

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة 20 اوت 1955- سكيكدة
UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention d'un Diplôme de Master

Filière: Sciences Biologiques
Option: Écotoxicologie Animale

Intitulé:

Étude de la toxicité cutanée de l'huile essentielle de la cannelle de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) chez le lapin (*Oryctolagus cuniculus*).

Présenté par:

Bendjedi Djihane

Benkhairredine Nadjwa

Boudelaa Ikram

Boufrioua Wissem

Membre de Jury:

Djerrou Zouhir	Pr	Président	Université 20 Août 1955- Skikda
Sakhraoui Nora	MCB	Examinatrice	Université 20 Août 1955- Skikda
Boughendjioua Hicham	MCA	Encadreur	ENSET de Skikda

Année universitaire 2021/2022.

Résumé :

Ce travail a fait l'objet d'une étude concernant la toxicité cutanée de l'huile essentielle de la cannelle de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) chez le lapin (*Oryctolagus cuniculus*). L'hydrodistillation constitue une méthode adéquate pour l'extraction en termes de rendement. Dans un second lieu nous nous sommes intéressés à la détermination des caractéristiques organoleptiques (Aspect, odeur et couleur), et de quelques indices physico-chimiques (Indice de réfraction, échelle de Brix et le potentiel d'hydrogène), en plus de l'étude de la composition chimique de l'huile essentielle, deux techniques d'investigation ont été utilisées ; la chromatographie sur couche mince (CCM) et la spectroscopie UV. Les tests cutanés se révèlent toxique, cette toxicité semble principalement liée au cinnamaldéhyde et à l'eugénol.

Mots clés : Cannelle de Ceylan, huile essentielle, caractéristiques organoleptiques, indices physico-chimiques, profil chimique et spectral, lapin, toxicité cutanée.

Abstract :

This work was the subject of a study concerning the potent skin of essential oil of Ceylon cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). Hydrodistillation is an adequate method for extraction in terms of yield. In a second place, we are classified to the determination of the organoleptic characteristics (Appearance, smell and color), and of some physico-chemical indices (Refractive index, Brix scale and the hydrogen potential), in addition to the study of the chemical composition of the essential oil, two investigative techniques were used; thin layer chromatography (TLC) and UV spectroscopy. Skin tests showed toxicity, which seems to be mainly related to cinnamaldehyde and eugenol.

Key words: Ceylon cinnamon, essential oil, organoleptic characteristics, physico-chemical indices, chemical and spectral profile, rabbit, skin toxicity.

المخلص:

هذا العمل هو موضوع دراسة حول السمية الجلدية للزيت العطري للقرفة سيلانية (*Oryctolagus cuniculus*) عند الأرانب (*Cinnamomum zeylanicum* Blume).

يعتبر التقطير المائي الطريقة المناسبة لاستخراج الزيت العطري من القرفة من حيث المردود. في المقام الثاني، اهتمنا بتحديد الخصائص الحسية (المظهر، الرائحة و اللون)، و بعض المؤشرات الفيزيوكيميائية (معامل الانكسار، مقياس البريكس و الأس الهيدروجين)، بالإضافة إلى دراسة التركيب الكيميائي للزيت العطري حيث تم استخدام طريقتين للتحقيق؛ كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة و التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية. أثبتت الاختبارات الجلدية للزيت الأساسي أنه سام، و يبدو أن هذه السمية مرتبطة بشكل أساسي بسينمالدهيد و الأوجينول.

الكلمات المفتاحية: قرفة سيلان، زيت عطري، الخصائص الحسية، المؤشرات الفيزيوكيميائية، المظهر الكيميائي و الطيفي، الأرانب، سمية الجلد.

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier et en premier lieu ALLAH, le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force, la volonté et le courage pour mener à bonne fin ce travail.

Nous tenons à remercier notre aimable encadreur **Dr. Boughendjioua Hicham** promoteur de ce mémoire pour sa compétence, ses conseils judicieux et son soutien tout au long de l'élaboration de ce travail.

A tous les enseignants de l'université de Skikda «Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie»

Les **membres de jury** pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre travail.

Finalement, un grand merci à tous ceux et toutes celles qui d'une manière ou d'une autre nous ont aidé et soutenu de près ou de loin.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers à mon cœur, mon père **Lyazide** et ma mère **Djamila** qui ont consacré leur noble existence à bâtir la mienne.

A mes chers frères : **Abd Razek, Ayman et Akram.**

A ma sœur: **Yassmine.**

A mon encadreur: **Dr. Hicham Boughendjioua.**

A toutes les personnes qui ont contribué au succès de ce travail: **Nadjwa, Ikram et Wissam.**

BENDJEDI DJIHANE

A l'Éternel, mon dieu le tout puissant de m'avoir aidé à arriver au bout de mes études. Lui qui m'a accompagné dès le début jusqu'à la fin, il est mon ombre à ma main droite.

Ma très chère mère,

quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai jamais te remercier comme il se doit, ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher père,

tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

A mes très chers frères: Rami, Islem et Sami.

A Mon Très oncle Amar.

comment t'oublier, pour tes encouragements et tes conseils qu'ils m'ont toujours apporté un soutien moral durant mes études.

Au Dr. Hicham Boughendjioua,

vous avez beaucoup contribué à la réalisation de ce travail, merci pour votre encouragement continu, votre soutien et vos précieux renseignements.

À Toute ma famille et mes chers amis: Djihane, Wissem et Ikram.

Qu'ils trouvent dans ce travail l'expression de mon affection et ma grande admiration.

BENKHAIREDDINE NADJWA

Ce travail achevé avec l'aide du Dieu le tout puissant est dédié à tous ceux que j'aime.

Pour cela, j'ai tout le plaisir de dédié ce modeste mémoire comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à:

Mon cher père :

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde à moi mon père, merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Ma chère mère :

A la lumière de mes jours, la source de me efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur: maman que j'adore.

A mes très chers frères: **Djameleddine** et **Kheireddine** que dieu vous protège pour moi.

A mes chères sœurs: **Nour El Houda** et **Hiba**,

pour leurs grandes sacrifices, leurs encouragements, leur soutien, leurs efforts sur ma carrière dans la vie et leurs conseils. Merci beaucoup d'être toujours avec moi.

A mon fiancé et à ma belle-famille.

A mes chères collègues de mémoire de fin d'étude : **Djihane**, **Wissam** et **Nadjwa**, je vous souhaite une bonne continuation dans votre vie.

BOUDELAA IKRAM

A mes très chers parents, bien qu'aucune dédicace ne saurait exprimer ma gratitude au à l'égard de tout ce qu'ils ont fait pour mon bien être.

A toute ma famille Boufrioua.

A mes très chers amis.

Je dédie ce travail.

BOUFRIOUA WISSEM

SOMMAIRE

Titre	Page
Introduction	11
PARTIE THEORIQUE	
Chapitre I: Les plantes médicinales	
1. Historique	14
2. Généralité	14
3. Définition	15
4. Parties des plantes médicinales utilisées	15
5. Les formes d'utilisation des plantes médicinales	15
6. Mode d'emploi des plantes médicinales	16
7. Importance de l'utilisation des plantes médicinales	16
8. Les avantages des plantes médicinales	16
9. Les inconvénients des plantes médicinales	16
10. Intérêt de l'étude des plantes médicinales	17
11. La phytothérapie	17
12. La Pharmacognosie	18
Chapitre II: Métabolites secondaires	
1. Généralités	20
2. Définition	20
3. Fonction biologique	20
4. Classification des métabolites secondaires	21
4.1. Les huiles essentielles	21
4.2. Les flavonoïdes	21
4.3. Les alcaloïdes	21
4.4. Les hétérosides	21
4.5. Les tanins	21
4.6. Les oléorésines	22
4.7. Les résines	22
4.8. Les oxalates	22
Chapitre III: Les huiles essentielles	
1. Définition	24
2. Caractérisation d'huiles essentielles	24
3. Etat naturel et répartition	24
4. Localisation	24
5. Propriétés physiques	25
6. Extraction	25
7. Classification des huiles essentielles	26
8. Emploi des huiles essentielles	27
9. La conservation des huiles essentielles	27
10. Toxicité des huiles essentielles	27
11. Rôle écologique	28
12. Caractéristiques économiques	28
13. Activités biologiques des huiles essentielles	29
14. Facteurs intervenant dans la qualité des huiles essentielles	30
15. Composition chimique des huiles essentielles	31
15.1. Principales structures chimiques	31
16. Les chémotypes des huiles essentielles	33

Chapitre IV: <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	
1. Historique	35
2. Classification botanique	36
3. Partie utilisée	37
4. Extraction	37
5. Composition chimique	37
6. Propriétés physico-chimiques	38
Chapitre V: Toxicologie	
1. Toxicité de la drogue	40
2. Toxicité de l'huile essentielle de cannelle et d'autres extraits	40
2.1. Toxicité aiguë	40
2.2. Toxicité chronique	41
2.3. Toxicité de contact	41
2.3.1. Dermatitis de contact	41
PARTIE THEORIQUE	
Matériels et méthodes	
1. Choix du matériel végétal	45
1.1. Échantillonnage	45
1.2. Partie employée	45
1.3. Méthodes d'extraction	45
2. Caractéristiques organoleptiques	46
2.1. Odeur	46
2.2. Couleur	46
2.3. Aspect	46
3. Propriétés physico-chimiques	46
3.1. Indice de réfraction	46
3.2. Échelle de Brix	47
3.3. Potentiel d'hydrogène	48
4. Chromatographie sur couche mince (CCM)	48
5. Spectrométrie de l'absorbance	50
6. Toxicité cutanée	51
Résultats et discussion	
1. Expression du rendement d'extraction	53
2. Propriétés organoleptiques	54
3. Propriétés physico-chimiques	54
3.1. Indice de réfraction	54
3.2. Échelle de Brix	54
3.3. Potentiel d'hydrogène	54
4. Chromatographie sur couche mince (CCM) (Interprétation des taches (Calcul du Rf))	55
5. Spectrométrie de l'absorbance	57
6. Toxicité cutanée	58
Conclusion	60
Références bibliographiques	62
Annexe	69

LISTE DES TABLEAUX

Titre	Page
Tableau n° 01: Partie utilisée et quantité de la prise d'essai.	45
Tableau n° 02: Temps nécessaire pour le traitement de la matière végétale.	46
Tableau n° 03: Nombre d'application de l'huile essentielle sur les lapins.	51
Tableau n° 04: Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de la cannelle de Ceylan selon la norme AFNOR NFT 7.	54
Tableau 05: Indice de réfraction obtenu.	54
Tableau 06: Échelle de Brix obtenue.	54
Tableau 07: Potentiel d'hydrogène obtenu.	54
Tableau 08: Rapports frontaux de la solution de référence.	55
Tableau 09: Interprétation du chromatogramme.	55

LISTE DES FIGURES

Titre	Page
Figure n° 01: Composés monoterpéniques.	31
Figure n° 02: Composés sesquiterpéniques.	32
Figure n° 03: Composés diterpéniques.	32
Figure n° 04: Composés triterpéniques.	32
Figure n° 05: Écorce de <i>Cinnamomum cassia</i> .	35
Figure n° 06: Écorce de <i>Cinnamomum burmannii</i> .	36
Figure n° 07: Écorce de <i>Cinnamomum zeylanicum</i> .	36
Figure n° 08: Structure chimique de l'aldéhyde cinnamique et de l'eugénol.	37
Figure n° 09: Autres molécules présentes dans l'huile essentielle de la cannelle.	38
Figure n° 10: Dispositif de l'hydrodistillation.	45
Figure n° 11: Appareil à mesurer l'indice de réfraction.	47
Figure n° 12: Appareil à mesurer l'indice de Brix.	48
Figure n° 13: Papier pH utilisé.	48
Figure n° 14: Matériel de la chromatographie sur couche mince.	50
Figure n° 15: Spectrophotomètre Shimadzu UV-3600 plus utilisé.	51
Figure n° 16: Masse de l'huile essentielle obtenue.	53
Figure n° 17: Spectre UV visible de l'huile essentielle de la cannelle.	57
Figure n° 18 : Effet de l'application de l'huile essentielle pure au quinzième jour.	58

Introduction :

Depuis toujours, les huiles essentielles, et plus généralement les plantes aromatiques, ont été utilisées quotidiennement par l'Homme pour se parfumer, cuisiner et se soigner. L'histoire de l'aromathérapie a connu quatre périodes principales. Dans les temps les plus anciens, les plantes aromatiques étaient utilisées entières, généralement en infusion ou décoction. Dans une seconde époque, elles ont été brûlées ou mises à macérer dans des huiles végétales.

L'activité est alors attribuée aux substances odorantes. La période qui a suivi est celle de l'extraction de cette substance odorante et de la création de la distillation. La notion d'huile essentielle fait alors son apparition. La quatrième et actuelle période correspond au développement des connaissances sur les huiles essentielles par tous les moyens modernes, que cela concerne leurs propriétés physiques, chimiques ou physiologiques et leurs toxicités.

Il existe des utilisations médicales de la cannelle depuis la nuit des temps et c'est une des plantes majeures de la médecine traditionnelle. Ces utilisations ont donné aux chercheurs, l'envie de mettre en évidence les propriétés biologiques et la toxicité de l'huile essentielle de cette plante.

La cannelle est plus toxique par voie cutanée que par la voie orale : elle présente notamment un potentiel irritant fort. Dans le Jargon de l'aromathérapie, on parle d'huile essentielle dermocaustique. Par voie orale, elle pourrait entraîner une légère baisse des fonctions de détoxification du foie, et comme il s'agit d'une forme très concentrée en principe actif ; l'huile essentielle possède une réactivité thérapeutique très élevée, une toxicologie spécifique et impose des posologies très précises.

La voie cutanée est certainement celle la plus couramment utilisée en thérapeutique aromatique de par la praticité de son mode d'utilisation. Elle constitue en effet une très bonne voie d'administration pour une activité topique, mais aussi pour des indications plus systémiques. Il convient toutefois de prêter attention à une possible toxicité systémique, bien qu'elle soit rare.

Ce mémoire a pour but de montrer le lien entre la composition chimique et la toxicité de l'huile essentielle de la cannelle de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) en termes d'usage externe (cutané) chez le lapin (*Oryctolagus cuniculus*).

La première partie de ce mémoire est consacrée aux données bibliographiques.

Dans la seconde partie, nous donnons des résultats sur la caractérisation et la toxicité de l'huile essentielle de cannelle :

- Vérifier ses caractéristiques organoleptiques,
- Déterminer ses indices physico-chimiques,
- Obtenir son profil chimique et spectral,
- Tester sa toxicité cutanée.

PARTIE THEORIQUE.

Chapitre I: Les plantes médicinales.

1. Historique :

Depuis les temps les plus reculés, la préoccupation de l'homme a été la satisfaction de ses besoins alimentaires. Il a développé ainsi une relation intime avec le milieu qui l'entourait. Pour se soigner, il a appris à ses dépens à discerner les ressources végétales animales nécessaires à sa survie, pour cela il s'est inspiré des mœurs des animaux, de son expérience et parfois de son imagination (**Ayad, 2018**).

Les plantes médicinales font partie de l'histoire de tous les continents: en Chine et en Inde, à travers les siècles, le savoir concernant les plantes s'est organisé, documenté et a été transmis de génération en génération.

Jusqu'au XIXe siècle, les médecines se contentaient, pratiquement, de puiser dans la « pharmacie du bon dieu » pour soulager les maux de leurs contemporains. C'est alors que les chimistes ont réussi à isoler les principes actifs de certaines plantes importantes (la quinine du quinquina, la digitaline de la digitale, etc...). Poursuivant leurs recherches au début du XXe siècle, ils ont fabriqués des molécules synthétiques (**Larousse, 2018**).

