



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCCEN

Mémoire

Présenté à :

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de L'Univers
Département de biologie

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER

Spécialité: Toxicologie Industrielle et Environnemental

Par:

SALEM Ibrahim

BENCHELIH Khawla

Sur le thème

La conservation des pommes par les huiles essentielles et les hydrolats
des plantes aromatiques (*Anacylus valentinus* , *Chrysanthemum*
Coronarium et Carthamus caeruleus) et évaluation biotoxécologique

Soutenue publiquement le 3 Juillet 2019 à Tlemcen devant le jury composé de:

Présidente	M ^{me} HADDAM Nahida	MCA	Université de Tlemcen
Encadrante	M ^{me} TABET ZATLA Amina	MCB	Université de Tlemcen
Examinatrice	M ^{me} KHELASSI Asma	MCB	Université de Tlemcen
Invitée	M ^{me} ZAOUI Manel	MCA	Université de Ouargla

ملخص :

كجزء من تطوير الموارد النباتية في غرب الجزائر، أصبحت الزيوت الأساسية و مستخلصات الحلالات المائية التي تنتجها النباتات العطرية موارد تساهم في تحسين إدارة الموارد الغذائية وحمايتها.

الهدف الرئيسي من عملنا هو المساهمة في تطوير قطاع النباتات العطرية كمبيدات حيوية ضد الأمراض المختلفة. و منه اخترنا ثلاثة نباتات من عائلة Asteraceae، كموضوع لهذه الدراسة وهي: *Carthamus carealus*، *Anacyclus valentinus* و *Chrysanthemum coronarium*. وهكذا تم تطوير محورين رئيسيين، الأول هو مادة كيميائية، والتي تتكون من دراسة التركيب الكيميائي للزيوت الأساسية ومقتطفات من مستخلصات الحلالات المائية لهذه النباتات الثلاثة التي تمت دراستها. المحور البيولوجي الثاني المكرس لتثمين هذه المقطفات من خلال دراسة أنشطتها المضادة للفطريات في الجسم الحي وكذلك دراسة تأثيرها التآزري على ثمار التفاح.

الكلمات المفتاحية :

Carthamus carealus، *Anacyclus valentinus*، *Chrysanthemum coronarium*، الزيوت الأساسية، الحلالات المائية، الأنشطة المضادة للفطريات، التأثير لتآزري.

Résumé :

Dans le cadre de la valorisation des ressources végétales de l'ouest algérien, les huiles essentielles et les hydrolats produits par les plantes aromatiques sont devenues des ressources contribuant à une meilleure gestion et protection des ressources alimentaires.

L'objectif principal de notre travail est une contribution au développement de la filière des plantes aromatiques comme biofongicides contre divers pathologies. Trois plantes de la famille des Astéracées, à savoir: *Carthamus carealus*, *Anacyclus valentinus* et *Chrysanthemum coronarium* ont fait l'objet de cette étude. Ainsi deux grands axes ont été développés, le premier est chimique, qui consiste à l'étude de la composition chimique des huiles essentielles et des extraits d'hydrolats de ces trois plantes étudiées.

Le deuxième axe biologique qui est consacré à la valorisation de ces extraits par l'étude de leurs activités antifongiques in vivo ainsi qu'à l'étude de leur effet synergique sur les fruits des pommes.

Mots clés: *Carthamus carealus*, *Anacyclus valentinus*, *Chrysanthemum coronarium*, huiles essentielles, hydrolats, activités antifongiques, effet synergique.

Abstract :

As part of the development of plant resources in western Algeria, essential oils and extracts of the hydrosols produced by aromatic plants have become resources contributing to better management and protection of food resources.

The main objective of our work is a contribution to the development of the aromatic plants sector as biofungicides against various pathologies. Three plants of the family Asteraceae, namely: *Carthamus carealus*, *Anacyclus valentinus* and *Chrysanthemum coronarium* were the subject of this study. Thus two major axes have been developed, the first is chemical, which consists of studying the chemical composition of essential oils and extracts of hydrosols of these three plants studied. The second biological axis which is devoted to the valorization of these extracts by the study of their antifungal activities in vivo as well as the study of their synergistic effect on the fruits of the apples.

Key words: *Carthamus carealus*, *Anacyclus valentinus*, *Chrysanthemum coronarium*, essential oils, hydrosols, antifungal activities, synergistic effect.



Remerciements



En toute simplicité, nous tenons à remercier Allah de nous avoir guidé, aidé et éclairé notre chemin.

*Au terme de ce travail nous tenons à remercier en premier lieu notre promotrice, Madame **TABET ZATLA Amina** Maître de conférences au Département de Chimie, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, de nous avoir accompagné durant cette recherche, pour ses orientations, ses encouragements et surtout pour ses précieux conseils. Nous lui exprimons notre profond respect et nos chaleureux remerciements.*

Nous tenons à remercier les membres de jury d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons également à exprimer notre reconnaissance et notre sincère gratitude à tous les enseignants qui nous ont accompagnés durant ce cursus Universitaire.

Finalement, il nous est agréable d'adresser nos remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.



Table des Matières

REMERCIEMENTS.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
DEDICACE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
TABLE DES MATIERES	I
LISTE DES FIGURES.....	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	IX
INTRODUCTION	1
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
I. GENERALITES SUR LES ASTERACEES :.....	5
II. MONOGRAPHIE DES PLANTES ETUDIEES	5
II.1. <i>Anacyclus valentinus</i>	5
II.1.1. Genre <i>Anacyclus</i>	5
II.1.2. Classification taxonomique et répartition géographique.....	6
II.1.3. Aspects botaniques	6
II.1.4. Aspects phytochimiques	7
II.1.5. Aspects pharmacologiques	7
II.1.6. L'utilisation traditionnelle de <i>Anacyclus valentinus</i>	8
II.2. <i>Chrysanthemum coronarium</i>	8
II.2.1. Le genre <i>Chrysanthemum</i>	8
II.2.2. Classification taxonomique et répartition géographique	9
II.2.3. Aspects botaniques	10
II.2.4. Aspects phytochimiques	10
II.2.5. Aspects pharmacologiques	10
II.2.6. L'utilisation traditionnelle	11
II.3. <i>Carthamus caeruleus</i>	11
II.3.1. Le genre <i>Carthamus</i>	11
II.3.2. Classification botanique	11
II.3.3. Aspects botaniques	12
II.3.4. Aspects phytochimiques	13
II.3.5. Aspects pharmacologiques	13
II.3.6. L'utilisation traditionnelle	13
III. HUILES ESSENTIELLES	14
III.1. <i>Historique</i>	14
III.2. <i>Définitions</i>	16
III.3. <i>Caractères physicochimiques des huiles essentielles</i>	16
III.4. <i>Composition chimique</i>	17

III.5.	<i>Activités biologiques des huiles essentielles</i>	19
III.6.	<i>Le rôle des huiles essentielles</i>	20
III.7.	<i>La toxicité des huiles essentielles</i>	21
III.8.	<i>La conservation des huiles essentielles</i>	22
IV.	HYDROLAT	22
IV.1.	<i>Définitions</i>	22
IV.2.	<i>Compositions des hydrolats</i>	22
IV.3.	<i>Les activités biologiques et antifongiques des hydrolats</i>	22
V.	VALORISATION DES HUILES ESSENTIELLES ET DES HYDROLATS	24
V.1.	<i>Le pommier</i>	24
V.1.1.	<i>Position systématique</i>	24
V.1.2.	<i>Caractéristiques</i>	25
V.2.	<i>Application aux fruits des pommes</i>	27
V.3.	<i>Huiles essentielles et hydrolats comme un moyen de lutte contre les maladies de fruits des pommiers</i>	36
MATERIELS ET METHODES		38
I.	MATERIELS	40
I.1.	<i>Matériels utilisés au laboratoire</i>	40
I.2.	<i>Provenance du matériel végétal et identification</i>	40
I.3.	<i>Date de récolte</i>	40
II.	EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES ET DES HYDROLATS	41
II.1.	<i>Extraction des huiles essentielles</i>	41
II.2.	<i>Extraction des hydrolats</i>	41
II.3.	<i>Conservation des huiles essentielles et des hydrolats</i>	41
III.	LES METHODES D'IDENTIFICATION DES HUILES ESSENTIELLES	42
III.1.	<i>Analyse par CPG/FID</i>	42
III.2.	<i>Couplage CPG/Spectrométrie de masse</i>	43
IV.	METHODOLOGIE D'ANALYSE	43
V.	CALCUL DU RENDEMENT	44
VI.	EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIFONGIQUE.....	44
VI.1.	<i>Etude de l'activité antifongique in vivo des HES et HYS des plantes étudiées et de l'effet synergique de ces extraits contre le développement de <i>Penicillium expansum</i>, champignon du pommier</i>	45
RESULTATS ET DISCUSSION		49
I.	COMPOSITIONS CHIMIQUES DES HUILES ESSENTIELLES ET DES HYDROLATS	49
I.1.	<i>Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Anacyclus Valentinus</i></i>	49
I.2.	<i>Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Chrysanthemum coronarium</i></i>	52
I.3.	<i>Compositions chimiques des extraits des hydrolats de trois plantes étudiées:</i>	55

II.	ACTIVITE ANTIFONGIQUE DES HUILES ESSENTIELLES ET DES HYDROLATS	55
II.1.	<i>Effet des huiles essentielles de Anacyclus valentinus et Chysanthemum coronarium sur l'inhibition de décroissance fongique in vivo de pomme</i>	55
II.2.	<i>Effet des hydrolats de Anacyclus valentinus, Chysanthemum coronarium et de Carthamus carealus sur l'inhibition de décroissance fongique in vivo de pomme</i>	56
II.3.	<i>Effet Synergique des huiles essentielles et des hydrolats.....</i>	56
III.	LES PHOTOS DES POMMES CONTROLEES	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
III.1.	<i>Effet préventif</i>	Erreur ! Signet non défini.
III.2.	<i>Effet protecteur.....</i>	Erreur ! Signet non défini.
	CONCLUSION	97
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIES	99

