. Cet éther-oxyde est connu pour intervenir dans l'effet euphorisant (ébriété) de la noix de muscade, qui a été, et est encore dans certains milieux, utilisée de manière récréative, notamment dans les milieux carcéraux. À doses plus importantes, la prise de cette molécule provoque une stimulation du SNC, des angoisses injustifiées, une altération de la perception des couleurs, une distorsion de la perception spatio-temporelle, une agitation... [51]. Ces symptômes mettent plusieurs

heures à se manifester, ce délai pouvant être la cause d'un excès de prise, et il leur faut plus de 24h pour disparaître.

IV. 1. 4. Les molécules carcinogènes

Nous avons identifié l'anethol dans les molécules ayant des activités hormonales et stupéfiantes, il s'agissait de l'isomère trans. Il faut savoir que dans les HE qui contiennent cet isomère, de petites quantités de cis-anéthol sont aussi trouvées. Et bien que cette molécule soit cancérigène, sa concentration est trop faible pour poser véritablement problème. En revanche, si l'HE est mal conservée, et qu'elle est exposée à la lumière du jour, une partie du trans-anéthol qu'elle contient va se transformer en cis-anéthol, et l'utilisation de cette HE frelatée est potentiellement dangereuse.

Le safrole est la molécule principale de l'HE de sassafras, dont qui est réservée au monopole pharmaceutique pour cette raison. Mais ce phénylpropène est également retrouvé dans les HE d'*Illicium verum* (Badiane), *Cinnamomum camphora* et *linalol* (bois de Hô ou camphrier du Japon), *Myristica fragrans* (le macis de la noix de muscade). Il est responsable à faible dose d'**hépatocarcinomes**, et à dose plus importante (1% de l'alimentation), de perte de poids, d'atrophie testiculaire et de toxicité sur la moelle osseuse [52]

IV. 1. 5. Les molécules irritantes/dermocaustiques

Il est courant de préconiser que les HE ne soient jamais appliquées pures sur la peau. Cette précaution d'emploi est avant tout due au fait que la plupart d'entre elles contiennent des molécules irritantes pour la peau et les muqueuses, certaines d'entre elles l'étant à ce point qu'elles sont qualifiées de « dermocaustiques » : c'est le cas des phénols (thymol, carvacrol, et eugénol dans une moindre mesure), que l'on trouve dans les HE d'*Origanum spp* (origan), de *Thymol vulgaris thymoliferum* et *carvacroliferum* (thym à thymol et à carvacrol), de *Satureja spp* (sarriette), de *Trachyspermum ammi* (ajowan), et des aldéhydes aromatiques (le cinnamaldéhyde de *Cinnamomum zeylanicum* en est l'exemple classique).

Ces HE particulières ne doivent être utilisées en application externe que diluées dans une huile végétale strictement. On peut les utiliser jusque 30% chez les personnes les moins sensibles, et sur une zone peu étendue, mais sans dépasser 10% chez les personnes à peau fragile ou en vue de traiter une large zone cutanée.

En revanche, il existe des HE parfaitement tolérées en usage cutané, c'est le cas des HE renfermant majoritairement des esters comme *Lavandula angustifolia* (lavande vraie) ou *Citrus aurantium op* fe. (petitgrain bigaradier). Elles peuvent être appliquées pures sur la peau, mais jamais sur des muqueuses. Dans ce dernier cas, la dilution dans des huiles végétales appropriées s'impose toujours.

IV. 1. 6. Les molécules photosensibilisantes

Outre les problèmes d'allergie et d'irritations que peut causer l'application cutanée des HE, il faut connaître le problème particulier de la photosensibilisation. Les furocoumarines, présentes dans les HE de zeste d'agrumes : le bergaptène de *Citrus bergamia* (bergamote), le citroptène de *Citrus limon*, ainsi que dans les HE de racine d'*Angelica archangelica* (angélique) avec l'angélicine (citron) ou d'*Amni visnaga* (khella) avec la khelline, ou encore de *Ruta graveolens* (rue fétide) sont les principales responsables de ce phénomène.

Le processus le plus courant est celui de photo-toxicité : les furocoumarines se lient à l'ADN des kératinocytes, absorbent l'énergie des rayonnements ultra-violets, et la renvoient aux molécules d'ADN, causant des dommages cutanés, pouvant être responsables de lésions colorées et rémanentes. Cette toxicité se limite aux zones en contact avec l'agent photosensibilisant et exposées au soleil, sauf en cas de sensibilisation systémique, par prise orale de l'HE concernée.

Il existe potentiellement un risque de photo-allergie, propre à chaque sujet, et pour lequel les lésions seront moins spécifiques : urticaire, eczema, et pourront s'étendre au-delà des zones traitées et exposées.

Pour les HE pour lequel ce risque est connu, il faut bannir toute application cutanée en journée sur des zones destinées à recevoir le rayonnement solaire : réserver l'application de

ces HE en soirée, ou uniquement sous des vêtements réfléchissants les UV. Il faut également éviter l'absorption orale de ces HE pendant la saison ensoleillée, quel que soit le moment de la journée.

IV. 1. 7. Les molécules convulsivantes

C'est le principal danger auquel on pense lors de l'utilisation d'HE, mais en pratique il se manifeste rarement, surtout grâce à la restriction dont ont bénéficié les HE à risque : ce sont en majorité les HE réservées au monopole pharmaceutique. Les sujets les plus à risque sont les enfants, et les personnes sujettes aux crises comitiales.

Au premier rang de ces molécules abaissant le seuil épiléptogène se trouvent les cétones, et plus particulièrement les thujones, ou thuyones. Les HE contenant des thuyones en grande quantité sont les suivantes : *Artemisia spp.*, *Thuya occidentalis L.*, *Thuya koraenensis Nakai*, *Salvia officinalis L.*, *Tanacetum vulgare L.*, *Thuya plicata Donn*.

D'autres cétones présentent ce risque de neurotoxicité, à des degrés moindres, et sont retrouvées dans des HE en vente libre :

- la pinocamphone et l'isopinocamphone d'*Hyssopus officinalis ssp. officinale*, dont le mode d'action se rapproche de celui des thuyones,
- la fenchone, que l'on trouve également dans les HE d'*Artemisa spp.*, ainsi que celle de *Lavandula stoechas* (lavande papillon)
- la carvone, dans les HE de *Mentha spicata* (menthe verte), de *Mentha longifolia carvonifera* (menthe à feuilles longues et carvone), de *Carum carvi* (carvi),
- la pulégone de *Mentha pulegium* (menthe pouillot),
- la menthone de *Mentha x piperita* (menthe poivrée)
- la pipéritone d'*Eucalyptus dives piperitoliferum* (eucalyptus mentholé)

L'emploi de ces HE est contre-indiqué chez l'enfant, la femme enceinte et l'épileptique, et pour les autres, il doit se limiter aux cas extrêmes. Pour éviter toute confusion lors de la délivrance, le pharmacien doit être correctement informé du danger de

ces HE particulières.

IV. 1. 8. Les molécules abortives

Ce sont basiquement les mêmes que celles citées dans le paragraphe ci-dessus : en effet les cétones présentent une double toxicité : neurologique et obstétricale. Ceci renforce la contre-indication absolue chez la femme enceinte, que la neurotoxicité rendait déjà nécessaire.

IV. 1. 9. Les molécules entraînant des interactions avec des médicaments

Les HE sont bien souvent utilisées en thérapeutique dans le cadre d'une « alternative » à la médecine traditionnelle, mais il n'est pas rare qu'elles soient utilisées en complément de celle-ci. Dans ces cas-là, il faut veiller à ce que l'utilisation concomitante de ces deux thérapies se passe bien, et notamment en terme d'efficacité et de toxicité.

L'HE de *Syzygium aromaticum* (clou de girofle) est riche en eugénol (70-80%), une molécule inhibitrice des cyclo-oxygénases, inhibant la synthèse des prostaglandines, et donc possédant une activité antiagrégante plaquettaire. Elle entre donc en interaction avec les médicaments anti-inflammatoires, mais est surtout contre-indiquée en association avec des antiagrégants plaquettaires, ainsi qu'avec les anticoagulants.

Nous avons déjà vu les furocoumarines dans le cadre de la photosensibilisation, il semblerait qu'elles interviennent également dans le métabolisme de certains xénobiotiques : en effet elles inhibent le cytochrome P450 3A4 intestinal, dont le rôle est de favoriser le métabolisme de certains exogènes, préalablement à leur passage dans la circulation sanguine. Son inhibition a donc pour effet d'augmenter la fraction active des substrats dudit cytochrome qui est finalement absorbée. Ce phénomène a été prouvé avec la félodipine [53] et la

ciclosporine [54] ; il est probable qu'il se retrouve avec la plupart des substrats de ce cytochrome (incluant les macrolides, les benzodiazépines, un grand nombre d'antidépresseurs, les opiacées, quelques immunosuppresseurs et cytotoxiques, certaines statines, les inhibiteurs des canaux calciques etc...). Le risque est donc de provoquer un dosage excessif en ces différents médicaments.

Ainsi, pour éviter tout risque d'interactions, il convient de ne pas absorber d'HE contenant ces furocoumarines (*Citrus spp.*, *Ammi visnaga*, *Angelica archangelica*, *Ruta graveolens*) à proximité de prise médicamenteuse.

Après avoir exposé les principaux dangers liés à l'utilisation des HE, nous allons étudier leur impact sur les consommateurs au cours des dernières années. Nous analyserons ensuite les raisons qui ont conduit à ces cas de toxicité afin de mettre en exergue le rôle de la qualité des HE dans ces accidents ménagers, et de chercher des moyens pour diminuer le risque de survenue de ces intoxications.