Aujourd'hui, le recours à la médecine par les plantes connaît un regain d'intérêt dans les pays occidentaux, particulièrement pour traiter les déséquilibres entraînés par la vie moderne, qu'il s'agisse du stress ou des problèmes de poids. Le recours à la médecine par les plantes devient quotidien, sous forme de prévention, et n'est plus réservé au traitement des maladies. Récemment, des médecins et des professeurs dynamiques ont créé des centres de formation en phytothérapie (dans des universités ou dans des institutions privées). Ils expérimentent de nouvelles plantes, modernisant la présentation des médicaments et rendent ceux-ci plus efficaces. Aujourd'hui, les plantes ont montrés leurs efficacités thérapeutiques prouvées et leurs bienfaits incontestables pour notre santé (**Newman et al., 2000**).

2. Généralité :

On appelle plantes médicinales ou pharmaceutiques, toute plantes qui a été séchée ou traitée selon des méthodes, et employée dans la préparation des médicaments (**Thurzova, 1978**).

Les préparations pharmaceutiques dans le monde utilisent environ 300 espèces de plantes médicinales et aromatiques. En plus les plantes sont utilisées généralement en tisanes, extraits et teintures (**Frantisek, 1992**).

Les plantes médicinales constituent un patrimoine précieux pour l'humanité, elles sont des usines chimiques naturelles, produisant des substances actives biochimiques : alcaloïdes, huiles essentielles, flavonoïdes, tanins,... et les mettent à la disposition de l'homme qui peut en faire usage pour sa santé et satisfaire ses besoins vitaux (**Schauenberg et Paris, 1997**).

Aujourd'hui, une majorité de la population mondiale, plus particulièrement dans les pays en voie de développement, se soigne uniquement avec des remèdes traditionnels à base de plantes. De l'aspirine au taxol, l'industrie pharmaceutique moderne elle-même s'appuie encore largement sur la diversité des métabolites secondaire végétaux pour trouver de nouvelles molécules aux propriétés biologiques inédites (**Hostettman et Cook, 1989; Poteratte et al., 1998**).

Les plantes médicinales sont très importantes comme plantes économiques, elles contiennent des principes actifs utilisés dans le traitement de diverses maladies, après leur isolement, et on peut aussi les employer dans les industries pharmaceutiques, alimentaires, des cosmétiques et des parfums (**Bouacherine et Benrebia, 2017**).

3. Définition :

Il s'agit d'une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux. Les plantes médicinales sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses (**Khiredine, 2013**).

Elles sont impliquées dans différents secteurs sous formes de principes actifs, des huiles, des extraits, des solutions aqueuses ou organiques ou même telles qu'elles sont (**Iserin, 1996**).

A l'échelle internationale, plus de 35 000 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains. Les plantes médicinales continuent de répondre à un besoin important malgré l'influence croissante du système sanitaire moderne (**Boumediou et Addoun, 2017**).

L'usage empirique des différentes préparations traditionnelles des plantes extrêmement important pour une sélection efficace de plantes puisque la plupart des métabolites secondaires de plantes employées en médecine moderne (**Farnsworth *et al.*, 1985**).

4. Parties des plantes médicinales utilisées :

En phytothérapie, on utilise la plante entière ou seulement une partie de la plante (la feuille, la fleur, la sommité fleurie). Chaque organe peut contenir des principes actifs spécifiques et donc avoir un effet particulier.

Les parties des plantes utilisées par ordre de croissances sont:

- Les feuilles,
- La tige,
- L'écorce,
- Le bois,
- Les bourgeons,
- Les racines, les rhizomes, les bulbes,
- Les fleurs,
- Les sommités fleuries,
- Les fruits (ex: jus), la queue des fruits,
- Les graines (**Chevallier, 2017**).

5. Les formes d'utilisation des plantes médicinales :

Il existe plusieurs formes d'utilisation des plantes dont les plus connues sont:

- Les tisanes,
- Les poudres,
- Les extraits (teintures, suspensions intégrales de plantes fraîches...),
- Les gélules,
- Les comprimés,
- Les pommades,

- Les huiles essentielles (substances volatiles obtenues le plus souvent par entraînement à la vapeur d'eau).

6. Mode d'emploi des plantes médicinales :

Certaines plantes contiennent des principes actifs qui peuvent être extrêmement puissants, d'autres sont toxiques à faible dose. Le fait que l'on n'utilise que des plantes ne signifie pas que cela est sans danger, la culture libre de certaines plantes est interdite dans certains pays, le cas le plus courant étant le pavot dont la culture est réglementée en France et destinée à la seule industrie pharmaceutique.

La pharmacologie reconnaît l'action bénéfique de certaines plantes et s'attache donc à extraire le principe actif de ces plantes. La consommation « brute » de la plante induit la consommation d'autres produits contenus dans la plante que le principe actif, ne permettant ainsi pas de connaître la dose exacte de principe actif ingéré entraînant un risque de sous dosage ou de sur dosage ou de surdosage. Pour certains médecins phytothérapeutes, les autres principes vont atténuer les effets secondaires en entrant en interaction.

La composition d'une plante peut varier d'un spécimen à l'autre, dépendant du terrain, des conditions de croissance, humidité, température, ensoleillement, qui vont déterminer ce que l'on appelle en aromathérapie le hémotype. De même, il ne faut pas utiliser des plantes d'origine douteuse, puisque les facteurs de pollution, la cueillette et les méthodes de conservation, de stockage... Peuvent altérer les propriétés des plantes (**Gahbich, 2009**).

7. Importance de l'utilisation des plantes médicinales :

Il est acquis que les plantes médicinales sont en mesure de soigner des maladies simples comme le rhume, ou d'en prévenir de plus importantes comme l'ulcère, la migraine, l'infarctus en plus de certaines allergies ou affections. Si l'on y ajoute leurs vertus réparatrices, tonifiantes, sédatives, revitalisantes ou immunologiques, on mesure mieux l'aide précieuse qu'elles sont susceptibles de nous apporter au quotidien (**Anonyme, 2005**).

8. Les avantages des plantes médicinales :

Généralement, les plantes médicinales d'usage courant ne provoquent que très peu, voire aucun effet indésirable: c'est l'un de leurs principaux avantages. De plus, l'action synergique des divers constituants commence à être mieux comprise et acceptée scientifiquement (**Decaux, 2002**), contrairement à certaines croyances populaires, plusieurs plantes ont des effets pratiquement immédiats sur le métabolisme (**Pinto et al., 2003; Salgueiro et al., 2003**).

Par contre, les médicaments de synthèses ont souvent une action plus directe et plus spectaculaire puisqu'ils sont formulés pour être immédiatement assimilés par l'organisme. Il est également plus facile de s'assurer de leur composition exacte, de leurs conditions de conservation (**Mills, 2001**).

9. Les inconvénients des plantes médicinales :

Certaines plantes sont inoffensives, mais d'autre, comme de nombreuses espèces (digitale, belladone, colchique, etc...), sont toxiques et ne sont utilisées sous des formes bien contrôlées, exclusivement commercialisées en pharmacie.

L'emploi inconsidéré de plantes cueillies dans la nature peut aboutir à des intoxications graves et mortelles (**Williamson, 2001**).

10. Intérêt de l'étude des plantes médicinales :

Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples dans l'industrie, en alimentation, en cosmétologie et en pharmacie. La pharmacie utilise encore une forte proportion de médicaments d'origine végétale et la recherche trouve chez les plantes des molécules actives nouvelles, ou des matières premières pour la semi synthèse (**Bahorun, 1997**).

Les plantes médicinales sont donc importantes pour la recherche pharmaceutique et l'élaboration des médicaments, directement comme agents thérapeutiques, mais aussi comme matière première pour la synthèse des médicaments ou comme model pour les composés pharmaceutique ment actifs (**Iserin, 2001**).

Il est d'abord intéressant de remarquer que 30% environ des médicaments prescrits par le médecin sont d'origine naturelle, alors que cette proportion est de 50% pour les médicaments en vente libre (**Anthoula, 2003**).

Parmi les derniers médicaments obtenus à partir des plantes : le taxol isolé de l'if (*Taxusbaccata*, Taxaceae) qui a sa place dans le traitement des cancers gynécologiques. L'artémisinine, substance isolée d'une armoise chinoise (*Artemisiaannua*, Asteraceae) est utilisée dans le traitement des formes résistantes de malaria. On peut encore citer la galanthamine, obtenue de la perce-neige (*Galanthusnivalis*, Amaryllidaceae), utilisée depuis peu dans le traitement de la maladie d'Alzheimer. Le ginkgo (*Ginkgo biloba*, Ginkgoaceae) est certainement la plante réalisant le plus grand chiffre d'affaires. Il est utilisé sous forme d'extrait lors de troubles de la circulation cérébrale, comme le manque de concentration et les pertes de mémoire (**Berroua, 2016**).

Les plantes aromatiques constituent une catégorie à part, par le fait qu'elles élaborent des substances volatiles, odorantes, caractéristiques appelées huiles essentielles (**Verdrager, 1978**). Ces plantes, connus depuis l'antiquité, sont généralement utilisées en médecine traditionnelle comme agents antibactériens, antifongiques et antioxydant (**Bruneton, 1999**).

11. La phytothérapie :

Depuis la nuit des temps, les hommes apprécient les vertus apaisantes et analgésiques des plantes. Aujourd'hui encore, les deux tiers de la pharmacopée ont recours à leurs propriétés curatives. À travers les siècles, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales. Si certaines pratiques médicinales paraissent étranges et relèvent de la magie, d'autres au contraire semblent plus fondées, plus efficace. Pourtant, toutes ont pour objectif de vaincre la souffrance et d'améliorer la santé des hommes (**Andrew, 2001**).

Le mot "phytothérapie" se compose étymologiquement de deux racines grecques: phuton et therapeia qui signifient respectivement "plante" et "traitement". La Phytothérapie peut donc se définir comme étant une discipline allopathique destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologiques au moyen de plantes, de parties de plantes ou de

préparations à base de plantes, qu'elles soient consommées ou utilisées en voie externe (**Chabrier, 2010**).

12. La Pharmacognosie :

La pharmacognosie a été inventée par la fusion de deux mots grecs Pharmakon (drogue ou médicament) et Gnos (connaissance), c'est une discipline fondée sur la connaissance scientifique des matières premières et des substances naturelles de l'environnement qui ont été sélectionnées au cours des siècles pour la thérapeutique ou qui ont fait leur preuves cliniques dans la médecine actuelle. Cette science est fortement liée à la botanique et à la chimie des plantes, en effet, ces deux disciplines sont l'origine des dernières études sur les plantes médicinales (**Gacemi, 2014**).

Chapitre II: Métabolites secondaires.

1. Généralités :

Tous les êtres vivants ont un métabolisme primaire qui fournit les molécules de base (acides nucléiques, lipides, protéines, acides aminés et glucides) (**Merghem, 2009**), qui participent à la structure de la cellule végétale ainsi qu'à son fonctionnement de base (**Hopkins, 2003**).

Ces métabolites sont aussi définis comme des molécules qui se trouvent dans toutes les cellules végétales et nécessaire à leur croissance et à leur développement (**Raven et al., 2000**).

Par opposition les métabolites secondaires ne sont pas issus directement lors de la photosynthèse mais sont synthétisés à partir des métabolismes primaire et résultent des réactions chimiques ultérieures (**Croteau et al., 2000; Raven et al., 2000**).

2. Définition :

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées en petites quantités par les plantes autotrophes (**Lutge et al., 2002; Abderrazak et Joël, 2007; Boudjouref, 2011**). Ce sont caractérisés généralement par de faible concentration dans les tissus végétaux (généralement quelques pourcents du carbone total, si on exclue la lignine de cette catégorie) (**Newman et Cragg, 2012**).

Ces métabolites secondaires interviennent dans la structure des plantes (lignines et tannins) mais également, elles exercent une action déterminante sur l'adaptation des plantes à leur environnement (**Gobbi et Khebbaz, 2014**).

Ils participent ainsi, d'une manière très efficace, dans la tolérance des végétaux à des stress variés : action anti-herbivore (menthe par exemple), inhibition des attaques pathogènes des bactéries et des champignons, prédation d'insectes, défense contre la sécheresse et lumière UV. Mais elles peuvent être antinutritifs. Beaucoup de métabolites secondaires sont toxiques, ils sont alors stockés dans des vésicules spécifiques ou dans la vacuole (**Sandrin, 2004**).

D'un point de vue appliqué, ces molécules constituent la base des principes actifs que l'on retrouve chez les plantes médicinales. (**Gobbi et Khebbaz, 2014**).

Sur le plan pharmacologique, les métabolites secondaires constituent la fraction la plus active des composés chimiques présents chez les végétaux et on estime aujourd'hui qu'environ 1/3 des médicaments actuellement sur le marché contiennent au moins une telle substance végétale (**Newman et Cragg, 2012**).

3. Fonction biologique :

La valeur adaptative de la plupart des métabolites secondaires est longtemps restée inconnue. On les considérait simplement comme les produits finaux de processus métaboliques, sans fonction spécifique, ou comme des déchets. En raison de la perception dominante de leur insignifiance biologique, ils ont traditionnellement reçu peu d'attention de la part des botanistes. Beaucoup des fonctions de ces métabolites secondaires sont encore inconnues. À la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle, les chercheurs en chimie organique ont commencé à étudier ces substances en raison de leur importance en tant que médicaments, poisons, arômes, adhésifs, huiles, cires, et autres matériaux utilisés dans l'industrie. En fait, l'étude des métabolites secondaires des plantes a stimulé le développement de techniques de séparation, la spectroscopie pour élucider leur structure et les méthodes de synthèse qui forment la base de la chimie organique moderne. Des études biologiques plus récentes ont permis de démontrer que la plupart des métabolites secondaires exercent des fonctions de défense contre les prédateurs et les agents pathogènes, agissant comme agents allélopathiques (qui ont des effets sur d'autres plantes), ou pour attirer les

pollinisateurs ou comme disséminateurs des graines (Swain, 1973; Levin, 1976; Cronquist, 1977).

4. Classification des métabolites secondaires :

Les métabolites secondaires dépassant actuellement 100 000 substances identifiées, Ils appartiennent à trois grandes familles:

- Les composés aromatiques ou polyphénols (acides phénoliques, flavonoïdes, banthocyanidines, tanins) et les quinones.
- Les terpénoïdes et leurs dérivés.
- Les alcaloïdes (Merghem, 2009).

4.1. Les huiles essentielles :

Extraites des plantes par distillation, les huiles essentielles comptent parmi les plus importants principes actifs des plantes. Elles sont largement employées en parfumerie. Les huiles essentielles contiennent telles quelles dans les plantes des composés oxygénés, parfois d'origines terpénoïde et possédant un noyau aromatique.

4.2. Les flavonoïdes :

Présent dans la plupart des plantes, sont des pigments poly phénoliques qui contribuent entre autres, à colorer les fleurs et les fruits en jaune ou blanc, ils ont un important champ d'action et possèdent de nombreuses vertus médicinales. Antioxydants, ils sont particulièrement actifs dans le maintien d'une bonne circulation. Certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales, et des effets protecteurs sur le foie.

4.3. Les alcaloïdes :

Sont des substances végétales azotées possédant des réactions basiques et formant des sels avec les acides. Ils ont généralement une saveur amère lorsqu'ils sont isolés, les alcaloïdes se présentent le plus souvent sous l'aspect de cristaux, insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques.

Les alcaloïdes rencontrent généralement dans toutes les parties de la plante, la teneur d'un végétal en alcaloïdes varie relativement peu avec le climat, et la saison (Brunton, 1993).