Liste des Figures

Figure 1: Les astéracées	5
Figure 2: <i>Anacyclus valentinus</i>	7
Figure 3: Types de fleurs de <i>Chrysanthemum</i>	9
Figure 4: <i>Chrysanthemum coronarium</i>	10
Figure 5: Différents partie de <i>Carthamus caeruleus</i> L: (a): Racine; (b):Tige; (c): Feuille; (d) : Fleur; (e): Fruits (photos réel prise dans la nature). Photos original.....	13
Figure 6: La crème traditionnelle issue de rhizome de <i>Carthamus caeruleus</i>	14
Figure 7: Les poudres de rhizome de <i>Carthamus caeruleus</i>	14
Figure 8: Structure chimique de quelques composés des huiles essentielles	19
Figure 9: Coupe transversale de pomme	25
Figure 10: Evolution de la production mondiale de pomme	26
Figure 11: Evolution de la production nationale de pomme.	27
Figure 12: Pommes infectées par <i>Cylindrocarpon mali</i>	28
Figure 13: Pommes infectées par <i>Phoma herbarum</i>	28
Figure 14: Pommes infectées par <i>Gloeosporium</i>	29
Figure 15: Pommes infectées par <i>Phytophthora cactorum</i>	29
Figure 16: Pommes infectées par <i>Monilia fructigena</i>	30
Figure 17: Pommes infectées par <i>Botrytis cinerea</i>	30
Figure 18: Pommes infectées par <i>Penicillium expansum</i>	31
Figure 19: Pommes infectées par <i>Alternaria spp</i> et <i>Cladosporium herbarum</i>	32
Figure 20: La maladie de Pommes « <i>Echaudure de sénescence</i> ».....	32
Figure 21: La maladie de pomme « Bitter-pit »	33
Figure 22: Structures morphologiques de <i>Penicillium expansum</i>	35
Figure 23: Observations macroscopiques de <i>Penicillium expansum</i>	36
Figure 24: Montage d'hydrodistillation	41
Figure 25: Appareil CPG.....	43
Figure 26: Préparation le milieu culture PDA.....	45
Figure 27: Isolement de la souche fongique.....	46
Figure 28: La souche fongique après 7 jours d'incubation.....	46
Figure 29: La souche fongique après 15 jours d'incubation.....	46
Figure 30: Les pommes témoins	48

Figure 31: Les pommes contaminées avec <i>Penicillium expansum</i>	48
Figure 32: L'huile essentielle de <i>Anacyclus valentinus</i>	49
Figure 33: Les structures chimiques de quelques composés majoritaires de l'huile essentielle de <i>Anacyclus valentinus</i>	50
Figure 34: Les structures chimiques de quelques composés majoritaires de l'huile essentielle de <i>Chrysanthemum coronarium</i>	53

Liste des Tableaux

Tableau 1: Composition biochimique moyenne dans 100 g de pomme	26
Tableau 2: Composition chimique des huiles essentielles des parties aériennes de <i>Anacyclusvalentinus</i>	51
Tableau 3: Compositions chimiques des huiles essentielles des parties aériennes de <i>Chrysanthemum coronarium</i>	54



Introduction



Introduction

La conservation après récolte des fruits est une étape cruciale, souvent difficile, pour les producteurs en agriculture biologique. Selon les années et les variétés, les dégâts des maladies de conservation peuvent atteindre 25% chez les entrepositaires, même dans les pays développés [1,2]. Par exemple plus de 90 espèces de champignons ont été décrites comme responsables de dégâts de conservation sur le fruit de pomme [3].

Pour faire face à cette contrainte, les agriculteurs ont recours souvent à des méthodes simples et peu onéreuses. En raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation des produits chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les moisissures nuisibles [4].

Malheureusement, l'efficacité de ces méthodes est limitée dans le temps et ne s'applique qu'à des quantités réduites. Bien qu'efficaces, les produits chimiques utilisés ont souvent des inconvénients vis-à-vis de l'environnement et de la santé humaine [5]. De même, la persistance de ces résidus toxiques sur les fruits et légumes après traitement et le développement des souches résistantes, à ces composés, présentent la limite de leur emploi [6].

D'où la recherche de nouvelles méthodes de conservation efficace, naturelle et sans danger pour la santé. Cette recherche s'est orientée vers la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles anti-oxydantes et antifongiques pouvant constituer une solution alternative aux produits chimiques dont l'utilisation des huiles essentielles qui est l'une des méthodes écologiques.

Actuellement, un regain d'intérêt est porté sur les huiles essentielles extraites de plantes aromatiques dont certaines sont traditionnellement utilisées par les paysans pour protéger leurs stocks. En outre, les huiles essentielles ont occupé une place très importante dans la vie quotidienne des populations qui les utilisaient autant pour se parfumer, aromatiser la nourriture ou même se soigner [7]. Ce sont des substances naturelles riches en composés antimicrobiens et antioxydants, elles ont été suggérées comme sources alternatives très importante pour augmenter la durée de conservation des produits alimentaires, et pour éviter les pertes post-récolte des fruits pendant le stockage [8].

Lors du processus d'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation, un sous produit se forme à partir de l'eau ayant servi à l'entraînement des composés volatils. Cette eau, appelée "hydrolat", contient en faible quantité des molécules odorantes de la plante ainsi que des composés plus polaires non retrouvés dans l'huile essentielle. Les hydrolats sont

Introduction

considérés la plupart du temps comme un déchet de l'hydrodistillation. Pourtant, certains hydrolats de plantes possèdent des propriétés biologiques et organoleptiques bien souvent différentes de celles de l'huile essentielle correspondante [9]. Ils ont été utilisés dans les industries alimentaires et cosmétiques. Selon certains auteurs, ils sont également utilisés dans l'agriculture biologique contre les champignons, la moisissure et les insectes et pour la fertilisation des sols [10]. Malgré cela, la communauté scientifique ne s'y intéresse que très peu. La composition chimique et les propriétés biologiques des hydrolats constituent donc un sujet de recherche qui reste à explorer.

En effet, la richesse de la flore Algérienne n'est plus à démontrer [11]. De plus, l'Ouest Algérien avec son climat méditerranéen et la nature de ses sols, possède une flore très riche en plantes aromatique et médicinales, plus précisément la région de Tlemcen qui possède une flore abondante contenant de nombreuses espèces aromatiques, susceptibles de fournir des huiles essentielles, mais peu valorisée d'un point de vue potentiel chimique et biologique.

C'est dans ce contexte-là que s'inscrit le présent travail. Il vise le développement de la filière des plantes aromatiques comme méthode de lutte biologique naturelle contre diverses maladies fongiques. En plus c'est une étude préliminaire qui a pour but d'évaluer la synergie entre les huiles essentielles choisies.

Dans ce travail, deux grands volets ont été développés:

- ❖ Le premier volet chimique, qui consiste à la caractérisation de la composition chimique des huiles essentielles et des extraits des hydrolats des trois plantes de l'Ouest Algérien, il s'agit de: *Chrysanthemum coronarium*, *Anacyclus valentinus*, et *Carthamus caeruleus*.
- ❖ Le deuxième volet biologique basé sur la valorisation de ces extraits par l'étude des activités antifongiques in vivo sur le fruit de pomme, des huiles essentielles et des hydrolats des plantes étudiées, en plus de l'effet synergique de ces derniers.

Ce mémoire se subdivise comme suit:

Un premier chapitre qui illustre une recherche bibliographique consacré aux huiles essentielles (HEs), et aux hydrolats des trois plantes étudiées, ainsi qu'à leurs activités biologiques, et aux différentes maladies fongiques des fruits des pommes.

Un deuxième chapitre, qui consiste à détailler le matériel et les méthodes utilisés dans notre travail.

Introduction

Et enfin **un troisième chapitre** qui présentera les résultats obtenus sur la composition des huiles essentielles, et aussi celles de l'étude de leurs activités antifongiques in vivo sur les pommes, ainsi de l'effet synergique de ces extraits sur le fruit de pomme.



Synthèse Bibliographique



I. Généralités sur les Astéracées

Le mot « Aster » du grec signifie étoile, en relation avec la forme de la fleur [12]. Les Astéracées (Asteraceae) sont une vaste famille de plantes dicotylédones. En effet, chez ces plantes ce qu'on remarque à première vue se sont des «fleurs» composés de fleurs minuscules, réunies en inflorescences appelées capitules. La famille des Astéracées est une importante famille qui comprend près de 23000 espèces [13] réparties en 1500 genres décrites dont 750 endémiques.

En Algérie, il existe 111 genres et 638 espèces [14]. Les plantes de cette famille poussant généralement dans les zones tempérées sont le plus souvent des herbacées, rarement arbustives, arborées ou rampantes [15].

Cette vaste famille est importante économiquement, fournissant des plantes alimentaires (laitues, endives, artichauts...), des plantes utilisées en thérapeutique et aussi en cosmétologie (armoise, arnica, camomille...) [16].



Figure 1 : Les astéracées

II. Monographie des plantes étudiées

II.1. *Anacyclus valentinus*

II.1.1. Genre *Anacyclus*

Le genre *Anacyclus* regroupe des espèces à capitules composés principalement de fleurs extérieures et de fleurs intérieures tubulées. La principale particularité de ce genre est la présence d'ailes aplaties entourant les fruits et faisant penser à des paires d'oreilles. Ce sont des plantes annuelles, à feuilles alternes embarrassantes, profondément divisées. La tige portant le capitule s'épaissit en dessous de celui-ci. L'involucre est formé de bractées inégales, se recouvrant en partie, ne portant pas d'appendice terminal. Le taxon *Anacyclus*, tel que défini à l'origine par Linné [17].

II.1.2. Classification taxonomique et répartition géographique

La position taxonomique de *Anacyclus valentinus* a été citée dans la flore Fournier (1947) sous le chiffre 3871 et dans la flore Tison et De Foucault (2014) sous le chiffre 0380.