IV.2. Cas concret : exploitation des données du Centre Anti-Poison de Nancy

IV.2. 1. Analyse et gravité des cas d'intoxications

Tableau 26: Évolution des cas d'intoxication au CAP de Nancy en fonction de l'âge sur la dernière décennie

Âge\Nb de cas	2000-2003	2008-2010
0 – 1 ans	3	27
1 – 4 ans	49	109
5 – 9 ans	1	11
10 – 15 ans	0	7
15 – 19 ans	1	4
20 – 49 ans	2	47
50 – 69 ans	2	23
70 ans et plus	1	10
Total	59	234

On constate qu'entre les périodes 2000-2003 et 2008-2010, le nombre de cas d'intoxications par les HE a significativement augmenté : on en dénombre quatre fois plus sur la période la plus récente.

La répartition des cas par tranche d'âge est plutôt bien conservée : on retrouve le pic chez les enfants dont l'âge se situe entre 1 et 4 ans. Ce phénomène s'explique par l'habitude qu'ils ont de porter ce qu'ils trouvent à la bouche, ainsi que par leur petite corpulence, leur peau plus fine (absorption cutanée plus importante) et leur plus grande sensibilité aux cétones (molécules convulsivantes). Une des raisons est également le déconditionnement : les parents ré-utilisent des flacons pour contenir leurs HE, parmi lesquels on retrouve le flacon de Zyma D[®], exposant à un risque d'accident.

On peut remarquer en revanche une plus grande incidence des cas d'intoxication chez les adultes de plus de 20 ans. Chez ces individus, l'intoxication peut s'expliquer par des confusions (le flacon d'HE est confondu avec celui d'un quelconque arôme culinaire par exemple), des tentatives d'autolyse (rares), mais surtout par une mauvaise utilisation des HE,

à l'origine de laquelle se trouvent des informations erronées glanées sur internet, ou dans des magazines féminins, ou encore une mauvaise interprétation de données lues dans des livres grand public, ou enfin, soit des mauvais conseils donnés lors de l'acte d'achat, soit une mauvaise observance de ces conseils.

L'augmentation des cas dans cette tranche d'âge peut être un résultat de la médiatisation récente des HE, et donc de leur utilisation croissante par des personnes cherchant un moyen de « se soigner autrement » (médecine alternative). Le problème est que cette sur-médiatisation n'est pas accompagnée de suffisamment de mises en garde, et chez beaucoup de consommateurs subsiste la croyance erronée selon laquelle « un produit naturel ne peut pas être dangereux ». Nous avons vu récemment l'ordonnance qu'un médecin avait rédigé pour une femme enceinte : pour traiter une simple rhinite, et comme les vasoconstricteurs sont contre-indiqués, cette patiente s'est retrouvée avec les GAE® et du Calyptol inhalant®, qui contiennent tous deux des HE phénolées, et riches en terpènes potentiellement convulsivantes, également contre-indiquées pour quelqu'un dans cette condition.

Ces intoxications ont nécessité une hospitalisation dans 23% des cas, tout âge confondu, mais ce pourcentage augmente quand les personnes intoxiquées sont des enfants en bas âge : 26% pour les moins de 1 an, 43% entre 1 et 2 ans.

On ne recense que 5 hospitalisations chez les plus de 20 ans, soit 6,5% des cas d'intoxication dans cette tranche d'âge.

En ce qui concerne la voie d'intoxication, elle est majoritairement orale : 75,5% des intoxications répertoriées se font par voie orale, une suprématie que l'on retrouve dans toutes les tranches d'âge. On ne saurait jamais trop répéter que cette voie d'administration doit être réservée aux thérapeutes rompus à la prescription/conseil de ces produits particuliers que sont les HE.

En cas d'ingestion accidentelle d'une quantité trop importante d'HE (on peut considérer une prise supérieure à 10 gouttes comme une quantité trop importante), la conduite à tenir est d'avaler 3 à 4 cuillerées à soupe d'une huile végétale, qui va diluer l'HE

dans l'estomac et ainsi réduire la gastralgie.

En fonction de la toxicité propre de l'HE (HE à phénol, ou à cétone, voire ci-dessous), et de la quantité ingérée, un lavage de l'estomac peut être à envisager : en cas de doute il convient de contacter un centre anti-poison.

Les voies suivantes les plus importantes en terme de fréquence d'accident sont respectivement les voies cutanée (10%) et buccale (9%) : elles n'ont que rarement des suites graves.

La voie cutanée implique surtout des irritations par des HE phénoliques (thym, origan, sarriette, cannelle, ajowan..), et des allergies, mais aussi des phénomènes de photosensibilisation par les HE contenant des coumarines (HE de zeste d'agrumes, d'angélique, de khella...).

Tous ces effets indésirables sont facilement évitables en respectant quelques règles simples :

- ne jamais appliquer sur la peau une HE phénolée à plus de 10% de dilution dans une HV.
- toujours pratiquer un test d'allergie en appliquant une goutte de l'HE (ou du mélange d'HE) dans le creux du coude au moins 15 minutes avant de l'utiliser sur une plus large surface.
- ne jamais appliquer d'HE photosensibilisantes avant une exposition solaire, ou plus généralement, les appliquer le soir ou sous un vêtement.

La voie buccale concerne essentiellement les enfants, un doigt sucé, ou une intention de boire avortée par le goût puissant et dissuasif des HE, provoquant une irritation de la muqueuse buccale, pouvant aller jusqu'à l'ulcération (HE phénoliques...).

Près de 5% des cas concernent la voie oculaire. Beaucoup d'HE sont irritantes, voire caustiques, c'est pourquoi un contact avec l'œil est à traiter rapidement et soigneusement. La non miscibilité des HE avec l'eau rend cette dernière inutile, il faut à nouveau faire intervenir de l'huile végétale pour éliminer l'HE, puis finir avec du sérum physiologique pour rincer

l'œil.

IV. 2. 2. Nature des HE mises en cause dans les différents cas d'intoxication

Seulement 182 des cas d'intoxication sur les 234 référencés sont suffisamment documentés pour préciser quelle HE est mise en cause.

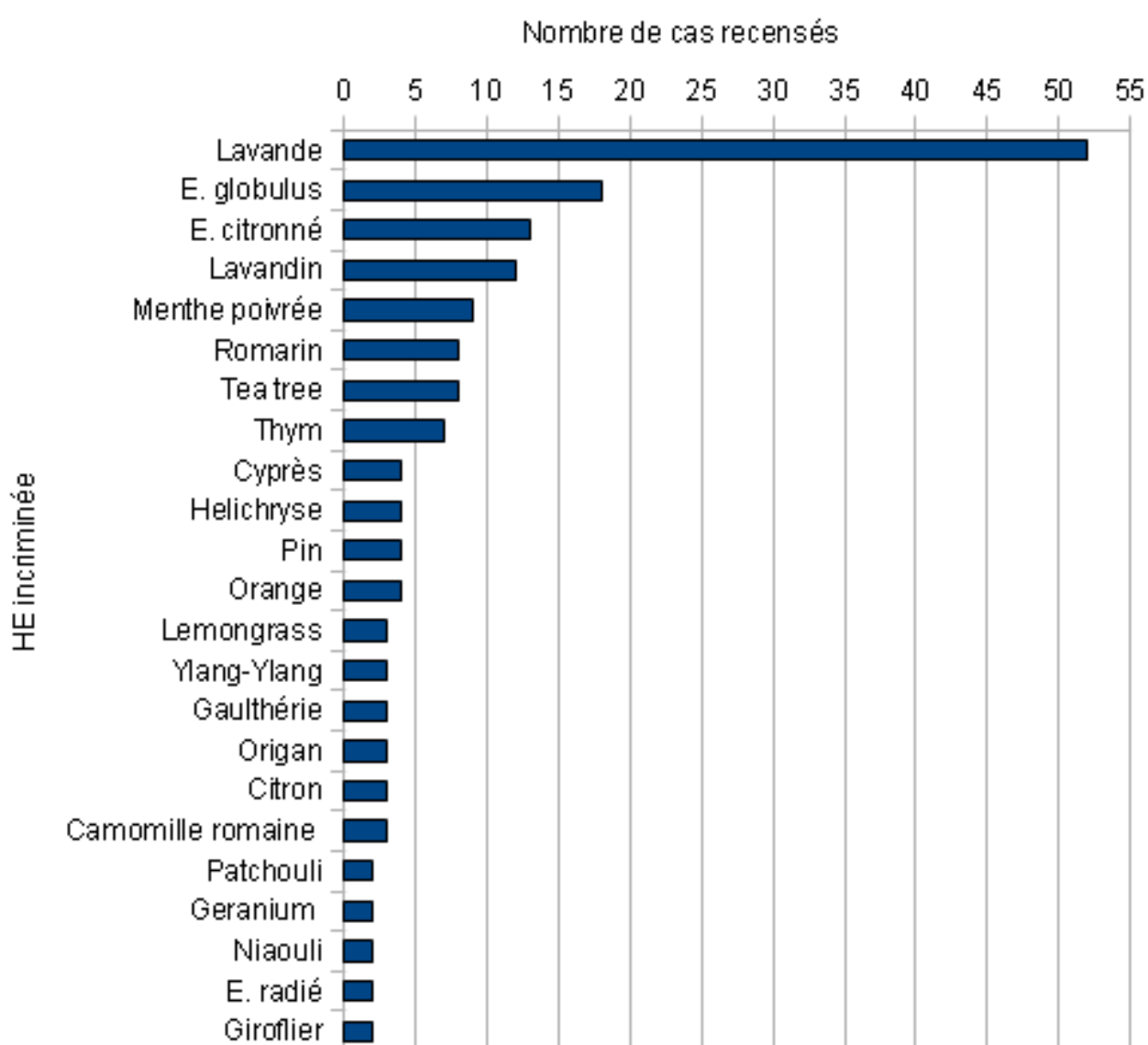


Figure 49: Nombre de cas d'intoxication en fonction de la nature des HE en cause

IV. 2. 2. 1. La lavande

Sans surprise, l'HE la plus rencontrée, l'HE de lavande, est l'HE la plus connue, la plus employée et donc celle que l'on trouve le plus facilement dans les foyers. Malheureusement, la précision des données récupérées ne nous permet pas de différencier les espèces de lavande dont il s'agit ici (*L. angustifolia*, *L. latifolia*, *L. stoechas*...)