Le mode d'action des alcaloïdes varie : ils agissent fréquemment sur le système nerveux (solanacées, ombellifères, pavot, Tabac...), certains attaquent le foie (destruction des cellules hépatiques alcaloïdes pyrrolizidiniques); quelques-uns ont une action directe sur le cœur (légumineuses) ou sur la musculature lisse (Ergot de seigle) (Mori *et al.*, 1972).

4.4. Les hétérosides :

Sont des composés qui libèrent par hydrolyse, les Hétérosides peuvent être classés en deux grands groupes suivant la liaison entre le sucre et l'aglycone :

Chez les O-hétérosides, il s'agit d'un atome d'oxygène.

Chez les S-hétérosides, d'un atome de soufre (Johnson, 1990).

4.5. Les tanins :

Sont des substances végétales qui se combinent avec les protéines pour donner des composés insolubles, les plantes renferment des tanins sont astringentes, ce qui peut être utile en cas de diarrhée. Mais de fortes concentrations sont dangereuses, les Fagacées, les Salicacées et les Rosacées sont parmi les familles les plus riches en Tanins.

4.6. Les oléorésines :

Ce sont des mélanges d'huiles essentielles et de résine, rencontrés chez les conifères et connus sous le nom de Térébenthines. L'ingestion d'essence de térébenthine, substance concentrée, est dangereuse: elle peut provoquer de graves irritations, en particulier des lésions rénales avec hématurie.

4.7. Les résines :

Ils sont solides ou pâteux à température ambiante, se cassent, fondent et brûlent facilement. Ils sont solubles dans un grand nombre de solvants organiques, mais pas dans l'eau, et ne renferment pas d'azote.

L'action physiologique des résines consiste souvent en l'irritation directe du tissu nerveux ou musculaire (**Groor et Raven, 1998**).

4.8. Les oxalates :

L'acide oxalique, corrosif à l'état isolé, est présent chez de nombreux végétaux sous formes de sels solubles (oxalates de sodium et de potassium) ou insolubles (oxalates de calcium). Les oxalates insolubles sont excrétés sans effets, les oxalates sont rapidement absorbés.

Cette absorption détermine la chute du calcium dans le sérum, provoquant des troubles nerveux, la réduction de la vitesse de coagulation du sang. Une petite dose d'oxalates est facilement éliminée par les reins, des quantités plus importantes résultent dans la précipitation de cristaux d'oxalates dans les tubules rénaux, dans certains cas les reins deviennent incapables de fonctionner (**Lobel, 1998**).

Chapitre III: Les huiles essentielles.

1. Définition :

Ces produits, appelés communément essence, sont les substances odorantes volatiles contenues dans les végétaux. Leur volatilité les oppose aux huiles fixes qui sont des lipides. Ces huiles essentielles sont mélanges de constituants plus ou moins nombreux, généralement liquides (**Paris et Moyse, 1976**).

La définition d'une huile essentielle donnée par la pharmacopée française est aussi restrictive puisqu'elle exclut aussi bien les produits obtenus par extraction à l'aide de solvants que ceux obtenus par tout autre procédé (**Bruneton, 1993**).

Contrairement à ce que le terme pourrait laisser penser, les huiles essentielles ne contiennent pas de corps gras comme les huiles végétales obtenues avec des pressoirs (huile de tournesol, de maïs, d'amande douce, etc.).

Il s'agit de la sécrétion naturelle élaborée par le végétal et contenue dans les cellules de la plante, soit dans les fleurs (ylang-ylang, bergamotier, rosier), soit dans les sommités fleuries (tagète, lavande), soit dans les feuilles (citronnelle, eucalyptus), ou dans l'écorce (cannelier), ou dans les racines (vétiver), ou dans les fruits (vanillier), ou dans les graines (muscade) ou encore autre part dans la plante (**Anton et Lobstein, 2005**).

2. Caractérisation d'huiles essentielles :

La caractérisation des huiles essentielles – et d'ailleurs de tout mélange naturel – peut prendre plusieurs aspects en fonction du besoin et de l'objectif assigné.

Ainsi, dans la très grande majorité des huiles essentielles, les 15-25 composés majoritaires représentent 80-95% de la composition globale et sont donc suffisants pour caractériser cette huile essentielle.

Il faut toutefois signaler que la connaissance des composés minoritaires est parfois un paramètre important de la qualité biologique ou organoleptique du produit et qu'en conséquence une analyse fine est nécessaire.

Il faut également signaler qu'une analyse peut être totalement faussée par la mauvaise identification d'un seul constituant (**Sutour, 2010**).

3. Etat naturel et répartition :

Elles se rencontrent dans tout le règne végétal ; Cependant, elles sont particulièrement abondantes chez certaines familles : Conifères, Rutacées, Ombellifères, Myrtacées, Labiées. Tous les organes peuvent en renfermer, surtout les sommités fleuries (Lavandes, Menthes, Mélisse, ect.), mais on en trouve dans les racines ou rhizomes (Vétiver, Curcuma, Gingembre), les écorces (Cannelles), le bois (Camphrier, Sassafras), les fruits (Poivres, Badiane, fruit d'Ombellifères, de Citrus), les graines (noix de muscade).

A noter que, pour une même espèce, la composition des essences peut varier d'un organe à l'autre et suivant les conditions du milieu. En climat chaud, la teneur en huile essentielle est plutôt élevée (**Paris et Moyse, 1976**).

Quantitativement, les teneurs en l'huile essentielle sont plutôt faible, assez souvent inférieures à 1% (**Belaiche, 1991**).

4. Localisation :

Au point de vu de la localisation dans la plante, les huiles essentielles peuvent se former dans des cellules non différenciées, ou plus grosses (Lauracées).

Le plus souvent, elles sont localisées dans des organes sécréteurs : poils des Labiées et des composées : l'essence formée s'accumule sous la cuticule ; poches sécrétrices schizogènes des Myrtacées, résultant de division répétée d'une cellule et de

l'écartement des cellules filles laissant un méat ou s'accumule l'essence ; poches schizolysigène des Rutacées ou il y a d'abord formation d'un méat, puis lyse d'une partie du tissu sécréteur de bordure ; canaux sécréteurs, dont le produit de sécrétion renferme également des résines (**Paris et Moyses, 1976**).

5. Propriétés physiques :

- Ce sont des liquides à la température ordinaire.
- Volatiles, odorant.
- Généralement incolores ou jaune pâle.
- Leur densité est le plus souvent inférieure à 1.
- Leur indice de réfraction souvent élevé avec un pouvoir rotatoire.
- Peu soluble dans l'eau, solubles dans l'alcool et solvant organique.

(**Paris et Hurabielle, 1980**).

6. Extraction :

1) On les obtient le plus généralement par **distillation** et entraînement par la vapeur d'eau. Les plantes sont placées dans un alambic. On fait passer à travers les végétaux un courant de vapeur d'eau ou bien on fait bouillir directement l'eau dans laquelle ont été mises les plantes entières, contuses ou broyées lorsqu'il s'agit d'organes durs (écorces, racines). Les principes volatils ne se dissolvent que très partiellement dans l'eau et l'essence peut être séparée par décantation du distillat après refroidissement.

On se sert le plus souvent pour recueillir les essences d'un récipient florentin à tubulure latérale : les essences moins denses que l'eau, sont séparées à la partie supérieure, les autres à la partie inférieure.

Au cours de l'opération, l'eau saturée d'essence est «cohobée », c'est-à-dire renvoyée dans l'alambic.

On peut saturer le distillat avec un sel neutre et l'épuiser par un solvant très volatil (éther, pentane), qui ensuite évaporé sous vide.

Cette méthode est très générale ; cependant, elle ne peut être utilisée lorsque les constituants de l'essence sont altérables par la chaleur.

2) Pour certaines essences comme celles des fruits de citrus (Orange, Citron), on a avantage à opérer par **expression** à froid du zeste frais. Celle-ci peut se faire à la main (procédés à la cuillère, à l'écuelle), ou après scarification mécanique.

3) L'extraction directe des plantes par des **solvants** volatils (hydrocarbures, alcools) puis distillation est très utilisée en parfumerie ou l'on prépare des «concrètes » et des essences dites «absolues » (soluble dans l'alcool à froid).

4) Pour les organes fragiles on peut pratiquer l'**enfleurage**, c'est-à-dire le contact avec un corps gras (axonge) qui se sature d'essence. Le corps gras est épuisé par l'alcool absolu et ce solvant est évaporé sous vide.

Les essences extraites d'une même plante par ces différentes méthodes n'ont pas exactement la même composition. Les Pharmacopées n'admettent que les deux premiers procédés. Les essences ainsi obtenues sont purifiées par distillation fractionnée, ce qui permet de se débarrasser des constituants malodorants (amines, furfural) ou irritants (aldéhydes : essence de Niaouli).

Les hydrocarbures terpéniques sont souvent éliminés (essences déterpénées), car, étant insaturés, ils sont de mauvaise conservation et irritant pour la peau. Ces alcools déterpénées sont plus solubles dans les alcools faibles (**Paris et Moyses, 1976**).

7. Classification des huiles essentielles : **(En fonction de leur pouvoir antiseptique) :**

L'étude analytique et comparative du pouvoir antiseptique des huiles essentielles sur les germes pathogènes permet une classification en trois groupes (**Belaiche, 1991**).

Groupe I : Les huiles essentielles germicides majeurs ou essences majeures :

Nous avons attribué le terme d'essences majeures à un groupe d'huiles essentielles dont l'action «antiseptique» est forte et constante.

L'indice aromatique des essences de ce groupe se situe sensiblement entre 0,45 et 1 pour Gram (+), les Gram (-) et les levures.

Les huiles essentielles majeures sont au nombre de six et elles permettent de traiter selon les indications et dans les limites de l'aromathérapie plus de 90% des maladies infectieuses chroniques.

Ces huiles essentielles sont :

- 1-*Thymus capitatus* Hoffm et Link.
- 2-*Cinnamomum zeylanicum* Ness.
- 3-*Thymus vulgaris* L.
- 4-*Eugenia caryophyllata* Thumb.
- 5-*Satureia montana* L.
- 6-*Malaleuca alternifolia* Cheel.

Groupe II : Les huiles essentielles moyennes :

Elles se différencient de l'huile essentielle majeure dont le pouvoir antiseptique est relativement constant (90% des cas). (L'indice aromatique est inférieur à 0,45)

Les essences moyennes présentent un caractère antiseptique plus aléatoire, elles sont à base de nombreuses spécialités pharmaceutiques.

Les principales huiles essentielles moyennes sont :

- 1-*Pinus sylvestris* L.
- 2-*Melaleuca leucadendron* L.
- 3-*Eucalyptus globulus* Labill.
- 4-*Lavandula vera* DC.
- 5-*Myrtus communis* L.
- 6-*Pelargonium graveolens* l'Hent.
- 7-*Citrus aurantium* var amara Link.
- 8-*Artemisia dracunculoides* L.
- 9-*Thymus serpyllum* L.
- 10-*Malaleuca viridiflora* Gaertn.

Groupe III : Les huiles essentielles majeures aléatoires :

La classification des huiles essentielles est le résultat de l'observation d'un très grand nombre d'aromatogrammes. Si les huiles essentielles majeures montrent une action fortement germicide dans près de 90% des cas, l'expérience nous a appris qu'il existait, lors de la lecture de chaque aromatogramme une ou plusieurs huiles essentielles qui montraient pour le germe testé, une action bactéricide très forte inhabituelle.

On appelle ces huiles: les huiles essentielles de hasard ou les majeures aléatoires, où seul le hasard a permis d'obtenir une action bactéricide impossible à prévoir à partir de la composition chimique de l'huile essentielle testée ou des caractéristiques du germe microbien contre lequel elle est testée.

N'importe qu'elle HE peut devenir au moins une fois une HE majeure aléatoire ce qui explique la complexité de la composition chimique d'une essence aromatique. Exemple de ces huiles : gingembre, citron, laurier (**Belaiche, 1991**).

8. Emploi des huiles essentielles :

Les huiles essentielles issues des sécrétions des plantes aromatiques et médicinales montrent des propriétés d'intérêt alimentaire, cosmétique, thérapeutique et pharmacognosique (**Iserin et al., 1996**).

En parfumerie ; c'est le débouché principal des huiles essentielles de concrètes, des absolues et autres résinoïdes. La cosmétologie et le secteur des produits d'hygiène sont également des consommateurs, même si le coût souvent élevé des produits naturels conduit parfois à privilégier pour les formulations des grandes diffusions les produits synthétiques.

A la limite de ces secteurs, on notera la présence d'huile essentielle dans les préparations pour bains «calmants » ou «relaxants ».

Dans diverses industries ; surtout chimiques qui utilisent les isolats (isomères des substances pures isolées des huiles essentielles exemple : citronellal, linalol, comme matières premières pour la synthèse des principes actifs médicamenteux, de vitamines, de substances odorantes (**Bruneton, 1995**).

Dans le domaine agroalimentaire, l'huile essentielle du citron sert à la fabrication d'arômes alimentaires, d'essences fruitées, de boissons rafraichissantes, de liqueurs, de pâtisseries et de confiseries (**Iserin et al., 1996 ; Robert et Lobstein, 2005**).

C'est en gastronomie que se fait le plus large emploi des plantes à essences sous forme d'épices. Celles-ci sont réparties en épices aromatiques (arômes amers et acres) comme dans le cas du faux poivrier, ou simplement en épice pour les desserts et pâtisseries (**Bruneton, 1999**). Les huiles essentielles peuvent également être ajoutées dans les produits alimentaires destinés à la conservation (produits de la quatrième gamme). Elles s'ajoutent sur les produits de consommation dans le but d'aromatisation (quelques gouttes déposées sur les morceaux du sucre) (**Pingot, 1998**).

9. La conservation des huiles essentielles :

Les huiles essentielles sont extrêmement volatiles (elles s'évaporent très facilement) et, de plus, ne supporte ni la lumière ni la chaleur ; elles doivent donc être conservées dans des petits flacons de couleur sombre hermétiquement bouchés. Elles se gardent en général un ou deux ans. Les huiles extraites de l'écorce des agrumes, qui sont les plus volatiles, ne durent qu'environ six mois (**Peters, 1999**).

10. Toxicité des huiles essentielles :

L'utilisation des huiles essentielles du citron extraites soit par hydrodistillation soit par expression à froid ne présente aucun risque de toxicité, ni aiguë ni chronique (**Robert et Lobstein, 2005**).

Les huiles essentielles contenant des phénols, tels que le thym, la cannelle et le clou de girofle, devraient être employées avec prudence. La toxicité du foie peut se produire si les huiles essentielles sont utilisées à de fortes doses pendant un temps prolongé. Les cétones contenues dans l'armoise, la sauge et les huiles d'hysope peuvent ainsi causer ce genre de problème (**Bruneton, 1993**) et (**Couderc, 2001**).

De plus, certaines huiles essentielles peuvent provoquer des réactions cutanées allergiques (**Meynadier et al., 1997**) C'est en particulier le cas des huiles essentielles suivantes : la cannelle de Ceylan, la menthe, la Litsée, la mélisse, le pin, ou la mousse

de chêne. Les réactions de la maladie sont variées et peuvent apparaître jusqu'à 3 jours après le contact du produit avec la peau. Ils vont du simple prurit (démangeaison) à l'eczéma allergique en passant par des plaques, un aspect psoriasique, voire des pigmentations ou dépigmentations locales.