- ❖ **Règne:** *Plantae*
- ❖ **Embranchement:** *Spermaphytes*
- ❖ **Sous-Embranchement:** *Angiospermes*
- ❖ **Classe:** *Dicotyledones*
- ❖ **Sous Classe:** *Gamopetales*
- ❖ **Ordre:** *Asterales*
- ❖ **Famille:** *Astéracées*
- ❖ **Genre :** *Anacyclus*
- ❖ **Espèce :** *A. valentinus L.*

La dénomination de cette plante diffère d'un pays à l'autre. Elle est nommée en:

- **France:** Anacycle de Valence.
- **Italie:** Aomilla de Valencia.
- **Espagne:** manzanilla corda.
- **En Algérie,** la plante est connue sous le nom vernaculaire « Guertoufa »

Anacyclus valentinus est commune dans le bassin méditerranéen et en Afrique septentrionale . Elle germe spontanément sur les sols argileux des lieux incultes et sur les bords des chemins dans les Pyrénées [18].

Les noms communs et vernaculaires:

- **Nom arabe:** Oued el athas, agargarha, tigenhas, ignens et Guenthus سطرثف
- **Nom français:** Pyrèthre d'Afrique
- **Nom anglais:** Pellitory

II.1.3. Aspects botaniques

La principale caractéristique du genre *Anacyclus* est la présence d'ailes aplaties entourant les fruits. L'espèce qui a fait l'objet de notre travail, dont la floraison est entre Juin – Août est une plante annuelle, à tige de 10 à 40 cm de hauteur, dressée et plus ou moins velue. Cette dernière, en s'épaississant au sommet, porte un capitule hémisphérique à fleur jaune toute tubuleuse. Les feuilles de la plante sont bipennatiséquées à lobes étroits mucronulés et les fruits sont des akènes [19].



Figure 2: *Anacyclus valentinus*

II.1.4. Aspects phytochimiques

Le genre *Anacyclus* a fait l'objet de quelques investigations chimiques, signalant la présence de plusieurs types de métabolites secondaires à savoir les triterpènes, les stéroïdes, les coumarines, les lignanes, les polyacétylènes (alkamides) et les flavonoïdes [20].

Cependant, *Anacyclus valentinus* est l'espèce la moins étudiée parmi celles du genre *Anacyclus*. En effet, Harald et coll [20] ont pu isoler à partir des feuilles de cette plante trois types de flavonoïdes: Lutéoline-7-glucoside, 7-rhamnosylglucoside, quercétine-7 glucoside.

II.1.5. Aspects pharmacologiques

Les espèces appartenant au genre *Anacyclus* ont fourni de nombreuses propriétés tels que l'effet insecticide [21], antibactérien et antifongique [22]. Chez la population autochtone, *Anacyclus valentinus* est souvent usité dans les préparations culinaires, mais elle est également administrée pour les maux d'estomac [19].

Les travaux réalisés par Hocine et coll en 2006 et par Ata et coll en 2007, sur l'huile essentielle de cette espèce ont prouvé son activité antimicrobienne contre les bactéries (*Escherichia coli*, *Staphylocoques aureus* et *Aspergillus Sp*). D'autres travaux montrent son effet antidiabétique [23]. La plante possède également le pouvoir de solubiliser le cholestérol [24].

II.1.6. L'utilisation traditionnelle de *Anacyclus valentinus*

L'utilisation traditionnelle de cette plante dans le traitement de quelques maladies infectieuses et l'incidence des infections mycosiques par utilisation des feuilles [20].

II.2. *Chrysanthemum coronarium*

II.2.1. Le genre *Chrysanthemum*

Le genre *Chrysanthemum* appartenant à la famille des composées (Astéracées), sous famille tubiflore et tribu anthémideae [11]. Le nom chrysanthème combine les mots grecs chrysos, or, et anthemon, fleur [25], Ce genre est apparu la première fois en 1694 dans l'ouvrage du botaniste français Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708): « Éléments de Botanique ». En 1753, le botaniste suédois Carl von par Linné (1707-1778), l'a repris dans sa classification binominale qui reste valide aujourd'hui [11]. Ce genre compte plus de 300 espèces dans le monde [26].

En Algérie, elle compte environ 20 espèces [11]. Les chrysanthèmes sont des plantes ornementales très appréciées pour leurs belles floraisons automnales. Elles sont cultivées depuis fort longtemps, notamment en Chine où on les connaît depuis trois siècles avant J.C. De nos jours, on peut trouver de nombreux cultivars de *chrysanthèmes* [27]. Les fleurs présentent une grande diversité de formes: fleurs simples, doubles, en pompons, ainsi qu'une grande palette de couleurs: blanc, jaune, bronze, rose, mauve, rouge, violet...

Les noms communs et vernaculaires:

- **Nom arabe:** El Oqhouan,
- **Nom français:** Chrysanthème.
- **Nom anglais:** *Chrysanthemum*.



Figure 3: Types de fleurs de *Chrysanthemum*

II.2.2. Classification taxonomique et répartition géographique [11]

- ❖ **Règne:** Plantae
- ❖ **Sous-Règne:** Trachebionta
- ❖ **Division:** Magnoliophyta
- ❖ **Classe:** Asteridae
- ❖ **Ordre:** Asterales
- ❖ **Famille:** Astéracées.
- ❖ **Genre:** *Chrysanthemum*
- ❖ **Espèce:** *Chrysanthemum coronarium*

La dénomination de cette plante diffère d'un pays à l'autre. Elle est nommée en:

- **France:** Chrysanthème des jardins.
- **Arabe:** Mourara ou Rezaima. [11].

Le genre *Chrysanthème* est largement répandu dans le monde entier à cause de ses propriétés ornementales et cosmopolites, elle est souvent cultivée dans les jardins pour ses qualités décoratives en variétés de couleurs [26].

Synthèse Bibliographique

Le *Chrysanthème* est distribué dans deux centres principaux, l'un dans la région méditerranéenne, l'autre en Chine et Japon.

En Algérie, le genre comprend 20 espèces dont 8 endémiques. *Chrysanthemum coronarium* est une mauvaise herbe herbacée annuelle, largement distribuée dans la région méditerranéenne, le Japon, la Chine et les Philippines, il a de grands capitules, généralement bicolores blanc et jaune. L'espèce est une plante ornementale [28].

II.2.3. Aspects botaniques

Les *Chrysanthèmes* sont des plantes annuelles vivaces originaires des régions tempérées et subtropicales de l'hémisphère, de 20 à 120 cm de haut, à tiges dressées. Les feuilles sont divisées en lanières étroites un peu charnues, les capitules sont à fleurs centrales jaunes et agrandis et à fleurs ligulées jaunes, blanches, orangés ou pourprés. L'involucre de bractée possède des écailles à marge membraneuses très larges, à chaînes de deux sortes, les extrêmes différentes de celles du centre du capitule. Les fruits sont des akènes de 2-3 mm munis de 5-10 côtes [11].



Figure 4: *Chrysanthemum coronarium*

II.2.4. Aspects phytochimiques

Le genre *Chrysanthemum* est caractérisé par une diversité structurale en métabolites secondaires riche en composés de types: terpéniques, flavonoïdes, stéroïdes, coumarines, Pyréthrine, purines, lipides et en composés aliphatiques [26].

II.2.5. Aspects pharmacologiques

Synthèse Bibliographique

Le *Chrysanthème* fut d'abord apprécié en Chine comme plante médicinale. Il est classé dans la plus ancienne matière médicale chinoise, ce genre est souvent consommé en Chine sous forme de tisane rafraîchissante, il possède des vertus calmantes et antiseptiques, combat les symptômes liés à l'hypertension artérielle [29]. Certaines espèces du genre *Chrysanthemum* sont utilisées en médecine traditionnelle populaire pour guérir bon nombre de maladies.

Selon [28], *Chrysanthemum coronarium* a des propriétés médicinales; les feuilles sont expectorantes et stomachiques, tandis que les fleurs sont stomachiques, cette plante est utilisée contre la constipation, efficace dans la lutte contre les nématodes et protège les plantes contre les chenilles.

Chrysanthemum coronarium a été appliqué au sol comme engrais vert pour contrôler les nématodes à galles *Meloido gynecognita*. *Chrysanthemum coronarium* a significativement réduit l'infection par les nématodes des racines de tomate et amélioré la conservation des fruits à la fois en serre et en micro parcelles.

II.2.6. L'utilisation traditionnelle

En Tunisie, une enquête menée dans le milieu urbain a montré que le *Chrysanthème* est essentiellement utilisé pour les maladies hépatiques et biliaires [30]. Il est également utilisé contre l'ictère, l'asthme, l'essoufflement, les brûlures des vomissements chroniques, stomachique vermifuge, la diarrhée, les contusions, les blessures, les plaies simples, la fièvre, et traitement pour des sueurs nocturnes et toutes les violations de la surface de la peau [31].

II.3. *Carthamus caeruleus*

II.3.1. Le genre *Carthamus*

Le genre botanique *Carthamus* fait partie de la famille Astéracées. Le mot « carthame » découle du mot arabe « Kurthum » qui signifie « teinte », c'est un membre de la tribu des cynarées [32], le genre *Carthamus* comprend environ 29 espèces qui se rencontrent en région méditerranéenne, jusqu'en Asie. Ce sont des plantes annuelles ou vivaces, le plus souvent très épineuses [33].

II.3.2. Classification botanique [11]

Règne: Planta

Embranchement: Spermaphytes

Sous embranchement: Angiospermes

Synthèse Bibliographique

Classe: Dicotylédones

Ordre: Asterales

Famille: Astéracées

Sous famille: Carduoideae

Genre: *Carthamus*

Espèce: *Carthamus caeruleus L*

Synonyme: *Carthamus caeruleus L / Carduncellus caeruleus L / Kentrophyllum*

• **Nom arabe:** Merghres Ghers, Kenjdar, Gergaa, Qartum.

La *Carthamus caeruleus* est une espèce peu commune que l'on peut rencontrer dans les terrains maigres. Elle préfère les lieux secs et ensoleillés du bassin méditerranéen. Elle est originaire du Sud-Ouest de l'Asie [33], elle est répandue dans le reste de l'Asie, en Afrique du nord (Algérie, Maroc, Tunisie, Libye), en Australie, les deux Amériques ainsi qu'en Europe (Grèce, Italie, France, Portugal, Espagne) [34]. En Algérie, elle est retrouvée en particulier dans le Tell oranais et dans les piémonts Sud Babors [32].