Son implication est probablement causée à la fois par son omniprésence dans les foyers, et par la grande confusion qu'il existe entre *Lavandula angustifolia* (lavande vraie) et *Lavandula latifolia* (lavande aspic). En effet, ces deux lavandes sont couramment employées indifféremment chez les jeunes enfants, mais leurs compositions sont bien différentes :

Tableau 27: Comparaison des compositions chimiques des HE de lavande vraie et de lavande aspic

	<i>Lavandula angustifolia</i>		<i>Lavandula latifolia</i>	
	Laboratoire B	Laboratoire F	Laboratoire B	Laboratoire F
	France, 10/07	France, 08/09	Espagne, 10/07	Espagne, 08/10
Limonène	0,40%	0,26%	1,60%	1,76%
Linalol	26,60%	30,25%	43,70%	44,67%
1,8-cinéole	0,70%	0,51%	26,50%	26,05%
Camphre	0,30%	0,33%	13,20%	12,16%
Acétate de linalyle	36,30%	37,39%	0,20%	Non mentionné
Acétate de lavandulyle	3,80%	3,86%	Non mentionné	Non mentionné

Leurs principales différences au niveau thérapeutique résident dans la concentration en 1,8-cinéole, présent en grande quantité dans la lavande aspic, lui conférant des propriétés antiseptiques supérieures à celles dues à la présence de linalol seule, ainsi que dans la concentration en esters (acétate de lavandulyle et acétate de linalyle), qui, se trouvant exclusivement dans la lavande officinale, en fait une HE sédative et légèrement anti-inflammatoire cutanée.

Mais leur différence au niveau de la toxicité tient uniquement à leur concentration respective en camphre. En moyenne plus de 30 fois supérieure dans la lavande aspic, ce phénol est connu pour provoquer des convulsions notamment à la suite d'ingestion par des enfants [55]

Selon un rapport de l'EFSA (Autorité européenne de sécurité des aliments) d'août 2008 [56],

le camphre peut causer des manifestations cliniques délétères à partir d'un seuil d'ingestion de 30 mg/Kg de poids, et il recommande de maintenir une consommation inférieure à 2 mg/Kg/jour.

En tenant compte de la masse volumique de l'HE de lavande aspic, le seuil toxique est atteint par consommation de 0,25 mL d'HE par kilo de poids corporel.

Pour un enfant de 10 Kg, moins de 3 mL sont suffisants pour causer des effets toxiques, c'est-à-dire moins du tiers d'un flacon standard, une bonne gorgée.

J'ai, au cours de ma pratique professionnelle, été témoin de scènes au cours desquelles du personnel de parapharmacie vendait de l'HE de lavande aspic en affirmant que c'était la même chose que de la lavande officinale.

Quand on additionne ces faits, on comprend aisément la prédominance de la lavande en tant qu'agent d'intoxication, notamment chez les jeunes enfants.

Il convient aussi de mentionner la lavande stœchade (*Lavandula stœchas*), cette espèce de lavande qui pousse à l'état sauvage sur tout le pourtour méditerranéen.

Tableau 28: Comparaison des compositions chimiques des HE des trois lavandes les plus couramment rencontrées

	<i>Lavandula angustifolia</i>		<i>Lavandula latifolia</i>		<i>Lavandula stœchas</i>
	Laboratoire B	Laboratoire F	Laboratoire B	Laboratoire F	Laboratoire B
	France, 10/07	France, 08/09	Espagne, 10/07	Espagne, 08/10	Portugal, 06/06
Limonène	0,40%	0,26%	1,60%	1,76%	2,60%
Linalol	26,60%	30,25%	43,70%	44,67%	14,00%
1,8-cinéole	0,70%	0,51%	26,50%	26,05%	15,00%
Camphre	0,30%	0,33%	13,20%	12,16%	19,00%
Acétate de linalyle	36,30%	37,39%	0,20%	Non mentionné	Non mentionné
Acétate de lavandulyle	3,80%	3,86%	Non mentionné	Non mentionné	Non mentionné
Fenchone	Non mentionné	Non mentionné	Non mentionné	Non mentionné	29,00%

Sa composition en fait l'HE de lavande la plus dangereuse : plus riche en camphre encore que la lavande aspic, elle contient également de grandes quantités de fenchone. Cette cétone convulsivante est interdite en tant qu'additif alimentaire en France, et sa

concentration dans les boissons spiritueuses a été réglementée pendant plus de 20 ans, car suspectée d'être en partie responsable des troubles psychiatriques causées par l'absinthe.

Toutefois, son odeur est bien différente de l'odeur bien connue de la lavande, et pour cette raison elle est bien moins employée et le risque de confusion est diminué.

IV. 2. 2. 2. L'*eucalyptus* globuleux

Le deuxième sur la liste, en nombre de cas d'intoxication, est l'*Eucalyptus globulus*. Cette fois-ci, la distinction entre les deux espèces d'eucalyptus les plus courantes a pu être faite : on notera la présence de l'eucalyptus radié bien plus loin, au 19ème rang. Les HE tirées de ces deux espèces sont en général vendues dans les mêmes endroits, et on trouve invariablement les deux côte à côte : la différence dans leur classement n'est pas due à un biais, ce n'est pas que l'*Eucalyptus globulus* est plus facilement disponible, mais peut-être jouit-il d'une réputation plus importante, puisque c'est lui qui a été utilisé le premier pour soigner notamment les infections ORL.

Au vu de ces résultats, il serait temps d'inverser la tendance : en effet ces deux espèces se caractérisent par des compositions différentes, avec une conséquence non négligeable sur leur toxicité :

Tableau 29: Comparaison des HE d'eucalyptus radié et globuleux

Laboratoire B	<i>Eucalyptus radiata</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>
	Australie	Espagne
α-pinène	2,50%	16,80%
Limonène	4,40%	4,20%
1,8-cinéole	69,10%	64,80%
4-terpinéol	2,10%	non détecté
α-terpinéol	9,40%	non détecté
Aromadendrène	non détecté	2,00%

L'*Eucalyptus globulus* possède une teneur environ 7 fois plus importante en α -pinène que l'*Eucalyptus radiata*, composé mucolytique en inhalation, mais toxique par ingestion, provoquant à faible dose des nausées, vomissements, une irritation gastro-intestinale, puis

une néphrite toxique avec hématurie et albuminurie à plus forte dose. À très forte dose, le coma peut être suivi de mort par arrêt respiratoire [57]

Nous avons vu dans la partie III. 1. 3. 2. (Classement des HE selon leur efficacité) que l' α -terpinéol est la molécule la plus active après les deux phénols toxiques que sont le thymol et le carvacrol sur trois des bactéries les plus fréquemment rencontrées (*E. coli*, *K pneumoniae*, *S. aureus*). La composition de l'eucalyptus radié en fait donc une HE d'efficacité antibactérienne supérieure à celle de son pendant globuleux, et l'avantage conféré par l' α -pinène en fumigation reste réservé à des situations cliniques relativement rares (encombrement bronchique profond) et ne justifie pas la prise de risque d'une administration fréquente (comme on le constate aujourd'hui).

IV. 2. 2. 3. L'eucalyptus citronné

Le troisième responsable en termes de cas d'intoxication est encore un eucalyptus, qui lui peut difficilement être confondu avec les deux dont il a été question juste au-dessus. En effet, l'eucalyptus citronné dégage une forte odeur de citronnelle, et est pour cela apprécié pour ses propriétés répulsives des insectes hématophages.

Tableau 30: Composition chimique de l'HE d'*Eucalyptus citriodora*

<i>Eucalyptus citriodora</i>	Labo B	Labo F	Labo D
	Chine	Brésil	Non précisé
Citronellal	81,60%	72,64%	76,00%
Citronellol	4,60%	13,95%	
Isopulégol		3,76%	
Néo-isopulégol	1,76%	2,08%	6,00%

C'est l'aldéhyde, le citronellal, qui est responsable de la forte odeur de l'HE d'Eucalyptus citronné. Comme on le voit, c'est le composant principal de cette HE, même si des variations importantes peuvent exister selon son origine géographique. Il a, outre ses propriétés répulsives, des vertus anti-inflammatoires, et est globalement bien toléré, malgré

un léger risque d'irritation si appliqué pur sur la peau ou les muqueuses.

Plus inquiétante est la présence d'isopulégol et de ses métabolites, et surtout les différences mises en évidence : en effet, ces composés toxiques par ingestion se trouvent dans des concentrations qui varient de moins de 2% à 6%.

L'agréable odeur citronnée peut évoquer celle des bonbons au citron pour les enfants, et être responsable de l'ingestion de cette HE.

IV. 2. 2. 4. Le lavandin

Quatrième responsable d'intoxication, apparaît le lavandin. Cette plante est un hybride naturelle de *Lavandula angustifolia* et de *Lavandula latifolia*, elle a donc hérité des caractéristiques de chacune de ces espèces : la présence d'esters de la Lavande vraie et celle du camphre de la Lavande aspic. Il existe trois principales variétés cultivées, dont on extrait une HE, toutes trois commercialisées par le laboratoire B :

Tableau 31: Comparaison des compositions chimiques des HE de différentes variétés de lavandin

Laboratoire B	<i>Lavandula hybridac</i> lone Super	<i>L. hybridac</i> lone Grosso	<i>L. hybridac</i> lone Abrialis
	France, 09/06	France, 12/05	France, 11/06
Limonène	0,70%	0,80%	1,00%
Linalol	34,00%	32,00%	30,60%
1,8-cinéole	3,70%	7,60%	11,80%
Camphre	4,50%	6,80%	9,70%
Acétate de linalyle	38,00%	30,00%	21,30%
Acétate de lavandulyle	1,60%	Non mentionné	1,40%

On peut voir que les teneurs respectives en camphre et en acétate de linalyle et de lavandulyle varient considérablement selon les cultivars, le clone Abrialis étant le plus riche en camphre et en 1,8-cinéole.