La proportion de la population développant des allergies cutanées dues aux parfums est en augmentation car l'utilisation de parfums et de produits parfumés (cosmétiques, désinfectants parfumés, lessives, bâtons d'encens (**Hayakawa, 1987**)) ne cesse d'augmenter. Il a été démontré que les allergènes présents dans l'air jouent un rôle évident dans la formation d'eczéma de contact, soit par inhalation, soit par contact cutané (**Schnuch, 2006**). Les huiles essentielles qui sont utilisées en parfumerie peuvent irriter les muqueuses respiratoires et favoriser le déclenchement de crises d'asthmes pour les asthmatiques (comme par exemple les sprays désodorisants). Il a été rapporté qu'en présence de parfums, les personnes asthmatiques et développant des allergies de contact montrent des détresses respiratoires plus fréquentes que les personnes saines. Cependant, les mécanismes immunologiques n'ont pas été démontrés (**Elberling et Skov, 2007**).

Une ingestion accidentelle d'huile essentielle peut, selon la sorte et la quantité, générer une intoxication grave comme le coma et même la mort. Les huiles essentielles très liquides peuvent parvenir dans les voies respiratoires si elles sont malencontreusement avalées ou vomies. Cela peut conduire à une inflammation des poumons (pneumonie).

Certaines huiles essentielles comme le citron, l'orange amère et la bergamote deviennent sensibilisantes et toxiques seulement sous l'influence de la lumière. De plus, les huiles essentielles contenant des phénols sont toxiques pour le foie (clou de girofle, thym, origan).

Les cétones et dans une moindre mesure les lactones sont neurotoxiques (romarin, sarriette, cèdre, camphre, thuya, aneth, hysope). La toxicité des huiles essentielles peut aussi provenir des contaminants (si l'huile essentielle est impure) et/ou des produits de dégradation de celles-ci car elles se modifient à l'air, à la chaleur et à la lumière. En effet la combustion de bâtons d'encens et de bougies parfumées ou seulement l'évaporation à chaud d'huile essentielle peut libérer des substances de combustion, des poussières fines, du formaldéhyde et d'autres substances volatiles qui peuvent solliciter les voies respiratoires (**Willem, 2006**).

11. Rôle écologique :

Parmi les composants majoritaires des huiles essentielles, nous trouvons les terpénoïdes qui possèdent un rôle écologique lors des interactions végétales, comme agents allélopathiques, c'est-à-dire inhibiteur de la germination, mais aussi lors des interactions végétal-animal, comme agent de protection contre les prédateurs tels que les insectes. Ils interviennent également, par leurs odeurs caractéristiques, dans l'attraction de pollinisateurs (**Langenheim, 1969**).

Par ailleurs, les plantes aromatiques productrices d'huiles essentielles, ont fait l'objet de diverses recherches en particulier dans le domaine de la parfumerie.

12. Caractéristiques économiques :

Si de nos jours quelques centaines de plantes aromatiques, parmi d'innombrables espèces recensées dans la nature, sont exploitées à l'échelle commerciale, c'est en partie parce que les facteurs agronomiques, climatiques, botaniques et olfactifs sont limitatifs mais d'autres critères sont aussi à prendre en compte.

Un certain nombre de plantes médicinales sont encore utilisées de nos jours sous forme de décoctions et infusions mais la plupart d'entre elles ont été délaissées au profit de produits pharmaceutiques de synthèse. Cependant, les connaissances actuelles permettent d'analyser ces plantes et souvent de comprendre l'activité préconisée par nos ancêtres.

Une relation entre la structure chimique et l'activité biologique est alors tentante, aussi la production de molécules naturelles pourrait entrer dans la composition de médicaments moins agressifs vis-à-vis de l'organisme, ou à des fins industrielles précédemment exposées.

Cette dernière perspective permet d'élargir le champ de valorisation des plantes aromatiques, (autrefois restreint du point de vue économique, à l'extraction de molécules olfactives), par l'exploitation des nombreuses et diverses activités biologiques, substantiellement évoquées par la médecine traditionnelle, que nous allons recenser et corrélérer à certains types de structures chimiques. Ce dernier travail fait apparaître des molécules « bioactives » dans des espèces référencées par la médecine traditionnelle supposant ainsi des activités biologiques (**Bourrel, 1993**).

13. Activités biologiques des huiles essentielles :

Les huiles essentielles possèdent de nombreuses activités biologiques. En phytothérapie, elles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne, par exemple contre les bactéries endocanaliaires (**Pellecuer et al., 1980**) ou au niveau de la microflore vaginale (**Viollon et Chaumont, 1994**) et d'origine fongique contre les dermatophytes (**Chaumont et Leger, 1989**).

Cependant, elles possèdent également, des propriétés cytotoxiques (**Sivropoulou et al., 1996**) qui les rapprochent donc des antiseptiques et désinfectants en tant qu'agents antimicrobiens à large spectre.

Dans des préparations pharmaceutiques, les terpènes phénoliques, comme le thymol et le carvacrol, sont souvent utilisés comme antiseptiques antibactériens et antifongiques. Le thymol est très irritant, astringent et caustique. La dose de thymol applicable sur la peau et les muqueuses est de 0,5%. Ingéré à la dose de 2 g ou à plus fortes doses, il est responsable de gastralgies avec nausées (**Zambonelli et al., 2004**). Dans les domaines phytosanitaire et agro-alimentaire, les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourraient également être employés comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes (**Zambonelli et al., 2004**) et les microorganismes envahissant les denrées alimentaires (**Mangena et Muyima, 1999**). Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antibactériennes et antifongiques appartiennent à la famille des Labiatae : thym, origan, lavande, menthe, romarin, sauge, etc... L'essence de thym est souvent rapportée comme étant parmi les huiles les plus actives (**Agnihotri et al., 2003**). Son composé majoritaire, le carvacrol (No. CAS 499- 75-2), possède également une forte activité antimicrobienne (**Caccionni et al., 1998**). D'après les travaux de Sivropoulou et col. (**Zambonelli et al., 2004**), et Hudaib (**Hudaib et al., 2002**), les huiles de menthe et d'origan présentent des activités antibactériennes remarquables contre les souches à Gram+ et à Gram -.

Etant donné la grande complexité de la composition chémotypique des huiles essentielles, malgré de possibles synergies certains auteurs préfèrent étudier l'effet d'un composé isolé pour pouvoir ensuite le comparer à l'activité globale de l'huile. Ainsi l'activité fongistatique des composés aromatiques semble être liée à la présence de certaines fonctions chimiques. Chaumont et Leger (**Chaumont et Leger, 1989**) ont

testé 12 composés aromatiques vis-à-vis de huit souches pathogènes pour l'homme *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus*, *Microsporum canis* et 5 *Trichophyton* spp. Ils concluent que les phénols (eugénol (No. CAS 97-53-0), chavicol (No. CAS 501-92-8), 4-allyl-2,6-diméthoxyphénol (No. CAS 6627-88-9)) sont plus antifongiques et que les aldéhydes testés (cinnamique (No. CAS 104-55-2) et hydrocinnamique (No. CAS 104-53-0)) présentent également des propriétés fongistatiques très marquées. Les groupements méthoxy, à l'inverse, ne semblent pas apporter à ce type de molécules une fongitoxicité significative. Kurita (**Kurita *et al.*, 1979** et **Kurita *et al.*, 1981**), ont classé les composés purs selon leur activité antifongique vis-à-vis de sept champignons.

Cette activité est estimée selon la durée d'inhibition de la croissance déterminée par simple observation macroscopique. L'activité antifongique décroît selon le type de fonctions chimiques :

Phénols >Alcools> Aldéhydes> Cétones> Ethers> Hydrocarbures

Parmi les aldéhydes aliphatiques, le cinnamaldéhyde s'est révélé le plus actif. En ce qui concerne les composés phénoliques, l'activité antifongique augmente avec l'encombrement stérique de la molécule (p-n-propylphénol> thymol> isoeugénol> eugénol).

L'addition de groupements alkyl au noyau benzène du phénol augmente le caractère antifongique. Par conséquent, un certain degré d'hydrophobicité des composés phénoliques ou aldéhydes aromatiques paraît donc requis pour exprimer une caractéristique antifongique optimale.

L'activité des terpènes des huiles essentielles est en corrélation avec leur fonction chimique. Les travaux de (**Zakarya *et al.*, 1993**) ont montré l'importance de la spécification du genre et de l'espèce, ainsi que de la variété de la plante d'où provient l'extrait. Ils donnent un exemple de variations qualitatives et quantitatives de 21 espèces.

14. Facteurs intervenant dans la qualité des huiles essentielles :

Les facteurs prédominants dans la qualité des huiles essentielles peuvent avoir deux types d'origines :

- _Technologique.
- _ Naturel.

De profondes modifications de l'huile essentielle peuvent intervenir lors de l'exploitation des végétaux depuis leur collecte jusqu'à leur transformation industrielle.

Le mode de récolte, les conditions de transport (**Yayi *et al.*, 2004**), séchage et de stockage peuvent générer des dégradations enzymatiques (**Bruneton, 1993**). Les changements les plus importants interviennent pendant l'hydrodistillation sous l'influence des conditions opératoires, notamment du milieu (l'acidité, température) et de la durée d'extraction (**Chemat *et al.*, 2007**) (**Lagunez-Rivera, 2006**). D'autres facteurs tels que les traitements auxquels on peut procéder avant ou pendant l'hydrodistillation (broyage, dilacération, dégradation chimique ou enzymatique, pression, agitation) contribuent à la variation du rendement et de la qualité de l'huile essentielle (**Lagunez-Rivera, 2006**).

Au cours de l'hydrodistillation, le milieu aqueux résultant de l'immersion du matériel végétal atteint des pH compris entre 4 et 7 et occasionnellement, des valeurs inférieures à 4 pour certains (**Lagunez-Rivera, 2006**). Les constituants de l'essence

native sont soumis aux effets combinés de l'acidité et de la chaleur, et peuvent subir des modifications chimiques. L'huile essentielle récupérée est un produit qui diffère sensiblement de l'essence originelle, d'autant plus que l'ébullition est longue, et le pH est faible (**Morin et Richard, 1985**).

La matière végétale est l'objet de réactions chimiques diverses : hydrolyses, déprotonations, hydratations et cyclisations (**Morin et Richard, 1985**), pouvant être catalysées par des métaux présents à l'état de trace dans la plante ou provenant des équipements de récolte et d'extraction provoquant des transformations chimiques des constituants. L'hydrolyse d'esters est souvent la première réaction qui se produit (**Bruneton, 1993**). Elle conduit à la formation d'acides organiques qui, à leur tour, catalysent les réactions de cyclisation et de déshydratation (**Lagunez rivera, 2006**).

15. Composition chimique des huiles essentielles :

Les huiles essentielles sont des mélanges de complexes et éminemment variables de constituants qui appartiennent, de façon exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes: le groupe des terpénoïdes d'une part et le groupe des composés aromatique dérivés du phénylpropane – beaucoup moins fréquents- d'autre part (**Buneton, 1995**).

Les huiles essentielles peuvent être mises en évidence dans les coupes d'organes végétaux au moyen de colorant spéciaux (Liophiles) : orcanette, Soudan III (**Paris et Moyse, 1976**).

15.1. Principales structures chimiques (Ganou, 1993) :

Les huiles essentielles sont constituées principalement de deux groupes de composés odorants distincts selon la voie métabolique empruntée ou utilisée. Il s'agit des terpènes, prépondérants dans la plupart des essences, et des dérivés du phénylpropane, retrouvé en tant que composé majoritaire dans quelques-unes, telles que les essences d'anis, de cannelle, de girofle, etc... Divers autres constituants minoritaires leurs sont associés. De nombreux dérivés porteurs de fonctions diverses sont également considérés comme des composés terpéniques.

Les **composés terpéniques** sont issus d'une voie métabolique secondaire de l'acide mévalonique. Suivant le nombre entier d'unités pentacarbonés (C₅) n ramifiées, dérivées du 2- méthylbutadiène (isoprène) nous pouvons réaliser la classification suivante :

✓les monoterpènes. Ces terpènes proprement dits sont des hydrocarbures en C₁₀. Ils peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques. A ces terpènes se rattachent un certain nombre de produits naturels à fonctions chimiques spéciales, surtout alcool et aldéhyde.

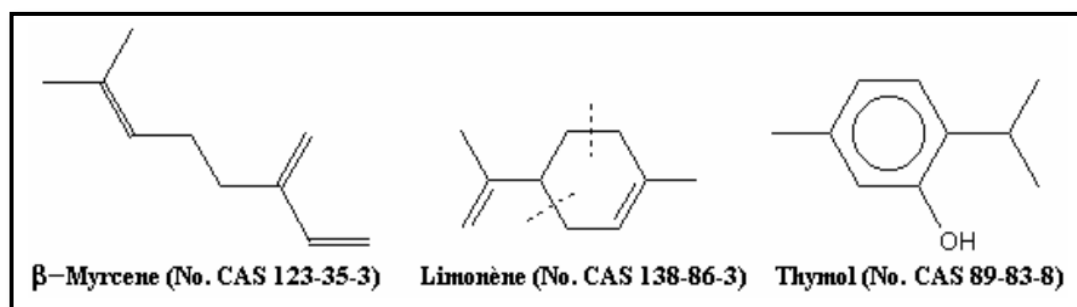


Figure n° 01 : Composés monoterpéniques (Ganou, 1993).

✓ les sesquiterpènes. Ce sont des hydrocarbures de formule **C15**, soit une fois et demie (sesqui-) la molécule des terpènes (en C10H16). Un groupe particulier de sesquiterpènes est représenté par les azulènes, composés instables dont le nom vient de leur coloration bleue et qui sont importants en pharmacognosie en raison de leurs propriétés anti-inflammatoires. Ces composés, non saturés, sont constitués par deux cycles penta et hepta carbonés. Nous retrouvons dans ce groupe le chamazulène (des essences de camomille et de matricaire).

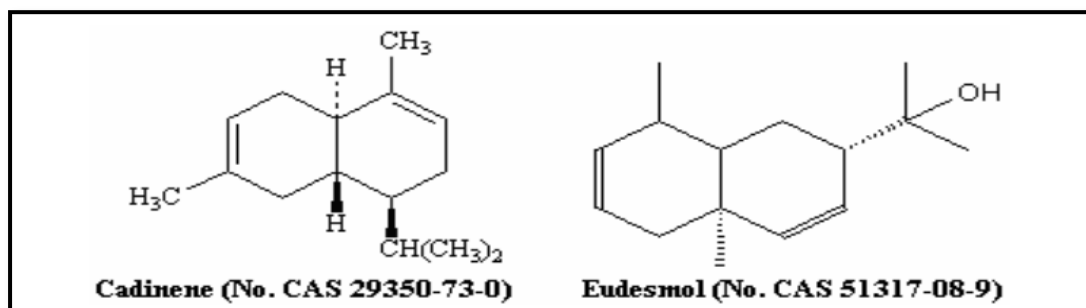


Figure n° 02 : Composés sesquiterpéniques (Ganou, 1993).

✓ les diterpènes qui sont des dérivés d'hydrocarbures en **C20**. Ces composés, à point d'ébullition élevé, se rencontrent surtout dans les résines.

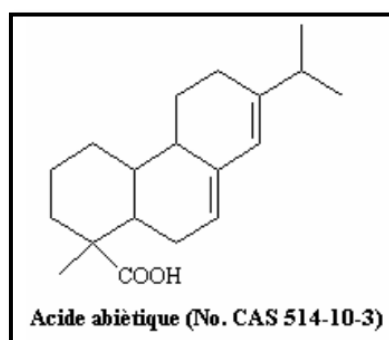


Figure n° 03 : Composés diterpéniques (Ganou, 1993).

✓ les sesterpènes. Ce sont des dérivés d'hydrocarbures en **C25**.

✓ les triterpènes. Ces composés en **C30** sont très répandus, notamment dans les résines, à l'état libre, estérifiés, ou sous forme hétérosidique.