II.3.3. Aspects botaniques

Carthamus caeruleus est connue sous le nom La carduncelle bleue, est une plante vivace annuelle ou bisannuelle à tige ascendante simple ou très peu rameuse de 0,2 m à 0,6 m, glabre dressée et velue [11,33]. Son Rhizome est composé de racine principale qui évolue horizontalement et des racines secondaires sortent de racine principale évoluent verticalement. [35] (Figure 5 (a)). Sa tige est simple mesure environ 30 à 60 cm, non ramifiées, et n'ont pas des ailes. [35] (Figure 5 (b)).

Les feuilles sont glabres ou pubescentes, fortement nervées, à contour ovale ou lancéolé. Les feuilles inférieures sont pétiolées, dentées ou lyrées – pennatifides. Alors que les supérieures sont sessiles amplexicaules ou dentées–épineuses. [33] (Figure 5 (c)). Les fleurs sont bleues violets, en capitules terminaux solitaires, Elles ont une corolle tubuleuse que prolongent 5 dents à valeur de court de lobes sommitaux [33]. (Figure 5 (d)). Les akènes sont des fruits nettement plus courts que l'aigrette de 1cm de long [34], les grains sont ex albuminées [11] (Figure 5 (e)).

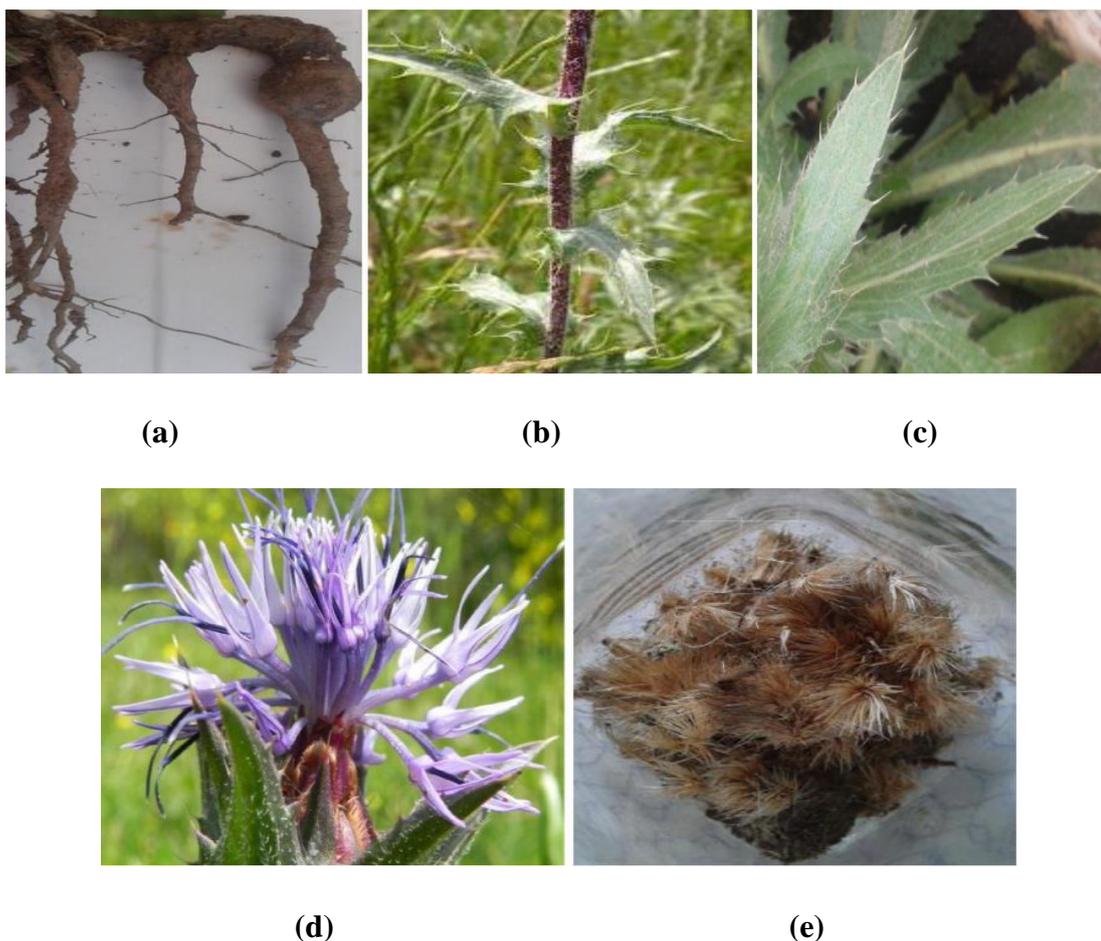


Figure 5: Différents partie de *Carthamus caeruleus*L: (a): Racine; (b):Tige; (c): Feuille; (d) : Fleur; (e): Fruits (photos réel prise dans la nature). Photos original.

II.3.4. Aspects phytochimiques

L'enquête phytochimique sur le genre *Carthamus* a révélé la présence de plusieurs composés bioactifs tels que le carthamine, le carthamone, le caryophyllène, le décane, le décane, le P-cymène, le quinochalcone, le tinctormine de *C. tinctorius* [36], des acides, des flavonoïdes, des glycosides et des sérotonines de *C. lanatus*.

II.3.5. Aspects pharmacologiques

En corrélation avec leur usage traditionnel, deux études ont été menées afin de confirmer les effets pharmacologiques de *Carthamus caeruleus* L. La première menée en 2010 par Baghiani et coll [37] qui ont démontré une forte activité antioxydant, ainsi des études faites par [38] indique que les racines de *Carthamus caeruleus* L active le phénomène de cicatrisation en cas de brûlures à différents degrés.

II.3.6. L'utilisation traditionnelle

Synthèse Bibliographique

L'utilisation de *Carthamus caeruleus* L est répandue en Algérie, les études ethnobotaniques sur *Carthamus caeruleus* ont montré que la majorité de la population locale (74,98%) utilisent les racines de cette plante pour la guérison des brûlures de divers degrés [38]. La partie utilisable est le rhizome, sous forme de poudre ou de crème préparée dans l'eau, ou dans le lait.

Des rhizomes frais du *Carthamus caeruleus*. L sont utilisés pour préparer la crème traditionnelle ; les rhizomes sont nettoyés, épluchés et coupe dans de petits morceaux et bouillis dans l'eau pendant 12 heures. Ils sont refroidis, ensuite filtrés, pour obtenir la crème qui est prêt pour l'utilisation [38].

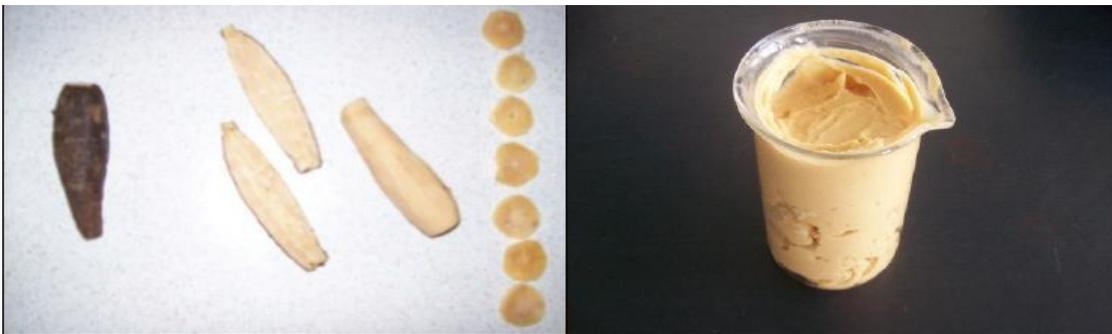


Figure 6: La crème traditionnelle issue de rhizome de *Carthamus caeruleus*



Figure 7: Les poudres de rhizome de *Carthamus caeruleus*

III. Huiles Essentielles

III.1. Historique

Depuis le temps, le règne végétal a offert à l'homme des ressources naturelles pour son alimentation, son hygiène et sa santé. Ainsi, les parfums de ces mêmes végétaux sont reliés à des rites mystiques, artistiques et esthétiques.

Synthèse Bibliographique

Déjà, en chine, l'Empereur Chen Nong (2800 av J-C), médecin érudit, consigne son savoir relatif aux plante médicinales dans un livre, le Pen Ts'ao, qui recense plus de 1000 plantes médicinales utile [39].

Il paraîtrait que ce sont les Egyptiens, dont l'histoire remonte à plus de 4000 ans qui furent les premiers à tirer parti du règne végétal dans un souci esthétique et spirituel.

Plus tard la civilisation Arabe dont Bagdad, Bassora et Damas étaient les centres commerciaux les plus essentiels, ils ont développé le commerce des épices et des aromates et ils ont donné une grande impulsion à l'Art de distillation.

C'est Gerber (721-815) le premier qui a impliqué de façon écrite la description de la distillation.

L'alambic est incontestablement relié à Avicenne (930-1037), tout comme le Giovannil-Baptista Della Porta (1540-1615), dans son célèbre ouvrage "De destillatione" parut en 1567, indique les connaissances avancées des arabes dans le contexte de la distillation.

Parmi les premiers chercheurs qui ont décrit les huiles essentielles de point de vue chimique [40].

Ce n'est qu'au XXIème siècle que les scientifiques entreprendront à s'intéresser au domaine de l'aromathérapie qui est devenue par la suite une source importante.

En 1928, René-Maurice Gatte Fossé chimiste Français publie un ouvrage "aromathérapie" décrivant la relation entre la structure biochimique de l'huile essentielle et son activité antimicrobienne.

En 1929, Sevelinge un pharmacien en France, étudia les huiles essentielles en médecine vétérinaire et confirma le potentiel antimicrobien élevé de ces substances aromatiques.

En 1975, Franchomme en France, aromatologue mis en évidence l'importance du chémotype (ou race chimique de l'espèce) [41].

L'ère industriel a pris peu le pas sur un empirisme et développa ainsi de nouvelles techniques de distillation.

En compte actuellement 3000 huiles essentielles, parmi ces dernières 300 sont commercialisées dans l'industrie des arômes et de cosmétique.

Synthèse Bibliographique

L'orientation des travaux de recherche vers une nouvelle stratégie d'utilisation des biomolécules issues de substances végétales est pour la simple raison d'avoir une alimentation plus naturelle et saine pour les consommateurs. Toute fois, depuis les cinquante dernières années plusieurs études ont montré des utilisations massives des huiles essentielles dans différents domaines [42].