Les lavandins ont un rendement en HE supérieur à celui de la lavande vraie, c'est pourquoi ils sont cultivés en grande quantité et leur HE est bien moins coûteuse, tout en conservant une qualité olfactive appréciable.

Le danger des lavandins est donc sensiblement le même que celui de la lavande aspic :

une confusion avec la Lavande vraie qui conduit à son utilisation sur un enfant, confusion encore accentuée par la présence de ces différents cultivars sur lesquels très peu d'informations sont communiquées.

IV. 2. 2. 5. Les menthes

Vient ensuite le problème posé par la menthe poivrée, et les menthes en général. Il y a quatre espèces de menthe qui sont particulièrement utilisées en aromathérapie : la menthe poivrée (*Mentha X piperita*), la principale, la menthe des champs (*Mentha arvensis*), la menthe verte (*Mentha spicata*) et la menthe pouillot (*Mentha pulegium*).

Tableau 32: Comparaison des compositions chimiques des HE des quatre principales menthes

	<i>Mentha x piperita</i>	<i>Mentha pulegium</i>	<i>Mentha arvensis</i>	<i>Mentha spicata</i>
Laboratoire	Laboratoire A	Laboratoire A	Laboratoire B	Laboratoire B
Origine	France	Maroc	Chine	Maroc
1,8-cinéole	5,89%	0,15%	0,20%	1,90%
Menthone	29,55%	0,04%	11,60%	0,30%
Menthofurane	3,16%	0,06%	Non mentionné	Non détecté
Isomenthone	4,46%	0,04%	5,20%	Non détecté
Menthol	29,29%	Non mentionné	69,10%	Non détecté
Pulégone	1,38%	83,75%	1,30%	Non détecté
Pipériténone	Non mentionné	4,03%	1,30%	Non mentionné
Carvone		Non détecté	0,30%	64,80%

La menthe des champs est la plus riche en menthol, un monoterpène responsable de l'effet « froid » que l'on ressent lors de l'application de l'HE sur la peau ou les muqueuses. La toxicité du menthol a été étudiée [58]: il est responsable de toxicité hépatique ainsi que d'altérations du cerebellum chez les rats. Il est également irritant par voie externe et la sensation froide qu'il procure peut être pénible si la solution appliquée est trop concentrée, ou si la surface traitée est trop importante.

C'est pourquoi sa concentration est réglementée dans l'HE de menthe des champs par la Pharmacopée Européenne, qui préconise une démentholation partielle afin d'arriver à des taux ne dépassant pas 50%. Le laboratoire B refuse toute rectification et propose donc l'HE complète de menthe des champs, titrant à 69% de menthol.

La menthe verte et la menthe pouillot sont particulières parmi les menthes, car elles ne contiennent pas de menthol : elles ne provoquent pas l'effet de froid. Elles sont en revanche

particulièrement riches en cétones :

La menthe verte est composée à plus de 50% de carvone

La menthe pouillot contient une majorité de pulégone, une cétone dont la toxicité inclut anémie, hépatotoxicité, encéphalopathie, néphrotoxicité...

Elles nécessitent des précautions d'emploi particulières, et ne doivent en aucun cas être employées chez des enfants de moins de 12 ans. En réalité, leur balance bénéfice/risque ne justifie pas qu'elles soient même distillées et commercialisées.

La menthe poivrée en revanche, est l'HE de menthe la plus équilibrée : un tiers de menthone, un tiers de menthol, du 1,8-cinéole, et assez peu de cétones : et pourtant c'est elle qui ressort dans ce classement. Ce, pour différentes raisons : étant la plus indiquée en thérapeutique, à la fois pour son pouvoir anti-infectieux et pour ses effets rafraichissants, donc antalgiques, elle est la plus répandue. Et bien qu'elle soit la moins toxique des menthes, elle comporte tout de même plusieurs molécules délicates à manipuler, et contre-indiquées chez les jeunes enfants.

Inutilisable pure par voie cutanée, son application nécessite toujours une dilution préalable dans de l'HV à moins de 30%, sous réserve d'une irritation importante doublée d'une pénible sensation de froid. Par voie interne elle peut occasionner une irritation gastrique.

L'AFSSAPS a émis en 2008 des recommandations par rapport à la concentration maximale admise en menthol dans les produits cosmétiques destinés aux enfants : moins de 0,45% avant 3 ans, et moins de 4,5% entre 3 et 6 ans. Pour se tenir à ces recommandations, il faudrait diluer au moins 7 fois une HE de menthe poivrée dans de l'HV avant de pouvoir l'utiliser sur des enfants entre 3 et 6 ans.

IV. 2. 2. 6. Le romarin

Le suivant sur la liste des responsables d'intoxication est le romarin. Là encore la précision fait défaut, et le chémotype incriminé n'est pas indiqué. Nous allons donc étudier la toxicité particulière des trois chémotypes de romarin les plus répandus : le *Rosmarinus officinalis* ct cineole, le *Rosmarinus officinalis* ct camphre, et le *Rosmarinus officinalis* ct

verbénone :

Tableau 33: Comparaison des compositions chimiques des HE de différents chémotypes de romarin

Laboratoire A	<i>R. officinalis</i> ct cine ole	<i>R. officinalis</i> ct camphre	<i>R. officinalis</i> ct verbenone
	Maroc, 06/2008	Espagne, 06/2009	Afrique du Sud, 06/2010
α-pinène	13,97%	19,55%	24,26%
Camphène	4,26%	9,43%	7,00%
Limonène	2,47%	3,26%	4,35%
β-pinène	5,74%	4,90%	1,86%
1,8-cinéole	46,26%	20,43%	7,80%
Camphre	11,09%	17,62%	13,09%
Acétate de bornyle	0,14%	1,76%	8,87%
Vérbenone	0,12%	1,74%	8,60%

Le chémotype à cinéole, qui se cultive en Afrique du Nord, se caractérise par une teneur élevée en 1,8-cinéole. Cet oxyde monoterpénique est connu pour être un bon antiseptique de contact, bien que peu efficace par contact gazeux, donc en fumigation (cf partie III).

Les recommandations de l'AFSSAPS limitent sa concentration à 0,1% dans les produits destinés aux enfants de moins de 3 ans, et à 1,12% pour les enfants entre 3 et 6 ans. Il faut donc se garder de l'utiliser chez les plus jeunes, et pour qu'elle soit compatible avec les enfants entre 3 et 6 ans, il faut que sa concentration n'excède pas 2,5% dans le produit final. On s'interroge alors sur l'efficacité d'une préparation qui serait autant diluée.

Ce chémotype contient également du camphre en quantité non négligeable : plus de 10%, ce qui en augmente encore la dangerosité. En fait, pour s'en tenir aux recommandations de l'AFSSAPS en ce qui concerne les concentrations en camphre dans les produits destinés aux enfants entre 3 et 6 ans, il faudrait que l'HE de romarin ct cinéole ne représente pas plus de 1,5% du produit fini.

Le chémotype camphré présente donc ce problème avec plus d'intensité, étant plus riche en camphre. Ce romarin est traditionnellement employé en application externe pour soulager les articulations douloureuses, le camphre étant réputé anti-inflammatoire. Il n'a aucune raison d'être mis en contact avec un enfant, sa présence dans le classement ne peut

être qu'accidentelle (flacons gardés à portée des enfants, déconditionnement inapproprié, confusion lors de l'administration...).

Le chémotype à verbénone est le plus riche en cétone, et il contient également du camphre en proportion importante.

IV. 2. 2. 7. L'arbre à thé

Le suivant sur la liste est le fameux arbre à thé, aussi connu sous le nom de tea tree (*Melaleuca alternifolia*). Son emploi s'est très largement répandu ces dernières années, car la découverte de ses vertus est relativement récente à l'échelle de l'aromathérapie, et a fait l'objet de nombreuses études.

Tableau 34: Composition de l'HE de tea tree

	<i>Melaleuca alternifolia</i>
α-terpinène	10,94%
1,8-cinéole	2,93%
γ-terpinène	22,64%
Terpinolène	3,79%
Terpinène-4-ol	38,18%
α-terpinéol	2,50%

Habituellement considéré comme étant bien toléré par toutes les classes d'âge, sa réputation a pu faire oublier que, bien que ne contenant pas de phénols irritants ni de cétones convulsivantes, il demeure très riche en terpènes. Ces derniers sont connus pour passer aisément la barrière cutanée grâce à leur caractère fortement lipophile, et pour abaisser le seuil épileptique. Leur emploi a déjà été restreint dans les produits destinés à l'application cutanée pour les jeunes enfants car des accidents ont déjà été déplorés.

IV. 2. 2. 8. Le thym

Le suivant, et le dernier des huit principaux responsables d'intoxication est le thym. Là encore la précision manque cruellement, et il faut analyser chaque chémotype pour

comprendre sa présence ici.