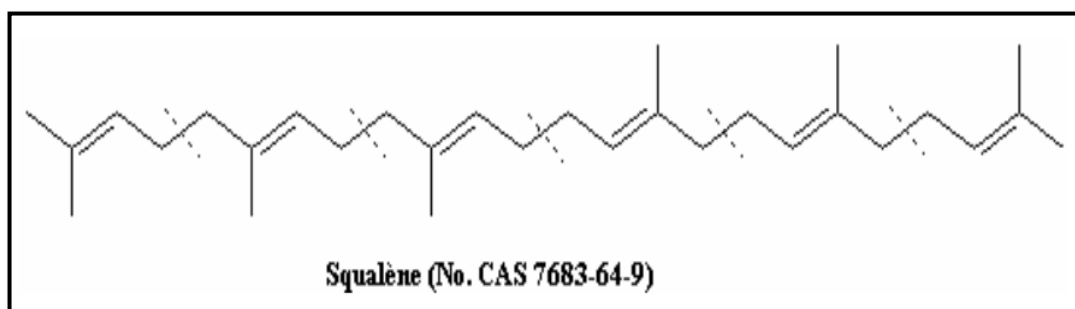


Figure n° 04 : Composés triterpéniques (Ganou, 1993).

✓ les polyterpènes le caoutchouc naturel est l'exemple plus nommé. Le caoutchouc naturel est un polymère de l'isoprène. Il est produit par la coagulation par la chaleur de la sève de l'hévéa.

Dans une huile essentielle, nous retrouvons presque exclusivement des mono- et sesquiterpènes. Les **dérivés du phénylpropane** sont moins abondants que les terpénoïdes, ce sont des arènes issues d'une voie métabolique secondaire dite de l'acide shikimique lui-même intermédiaire de la synthèse de la lignine à partir du phénylpropane.

Les composés sont néanmoins importants sur le plan qualitatif et quantitatif chez certaines espèces. Par exemple, le trans-anéthole qui est la molécule responsable en grande partie de l'arôme d'anis, constitue environ 80% de l'huile essentielle de fenouil (1-3% d'essence), et d'anis vrai (3% d'essence). Les dérivés phénylpropanoïques et les terpénoïdes sont associés en nombre et en proportions très variables de telle sorte que le produit est hétérogène et complexe sur le plan chimique. Ils sont biosynthétisés au sein des mêmes organes sécréteurs où ils forment l'essence naturelle (Cu, 1990).

16. Les chémotypes des huiles essentielles :

Le chémotype d'une huile essentielle est une référence précise qui indique le composant biochimique majoritaire ou distinctif, présent dans l'huile essentielle. C'est l'élément qui permet de distinguer une huile essentielle extraite d'une même variété botanique mais d'une composition biochimique différente.

Cette classification capitale permet de sélectionner les huiles essentielles, pour une utilisation plus précise, plus sûre et plus efficace. Nous connaissons par exemple sous la même appellation botanique, deux grandes familles de thyms, subdivisées elles-mêmes grâce à la définition de leurs chémotypes respectifs.

De nombreuses huiles comprennent plus d'un chémotype. La sauge sclarée (*Salvia sclarea*) par exemple, contient 250 molécules différentes, dont 75 % issues de la famille des esters et 15 %, de celle des monoterpénols. Les molécules travaillent en synergie, ce qui explique la polyvalence des huiles essentielles et leur vaste spectre d'action.

Une fois que l'on connaît les propriétés des chémotypes ainsi que leur concentration dans une huile essentielle, on peut déterminer quels seront les effets de celle-ci, bienfaisants ou dangereux.

Enfin, il faut savoir qu'une même plante peut inclure diverses espèces, dont chacune possédera des chémotypes différents. La lavande (*Lavandula*), par exemple, compte plusieurs espèces dont les officinalis, les stoechas et les latifolia : c'est donc le nom latin complet qui nous permet de savoir de quelle plante exacte il s'agit. Le lieu de culture (climat, altitude, composition du sol) peut aussi influencer la composition chimique d'une plante (**Site n° 01**).

Chapitre IV: *Cinnamomum zeylanicum*.

1. Historique :

Connue depuis la nuit des temps, est à l'origine du développement des commerces internationaux notamment au Moyen Orient. Puis, de l'installation par les pays européens, de nombreux comptoirs dans les pays producteurs et de leurs conquêtes.

Déjà, dans l'antiquité, elle était associée à la médecine : elle était utilisée pour son pouvoir conservateur dans les rites d'embaumement et connues pour ces propriétés digestives.

Aujourd'hui, c'est toujours une des plantes phares de la médecine chinoise. Elle est recommandée par les Cahiers de l'Agence pour trois indications : traitement symptomatique des troubles digestifs, asthénie fonctionnelle et prise de poids.

Cela fait trois ou quatre mille ans que la cannelle est présente sur le pourtour méditerranéen.

C'est certainement une des plus anciennes épices bien qu'il y ait peu de témoignages précis.

Le mot cannelle viendrait du latin *canna* signifiant roseau ou tuyau, du fait de la forme sous laquelle on la recevait d'Extrême-Orient. Cependant la cannelle et les épices en général, sont à l'origine de l'histoire de l'Europe : elles ont servi de monnaie, sont devenues le but de nombreuses explorations, ont permis la découverte des Amériques, avant de devenir l'enjeu de guerres et de colonies (**Edet, 2004**).

Les deux espèces de cannelles étaient connues des anciens (**Stella, 1988**) :

- Casse de Chine, ou *Kasia* pour les Grecs
- Cannelle de Ceylan, ou *Kinnamon* pour les Grecs

Bien que différenciées, les deux espèces sont utilisées indifféremment. Ce n'est qu'en 1400 que le cannellier de Ceylan fut décrit et que l'on considéra cette espèce supérieure aux autres cannelliers.



Figure n° 05: Écorce de *C. cassia*.



Figure n° 06: Écorce de *C. burmannii* **Figure n° 07:** Écorce de *C. zeylanicum*

2. Classification botanique :

Le cannelier est un arbre de la famille des Lauracées qui pousse dans des régions tropicales.

Le nom de genre du cannelier est *Cinnamomum*. Il existe de nombreuses espèces en fonction de leur provenance : cependant la véritable cannelle est la cannelle de Ceylan ou *Cinnamomum zeylanicum* Blume ou *C. verum* Nees produite au Sri Lanka, que l'on trouve sous le nom de Kurundu.

La casse ou cannelle de Chine, *Cinnamomum cassia* Nees ou *C. aromaticum* Nees est une espèce voisine qui possède pratiquement les mêmes propriétés thérapeutiques et qui fournit une cannelle de qualité inférieure.

Actuellement *C. zeylanicum* est attribuée à BLUME bien que selon les ouvrages on la trouve attribuée à NEES.

Concernant la systématique des canneliers :

- Embranchement : Spermaphytes.
- Sous embranchement : Angiospermes.
- Classe : Dicotylédones.
- Sous classe : Magnolidées.
- Ordre : Laurales ou magoliales
- Famille : Lauracées.
- Genre : *Cinnamomum*

3. Partie utilisée :

L'écorce est la partie la plus transformée ; aujourd'hui encore la cannelle est principalement produite sous forme de bâtonnets ou « quills ». Cette écorce est inscrite à la IV^{ème} édition de la Pharmacopée Européenne (**Pharmacopée Européenne, 2002**).

4. Extraction :

L'hydrodistillation est la méthode la plus utilisée pour extraire des huiles essentielles. Elle consiste à entraîner les composés volatiles des produits naturels avec la vapeur d'eau. Il semblerait que cette technique serait très ancienne puisqu'on a retrouvé des traces de son existence dès l'Antiquité (**Bruneton, 1995**).

5. Composition chimique :

La connaissance de la composition, présente un intérêt important, l'écorce est composée de 0.5 à 2.5% d'huile essentielle, de tanins, d'oses et polyols tels que du mannitol, des mucilages, de l'amidon et du sitostérol (**Sakamoto, 1992 ; Wichtl and Anton, 2003**).

La 4^{ème} édition de la Pharmacopée Européenne (voir en annexe 3) donne les seuils d'acceptabilité des principaux composants de l'huile essentielle (**Pharmacopée Européenne IV^{ème} édition, 2002**) :

- Le cinéole doit être < à 3.0 %
- Le linalol compris entre 1.0 et 4.0 %
- Le β caryophyllène compris entre 1.0 et 6.0 %
- Le safrole doit être < à 0.5 %
- L'aldéhyde trans-cinnamique compris entre 55 et 75 %
- L'eugénol doit être < à 7.5 %
- La coumarine doit être < à 0.5 %
- Le *trans*-2-méthoxycinnamaldéhyde compris entre 0.1 et 1.0 %
- Le benzoate de méthyle doit être < à 1.0 %

Cependant, dans la plupart des cas deux composés majeurs ressortent :

- L'aldéhyde cinnamique ou cinnamaldéhyde
- L'eugénol

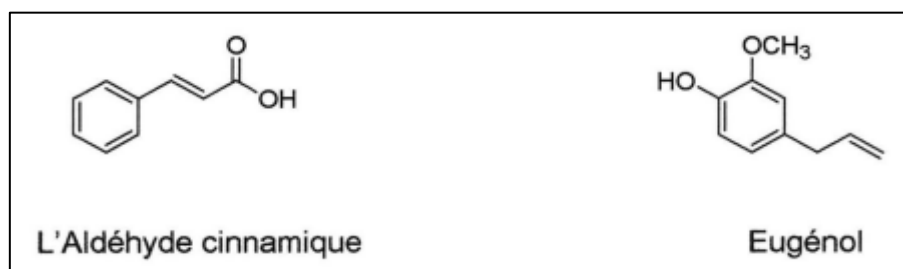


Figure n° 08 : Structure chimique de l'aldéhyde cinnamique et de l'eugénol.

Ils sont tous les deux issus du même précurseur : la phénylalanine.
Les autres molécules sont :

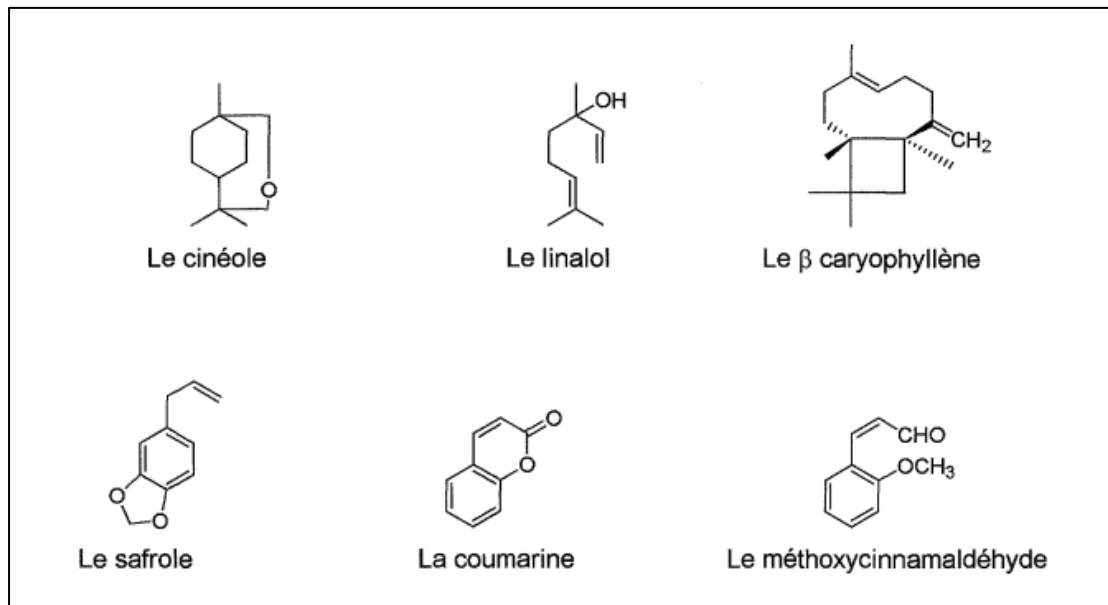


Figure n° 09 : Autres molécules présentes dans l'huile essentielle de la cannelle.

De nombreuses études sont réalisées concernant la composition de cette essence ; dans la plus part des cas, la composition est conforme à la Pharmacopée Européenne ; cependant il y a quelques compositions marginales.

6. Propriétés physico-chimiques :

- **Densité à 20°C** : 1,052 à 1,070
- **Indice de réfraction à 20°C** : 1,600 à 1,614
- **Pouvoir rotatoire à 20°C** : -1° à +4°
- **Point éclair** : +88°C

Chapitre V: Toxicologie.

Depuis le début du siècle, on sait que les épices et leurs huiles essentielles sont responsables de dermatites de contact. C'est le cas pour la cannelle qui est très utilisée dans l'agroalimentaire, dans les cosmétiques et les parfums.

1. Toxicité de la drogue :

Cette toxicité se rencontre principalement chez les travailleurs qui sont exposés à la cannelle en poudre, notamment dans les plantations où est présent un atelier de transformation, producteur de poussière de cannelle. Mais aussi chez les grossistes d'épices et dans la restauration.

Une étude réalisée au Sri Lanka en 1984 met en évidence une forte toxicité, dans une entreprise qui produit notamment de la poudre de cannelle et qui emploie 40 personnes. Ces 40 employés ont en moyenne cinq ans de service au sein de l'entreprise.

Sur ces 40 employées, 35 présentent des symptômes :

- 50 % présentent une irritation cutanée peu sévère
- 37.5 % ont eu une perte de cheveux
- 22.5 % présentent une irritation oculaire
- 65 % ont perdu du poids
- 22.5 % présentent de l'asthme
- 42.8 % toussent

En ce qui concerne l'asthme des 9 employés, sept présentaient la maladie avant l'embauche mais lorsque cesse l'exposition aux poussières de cannelle, les symptômes régressent. Par rapport aux autres industries du Sri Lanka, l'asthme est bien plus présent dans l'industrie de la cannelle. Il est de 25 % contre 6.4% chez les travailleurs de thé par exemple (**Uragodac, 1984**).

2. Toxicité de l'huile essentielle de cannelle et d'autres extraits :

La toxicité de l'huile essentielle de cannelle de Ceylan semble principalement liée au cinnamaldéhyde et à l'eugénol. De plus le cinnamaldéhyde est métabolisé en acide cinnamique puis dégradé en acide benzoïque ; ce qui diversifie le risque toxique. Cependant les esters, les alcools et les aldéhydes sont plus toxiques que l'acide cinnamique (**Garnero, 1984**).

2.1. Toxicité aiguë :

Entre 1988 et 1989, 32 garçons âgés de 11 à 16 ans ont utilisé de l'huile essentielle de cannelle à des fins addictives dans la région de Pittsburgh aux USA Ils ont utilisé l'huile essentielle de cannelle de Chine en la suçant sur des bâtonnets, sur des sucres ou encore directement sur leurs doigts.

Les 32 adolescents ont tous présenté des symptômes ; 29 ont eu une exposition orale et 4 ont eu une exposition à la fois orale et externe (cutanée ou oculaire) :

- 22/29 présentent des brûlures orales
- 8/29 présentent des douleurs abdominales
- 6/29 présentent un érythème facial
- 1/29 à des nausées
- 1 /4 a des brûlures au visage et aux mains suite à des éclaboussures
- 2/4 présentent des brûlures oculaires

En 1998, une équipe d'Arabie Saoudite, a réalisée une étude de toxicité aiguë d'extrait éthanolique de cannelle de Ceylan sur des souris.

L'extrait a été testé à trois concentrations différentes : 0.5 g/kg, 1 g/kg, 3 g/kg. Aucune mortalité significative n'est observée ; une légère baisse de l'activité locomotrice est observée à 3 g/l. Les effets narcotiques à fortes doses sont d'ailleurs rapportés dans la littérature (**Shah et al., 1998**).