III.2. Définitions

Les huiles essentielles (HEs) connues également sous le nom d'essences sont selon [43] des substances odorantes, huileuses, volatiles, peu solubles dans l'eau, librement solubles dans l'alcool, l'éther et les huiles végétales, incolores ou jaunâtres et inflammables. Elles sont souvent liquides à température ordinaire, quelques unes sont en partie cristallisées. Cette définition est confirmée par la nouvelle Encyclopédie [44].

L'Association Française de Normalisation [45], a défini les huiles essentielles comme étant: « des produits obtenus soit à partir de matières premières naturelles par distillation à l'eau ou à la vapeur d'eau, soit à partir des fruits de Citrus par des procédés mécaniques et qui sont séparés de la phase aqueuse par des procédés physiques ». Selon la pharmacopée européenne (2008), une huile essentielle est: « Un produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement par la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition ».

D'une manière générale, les huiles essentielles sont des mélanges liquides complexes, odorants et volatils isolés des plantes par hydrodistillation ou par expression mécanique [46]. Ces substances qui sont contenues dans des structures spécialisées (les poils, les canaux sécréteurs et les poches) sont obtenues à partir des fleurs, des feuilles, des fruits, des écorces, de graines, de bourgeons, de brindilles, de bois, de racines ou de rhizomes [47].

III.3. Caractères physicochimiques des huiles essentielles

D'après la définition précédente des HEs [43], ces substances volatiles sont liquides à température ambiante, liposolubles dans les solvants organiques ainsi que dans l'alcool et très peu solubles dans l'eau. Il faut donc impérativement un tensioactif pour permettre leur mise en suspension dans l'eau.

Synthèse Bibliographique

Généralement, elles présentent, une densité inférieure à celle de l'eau et un indice de réfraction élevé. Souvent colorées, les huiles essentielles de cannelle par exemple sont rougeâtres, elles sont jaunes pâle tels que les huiles de sauge sclarée et de romarin.

En effet, sous l'action de l'air et de la lumière les huiles essentielles renferment des composés oxydables. Elles s'altèrent donc en se résinifiant, ce qui entraîne une modification de leur odeur et de leurs constituants physiques et chimiques, rendant ainsi ces substances impropres à la consommation. Par conséquent, leur conservation nécessite de l'obscurité et de l'humidité [48].

Du point de vue chimique, les huiles essentielles sont constituées de molécules à squelette carboné, le nombre d'atomes de carbone étant compris entre 5 et 22 [49]. Leurs composants se regroupent en six classes. On trouve les hydrocarbures (le limonène, pinène), les alcools (le bornéol, linanool, menthol), les esters (le salicylate de méthylique, acétate de linalyle), les aldéhydes (l'aldéhyde benzoïque, citrannal), les cétones (la menthone), et les lactones (la coumarine) [50].

III.4. Composition chimique

Comme toute substance, les huiles essentielles se caractérisent par une composition chimique analysable et très variable. Le nombre de composants isolés est d'environ des milliers et il en reste beaucoup à découvrir. Généralement, ces composés sont classés en deux groupes: le groupe des terpénoïdes (les composés terpéniques) **Figure 8** et le groupe des composés aromatiques dérivés du phényl propane **Figure 8**, qui sont beaucoup moins fréquents. Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils [51].

Synthèse Bibliographique

I. Terpenes

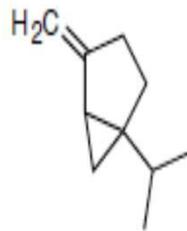
-Monoterpenes

Carbure monocyclic

Cymene ("y") or p.cymene



Sabinene



Carbure bicyclic

Alpha-pinene

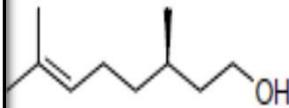


Betapinene

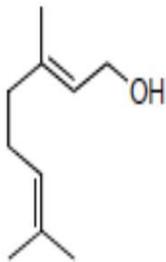


Alcohol acyclic

Citronellol

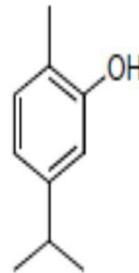


Geraniol

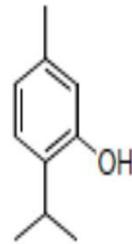


Phenol

Carvacrol



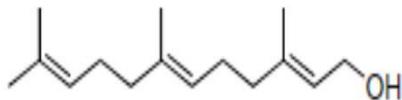
Thymol



-Sesquiterpenes

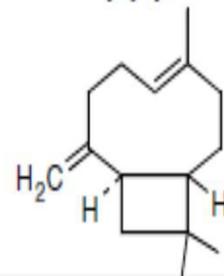
Carbure

Farnesol



Alcohol

Caryophyllene



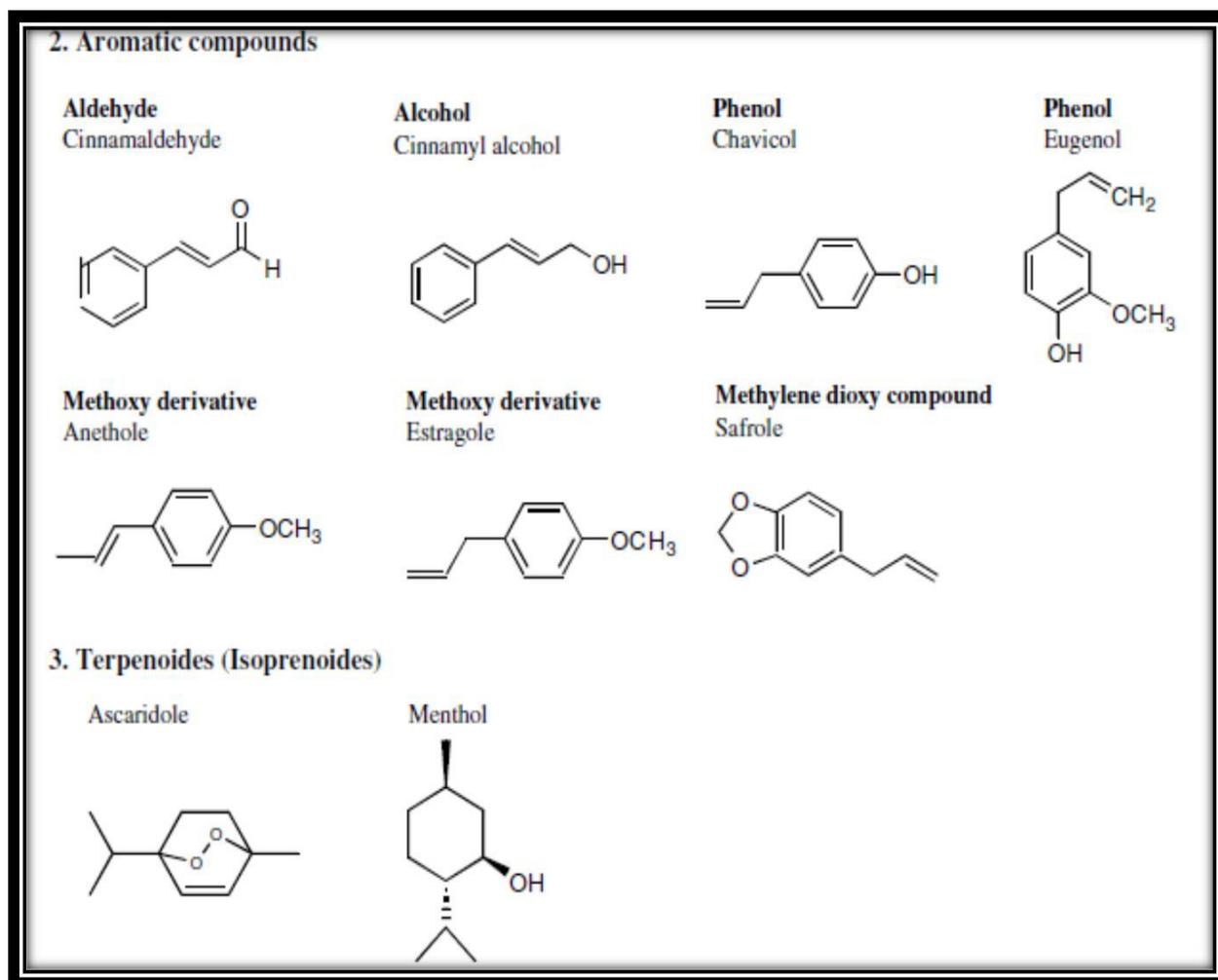


Figure 8: Structure chimique de quelques composés des huiles essentielles

III.5. Activités biologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont été mise en place dans plusieurs domaines, l'aromathérapie, la pharmacie, la parfumerie, la cosmétique et la conservation des aliments. Leur utilisation est associée à leur large spectre d'activités biologiques [52].

Une grande variété de plantes aromatiques comme l'origan, thym, sauge, romarin, clou de girofle sont utilisées comme additif alimentaires. Leurs huiles essentielles ont la même spécificité, c'est la présence des composés phénoliques comme l'eugénol, le thymol et le carvacrol qui possèdent une forte activité antibactérienne.

Le carvacrol qui ne présente aucune toxicité, est utilisé comme conservateur et arôme alimentaire dans les boissons, friandises et autres préparations. Le thymol principe actif des rince-bouches et l'eugénol utilisé aussi dans les produits cosmétiques, alimentaires, et dentaires.

Synthèse Bibliographique

Un groupe de chercheurs ont montré aussi que ces composés ont donné une bonne activité antimicrobienne contre plusieurs bactéries: *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Clostridium jejuni*, *Lactobacillus sake*, *Staphylococcus aureus* et *Helicobacter pylori* [53]. D'autres familles de composés comme les alcools, les aldéhydes et les cétones monoterpéniques (géraniol, linalool, menthol, terpinéol, thujanol, myrcénol, citronellal, néral, thujone, camphre, carvone, etc.), des phénylpropanes (cinnamaldéhyde) et des monoterpènes (γ -terpinène, p-cymène) présentent aussi des propriétés antibactériennes intéressantes [54].