Thymus vulgaris est une espèce biochimiquement riche : il en existe de nombreux chémotypes, dont cinq sont couramment exploités en aromathérapie :

- *Thymus vulgaris thymoliferum*
- *Thymus vulgaris linaloliferum*
- *Thymus vulgaris thuyanoliferum*
- *Thymus vulgaris geranioliferum*
- *Thym vulgaris carvacroliferum*

Tableau 35: Comparaison des compositions chimiques des HE de différents chémotypes de thym

<i>Thymus vulgaris</i>	Thym et thymol	Thym et linalol	Thym et thuyanol	Thym et géraniol	Thym et carvacrol
	Laboratoire A	Laboratoire A	Laboratoire A	Laboratoire A	Laboratoire B
Origine	Espagne 06/10	France 06/10	France 06/10	France 06/10	France 06/07
γ-terpinène	8,21%	0,91%	5,65%	0,46%	6,50%
p-Cymène	23,45%	1,16%	0,92%	0,20%	35,20%
Trans-thuyanol	0,51%	0,28%	30,70%	1,10%	Non mentionné
Linalol	4,85%	76,97%	3,13%	1,55%	2,40%
Cis-thuyanol	0,19%	0,09%	5,21%	0,31%	Non mentionné
Acétate de géranyle	0,02%	0,17%	0,03%	15,34%	Non mentionné
Géraniol	0,06%	0,33%	0,05%	60,00%	Non mentionné
Myrcénol	0,03%	0,07%	7,97%	0,82%	Non mentionné
Thymol	43,58%	1,48%	0,12%	0,17%	5,30%
Carvacrol	2,73%	0,08%	0,04%	0,03%	25,50%

Le thym est usuellement considéré comme une espèce produisant des phénols, mais on constate ici que trois des principaux chémotypes n'en contiennent quasiment pas : ce sont les thym à linalol, à thuyanol et à géraniol. De par leur composition très douce, ils comportent bien moins de risques que les chémotypes à phénol, et les remplacent avantageusement chez les plus jeunes.

En ce qui concerne les thym à thymol et à carvacrol, leur concentration en phénol varie de 30 à 50%, ce qui en fait des HE très irritantes, dermocaustiques, et donc à manier avec les plus grandes précautions, que ce soit par voie externe, pour laquelle une dilution à au plus 30% est indispensable, ou par voie interne, pour laquelle il est nécessaire d'utiliser un

excipient gastro-protecteur ou une forme à libération retardée afin de limiter l'irritation de la muqueuse gastrique.

En ce qui concerne les effets systémiques des phénols, les auteurs ne parviennent pas à un consensus : une généralité communément admise est qu'ils possèdent entre autres un effet hépatotoxique, pourtant des études tendent à démontrer l'inverse [59]. En effet, dans cette étude, du carvacrol est donné per os à des rats dont la fonction hépatique avait été altérée par de la D-galactosamine. Après 3 semaines de ce régime, les enzymes hépatiques (ALAT, ASAT, GGT...), qui étaient supérieures à la normale, sont revenues vers des valeurs physiologiques. Un effet anti-oxydant a également pu être prouvé.

D'autres recherches ont été réalisées sur des cultures cellulaires, et des dommages ont pu être constatés à partir de concentrations relativement faibles en phénols (150ppm) [60] : il faut donc rester prudent et limiter l'utilisation systémique des HE à phénols à des cas résistants aux autres HE. Dans tous les cas, leur prise orale n'excèdera pas quelques jours à quelques semaines de traitement au maximum.

Le nombre de cas d'intoxications par les autres HE dans la liste est trop faible pour être corrélé au type d'HE. Ces accidents résultent certainement plus d'un mésusage des HE au sens global du terme : allergies, sensibilisation, projection oculaire, ou application pure sur la peau ou les muqueuses, ingestion d'une trop grande quantité....

Il existe de nombreuses HE dangereuses de par leur composition qui ne figurent pas dans cette liste car bien moins démocratisées, à commencer par celles figurant sur la liste des HE réservées au monopole pharmaceutique.

IV. 3. HE relevant du monopole pharmaceutique

Selon l'article D4211-13 du Code de la Santé Publique, certaines HE ne peuvent être vendues hors du circuit officinal. En voici la liste, en vigueur depuis le 8 août 2007 :

- grande absinthe (*Artemisia absinthium* L.) ;
- petite absinthe (*Artemisia pontica* L.) ;
- armoise commune (*Artemisia vulgaris* L.) ;
- armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso) ;
- armoise arborescente (*Artemisia arborescens* L.)
- thuya du Canada ou cèdre blanc (*Thuya occidentalis* L.) et cèdre de Corée (*Thuya Koraenensis* Nakai), dits "cèdre feuille" ;
- hysopé (*Hyssopus officinalis* L.) ;
- sauge officinale (*Salvia officinalis* L.) ;
- tanaïs (*Tanacetum vulgare* L.) ;
- thuya (*Thuya plicata* Donn ex D. Don.) ;
- sassafras (*Sassafras albidum* [Nutt.] Nees) ;
- sabine (*Juniperus sabina* L.) ;
- rue (*Ruta graveolens* L.) ;
- chénopode vermifuge (*Chenopodium ambrosioides* L. et *Chenopodium anthelminticum* L.) ;
- moutarde jonciforme (*Brassica juncea* [L.] Czernj. et Cosson).

Nous allons étudier les raisons qui ont poussé les autorités à réserver la vente de ces HE aux pharmacies :

IV. 3. 1. Les HE riches en thuyones

Nous avons abordé dans le chapitre IV. 1. 7. (Les molécules convulsivantes) et IV. 1. 8. (Les molécules abortives) les dangers que constituent les thuyones. Ce sont des cétones neurotoxiques entraînant stupéfaction, puis convulsions, puis coma et mort.

Les HE qui en contiennent en fortes proportions (> 10 %) sont les suivantes :

- *Artemisia absinthium* L.
- *Artemisia pontica* L.
- *Artemisia vulgaris* L.
- *Artemisia herba-alba* Asso
- *Artemisia arborescens* L.
- *Thuya occidentalis* L.
- *Thuya koraenensis* Nakai
- *Salvia officinalis* L.
- *Tanacetum vulgare* L.
- *Thuya plicata* Donn

IV. 3. 2. *Hyssopus officinalis* L

L'HE de l'*Hyssopus officinalis* L. *ssp. officinalis* est particulièrement riche en pinocamphone et isopinocamphone (selon les chémotypes). Ces deux molécules sont des cétones monoterpéniques bicycliques, ayant un mode d'action similaire à celui des thuyones : antagoniste du GABA-A et de l'acétylcholine, entraînant des crises d'épilepsies.

Il est à noter que seule la sous-espèce officinale contient ces molécules, mais que la restriction concerne l'ensemble des plantes de l'espèce *Hyssopus officinalis* L., incluant la variété *decumbens* qui pourtant n'est pas dangereuse et est très utilisée dans de nombreuses affections ORL et bronchiques, y compris chez le nourrisson.

IV. 3. 3. *Sassafras albidum* Nees

L'HE de cette plante contient une majorité de safrole (entre 50 et 80%), un phénylpropène qui a été estimé génotoxique et carcinogène en 2002 par la Commission Européenne pour la Santé et la Protection du Consommateur. Cette molécule est par ailleurs précurseur du MDMA, la molécule active de l'ecstasy.

D'autres arbres sont des sources non négligeables d'HE à safrole, comme *Ocota pretiosa*, un arbre brésilien.

IV. 3. 4. *Juniperus sabina* L

Juniperus sabina L. produit une HE riche en un alcool monoterpénique, le sabinol, qui provoque une atteinte du SNC (convulsions).

IV. 3. 5. *Ruta graveolens* L

La rue contient des cétones aliphatiques : entre 30 et 40% de 2-nonanone, et 2 à 3% de 2-undécanone. Elles sont toutes deux redoutablement neurotoxiques, selon le schéma classique des cétones, et abortives. L'emploi de son HE par voie cutanée est également à manier avec la plus grande précaution en raison de la présence de furocoumarines et d'éthers furocoumariniques : psoralène, bergaptène..., fortement photosensibilisants.

IV. 3. 6. *Chenopodium* spp.

Chenopodium ambrosioides L. et *Chenopodium anthelminticum* L., aussi trouvés sous les noms de *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin & Clemants et *Dysphania anthelminticum* (L.) Mosyakin & Clemants, respectivement, doivent leur présence sur cette liste en raison de leur forte teneur en ascaridole (plus de 40%). Cet oxyde terpénique possède de puissantes propriétés vermifuges et antihelminthiques (d'où le nom de la plante, et de la molécule), mais la marge thérapeutique est étroite, et la toxicité à doses trop élevée se manifeste par des nausées, vomissements, constipation, puis des troubles du SNC : vertiges, acouphènes, surdité et cécité temporaires. Une prise prolongée entraîne une dépression du SNC, avec délirium, puis des convulsions et le coma. Les effets sur le long terme sont un œdème pulmonaire et une atteinte hépatique et rénale.

Il est aussi intéressant de constater que l'HE tirée de *Peumus boldus* (le boldo) contient elle aussi de l'ascaridole en grande proportion (entre 15 et 20%), mais n'est pas soumise à restriction.

IV. 3. 7. *Brassica* spp.

Brassica juncea [L.] Czernj. et Cosson, la moutarde brune, résulte d'un croisement entre la moutarde noire *Brassica nigra* (L.) et le navet *Brassica rapa* (L.). Son HE contient principalement des composés soufrés et azotés, dont l'isothiocyanate d'allyle, responsable du goût piquant des crucifères (moutarde, raifort, wasabi...). C'est une molécule très agressive pour les muqueuses (dermocaustique) et fortement lacrymogène, et à dose suffisamment importante, elle est neurotoxique.

L'HE de moutarde noire contient également cette molécule en grande quantité.

IV. 3. 8. Analyse de l'évolution de cette liste

Auparavant, cette liste était fixée par le décret n°86-778 du 23 juin 1986 fixant la liste des huiles essentielles dont la vente au public est réservée aux pharmaciens. La voici :

Essences provenant de : l'absinthe, la petite absinthe, l'armoise, le cèdre, l'hysope, la sauge, la tanaïs, le thuya.

Entre 1986 et 2007, on est passé de 8 plantes à 17, et les noms latins ont été spécifiés.