Le RIFM (institut de recherche sur les matériaux pour la parfumerie) indique des valeurs pour la toxicité aiguë de l'huile essentielle de cannelle de Ceylan :

- la DL₅₀ chez le rat est de 3.4 ml/kg
- la DL₅₀ chez le lapin en usage dermique est de 0.69 ml/kg

De faibles effets phototoxiques ont été rapportés mais ne sont pas significatifs.

2.2. Toxicité chronique :

L'équipe saoudienne a également réalisé une série de tests pour évaluer la toxicité chronique.

L'étude a été menée pendant 90 jours à une posologie de 100 mg/kg/jour. Les résultats sont les suivants :

- Sur le plan hématologique, on observe une baisse significative de l'hémoglobine et une baisse du nombre de globule blanc peu significative qui est peut être attribuée à l'action cytotoxique de la cannelle.
- Sur le plan de la spermatogenèse, on observe une augmentation de poids des testicules et des cellules séminales la quantité de sperme est augmentée ainsi que la mobilité des spermatozoïdes. Il n'y a aucune spermatotoxicité (les spermatozoïdes ne présentent pas d'anomalies). C'est peut être aussi de la que vient la réputation d'aphrodisiaque de la cannelle.
- Le groupe recevant l'extrait de cannelle à garder un poids stable entre le début et la fin de l'essai ; cependant le groupe placebo lui a pris du poids.
- Le poids des viscères est semblable à ceux du groupe contrôle sauf pour le foie qui diminue.
- La mortalité n'est pas significative.

La toxicité per os de la cannelle de Ceylan semble peu importante, son pouvoir allergisant par contact semble plus répandu (**Shah et al., 1998**).

2.3. Toxicité de contact :

2.3.1. Dermatites de contact :

La littérature médicale recense principalement des cas d'allergie et d'effets irritants locaux.

Ces effets irritant peuvent être plus ou moins violents; c'est pourquoi l'IFRA (association internationale de la parfumerie recommande dans son code de bonnes pratiques de ne pas utiliser l'essence de cannelle de Ceylan comme matière première pour la parfumerie à plus de 1% dans une composition (**Garnero, 1984**).

Une exposition chronique à la cannelle avec des produits d'hygiène peut entraîner diverses pathologies de contact :

- Urticaire de contact
- Dépigmentation de la peau
- Eczéma
- Hyperkératose

Les lésions sont développées au niveau du site d'exposition aux produits de la cannelle.

Il faut dire que depuis quelques années, il y a une augmentation de l'exposition aux produits contenant de la cannelle ; la tendance étant aux produits cosmétiques naturels contenant notamment des huiles essentielles.

Les irritations au niveau de la bouche, de type allergie, sont particulièrement fréquentes dans les pays anglo-saxons, très friands de sucreries et chewing gum à la cannelle. Ils sont également de grand utilisateur de dentifrices et de bains de bouche aux extraits de cannelle (pour ces vertus antiseptiques).

Aux Etats Unis une étude recense 14 cas de troubles buccaux durant depuis plusieurs mois, troubles qui disparaissent lorsque l'exposition aux extraits de cannelle cesse également.

Le tableau clinique peut présenter plusieurs types de lésion :

- Douleur
- Brûlure
- Vésicules inflammatoires
- Ulcérations rouges ou blanches
- Fissures
- Chéilites
- Aphtes

Ces symptômes ressemblent au lupus érythémateux et du lichen ou muguet buccal. Il semble difficile de savoir si c'est une sensibilisation très fréquente car le nombre de cas recensé est faible par rapport au nombre d'exposition, mais il est possible que les personnes cessent d'eux même le produit sans consultation d'un médecin. Il semble également que la localisation des lésions ne soit pas due au hasard ; en effet les types de tissus ne sont pas tous au même degré de sensibilisation aux agents contenant de la cannelle (**Miller *et al.*, 1992**).

En 1998, un cas de carcinome des cellules squameuses de la langue a été décrit ; et dans ce cas, la forte consommation de sucreries à la cannelle pourrait être un facteur déclenchant (**Westra *et al.*, 1998**).

PARTIE PRATIQUE.

MATERIELS ET METHODES

1. Choix du matériel végétal :

Notre travail a été réalisé au laboratoire de physiologie végétale, à l'école normale supérieure de l'enseignement technologique (ENSET) de Skikda, sur une espèce : la cannelle de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum* Blume), notre choix pour cette espèce est justifié par le fait que celle-ci est riche en huiles essentielles notamment les procyanidines, les flavonoïdes, les acides phénols, les diterpènes et les mucilages connus pour leurs activités biologiques diverses.

1.1. Échantillonnage :

Notre échantillon provient de chez un herboriste, l'identification taxonomique de la cannelle de Ceylan a été faite par: Dr Hicham Boughendjioua, du département des sciences naturelles, (ENSET) de Skikda.

1.2. Partie employée :

L'écorce est utilisée, avec une prise d'essai de 200 g. Pour la IX^{ème} édition de la pharmacopée française, la drogue est constituée par les écorces sèches brun jaunâtre, aromatique et dont le goût est douceâtre et âcre.

Tableau n° 01: Partie utilisée et quantité de la prise d'essai.

Échantillon	Partie utilisée	Prise d'essai totale (g)
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Ecorce	200

1.3. Méthodes d'extraction

Plusieurs procédés sont utilisés pour extraire les huiles essentielles des plantes aromatiques. Chaque procédé possède plusieurs variantes technologiques en fonction du matériel végétal à traiter **Thiery et al., (1988) ; Pare et al., (1989) ; Bruneton, (1993)**.

L'hydrodistillation simple consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter (intact ou éventuellement broyé) dans l'eau qui est ensuite portée à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par différence de densité (**Bruneton, 1995**).

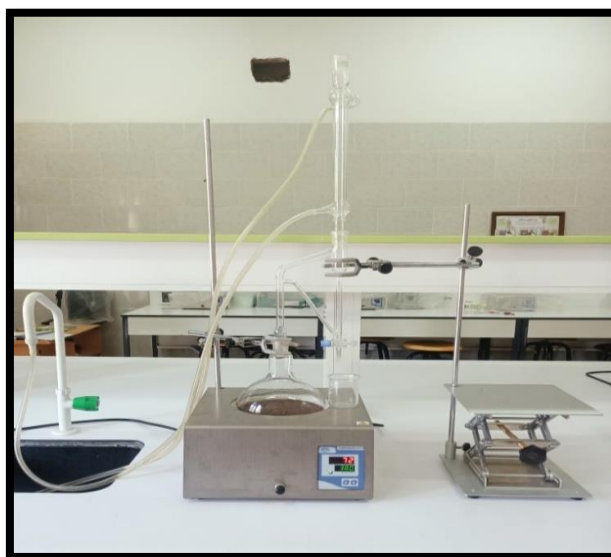


Figure n° 10 : Dispositif de l'hydrodistillation.

Tableau n° 02: Temps nécessaire pour le traitement de la matière végétale.

Échantillon	Méthode (Procédé)	Temps
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Hydrodistillation	02h00

La caractérisation d'une essence de cannelle consiste à :

- Vérifier ses caractéristiques organoleptiques (Aspect, couleur, odeur);
- Déterminer ses indices physico-chimiques (densité, indice de réfraction, potentiel d'hydrogène, et indice d'acide); et
- Obtenir son profil chimique (composition chimique), et faire une quantification relative des différents constituants de cette essence.

2. Caractéristiques organoleptiques :

L'analyse organoleptique de l'huile essentielle de la cannelle consiste à évaluer les propriétés tel que ; l'aspect, l'odeur et la couleur:

2.1. Odeur :

L'odorat est un sens chimique très sensible et l'habileté des parfumeurs à classer et caractériser des substances chimiques parviennent à doser les produits naturels et leur perception peut aller jusqu'au dix millièmes de grammes par litre d'air.

2.2. Couleur :

La coloration d'une huile essentielle dépend des produits qui la constituent. Certains solvants ont le pouvoir d'extraire beaucoup de pigments, ce qui intensifie la couleur d'une huile donnée.

2.3. Aspect :

L'aspect d'un extrait dépend des produits qui la constituent, qui peuvent nous apparaître sous forme solide ou liquide.

3. Propriétés physico-chimiques :

Les caractéristiques organoleptiques (aspect, couleur, odeur) étaient autre fois les seules indications permettant d'évaluer la qualité d'une huile essentielle, mais comme ces propriétés ne donnent que des informations très limitées sur ces essences, il est nécessaire de faire appel à d'autres techniques de caractérisation plus précises (Mohamdi, 2005).

Les méthodes utilisées pour déterminer les indices physico- chimiques sont celles indiquées par le recueil de normes de l'Association Française de Normalisation (AFNOR).

3.1. Indice de réfraction :

L'indice de réfraction d'une huile essentielle est le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, passant de l'air dans l'huile essentielle maintenue à une température constante (AFNOR, 2000).

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un réfractomètre d'Abbé Prisma- CETI convexe. Quand la détermination est effectuée à une température différente de 20°C, on effectue la correction à 20°C par le biais de la formule:

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

I_{20} = Indice à 20°C,

I_t = Indice à la température ambiante ou de mesure,

T = Température ambiante.

Les produits étalon de qualité pour réfractométrie servant à ajuster le réfractomètre sont les suivants :

- Eau distillée (1,333),
- *P*- cymène (1,4906),
- Benzoate (1,5685),
- Bromo-1- naphtalène (1,6585).



Figure n° 11: Appareil à mesurer l'indice de réfraction.

3.2. Échelle de Brix :

Sert à mesurer en degrés Brix (°B ou °Bx) la fraction de saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble. Plus le °Brix est élevé, plus l'échantillon est sucré. L'appareil utilisé pour la mesure est un réfractomètre ou un aréomètre. Voir aussi sorbetomètre.

L'aréomètre se base lui sur la mesure de la densité de l'échantillon. Par extension, le degré Brix peut servir à mesurer la concentration d'une solution, non pas en sucre, mais d'autres substances influant l'indice de réfraction (mesure de la salinité d'une saumure, de la concentration d'une solution en acide aminé...). Si la solution est assez concentrée en une seule substance, une table de conversion permet de remonter simplement de la mesure en Brix à la concentration massique de la solution (**Site n° 02**).



Figure n° 12: Appareil à mesurer l'indice de Brix.

3.3. Potentiel d'hydrogène :

Le pH mesure l'activité chimique des ions hydrogènes H^+ (appelés aussi protons) en solution, le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution.

Il s'agit d'un coefficient permettant de savoir si une solution est acide, basique ou neutre.

A l'aide d'une tige de verre, on prélève quelques gouttes de solution à tester (huile essentielle) en trempant la tige dans cette solution et on les dépose sur le papier pH. Celui-ci prend alors une couleur particulière que l'on compare avec les couleurs témoins du boîtier qui contenait le papier pH.



Figure n° 13: Papier pH utilisé.

4. Chromatographie sur couche mince (CCM) :

La chromatographie sur couche mince (CCM) est une méthode analytique, intéressante par sa simplicité et sa modulabilité. Elle autorise également une analyse sans chauffage et permet donc d'éviter d'éventuelles dégradations qu'il entrainerait.

Dans la CCM, le support utilisé est une plaque en verre ou en aluminium sur laquelle est déposée une fine couche d'un absorbant (par exemple la silice) qui joue le rôle de phase stationnaire et sur laquelle l'échantillon sera déposé. La partie inférieure de la plaque est immergée dans un solvant (phase mobile) qui remonte par capillarité le long de la plaque entraînant les constituants de l'échantillon à des vitesses différentes. Le traitement de la plaque après séchage par un révélateur permet de mettre en évidence les composés séparés qui formeront de petites taches visibles (à la lumière naturelle ou aux ultra-violets), et ainsi de réaliser une analyse qualitative à l'œil nu. L'intérêt de la chromatographie sur couche mince réside dans le très grand nombre de révélateurs pouvant lui être appliqués, permettant de mettre en évidence un très grand nombre de produits dans les échantillons (**Deschepper, 2017**).

Méthode standard : double développement avec deux éluants différents, hauteur d'élution : 10 mm, humidité relative 50%, température 20°. Saturation complète de la cuve.

Support (phase stationnaire) : gel de silice H, F 254 (Kieselgel GF254).

Solvant (phase mobile) :

- 1^{er} développement: **dichlorométhane**, séchage intermédiaire à l'air pendant 5 min.
- 2^{ème} développement: **benzène (Stahl, 1975)**.

Solution à analyser (dépôt) : huile essentielle de cannelle obtenue par hydrodistillation.

Détection :

-UV254 : noter l'extinction de fluorescence (dérivés du phényle propane).

-UV365 : fluorescence bleu dans le cas de la cannelle de Ceylan.

-Les échantillons de cannelle de Ceylan montrent une fluorescence pale, vert olive à vert bleuâtre.

-Les échantillons de cannelle de chine montrent au contraire, une fluorescence intense, vert à reflets jaunâtre.



Figure n° 14: Matériel de la chromatographie sur couche mince.

5. Spectrométrie de l'absorbance :

Une mesure spectrométrique de l'absorbance de l'huile essentielle de la cannelle a été effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre **Shimadzu UV-3600 plus**, la gamme de longueurs d'onde est de 200 à 3200 nm.

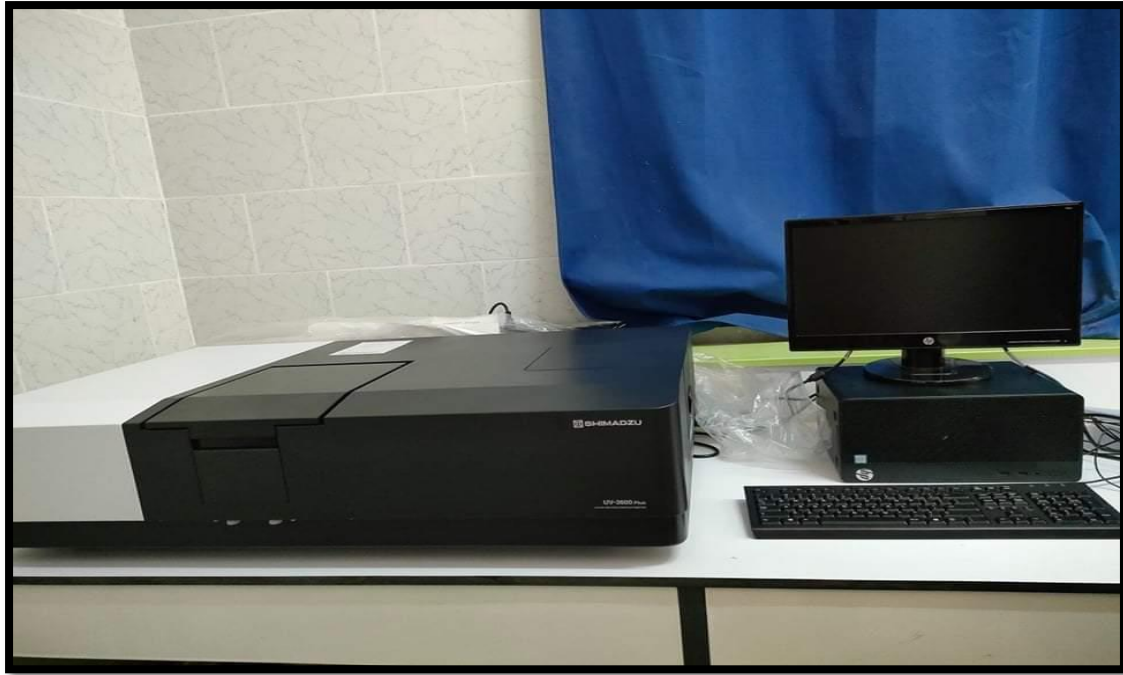


Figure n° 15: Spectrophotomètre Shimadzu UV-3600 plus utilisé.