Dans ce domaine plusieurs chercheurs à travers le monde, étudient leurs utilisations en tant qu'agent de conservation puisqu'ils ont des propriétés très importantes comme aromatisants naturels dans les industries alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques [54]. La plupart de ces composés sont de très bons fongicides. Parmi eux le thymol, le carvacrol et l'eugénol qui ont été testé vis-à-vis d'une large gamme de champignons: *Candida* (*C. albicans*), *Aspergillus* (*A. niger*, *A. flavus*, *A. fumigatus*), *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum* et d'autres [55].

➤ **Activité antifongique**

Les moisissures sont avant tout connues pour leurs effets d'altération des denrées alimentaires, par exemple les fruits. Dans la chaîne alimentaire, les moisissures assurent le rôle de décomposeurs naturels. La plupart des moisissures sont hétérotrophes, c'est-à-dire que ces organismes fondent leur développement sur l'assimilation des composés organiques produits par d'autres espèces. Afin d'assurer une protection contre ces champignons, les huiles essentielles sont utilisées comme source alternative de protection naturelle dans le secteur agro-alimentaire [56].

III.6. Le rôle des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des résidus du processus du métabolisme de la plante. Beaucoup des plantes produisent les huiles essentielles en tant que métabolites secondaires, mais leurs rôles exacte dans les processus de la vie de la plante est inconnu [57].

Les huiles essentielles jouent un rôle écologique important dans les interactions végétale et végétale-animale. Elles contribuent à l'équilibre des écosystèmes, attirent les pollinisateurs, protègent les végétaux contre les herbivores, les rongeurs, les nématodes et les champignons phyto-pathogènes. En effet, cette auto-défense est liée à la présence des monoterpènes [58].

Synthèse Bibliographique

D'autre part, En agroalimentaire ces substances bioactives pourraient donc être utilisées comme agents de protection contre les microorganismes envahissant les denrées alimentaires [46]. Elles sont utilisées aussi pour aromatiser certains produits (gâteaux, chewing-gum, bonbons...). Diverses industries utilisent également les HEs, pour la fabrication des produits cosmétiques, des adhésifs (colle, scotch ...) et des sprays insecticides [46].

À côté de toutes ces fonctions, les huiles essentielles présentent aussi des intérêts pharmaceutiques, par leurs propriétés antiseptiques, antispasmodiques, diurétiques, sédatives, cicatrisantes, etc... [59].

III.7. La toxicité des huiles essentielles

De nombreux ouvrages font référence à la toxicité de nombreux produits sur le marché; la plupart du temps; sous le terme de toxicité sont décrites des données expérimentales accumulées en vue d'évaluer le risque que présente leur emploi [60].

Les HEs sont des molécules actives. Elles peuvent avoir de graves effets secondaires. Il est important de respecter la posologie et la durée de la prise. Parmi ces effets, citons: des allergisants ou hyper sensibilisants, photo sensibilisants dus aux furocoumarines, neurotoxiques dus aux cétones, néphrotoxiques dus aux terpènes majoritaires dans l'huile essentielle de Térébenthine et des rameaux de Genévrier, hépatotoxiques dus aux phénols pris pendant des laps de temps trop importants ou à doses massives. L'eugénol, qui est l'un des composants du Thym est hépatotoxique. Chez l'enfant, 10 ml eugénol peut conduire à une insuffisance rénale. Il a été démontré aussi que le linalool, l'un des constituants d'une autre espèce de thym, est cytotoxique pour les cellules de la peau humaine [61].

En règle générale, les huiles essentielles ont une toxicité aiguë par voie orale faible ou très faible: la majorité des huiles qui sont couramment utilisées ont une dose létale (DL_{50}) comprise entre 2 et 5 g/kg (Anis, Eucalyptus, Girofle...etc.) ou, ce qui est le plus fréquent, supérieure à 5 g/kg (Camomille, Lavande...etc.). D'autres, une quinzaine, ont une DL_{50} comprise entre 1 et 2 g/kg : Basilic, Estragon, Hysopé (1,5 ml/kg). Les plus toxiques sont les huiles essentielles de Boldo (0,13 g/kg; convulsions apparaissant dès 0,07 g/kg), de Chénopode (0,25 g/kg), de Thuya (0,83 g/kg), ainsi que l'essence de moutarde (0,34 g/kg) [62].

- Toutes les substances à base de plantes médicinales ont une ou plusieurs vertus particulières. Grâce à sa situation géographique et à son climat varié, l'Algérie de l'Est à

l'Ouest et du Nord méditerranéen au Sud Saharien bénéficie d'une gamme d'espèces végétales diversifiée et riche en matières actives.

III.8. La conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles doivent être conservées dans des flacons opaques et fermés hermétiquement à cause de leur évaporation rapide, leur sensibilité à l'air et à la lumière [63].

IV. Hydrolat

IV.1. Définitions

L'hydrolat est un sous-produit de l'huile essentielle obtenu lors de l'hydrodistillation de la matière végétale. C'est un mélange complexe de composés hydrosolubles, qui contient des traces d'huile essentielle. Les hydrolats, appelés eau aromatique ou florale sont utilisés dans les préparations cosmétiques et les boissons.

Il est important de noter que chaque goutte d'hydrolat contient toutes les informations de la plante, et que l'hydrolat est plus riche en principes actifs volatils que l'infusé de la même plante. L'hydrolat a un parfum et un goût plus ou moins prononcé mais beaucoup moins concentré qu'une huile essentielle.

Les hydrolats sont extrêmement sensibles aux développements des bactéries à cause de leur faible teneur en huile essentielle et à la présence de particules végétales, raisons pour les quelles, ils ne se conservent pas longtemps, (de 12 à 24 mois). Il faut donc impérativement les conserver à l'abri de la lumière dans des flacons opaques, à l'abri de la chaleur, et à l'abri des variations de température [64].

IV.2. Compositions des hydrolats

En règle générale, les hydrolats sont riches en composés oxygénés hydrophiles alors que les composés lipophiles comme les hydrocarbures terpéniques sont la plupart du temps absents. On y trouve souvent des petites quantités d'acides organiques volatiles, ce qui implique que les hydrolats sont habituellement à pH acide.

La composition de l'hydrolat est différente de celle de l'huile essentielle: il contient une infime portion des composants de l'huile essentielle et surtout tous les composés hydrosolubles de la plante (qui ne se retrouvent pas ou peu dans l'huile essentielle) [65].

IV.3. Les activités biologiques et antifongiques des hydrolats

Les études concernant l'activité biologique des hydrolats ne sont pas nombreuses en comparaison avec celles des huiles essentielles. Malgré la similitude chimique entre les

Synthèse Bibliographique

hydrolats et les huiles essentielles correspondantes, Carlini et coll (1983) ont montrés que l'effet psychopharmacologique de l'hydrolat obtenu des graines de *Licaria puchury-major* n'a aucune relation avec celui l'huile essentielle correspondante [66].

Un groupe de chercheurs en Turquie [67] ont étudiés les activités antifongiques in vitro des hydrolats de cinq épices (echinophore, cumin, sarriette, basilic et romarin) contre des souches de champignons phytopathogènes (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Alternaria citri* et *Botrytis cinerea*) [68].

Actuellement, les hydrolats sont largement utiliser en aromathérapie comme compléments d'une thérapie par les huiles essentielles. Les hydrolats contiennent une faible quantité en principes actifs automatiquement une faible toxicité par rapport à huiles essentielles, malgré cela ils présentent certaines activités biologiques intéressantes [9].

➤ **Activité antifongique**

Les activités antifongiques des hydrolats de cinq épices (romarin, cumin, sarriette, echinophore et basilic) ont été évalués in vitro sur des espèces de champignons phytopathogènes (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum f. sp. tulipae*, *Botrytis cinerea* et *Alternaria citri*) par des chercheurs de l'Université de Selcuk en Turquie [68]. L'hydrolat de sarriette (*Satureja hortensis*) a montré l'activité antifongique la plus intéressante sur l'ensemble des champignons testés suivi de l'hydrolat d'echinophore (*Echinophoratenui folia*) puis de cumin (*Cuminum cyminum*). Dans une seconde étude, ces chercheurs se sont penchés plus précisément sur l'inhibition de la croissance mycélienne des champignons pathogènes (*Alternaria mali Roberts* et *Botrytis cinerea*) en présence de l'huile essentielle et de l'hydrolat de sarriette [68].

Cependant, l'hydrolat inhibait beaucoup plus fortement la prolifération comparativement à l'huile essentielle. Cela montre bien l'originalité des hydrolats par rapport aux huiles essentielles. Comme précédemment, cette étude suggère que ces hydrolats pourraient être exploités dans certains secteurs comme l'agro-alimentaire, la cosmétique et comme agents antifongiques naturels.

Les hydrolats sont donc largement utiliser actuellement en aromathérapie en compléments d'une thérapie par les huiles essentielles. Les hydrolats contiennent une faible quantité en principes actifs automatiquement une faible toxicité par rapport aux huiles essentielles, malgré cela ils présentent certaines activités pharmacologiques et biologiques intéressantes. Malgré cela les chercheurs s'intéressent peu aux hydrolats et à leurs activités thérapeutiques.

Par conséquent, il existe peu de travaux dans ce domaine.

- Suzanne Catty, aromathérapeute qui a travaillé dans le domaine de « l'hydrolathérapie », a publié, une liste d'hydrolats et leurs propriétés thérapeutiques dans son livre paru en 2001 « Hydrosols, The Next Aromatherapy » [9].

V. Valorisation des huiles essentielles et des hydrolats

Au cours de ces dernières années, les préférences des consommateurs se tournent vers des aliments qui contiennent des niveaux inférieurs de conservateurs chimiques et présentent des caractéristiques plus fraîches et naturelles.

Le problème alimentaire est le plus urgent, le plus permanent et le plus contraignant que toutes les sociétés ont à résoudre. Le stockage et ses modalités, sont un élément déterminant des stratégies possibles, et l'un de ceux sur lesquels le milieu physique fait peser les contraintes les plus lourdes [54].

Les huiles essentielles et même les hydrolats ont beaucoup d'intérêt comme source potentielle de molécules naturelles bioactives [46].