Ainsi, la « sauge » est devenue *Salvia officinalis*, autorisant par là même toutes les autres espèces de sauge, et *Salvia sclarea* est couramment vendue hors officine pour son activité « œstrogen-like ».

Tableau 36: Comparaison des compositions chimiques des HE des deux principales sauges commercialisées

Laboratoire A	<i>Salvia sclarea</i>		<i>Salvia officinalis</i>	
	Russie 06/08	Russie 06/10	France 06/08	France 06/10
Linalol	21,21%	22,04%	0,33%	0,69%
Acétate de linalyle	57,55%	53,54%	0,06%	0,07%
1,8-cinéole	Non détecté	0,07%	10,63%	9,36%
α-thuyone	Non détecté	0,02%	39,96%	37,47%
β-thuyone	Non détecté	0,02%	13,47%	11,30%
Camphre	0,18%	0,03%	8,66%	8,00%
α-terpinéol	4,35%	2,69%	0,63%	0,24%
Sclaréol	0,33%	0,41%	Non détecté	Non détecté

En visionnant le tableau 36, on comprend aisément la raison de la présence de la sauge officinale dans la liste restrictive : avec plus de 50% de thuyone, sa marge thérapeutique est réduite et le risque de convulsions bien présent. Ce risque est augmenté par la présence de camphre.

La composition de la sauge sclarée, qui se rapproche de celle de la lavande officinale, en fait une HE bien moins délicate à manier que la sauge officinale, mais son activité « hormon-like » doit inciter à la prudence chez certaines catégories de personnes (femmes enceintes, antécédents ou facteurs de risque de cancers hormono-dépendants).

Le même phénomène s'est produit avec la tanaïsie, dont la spécification *Tanacetum vulgare* permet la vente libre hors officine d'autres espèces de tanaïsie comme *Tanacetum anuum*, qui est très intéressante par sa concentration en chamazulène, mais dont la teneur en camphre (~15%) la déconseille chez les jeunes enfants, les femmes enceintes et les sujets épileptiques.

IV. 3. 9. Cas des HE anisées

Toujours selon le Code de la Santé Publique, les HE d'anis, de badiane et de fenouil ne peuvent être également délivrées par les pharmaciens que sur ordonnance :

Article L3322-5, en vigueur 22 juin 2010 :

« Il est interdit à un producteur ou fabricant d'essences pouvant servir à la fabrication des boissons alcooliques, telles que les essences d'anis, de badiane, de fenouil, d'hysope, ainsi qu'aux producteurs ou fabricants d'anéthol, de procéder à la vente ou à l'offre, à titre gratuit desdits produits à toutes personnes autres que les fabricants de boissons ayant qualité d'entrepôts vis-à-vis de l'administration des contributions indirectes, les pharmaciens, les parfumeurs, les fabricants de produits alimentaires ou industriels et les négociants exportateurs directs.

La revente de ces produits en nature sur le marché intérieur est interdite à toutes ces catégories à l'exception des pharmaciens qui ne peuvent les délivrer que sur ordonnance médicale et doivent inscrire les prescriptions qui les concernent sur leur registre d'ordonnances. »

En pratique, cet article n'est jamais respecté. Les HE d'anis, de fenouil et de badiane sont disponibles sur de nombreux sites de vente en ligne d'HE, et la plupart des pharmaciens qui tiennent ces HE en stock les vendent sans ordonnance.

Ces divers aspects réglementaires ont été établis sur la seule base des composants intrinsèques aux HE : c'est-à-dire les composés qui se trouvent dans les HE car ils ont été synthétisés par la plante.

Nous allons maintenant nous intéresser aux composés potentiellement toxiques qui se retrouvent dans l'HE en relation avec les modes de culture.

IV. 4. Influence du mode de culture de la plante sur la toxicité de l'HE

Comme on vient de le constater, la plupart des HE possèdent une toxicité intrinsèque plus ou moins importante, dont il faut tenir compte dans tous les cas. À celle-ci, on doit ajouter la toxicité éventuelle due aux produits étrangers qui peuvent se retrouver dans l'HE après distillation.

Nous avons réussi à nous procurer des chromatographies d'HE non biologiques, sur

lesquelles apparaissent divers produits phytosanitaires.

IV.4. 1. Analyse d'une HE d'orange douce conventionnelle

RAPPORT D'ANALYSES

RÉFÉRENCE DU LABORATOIRE : 07/07404 / R Bon de commande :
Echantillonnage: date & lieu :
Echantillonnage par :
Date de livraison : 17/04/07
Nature de l'échantillon : divers
Description : Orange douce Sicile (huile essentielle)
Nombre d'unités : Poids (g) :
Référence échantillon : Lot 69502
Condition de l'échantillon : ok
Condition de l'emballage : ok
Condition du cachet : non scellé
Période des analyses : 17/04/07 - 26/04/07
Date 1^{er} rapport : 26/04/07

Analyses demandées (* = exécutées)

* GMS -CG-MSMS RES60

Résultats

Résidu	Tolérance FR	Résultat
Echantillon homogénéisé		
GMS -chlorpyrifos-éthyl	n.a. (*)	0.28 mg/kg
GMS -dicofol	n.a. (*)	0.72 mg/kg
GMS -ethion	n.a. (*)	0.02 mg/kg
GMS -fenyl-fenol (2-) (OPP)	n.a. (*)	0.92 mg/kg
GMS -methidathion	n.a. (*)	1.8 mg/kg
GMS -propargite	n.a. (*)	0.92 mg/kg
GMS - Autres non détectable		



Le dicophol est un acaricide organochloré, il est classé dans le groupe C comme cancérigène possible par l'Agence de Protection de l'Environnement des Etats-Unis. Il est interdit en France depuis le 30 mars 2010. Dans un flacon de 10 mL de cette HE d'Orange sanguine, on en trouve 6,12 µg.

(masse volumique de l'HE d'orange : 0,85 g/mL

$0,85 \times 0,72 = 0,612 \text{ µg/mL} \Rightarrow 6,12 \text{ µg pour 10 mL}$)

Le methidathion est un insecticide organophosphoré. C'est un poison pour les êtres humains à cause de sa capacité à interférer avec les enzymes du système nerveux périphérique [61]. La dose journalière acceptable (DJA) chez l'Homme est de 0,5 µg/kg.

10mL de cette HE en contiennent 15,2 µg.

La propargite est classée « hautement toxique » par l'Agence pour la Protection de l'Environnement des Etats-Unis, et entre dans le groupe B2, « carcinogène probable » [62]. On en trouve dans cette HE 7,82 µg/10 mL

IV. 4. 2. Analyse d'une HE extraite de l'écorce d'un citron non biologique

Fecha de recogida/entrada:	06/11/2008 - 06/11/2008	Fecha de emisión:	11/11/2008
Fecha de inicio/finalización:	06/11/2008 - 11/11/2008	Hora recogida/entrada:	17:30:00 - 18:30:00
Análisis solicitado:	Multirresiduos de resto de plaguicida por GC/MS	Tipo de muestra:	<u>Aceite esencial de limon</u>
Muestra remitida por:	Beatriz Abellan	Cantidad de muestra:	60 mL
RESULTADOS ANALITICOS (Multirresiduos GC/MS)			
Materia activa	Unid.	L.C.	Resultado
Buprofezin	mg/kg	0,01	1,42
Clorpirifos	mg/kg	0,01	6,25
Clorpirifos-metil	mg/kg	0,01	1,49
Dicofol-Suma de los isómeros o,p'-dicofol y p,p'-dicofol	mg/kg	0,01	4,14
Imazalil	mg/kg	0,05	0,49
Malation	mg/kg	0,02	0,49
Ortofenilfenol	mg/kg	0,01	0,25
Pirimifos-metil	mg/kg	0,01	0,06
Piriproxifen	mg/kg	0,01	3,16
Tebufenpirad	mg/kg	0,01	1,49
Terbutilazine	mg/kg	0,01	0,35

Alcance del análisis: Relación de materias activas analizadas y límites de cuantificación en pagina 2 del informe.

¹ Según Reglamento (CE) Nº 149/2008 de la comisión.

¹ Según Base de Datos de la Secretaría General de Comercio Exterior. Ministerio de Economía.

¹ ARM:LMR's armonizados.

L.C.: Límite de cuantificación

Método de Ensayo : (MET-CR-Multi-GC-MS)-(MET-CR-Extraccion-Multi)

Los resultados de este informe sólo afectan a las muestras sometidas a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del laboratorio. La muestra, salvo comunicación del cliente, será conservada según los Procedimientos Específicos del Sistema de Calidad. Las incertidumbres del ensayo están calculadas y a disposición del cliente.

De premier abord, on constate que 1 kG de cette HE comporte 19,59 mg de pesticides en tous genres.

Le chlorpyrifos est un insecticide organophosphoré qui présente une neurotoxicité par inhibition de l'acétylcholinestérase. La Dose Journalière Acceptable est de l'ordre de 0,001 mg/kg.

Un flacon de 10mL de cette HE en contient 0,053 mg, soit 10 fois la DJA pour un enfant de 5 kg

Nous retrouvons ici du dicophol en plus grande quantité. Ce produit dont la Dose Journalière Admissible est de 0,002 mg/kg se trouve ici en concentration à 0,0035 mg/mL

IV. 4. 3. Analyse de l'HE extraite de l'écorce d'un citron d'origine biologique :

INFORME DE ENSAYO				
a. 30140 - Murcia			Fax: 968860434	
Fecha de recogida/entrada: 13/05/2009 - 14/05/2009				
Fecha de emisión: 15/05/2009				
Fecha de inicio/finalización: 14/05/2009 - 15/05/2009				
Hora recogida/entrada: 16:50:00 - 8:30:00				
Análisis solicitado: Multirresiduos de resto de plaguicida por GC/MS				
Tipo de muestra: Aceite esencial de limon				
Muestra remitida por: Beatriz Abellan				
Cantidad de muestra: 60 mL				
RESULTADOS ANALITICOS (Multirresiduos GC/MS)				
Materia activa	Unos	LC	Resultado	LMR's
Dicofol-Suma de los isómeros o,p'-dicofol y p,p'-dicofol	mg/kg	0,01	0,57	
Imazalil	mg/kg	0,05	0,09	
Ortofenilfenol	mg/kg	0,01	0,18	
Primetanil	mg/kg	0,01	0,12	

Alcance del análisis: Relación de materias activas analizadas y límites de cuantificación en pagina 2 del informe.