6. Toxicité cutanée :

L'huile essentielle de la cannelle a été appliquée sur un lot de 03 lapins (dont un témoin), du même sexe (mâle), même âge (02 mois) et presque du même poids (45 g), une à deux applications par jours ont été effectués.

A l'aide d'un écouvillon on procède à l'application de l'huile essentielle sur la partie rasé du dos des lapins, une prise photo journalière des tests est nécessaire pour justifier la toxicité de notre produit pendant quinze (15) jours à partir du 17/04/2020.

Tableau n° 03: Nombre d'application de l'huile essentielle sur les lapins.

Lapins	Applications
Lapin n° 01	Témoin
Lapin n° 02	Une application/jour/le matin à 09h00.
Lapin n° 03	Deux applications/jour: 1- première application : le matin à 09h00 2- deuxième application : mi-journée à 12h00.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Expression du rendement d'extraction :

Il faut dire que le rendement d'extraction des huiles essentielles, varié selon de la méthode d'extraction, plus précisément des conditions opératoire (temps d'extraction, ratio matière/solvant, etc.), il est aussi fonction de la zone géographique de récolte, la composition du sol, la période de récolte de la plante, le stade végétatif de la plante, etc.

Dans le cadre de notre travail, nous utiliserons la méthode d'hydrodistillation pour extraire les huiles essentielles de la cannelle.



Figure n° 16: Masse de l'huile essentielle obtenue.

Le rendement d'extraction de l'huile essentielle de la cannelle a été calculé à l'aide l'équation (AFNOR, 1986).

$$Rdt = M1/M0 * 100$$

Avec :

Rdt : Rendement d'extraction de l'huile essentielle de la cannelle ;

M0 : Masse de la matière végétale utilisé (écorce de la cannelle) ;

M1 : Masse de l'huile essentielle obtenue.

$$Rdt = 1.55 \%$$

L'expérience révèle que le rendement d'extraction de l'huile essentielle de la cannelle est proportionnel à la durée de l'hydrodistillation, c'est-à-dire que quand la durée de distillation augmente, le rendement d'extraction de l'huile essentielle augmente également. Et pour la présente étude, le meilleur rendement a été obtenu à **120 minutes**.

Selon **Mahmoudi, (1994)** les écorces de cannelle contiennent 1 à 2% d'huile essentielle de densité supérieure à celle de l'eau, jaune pâle fraîchement distillée, dans l'essence en trouve : 70% d'aldéhyde cinnamique accompagné d'un peu d'eugénol et de divers carbures terpéniques. D'autre part selon **Khanfri, (2012)** : les résultats montrent que le rendement en huile essentielle obtenu par l'hydrodistillation varie entre 1,2% et 1,5% avec une durée dépassant 5 heures.

2. Propriétés organoleptiques :

Le tableau 04 présente les propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de la cannelle selon la norme AFNOR NFT 7.

Tableau n° 04: Propriétés organoleptiques de l'huile essentielle de la cannelle de Ceylan selon la norme AFNOR NFT 7.

Norme AFNOR NFT7	Aspect	Couleur	Odeur
	Liquide limpide, fluide et mobile	Jaune pâle	Fraîche

3. Propriétés physico-chimiques :

3.1. Indice de réfraction :

L'indice de réfraction c'est le rapport entre la célérité de la lumière dans le vide et la célérité de la lumière dans le milieu considéré. Ce rapport indique la capacité de l'huile essentielle à réfléchir la lumière.

L'indices de réfraction a été calculés et ramenés à 20°C à l'aide d'un réfractomètre Abbé Prisma-CETI, et qui est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 05: Indice de réfraction obtenu.

Échantillon	Indice de réfraction (Obtenu)	Indice de réfraction (AFNOR)
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	1,6020±0,007	1,6020 à 1,6060

Les valeurs de l'indice de réfraction de nos échantillons correspondent aux normes d'AFNOR. Elles indiquent leur faible réfraction à la lumière.

3.2. Échelle de Brix :

L'indices de Brix a été calculés et ramenés à 20°C à l'aide du même réfractomètre Abbé Prisma-CETI, et qui est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 06: Échelle de Brix obtenue.

Échantillon	Indice de Brix (Obtenu)	Indice de réfraction (AFNOR)
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	00	00

La valeur Brix est égal à zéro, l'huile essentielle ne contient pas de fraction de saccharose.

3.3. Potentiel d'hydrogène :

Le pH des huiles essentielles se situe entre 4 et 6. C'est effectivement légèrement acide, mais nettement moins que du jus de citron (pH 2) et dans tous les cas, moins que le pH de l'estomac (pH 1) (Site n° 03).

Tableau 07: Potentiel d'hydrogène obtenu.

Échantillon	pH (Obtenu)	pH (AFNOR)
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	06	4-6

4. Chromatographie sur couche mince (CCM) (Interprétation des taches (Calcul de Rf)):

Les taches étant localisées et entourées d'un trait de crayon (certaines colorations sont fugaces), on peut déterminer ce que l'on appelle leur Rf (de l'anglais rate of flow).

- **d1** étant la distance parcourue sur la plaque par la substance (mesurée généralement à partir du centre de la tache),
- **d2** la distance parcourue par le front du solvant (depuis la ligne de départ),
- Le Rf est le rapport $d1 / d2$, donc toujours inférieur à l'unité.

Cette valeur caractérise la substance chromatographiée, mais de nombreux facteurs l'influencent : solvant, adsorbant, température, substances accompagnantes. Aussi, ne peut-elle permettre à elle seule l'identification d'un constituant. Les chiffres de Rf donnés dans la littérature ont surtout une valeur indicative et ne sont reproductibles que dans des conditions expérimentales rigoureusement comparables. Il est donc indispensable de procéder par rapport à des témoins (**Paris et Moyses, 1976**).

Selon **Stahl, (1975)** les rapports frontaux de la solution de référence contenant 0,1mL d'aldéhyde cinnamique et 0,1g de vanilline dans 10ml de toluène (dépôt 2 à 5 μ l) sont:

Tableau 08: Rapports frontaux de la solution de référence.

Substances	Valeurs de Rf
Aldéhyde cinnamique	70-80
Eugénol	55-65

L'examen sous ultraviolet à 254 nm et 366 nm nous montre plusieurs extinctions de la fluorescence (taches) au niveau de notre dépôt (Huile essentielle de la cannelle).

Tableau 09: Interprétation du chromatogramme.

Temps (CCM)	Taches obtenues	Rf obtenu	Rf théorie	Interprétation
01h30	Tache 01	19	-	-
	Tache 02	55	55-65	Aldéhyde cinnamique
	Tache 03	80	70-80	Eugénol

La tache n° : 01 de l'huile essentielle de la cannelle ne correspond à aucune tache de la théorie. (Impureté ou produit de dégradation). Après comparaison de nos résultats, d'après le tableau n° : 08 on constate que nos Rf sont très proche de ceux de Stahl ou de la pharmacopée française, donc on est réellement en présence des huiles essentielles de la cannelle.

Les premières recherches sur la composition de l'huile essentielle de l'écorce de la cannelle de Ceylan ont été réalisées par Blanchet en 1833. Quelques temps après, Dumas et Peligot (1834 et 1835) indiquent que le principal constituant de cette essence est le "Cinnamaldéhyde" ou "Aldéhyde cinnamique" (Guenther, 1977) et (Vernon et Richard, 1976). D'autres composés furent identifiés en 1892 et 1902 par

les chimistes de la société Schimmel, en particulier, Walbaum et Hüthing, notent que la teneur en eugénol dans l'huile essentielle des feuilles est plus importante que celle de l'écorce (Guenther, 1977), ils mirent en évidence plusieurs composés par préparation de dérivés chimiques (réactions chimiques) (**Vernon et Richard, 1976**).

D'autre part **Valnet, (1990)**, a déterminé que l'écorce de Cannellier de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum*) est très riche en huile essentielle, en 1-pinène, en cinéol, en phellandrène, en furfurol, en cymène, en linalol, en sucre, en mucilage, en tanin, en amidon, en mannite... L'huile essentielle d'écorce est elle-même composée de 65 à 75 % d'aldéhyde cinnamique, de 4 à 10 % d'eugénol, de carbures et d'alcools terpéniques.

5. Spectrométrie de l'absorbance :

L'étude complète et détaillée d'un spectre est une opération rarement pratiquée dans l'interprétation courante à cause de la complexité de l'analyse.

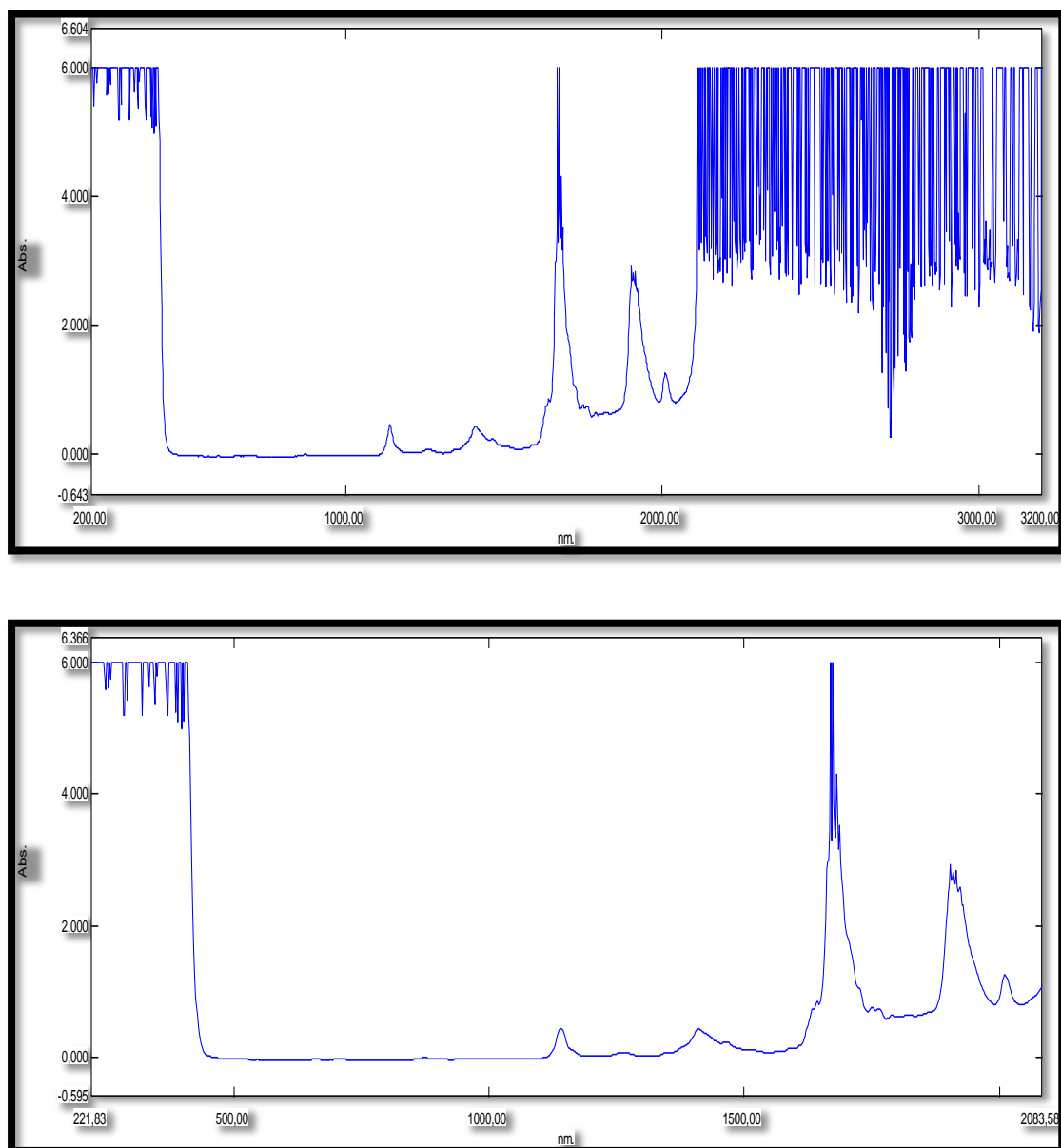


Figure n° 17: Spectre UV visible de l'huile essentielle de la cannelle.

La figure 17 présente le spectre d'absorption de l'huile essentielle pure de la cannelle. L'huile de la cannelle de Ceylan absorbe dans l'UV avec une longueur d'onde entre $\lambda=2083.58\text{cm}^{-1}$ et $\lambda=1000\text{cm}^{-1}$.

6. Toxicité cutanée :

Les figures suivantes montrent l'effet de l'application de l'huile essentielle au quinzième jour.



Lapin n° 01 (Témoin).



Lapin n° 02.



Lapin n° 03.

Figure n° 18 : Effet de l'application de l'huile essentielle pure au quinzième jour.

L'huile essentielle de la cannelle provoque une forte irritation voire une brûlure de la peau et des muqueuses (Lapin n° 02 et 03), on dit qu'elle est dermocaustique.

La dermocausticité se définit comme une agression de la peau comparable à une brûlure pouvant aller jusqu'à la nécrose. La dermocausticité peut apparaître dès la première utilisation mais son intensité dépend de la concentration de l'huile essentielle utilisée. On observe principalement ses effets avec les huiles essentielles contenant des phénols comme le thymol, le carvacrol, l'eugénol, etc. Des irritations

peuvent toutefois survenir avec les huiles essentielles à aldéhydes (citral, aldéhyde cinnamique, etc.) comme la cannelle, le lemongrass, la verveine citronnée. D'autres huiles plus dangereuses entraînent une nécrose cutanée. C'est le cas avec l'huile essentielle de moutarde noire qui contient un composé soufré et azoté l'isothiocyanate d'allyle, contenu aussi dans l'ail et l'oignon en quantité moindre (**Poirot, 2016**).

L'absorption d'une essence par cette voie est tout aussi rapide et l'effet de premier passage est considérablement diminué. La biodisponibilité est quasi-totale d'où la dangerosité de cette voie. On connaît même des huiles essentielles comme amplificateurs de passage cutané, c'est le cas de l'huile essentielle d'eucalyptus assez répandue comme adjuvant dans l'industrie pharmaceutique.

Le limonène est bien absorbé par la peau et l'on obtient un pic plasmatique au bout de 10 minutes après application topique (**Gelal et al., 1999**).

L'efficacité de cette voie d'absorption est bien connue dans la mesure où il existe un nombre important d'intoxication par usage externe. A titre d'exemple « un chien frictionné avec de l'huile essentielle de menthe pouliot et lavé quelque temps plus tard (moins d'une heure) meurt ; donc une grande partie de l'huile a été absorbée en cette durée (**Hooser, 1990**).

Cette absorption est potentialisée par le degré de lipophilie de l'huile (ou du composé) en question et elle peut être favorisée par l'application simultanée de solvants organiques (isopropanol, éthanol) qui déplacent les lipides de la couche cornée et augmentent ainsi la perméabilité de la peau. L'état de la peau joue aussi son rôle, une peau lésée augmente la quantité absorbée.

Conclusion :

Les huiles essentielles résultent d'une distillation et par ce biais sont donc des substances très concentrées renfermant des molécules aromatiques très puissantes. Ces molécules aromatiques vont pouvoir agir, du fait de leur structure et de leur activité, sur un grand nombre de pathologies données. Cependant, certaines de ces molécules peuvent s'avérer toxiques pour l'organisme mais il est important de nuancer ce degré de toxicité en fonction de la dose, de la voie d'utilisation et de la durée d'utilisation.