V.1. Le pommier

La pomme domestique « Malus », de l'espèce « *Malus domestica* » appartient à la famille des « Rosacées ». Ces nombreuses variétés sont classées en deux grandes catégories : les pommes à couteau ou de table, douces, qui sont consommées en leur état ou en conserves, et les pommes à cidre qui sont des variétés généralement plus anciennes et à fruits plus acides [69].

Les arbres de pommier sont hermaphrodites et peuvent mesurer jusqu'à douze mètres de haut. Les feuilles sont alternes, stipulées et caduques. Les fleurs sont régulières, pentamériques à symétrie rayonnée de couleur blanc-rosée. Elles sont généralement disposées en corymbe terminal de cinq fleurs et la floraison dure de 10 à 15 jours. La pomme est un faux-fruit et plus particulièrement un fruit composite puisqu'il est issu de l'ovaire, de la base des pièces florales et du réceptacle. C'est un fruit climactérique dont la maturation est dépendante de l'éthylène. On distingue trois structures: l'épiderme (la peau), le mésocarpe (la chair) et l'endocarpe qui contient les pépins (le trognon) [70].

V.1.1. Position systématique

Le pommier est classé comme suit [71]:

- **Embranchement:** Spermaphytes

Synthèse Bibliographique

- **Sous Embranchement:** Angiospermes
- **Classe:** Dicotylédones
- **Sous Classe:** Dialypétales
- **Ordre:** Rosales
- **Famille:** Rosacées
- **Sous Famille:** Maloïdeae
- **Genre:** *Malus*
- **Espèce:** *Malus domestica* (Borkh.), *Malus pumila* (Lamarck), *Malus communis* (Mill).

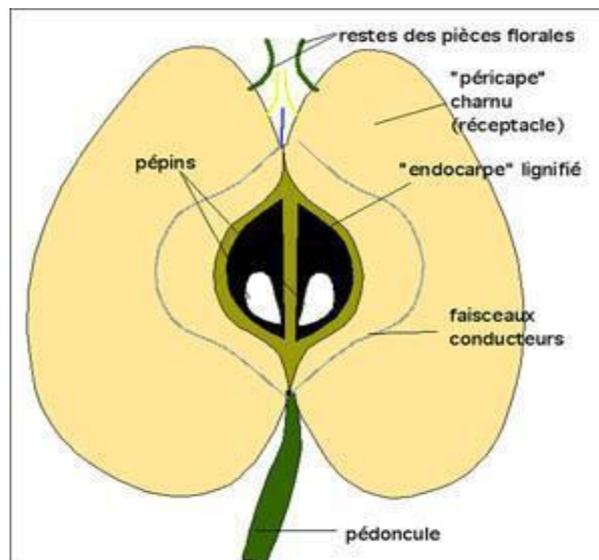


Figure 9: Coupe transversale de pomme

V.1.2. Caractéristiques

Le poids moyen des pommes est de 100 à 300 g, selon les conditions de culture.

La composition physique moyenne de la pomme est constituée de 3 à 4% de peau de queue et trognon 8 à 10% et de pulpe 89 à 86 % [69].

✚ Les variétés de pomme

Parmi ces variétés on distingue Golden Délicious, Granny Smith ,Straking Délicious

✚ Composition biochimique

La composition biochimique moyenne de la pomme est représentée dans le **Tableau 1** suivant:

Synthèse Bibliographique

Tableau 1: Composition biochimique moyenne dans 100 g de pomme [72].

Constituant	Teneur moyenne	Constituant	Teneur moyenne
Eau (g)	85,3	Cuivre (mg)	0,0402
Protéines (g)	0,31	Beta-Carotène (µg)	37,5
Glucides (g)	11 ,3	Vitamine E (mg)	0,59
Lipides (g)	0,162	Vitamine K1 (µg)	2,8
Sucres (g)	11,3	Vitamine C (mg)	6,45
Fibres (g)	1,95	Vitamine B1 (mg)	0,035
Sodium (mg)	2,01	Vitamine B2 (mg)	0,025
Magnésium (mg)	6,08	Vitamine B3 (mg)	0,1
Phosphore (mg)	10	Vitamine B5 (mg)	0,1
Calcium (mg)	5,12	Vitamine B9 (µg)	3,86

Production mondiale

La figure 12 ci-après montre que la production de la pomme est pratiquement marquée par un grand progrès durant ces cinq dernières années [73].

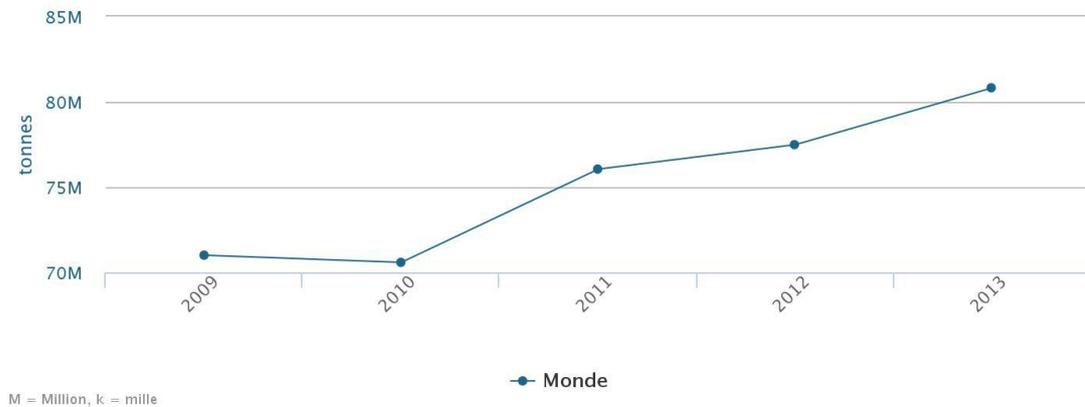


Figure 10: Evolution de la production mondiale de pomme

La production nationale

La production nationale en pomme durant la période 2009 à 2013 est illustrée par figure [73].

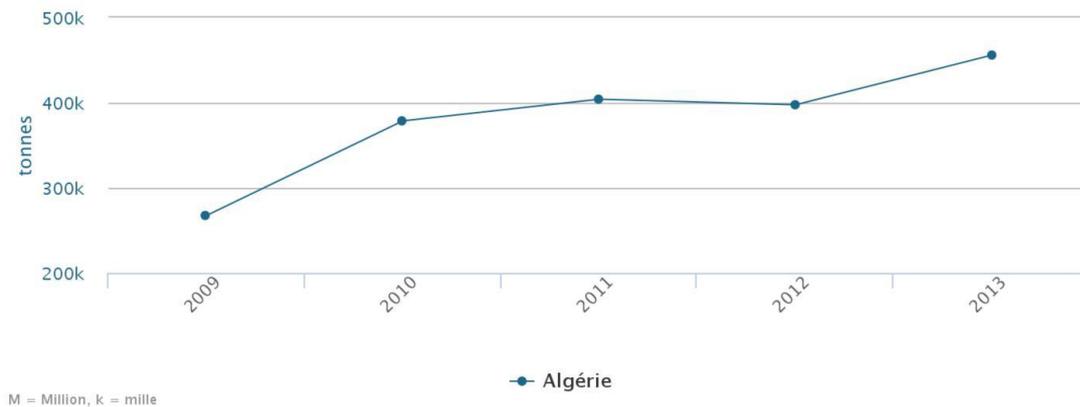


Figure 11: Evolution de la production nationale de pomme.

V.2. Application aux fruits des pommes

Les pourritures des fruits au cours du stockage sont généralement attribuées à une dégradation pathologique due à des champignons, des infections bactériennes, des moustiques et des lésions physiopathologiques après la récolte [74].

a) Les principaux ennemis et maladies du pommier

Le pommier est un sujet à plusieurs attaques de maladies et ravageurs qui occasionnent des dégâts importants. Selon les saisons et les conditions de culture, les pommes sont exposées à différentes affections qui peuvent être d'origine physiologique, souvent liées au froid, ou d'origine parasitaire, pour l'essentiel des maladies fongiques.

Les différentes maladies des pommes peuvent anéantir les récoltes en absence de lutte efficace [74].

✚ Maladies de conservation

La conservation après récolte des pommes est une étape cruciale [1]. D'après les statistiques, les maladies de conservation des pommes provoquent des pertes post-récolte allant de 5 à 20% [75]. Les moisissures entraînent pendant la conservation des pommes des pertes pouvant atteindre la moitié de la récolte. Les champignons responsables de ces pathologies sont soit des champignons pénétrant dans le fruit par des portes d'entrées naturelles (parasites latents), soit des champignons pénétrant dans les fruits par des blessures (parasites de blessures) [76].

✓ Les parasites latents

Ces parasites transpercent par lenticelle, œil, pédoncule. Ils se développent après une phase de latence. La contamination se fait principalement en vergers à la faveur des pluies qui dispersent les spores [76].

Synthèse Bibliographique

✓ *Cylindrocarpon mali*:

C'est un parasite latent, lenticulaire ou oculaire qui peut être fréquent sur les fruits issus de vergers où l'on trouve le chancre. Les chancres sont à l'origine des contaminations sur les fruits, la libération et la dissémination du champignon sont assurées par la pluie. Les risques de contamination sont continus du printemps au début de l'hiver, au cours de la saison de végétation, il apparaît parfois une pourriture sèche de l'œil, à évolution lente [76]. *Cylindrocarpon mali* provoque une pourriture généralement circulaire, à contour net, de couleur brun, plate ou concave de consistance molle, en atmosphère très humide, il se forme en surface des coussinets blancs, la pourriture interne est brune [77].



Figure 12: Pommes infectées par *Cylindrocarpon mali*

✓ *Phoma herbarum*:

C'est un parasite latent à l'origine de pourriture lenticulaire, les pourritures des fruits ont lieu au verger en raison de la présence du champignon sur les arbres (feuilles, fruits et bourgeons) [78].

La pourriture est circulaire à contour net, plate ou déprimée au centre, de consistance molle, le centre de la pourriture devient plus foncé et il se forme souvent des punctuations brunes ou noires sous-épidermique qui montrent à leur surface des fines gouttelettes blanc grisâtre. En atmosphère humide, la pourriture interne est brune [78].