1 Según Reglamento (CE) Nº 149/2008 de la comisión.

1 Según Base de Datos de la Secretaría General de Comercio Exterior. Ministerio de Economía.

1 LMR's armonizados.

L.C.: Límite de cuantificación

Método de Ensayo : (MET-CR-Multi-GC-MS)-(MET-CR-Extraccion-Multi)

Los resultados de este informe sólo afectan a las muestras sometidas a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del laboratorio. La muestra, salvo comunicación del cliente conservada según los Procedimientos Específicos del Sistema de Calidad. Las incertidumbres del ensayo calculadas y a disposición del cliente.

Au lieu de onze pesticides détectables, il n'en reste plus ici que quatre. Avec un total de 0,96 mg de pesticides par kg d'HE, soit vingt fois moins que la quantité de pesticides dans l'HE non biologique.

Le dicophol se trouve en concentration sept fois inférieure à celle de l'HE conventionnelle, l'imazalil est cinq fois moins présent, et l'orthophénylphénol près de deux fois moins.

Quant au pyriméthanil, sa dose admissible journalière est de 0,17 mg/kg selon la Commission Européenne pour la Santé et la Protection des Consommateurs [63]; ce qui signifie que pour absorber cette DJA, un enfant de 5 Kg devrait consommer près de 6 L (5,88 L) de cette HE biologique !

Je tiens à souligner que cette HE biologique, dont l'innocuité est bien plus grande que la même HE, mais d'origine non biologique, a été refusée par le laboratoire qui a fait faire ces analyses. Cette remarque pour souligner l'importance des critères de qualité demandés en ce qui concerne les huiles essentielles biologiques.

Conclusion :

Cette thèse avait pour but d'expliquer les différences existant entre les diverses marques d'huiles essentielles, au niveau principalement de la qualité des produits proposés.

Ce qui a été découvert va bien au-delà : la qualité des huiles essentielles diffère effectivement énormément selon les laboratoires les commercialisant, mais également au sein d'un même laboratoire. La qualité diffère de manière conséquente en fonction d'un nombre important de facteurs qui ne sont finalement ni réglementés ni pris en compte, que ce soit par les producteurs, les vendeurs, les autorités de santé ou le consommateur, ce dernier allant jusqu'à ignorer totalement leur existence.

Il est temps que cela change. Si la qualité n'avait d'influence que sur elle-même, l'enjeu serait le même que pour n'importe quel bien de consommation ; mais il a été prouvé dans cette thèse que la qualité des HE avait une répercussion très importante sur leur efficacité et sur leur toxicité, ce qui en fait un enjeu de santé publique.

Les gens qui se tournent vers ces produits naturels pour être mieux soignés ont le droit d'avoir accès en toute connaissance de cause à la qualité d'huile essentielle qui leur est nécessaire en fonction de leur besoin (il est évident que quelqu'un souhaitant une HE pour « assainir » son atmosphère intérieur n'aura pas les mêmes besoins que celui cherchant à soigner une infection cutanée). Ils ont également le droit d'avoir accès à des conseils appropriés, que ce soit au niveau des précautions d'emploi, qu'il est primordial de rappeler à chaque délivrance, ou au niveau des conditions d'utilisation (dose, voie d'administration, durée..). Et pour avoir accès à ces conseils, il faut que les personnes ayant le droit de vendre des outils aussi puissants soient préalablement formées correctement.

Bibliographie :

- [1] : FRANCHOMME P., JOLLOIS R. PENOËL D. : L'Aromathérapie exactement : encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des extraits aromatiques. Édition Roger Jollois. 2001.
- [2] : HANSON A. : Hippocrates : The "greek miracle" in medicine. The Episcopal Academy. Merion. 2006.
- [3] : DESROCHES NOBLECOURT C. : Le patrimoine de l'Egypte Ancienne. Publication Edhasa. 2006.
- [4] : LANGERMANN Y. T. : Avicenna and his legacy. A golden age of science and philosophy. Éditions Brepols. 2010.
- [5] : COUECOU B., LAPIERRE L. : Transformation des fruits exotiques en jus : description des process et optimisation des qualités. Conférence Cirad-flhor. Conservation et transformation des fruits : nouveaux enjeux, nouvelles techniques. France. Septembre 2001.
- [6] : DIPAGE J. A. : Huiles essentielles : Obtention et rendement. Mai 2009.
- [7] : <http://hitex-co2.com/pages/co2supercritique.php>
Description et illustration de l'extraction au CO2 supercritique. Copyright 2005 Société Hitex. Tous droits réservés.
- [8] : AGKERMAN A., ERKEY C. OREJUELA M. : Limiting diffusion coefficients of heavy molecular weight organic contaminants in supercritical carbon dioxide. Ind. Eng. Chem. Res., 1996, 35 (3), pp 911–917.
- [9] : COUIC-MARINIER F. : Huiles essentielles : l'essentiel. Conseils pratiques en aromathérapie pour toute la famille au quotidien. Centre alsacien de reprographie. Juillet 2009.
- [10] : MOREL J-M. : Traité pratique de phytothérapie : remèdes d'hier pour médecin de demain. Éditions Jacques Grancher. Septembre 2008.
- [11] : LAWRENCE B. M. : Genuine essential oils : mother nature's chemical factory, Bulletin technique Gettefossé, n°103, pp. 31-50, 2010
- [12] : VALNET J. : L'Aromathérapie : traitement des maladies par les essences des plantes. Edition Le livre de poche. Novembre 1984.
- [13] : MANOQUERRA A. S. : Camphor poisoning : an evidence-based practice guideline for out-of-hospital management. Clinical Toxicology, 44:357–370. 2006.
- [14] : http://www.reptox.csst.qc.ca/produit.asp?no_produit=150987&nom=Camphre+%281-%29

- [15] : BEHRA O., RAKOTOARISON C. : Ravensare vs Ravintsara, a taxonomic clarification. International Journal of Aromatherapy, 2001, vol. 11, n°1.
- [16] : ROSSI P-G., LEI B., LUCIANIA A., et al : (E)-methyloisoeugenol and elemicin : Antibacterial components of *daucus carota* L. Essential oil against *Campylobacter jejuni*. Journal of agricultural and food chemistry, 2007, vol. 55, n°18, pp. 7332-7336
- [17] : GRAYER R. J., KITE G. C., GOLDSTONE F. J., et al : Intraspecific taxonomy and essential oil chemotypes in sweet basil, *Ocimum basilicum*. Phytochemistry, vol. 43, n°5 November 1996, pp. 1033–1039.
- [18] : SINGH G., KAPOOR I. P., SINGH P., et al : Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of fresh and dry rhizomes of turmeric (*Curcuma longa* Linn.). Food Chem Toxicol, 2010, vol 48, n°4, pp. 1026-31.
- [19] : OUSSALAH M., CAILLET S., LACROIX M. : Mechanism of Action of Spanish Oregano, Chinese Cinnamon, and Savory Essential Oils against Cell Membranes and Walls of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. J Food Prot, 2006, vol. 69, n°5, pp. 1046-55.
- [20] : HELANDER I. M., ALAKOMI H-L., LATVA-KAVA K., et al : Characterization of the action of selected essential oil components on Gram negative bacteria. J Agric Food Chem, 1998, vol. 46, n°9, pp. 3590-3595.
- [21] : LAMBERT R. J., SKANDAMIS P. N., COOTE P. J., et al : A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. J Appl Microbiol, 2001, vol. 91, n°3, pp. 453-462.
- [22] : CHAO S., YOUNG G., OBERG C., et al : Inhibition of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) by essential oils. Flavour Fragr Journal, 2008, vol. 23, pp. 444-449.
- [23] : INOUE S., TAKIZAWA T, YAMAGUCHI H. : Antibacterial activity of essential oils and their major constituents against respiratory tract pathogens by gaseous contact. J Antimicrob Chemother, 2001, vol. 47, n°5, pp. 565-573.
- [24] : HAMMER K. A., CARSON C; F, RILEY T. V. : Susceptibility of transient and commensal skin flora to the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. Am J Infect Control, 1996, vol. 24, n°3, pp. 186-189.
- [25] : DORMAN H. V., DEANS S. G. : Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. J Appl Microbiol, 2000, vol. 88, n°2, pp. 308-316.
- [26] : GAYOSCO C. W., LIMA E. O., OLIVEIRA V. T., et al : Sensitivity of fungi isolated from onychomycosis to *Eugenia caryophyllata* essential oil and eugenol. Filoterapia, 2005, vol. 76, n°2, pp. 247-249.
- [27] : Phyto-Est : aromathérapie, herboristerie, phytothérapie