La question des **huiles essentielles dermocaustiques** (Ce qui veut dire qu'elle peut provoquer des irritations importantes de la peau et des muqueuses) vient naturellement avec celles des précautions d'emploi à prendre en aromathérapie.

Les molécules responsables de cette toxicité sont principalement, le carvacrol que l'on retrouve dans l'Origan, la Sarriette, le Thym, le thymol présent dans le Thym et l'Ajowan par exemple ou encore les **aldéhydes aromatiques** que l'on peut retrouver en masse dans la **Cannelle**. Ainsi, ces huiles essentielles doivent absolument être utilisées diluées par voie cutanée et sur des zones localisées.

Cette huile essentielle a donc un potentiel d'irriter la peau, voire de la brûler. Elle peut être potentiellement contre indiquée en application cutanée et même en sublinguale, sous peine de développer des brûlures des tissus.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFNOR (1986). Recueil des normes françaises afnor 1986. Eaux méthodes d'essai. Association françaises de normalisation. 350 p.

Agnihotri S, Vaidy AD. (1996). A novel approach to study antibacterial properties of volatile components of selected Indian medicinal herbs. *Indian J Exp Biol* 34(7): 712–5.

Anton R, Lobstein A. (2005). Plantes aromatiques. Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc, Paris, 522 p.

Ayad M. (2018). Optimisation de l'extraction des substances bioactives d'une plante médicinale « *Carthamus caeruleus* L. ». Mémoire de Master, filière: genie des procedes, spécialité: genie pharmaceutique. Université Akli Mohand Oulhadj Bouira. p: 04.

Bahorun T. (1997). Substances naturelles actives: La flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. *Food and Agricultural Research*. 83-94.

Belaiche P. (1991). Encyclopédie des médecines naturelles. Section C – Aromathérapie.

Bouacherine R, Benrabia H. (2017). Biodiversité et valeur des plantes médicinales dans la phytothérapie: Cas de la région de BEN SROUR (M'sila). Master Académique. Université Mohamed Boudiaf M'sila.

Boumediou A, Addoun S. (2017). Étude ethnobotanique sur l'usage des plantes toxiques, en médecine traditionnelle, dans la ville de Tlemcen (Algérie). Mémoire de fin d'études. Département de pharmacie. Université Abou Bekr Belkaïd. Tlemcen.

Bourrel C. (1993). Analyse chimique, activités biostatiques et antioxydantes d'extraits de plantes aromatiques sélectionnées. Thèse de l'Institut National Polytechnique de toulouse. Toulouse, France.

Bruneton J. (1993). Huiles essentielles, dans *Pharmacologie: phytochimie, plantes médicinales*, 2^e éd., Éd. Lavoisier, Paris, 406-466.

Bruneton J. (1993). *Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales*, (2^eme édition). Technique documentation, Paris. p: 406, 410, 915.

Bruneton J. (1995). *Phytochimie des plantes médicinales. Pharmacognosie* (5^{ème} édition). pp: 1504.

Bruneton J. (1999). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. In: *Technique et Documentation Lavoisier*. Paris. pp: 418-419.

Caccionni D, Guizzardi M, Biondi D, Agantio R, Guiseppe R. (1998). Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action on *penicillium digitatum* and *penicillium italicum*. *International J. Food Microbiol.* 43(12), 73- 79.

Chaumont JP, Leger D. (1989). Propriétés antifongiques de quelques phénols et de composés chimiquement très voisin. Relation structure –activité. *Plant Med. Phyto.* 23(2): 124-126.

Chemat F, Abert Vian M, Dangles O. (2007). *International Journal of Essential Oil Therapeutics* 1

- Chevallier A. (2017).** Larousse des plantes médicinales. Editeur: Larousse. pp: 336.
- Couderc VL. (2001).** Toxicité des huiles essentielles. Thèse de grade Docteur Vétérinaire. Université Paul Sabatier de Toulouse, 61 p.
- Cronquist A. (1977).** On the taxonomic significance of secondary metabolites in angiosperms. *Plant Systematics and Evolution*. 1(1): 179-189.
- Croteau R, Kutchan TM, Lewis NG. (2000).** Naturel Products (Secondary Metabolites). *Biochemistry and molecular biologie of plants*.1250-1318.
- Cruz T, Cabo MP, Cabo MM, et al. (1989).** In vitro antibacterial effect of the essential oil of *Thymus longiflorus* Boiss. *Microbios* 60: 59–61.
- Deschepper R. (2017).** Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Diplôme d'état de docteur en pharmacie. Faculté de Pharmacie. Université d'Aix-Marseille, page ; 55.
- Edet f. (2004).** La cannelle de ceylan et ses activités biologiques, diplôme d'état, faculté de pharmacie de Grenoble, université Joseph Fourier, page ; 6, 7.
- Elberling J, Skov PS. (2007).** Increased release of histamine in patients with respiratory symptoms related to perfume. *Clin Exp Allergy*. Nov, 37 (11): 1676-80.
- Farnsworth NR, Akerele O, Bingel AS, Soejarto DD, Guo Z. (1985).** Medicinal plants in therapy. *Bulletin of the World Health Organization*. 63(6): 965-981.
- Gacemi S. (2014).** Mise en évidence des activités antimicrobienne et antioxydante des extraits d'*Eryngium ilicifolium* Lam. (Apiaceae) de la Wilaya de M'sila (Algérie). Mémoire de Magister. Université Ziane Achour, Djelfa.
- Gahbiche S (2009).** La phytothérapie. Certificat thalasso-thérapie, section hydro-thermo thalasso-thérapie. Sousse, pp: 07.
- Ganou L. (1993).** Contribution a l'étude des mécanismes fondamentaux de l'hydrodistillation des huiles essentielle. Thèse de l'INP Toulouse, France.
- Garnero J. (1984).** La cannelle de Ceylan: son huile essentielle et ses produits d'extraction. *Phytother*. 11: 5-15.
- Gelal A, Jacob PYUL, Benowitz NI. (1999).** Disposition kinetics and effects of menthol. *Clin Pharmacol Ther*, 66: 128-135.
- Gobbi, R., Khebbaz W. (2014).** Traçabilité de l'identification des métabolites secondaires végétaux. Mémoire de licence, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie.
- Hayakawa R. (1987).** Depigmented contact dermatitis due to incense. *Contact Dermatitis*, 16: 272-274.
- Hooser SB. (1990).** D-limonène, linalool and crude citrus oil extracts: veterinary clinics of North America. 20(2): 383-385.
- Hopkins WG. (2003).** Physiologie Végétale. Edition: De Boeck Supérieur. pp : 514.
- Hudaib M, Speroni E, Di Pietra M, Cavrini V. (2002).** GC/MS ecaluation of thymus (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variations during during the vegetative cycle. *J. Pharma. Biom. Analysis*. 29(4): 691-700.

Iserin P, Masson M, Restellini JP, Ybert E, Moulard F. (1996). Encyclopédie des plantes médicinales; identifications, préparations, soins. Ed: Larousse-Borda. France. pp: 335.

Iserin P, Masson M, Restellini JP, Ybert E, Moulard F. (1996). Encyclopédie des plantes médicinales ; Identifications, Préparations, Soins. Ed : Larousse-Bordas pour l'édition originale en langue française, France. 335 p.

Iserin P. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales. Larousse. pp: 355.

Khanfri N. (2012). Optimisation des techniques d'extraction par hydrodistillation et hydrodistillation assistée par microonde de l'huile essentielle de cannelle algérienne : espece poussant en Algérie. Mémoire de Magister. Université de Boumerdès-M'hamed Bougara

Khiredine H. (2013). Comprimés de poudre de dattes comme support universel des principes actifs de quelques plantes médicinales d'Algérie. Mémoire de magister. Université Mohamed Bougara, Boumerdes. p: 97.

Kurita N, Miyaji M, Kurane R, Takahara Y, Ichimura K. (1979). Antimicrobial activity of dalmatian sage oil from different regions of the Yugoslav Adriatic coast. Agric. Biol. Chem. 43 (11): 2365.

Kurita N, Miyaji M, Kurane R, Takahara Y. (1981). Antifungal activity of components of essential oils. Agric. Biol. Chem. 45(4): 945.

Lagunez Rivera L. (2006). Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffée par induction thermomagnétique directe. Thèse Doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse. P : 15-35.

Langenheim JH. (1969). Amber: a botanical inquiry. Science. 163(872), 1157-1169.

Levin DA. (1976). The chemical defenses of plants to pathogens and herbivores. Annual Review of Ecology and Systematics. 7: 121-159.

Lutge U, Kluge M, Bauer G. (2002). Botanique (3^e Ed). Technique Et Documentation. Lavoisier. Paris. pp: 211.

Mahmoudi Y. (1994). La thérapeutique par les plantes médicinales en Algérie. Edition : palais du livre Blida.

Mangena T, Muyima NYO. (1999). Comparative evaluation of the antimicrobial activities of essential oils of artemisia afra, pteronia incana and rosmarinus officinalis on selected bacteria and yeast strains. Lett. Appli. Microbiol. 28(4): 291-296.

Merghem, R. (2009). Eléments De Biochimie Végétale, (16). Ed, Bahaeddine. Algérie.

Meynadier JM, Raison-Peyron N. (1997). Allergie aux parfums. Re. Fr. Allergol., 37(5): 641-650.

Miller RL, Gould AR, Bernstein ML. (1992). Cinnamon-induced stomatitis venenata. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 73: 708-716.

- Mori S, Ojima Y, Hirose T, Sasaki T, Hashimoto Y. (1972).** The clinical effect of proteolytic enzyme containing bromelain and trypsin on urinary tract infection evaluated by double blind method. *Acta Obstet Gynaecol Jpn.* 19(3): 147-153.
- Morin P, Richard H. (1985).** Thermal degradation of linalyl acetat during steam distillation inproc.,. 4 Fh Weurman Flav. Res. Symp. Elsevier Science. Publ. B.V. Amsterdam., pp 563-576.
- Newman DJ, Cragg GM, Snader KM. (2000).** The influence of natural products upon drug discovery. *Natural Product Reports.* 17(3): 215-34.
- Newman DJ., Cragg GM. (2012).** Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010. *Journal of Natural Products.* 75(3): 311–335.
- Par JRJ, Belanger J, Sigouin M. (1989).** "Novel Technology in the Extraction of Essential Oils", colloque sur les produits naturels d'origine végétale, ACF A, du 15 au 19 mai à Montréal, Canada.
- Paris R.R et Moyse. H. (1976).** Précis de matière médicale, Tome1, deuxième édition, Masson, Paris.
- Pellecuer J, Jacob M, Simeon de Buechberg M, Allegrini J. (1980).** Therapeutic value of cultivated mountain savory (*Satureia montana* L). *Acta Horti* 96: 35–9.
- Pharmacopée Européenne. (2002).** IV^{ème} édition.
- Pingot A. (1998).** Les huiles essentielles. Ed : Tec & Doc. Lavoisier, Paris, 230- 236.
- Raven H, Evert RF, Eichhom SE. (2000).** Biologie Végétale (6ème Ed). (B. Jules., Et M Charles, Trad.). Paris.
- Robert A, Lobstein A. (2005).** Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed : Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 522 p.
- Sakamoto M, Yoshino H, Shirahata Y, Shimodairo K, Okamoto R. (1992).** Pharnnacotheapeutic effects of Kwei-Chih-Fu-Ling-Wan on hurnan uteraine rnyornas. *Amer. J. Chin. Med.*, 20: 313-317.
- Schauenberg P, Paris F. (1997).** Guide des plantes médicinales. Ed. Delachaux et Niestlé. Paris. pp: 396.
- Schnuch A, Uter W. (2006).** Untersuchungen der Bedeutung luftgetragener Kontaktallergene bei der Entstehung von Kontakttekzemen. Umweltbundesamtes.
- Shah AH, Al-Shzreef AH, A Geel AM, Qureshi S. (1998).** Toxicity studies in mice of cornrnnon spices, Cinnamomum zeylanicum bark and Piper longum fruits. *Plant Foods Hum. Nutr.* 52: 231-239.
- Sivropoulou A, Papanikolaou E, Nikolaou C, Kokkini S., Lanaras T, Arsenakis M. (1996).** Antimicrobial and cytotoxic activities of origanum essential oils. *J. Agric. Food Chem.* 44: 1202-1205.
- Stella A. (1998).** Le livre des épices. Flammarion, Paris.
- Sutour S. (2010).** Etude de la composition chimique d'huiles essentielles et d'extraits de menthes de corse et de kumquats these pour obtenir le grade de docteur de

l'universite de corse discipline : chimie organique et analytique, page 8 ; 9 ; 10, 11, 12, 43.

Swain T. (1973). Chemistry in Evolution and Systematics. Union internationale de chimie pure et appliquée. Division de chimie organique, Londres, Butterworths. pp: 672.

Thiery B, Francis P, Rene, B. (1988). Extraction des huiles essentielles, Chimie et Technologie. Informations Chimie. 298, 179.

Thurzova L. (1978). Les Plantes-santé qui poussent autour de Nous. Éditions Elsevier Séquoia. pp : 268.

Uragodac CG. (1984). Asthma and other symptoms in cinnamon workers. Br. J Ind Med. 41: 224-227.

Valnet J. (1990). L'aromathérapie. 10ème édition Maloine S.A., pp 64-66 ; 206-212.

Vernon F, Richard H. (1976). Quelques épices et aromates et leurs huiles essentielles Vol. 2. In Série synthèses bibliographiques N° 10 – Centre de documentation internationale des industries utilisatrices de produits agricoles. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris

Viollon C, Chaumont JP. (1994). Antifungal properties of essential oils and their main components upon *Cryptococcus neoformans*. Mycopathologia. 128(3): 151-153.

Westra WH, Mcmurra YJS, Califano J, Flint PW, Corio RL. (1998). Squamous cell carcinoma of the tongue associated with cinnamon gum use: a case report. Head Neck. 20: 430-433.

Wichtl M., Anton R. (2003). Plantes thérapeutiques: tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. 4^{ème} édition. Tee & Doc et Editons médicales internationales, Paris.

Willem JP. (2006). Les Huiles Essentielles : Médecine d'Avenir. Editions du Dauphin.

Williamson EM. (2001). Synergy and other interactions in phytomedicines. Phytomedicine. 8(5): 401-409.

Yayi E, Joachin D, Gbenou, Léon AA, Moudachirou M, Chalchat JCC. (2004). Chimie 7: 1013–1018.

Zakarya D, Fathallah T, Chascrette M. (1993). Use of multifunctional autocorrelation method to estimate molar volumes of alkanes and oxygenated compounds. Comparison between components of autocorrelation vectors and topological indices. J. Phys. Org. Chem. 6(10): 574-582.

Zambonelli A, D'Aurelio A.Z, Severi A, Benvenuti E, Maggi L, Bianchi A. (2004). Chemical composition and fungicidal activity of commercial essential oils of *thymus vulgaris* L. J. Essent. Oil Res. 16(1): 69-74.

Webographie

Site n° 01 : Les huiles essentielles, [http:// www. tpejbs2012.canalblog.com/archives](http://www.tpejbs2012.canalblog.com/archives).
Consulté le: 27/02/2022 à 18:55.

Site n 02 : Échelle de Brix, [https://fr.wikipedia.org/wiki/ Échelle_de_Brix](https://fr.wikipedia.org/wiki/Échelle_de_Brix), Consulté
le: 16/04/2022 à 18:55.

Site n 03 : Quel est le pH d'une huile essentielle ?, <https://www.danielefesty.com>,
Consulté le: 24/04/2022 à 15:20.

ANNEXE

Le 20/04/2022



Lapin 01 (Témoin)



Lapin 02



Lapin 03

Le 25/04/2022



Lapin 01 (Témoin)



Lapin 02



Lapin 03

Quelques prises photos des tests cutanés.