- [28] : HAMMER K. A., CARSON C. F., RILEY T. V. : Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. J Appl Microbiol, 1999, vol. 86, n°6, pp. 985-990.
- [29] : ADAM K., SIVROPOLOU A., KOKKINI S., et al : Antifungal activities of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia*, and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. J Agric Food Chem, 1998, vol. 46, n°5, pp. 1739-1745.
- [30] : HAMMER K. A., CARSON C. F., RILEY T. V. : *In vitro* activity of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil against dermatophytes and other filamentous fungi. J Antimicrob Chemother, 2002, vol. 50, n°2, pp. 195-199.
- [31] : MUELLER-RIEBAU F., BERGER B., YEGEN O. : Chemical composition and fungitoxic properties to phytopathogenic fungi of essential oils of selected aromatic plants growing wild in Turkey. J Agric Food Chem, 1995, vol. 43, n°8, pp. 2262-2266.
- [32] : BUCK D. S., NIDORF D. M., ADDINO J. G. : Comparison of two topical preparations for the treatment of onychomycosis: *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil and clotrimazole. J Fam Pract, 1994, vol. 38, pp. 601-605.
- [33] : SYED T. A., QURESHI Z. A., ALI S. M., et al : Treatment of toenail onychomycosis with 2% butenafine and 5% *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil in cream. Trop Med Int Health, 1999, vol. 4, n°4, pp. 284-287.
- [34] : KHOSRAVI A. R., SHOKRI H., DARABI M. H., et al : Comparative study on the effects of a new antifungal lotion (*Artemisia sieberi* essential oil) and a clotrimazole lotion in the treatment of pityriasis versicolor. J Myc Med, 2008, vol. 19, n°1, pp. 17-21.
- [35] : HAMMER K. A., CARSON C. F., RILEY T. V. : *Melaleuca alternifolia* (Tea Tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. Clin Microbiol Rev, 2006, vol. 19, n°1, pp. 50-62.
- [36] : BISHOP C. D. : Antiviral activity of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (Maiden and Betche) Cheel (Tea Tree) against Tobacco mosaic virus. Journal of essential oil research, 1994, vol. 7, n°6, pp. 641-644.
- [37] : MINAMI M., KITA M., NAKAYA T., et al : The inhibitory effect of essential oils on herpes simplex virus type-1 replication in vitro. Microbiol Immunol, 2003, vol. 47, n°9, pp. 681-684.
- [38] : KOCH C., REICHLING J., SCHNEELE J., et al : Inhibitory effect of essential oils against herpes simplex virus type 2. Phytomedicine, 2008, vol. 15, n°1-2, pp. 71-78.
- [39] : SCHNITZLER P., KOCH C., REICHLING J. : Susceptibility of drug-resistant clinical herpes simplex virus type 1 strains to essential oils of ginger, thyme, hyssop, and sandalwood. Antimicrob Agents Chemother, 2007, vol. 51, n°5, pp. 1859-1862.

- [40] : DE LOGU A., LOY G., PELLERANO M. L., et al : Inactivation of HSV-1 and HSV-2 and prevention of cell-to-cell virus spread by *Santolina insularis* essential oil. Antiviral Research, 2000, vol. 48, n°3, pp. 177-185.
- [41] : CARSON A. F., ASHTON L., DRY. L., et al : *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil gel (6%) for the treatment of recurrent herpes labialis. J Antimicrobiol Chemother, 2001, vol. 48, n°3, pp. 450-451.
- [42] : KEHRL W., SONNEMANN U., DETHLEFSEN U. : Therapy for acute nonpurulent rhinosinusitis with cineole: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. Laryngoscope, 2004, vol. 114, n°4, pp. 738-42.
- [43] : MURRAY B. I. : Plant essential oils for pest and disease management, Crop Protection, 2000, vol. 19, pp. 603-608.
- [44] : TRONGTOKIT Y., RONGSRIYAM Y., KOMALAMISRA N., et al : Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites. Phytother Res, 2005, vol. 19, n°4, pp. 303-309.
- [45] : AMER A., MELHORN H. : Repellency effect of forty-one essential oils against *Aedes*, *Anopheles*, and *Culex* mosquitoes. Parasitol Res, 2006, vol. 99, n°4, pp. 478-490.
- [46] : PRAJAPI V., TRIPATHI A. K., AGGARWAL K. K., et al : Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. Bioresour Technol, 2005, vol. 16, n°16, pp. 1749-1757.
- [47] : YANG Y. C., LEE H. S., CLARK J. M., et al : Insecticidal activity of plant essential oils against *Pediculus humanus capiti*. J Med Entomol, 2004, vol. 41, n°4, pp. 699-704.
- [48] : WALTON S. F., MCKINNON M., PIZZUTTO S., et al : Acaricidal activity of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil: in vitro sensitivity of *Sarcoptes scabiei* var *hominis* to terpinen-4-ol. Arch Dermatol, 2004, vol. 140, n°5, pp. 563-566.
- [49] : IORI A., GRAZIOLI D., GENTILE E., et al : Acaricidal properties of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* Cheel (tea tree oil) against nymphs of *Ixodes ricinus*. Vet Parasitol, 2005, vol. 129, pp. 173-176.
- [50] : GAO Y. Y., DI PASCUALE M. A., LI W., et al : In vitro and in vivo killing of ocular *Demodex* by tea tree oil. Br J Ophthalmol, 2005, vol. 98, n°11, pp. 1468-1473.
- [51] : BEN AMAR M., LOUIS L. : Les psychotropes: pharmacologie et toxicomanie. Éditions Les Presses de l'Université de Montréal. 2002.
- [52] : HOMBURGER F., BOGER E : The carcinogenicity of essential oils, flavors, and spices: a review. Cancer Res, 1968, vol. 28, p. 2372.
- [53] : PAINE M. F., WIDMER W. W., HART H. L., et al : A furanocoumarin-free grapefruit juice

establishes furanocoumarins as the mediators of the grapefruit juice-felodipine interaction. Am J Clin Nutr, 2006, vol. 83, n°5, pp. 1097-1105.

[54] : PAINE M. F., WIDMER W. W., HART H. L., et al : Further characterization of a furanocoumarin-free grapefruit juice on drug disposition: studies with cyclosporine. Am J Clin Nutr, 2008, vol. 87, n°4, pp. 863-871.

[55] : GIBSON D. E., MOORE G. P., PFAFF J. A. : Camphor ingestion. AM J Emerg Med, 1989, vol. 7, n°1, pp. 41-43.

[56] : EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY : Le camphre dans les arômes et autres produits alimentaires aux propriétés aromatiques - Avis du groupe scientifique sur les additifs alimentaires, les arômes, les auxiliaires technologiques et les matériaux en contact avec les aliments (AFC) sur une demande de la Commission, mai 2008

[57] : BRONDEAU M. T., JARGOT F., PILLIERE J. C., et al : Essence de térébenthine, Note établie par les services techniques et médicaux de l'INRS, 2000.

[58] : NAIR B. : Final report on the safety assessment of *Mentha piperita* (Peppermint) oil, *Mentha piperita* (Peppermint) leaf extract, *Mentha piperita* (Peppermint) leaf, and *Mentha piperita* (Peppermint) leaf water. Int J Toxicol, 2001, suppl. 3, pp. 61-73.

[59] : ARISTATILE B., AL-NUMAIR K. S., VEERAMANI C., et al : Effect of carvacrol on hepatic marker enzymes and antioxidant status in D-galactosamine-induced hepatotoxicity in rats. Fundam Clin Pharmacol, 2009, vol. 23, n°6, pp. 757-765.

[60] : XU J., ZHOU F., JI. B. P., et al : The antibacterial mechanism of carvacrol and thymol against *Escherichia coli*. Lett Appl Microbiol, 2008, vol. 47, n°3, pp. 174-179.

[61] : Comité de Coordination de Toxicovigilance : Expositions aux spécialités pharmaceutiques contenant du méthidathion, cas signalés à la MSA et au réseau de toxicovigilance de 2000 à 2006, juillet 2008.

[62] : http://pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC34266
Propargite – Identification, toxicity, use, water pollution potential, ecological toxicity and regulatory information.

[63] : EUROPEAN COMMISSION HEALTH AND CONSUMER, Standing committee on the food chain and animal health (2006) : Final review report for the active substance pyrimethanil

DEMANDE D'IMPRIMATUR

Date de soutenance : 04 avril 2012

**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR
EN PHARMACIE**

présenté par Solène JOUAULT

Sujet : La qualité des huiles essentielles et son influence sur
leur efficacité et sur leur toxicitéJury :Président : Mme Dominique LAURAIN-MATTAR
Directeur : Mme Françoise COUIC-MARINIER

Juges : M. Jacques FLEURENTIN

M. François TOURNAY

Vu,

Nancy, le 1^{er} mars 2012

Le Président du Jury

Le Directeur de Thèse

M. D. Laurain - M. F. Couic-Marinier
Mattar François

Vu et approuvé,

Nancy, le 01 MARS 2012

Doyen de la Faculté de Pharmacie
de l'Université Henri Poincaré - Nancy 1,

Vu,

Nancy, le 08.03.2012

L'Administrateur Provisoire de l'UDL,

Jean-Pierre FINANCE

N° d'enregistrement : 3914.

N° d'identification :

TITRE

La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité

Thèse soutenue le 4 avril 2012

Par Solène JOUAULT

RESUME :

Cette thèse a pour but d'explorer le retentissement de la qualité des huiles essentielles (HE) en thérapeutique courante. Elle expose dans un premier temps les différents critères qui sont susceptibles de faire varier la composition chimique des HE, puis elle montre dans un second temps dans quelles proportions ces critères vont influencer celle-ci.

La troisième partie fait le lien entre les compositions chimiques des HE et leur efficacité thérapeutique.

L'enjeu est de démontrer que la manière dont la plante productrice de l'HE est cultivée, récoltée, distillée et identifiée est déterminante pour obtenir des résultats reproductibles en thérapeutique.

Dans une dernière partie, c'est la toxicité des HE via leur composition en principes actifs qui est étudiée.

On y comprend comment des accidents ménagers peuvent survenir par manque d'informations transmises aux consommateurs.

La conclusion encourage une approche plus rigoureuse des HE, un meilleur encadrement de leur production et de leur vente.

MOTS CLES : Huiles essentielles, qualité, composition chimique, comparaison, chromatographie, efficacité, toxicité

Directeur de thèse	Intitulé du laboratoire	Nature
<u>Mme Françoise COUIC-MARINIER</u>		Expérimentale ☐
		Bibliographique ☐
		Thème ☐

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