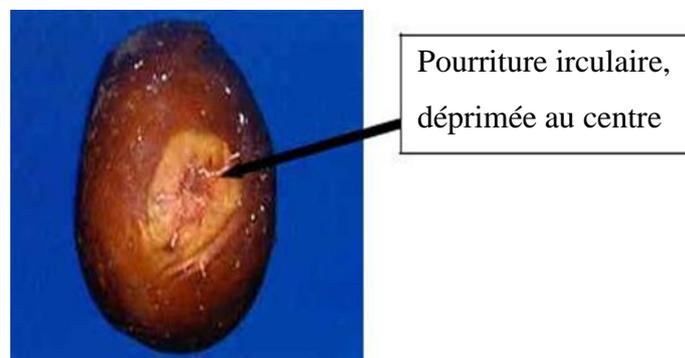


Figure 13: Pommes infectées par *Phoma herbarum*

Synthèse Bibliographique

✓ *Le Gloeosporium:*

Il est présent sur les rameaux sous forme de petits chancres. Les spores sont dispersées à la surface des fruits sous l'action de la pluie et pénètrent dans les lenticelles. Sur les fruits, les symptômes, bien connus, sont des taches lenticulaires, rondes ou ovales, marrons uniformes ou parfois un peu plus claires au centre, apparaissant après plusieurs mois de stockage. Lorsque la pourriture évolue, des fructifications apparaissent plus ou moins enveloppées d'un feutrage blanc, devenant parfois en vieillissant marron-caramel [79].

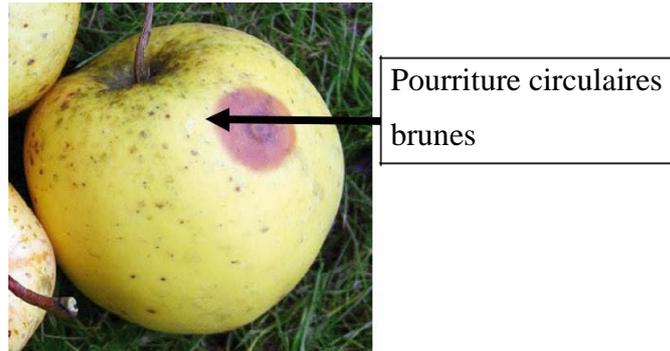


Figure 14: Pommes infectées par *Gloeosporium*

✓ *Le phytophthora:*

Phytophthora cactorum est un champignon qui se préserve dans le sol. Les fruits tombés ou les fruits qui sont sur les branches basses sont les premiers à être infectés. Il occasionne une pourriture ferme, brune à contour diffus [76].

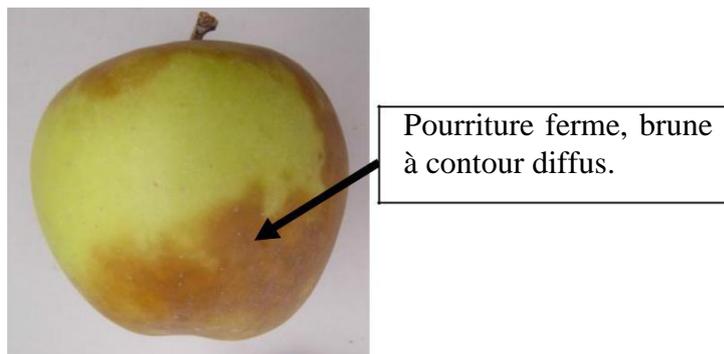


Figure 15: Pommes infectées par *Phytophthora cactorum*

✓ **Les parasites de blessures**

Ces parasites transpercent dans les fruits par des portes d'entrées accidentelles et ont un déploiement rapide. La contamination peut se faire en vergers mais aussi dans les locaux de stockage [76].

✓ *La moniliose:*

Synthèse Bibliographique

Monilia fructigena se différencie par une pourriture ferme, brune qui se couvre rapidement de coussinets bruns disposés en cercles concentriques. Les fruits restent souvent accrochés dans l'arbre (fruits momifiés) et constituent une source de contaminations [78].

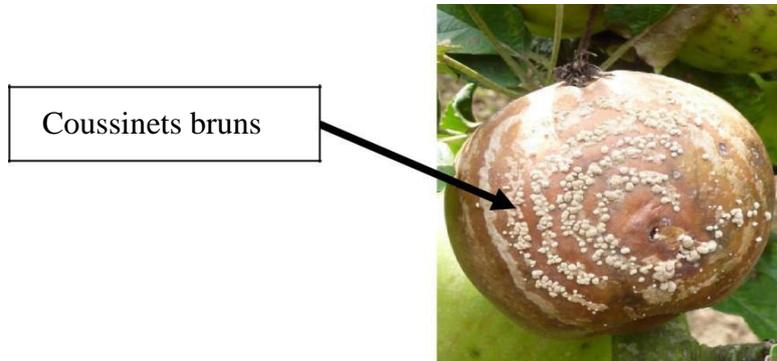


Figure 16: Pommes infectées par *Monilia fructigena*

✓ *Le botrytis de l'œil:*

Botrytis cinerea est un champignon à la fois parasite latent et de blessure. La contamination peut avoir lieu dès la floraison (Botrytis de l'œil), et peu avant la récolte, qui apparaît en conservation et se maintenir à l'état latent dans les organes infectés.

Le Botrytis de l'œil se manifeste sur le fruit par une pourriture sèche de l'œil caractérisée par un brunissement et un dessèchement qui peuvent s'étendre à l'intérieur du tissu de la pomme [80].

En conservation, la pourriture brune de consistance molle progresse rapidement, à l'obscurité, un feutrage blanc se développe. Devenant gris souris à la lumière.

Les fruits atteints contaminent les fruits sains par simple contact et provoquent des foyers de pourriture [78]. Si l'infection a lieu au niveau du pédoncule, la maladie peut rester latente.

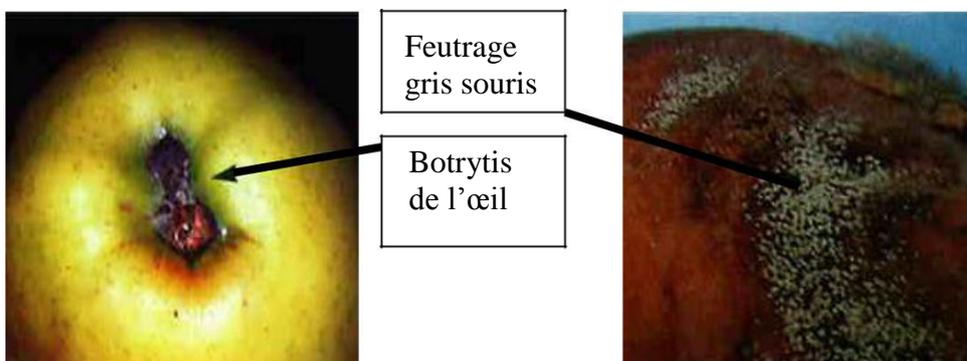


Figure 17: Pommes infectées par *Botrytis cinerea*

Synthèse Bibliographique

✓ *Le pénicillium:*

Penicillium expansum parasite de blessure dont l'infection a lieu principalement en station fruitière qui infecte les fruits dans les chambres de conservation, cette espèce qui fructifie facilement en l'absence de la lumière.

Les symptômes typiques de la pourriture par *Penicillium expansum* sont des lésions humides de forme généralement circulaire avec un contour net et de couleur brun clair. La surface des pourritures âgées peut être couverte par des spores blanchâtres qui deviennent vert-bleuâtres, d'où le nom de la maladie. Cette pourriture est à évolution rapide sur les fruits mûrs et elle est plus lente sur ceux qui n'ont pas encore atteint le pic climactérique. Elle est généralement distinguée par une odeur de moisi [81].

Ce champignon ne cause pas seulement des pourritures mais peut également produire une mycotoxine « la patuline » qui est dangereuse pour la santé humaine (immunotoxique, neurotoxique, néfaste sur l'appareil gastro-intestinal) [82].

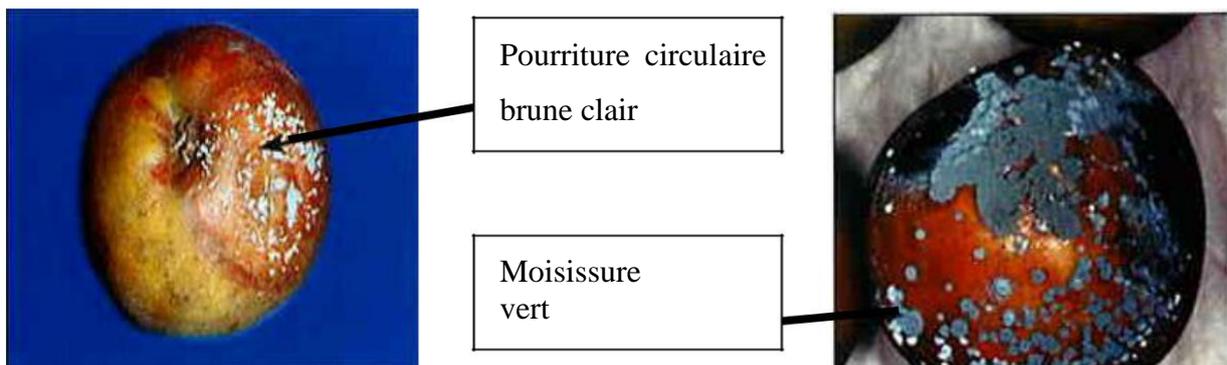


Figure 18: Pommes infectées par *Penicillium expansum*

✓ *Alternaria spp et Cladosporium herbarum:*

Cladosporium est uniquement un parasite de blessure ou un saprophyte sur tissus sénescents. Les *Alternaria* peuvent être en plus des champignons de faiblesse. Leur mode de dissémination et les symptômes sont similaires, cette pourriture a lieu au verger.

Alternaria spp provoque également des pourritures au niveau des lenticelles, de l'œil et du cœur de la pomme. Les fruits contaminés présentent des taches brun foncé à noires à contours nets, à évolution lente. En atmosphère humide, il apparaît à la surface du fruit un feutrage brun et ras [78].

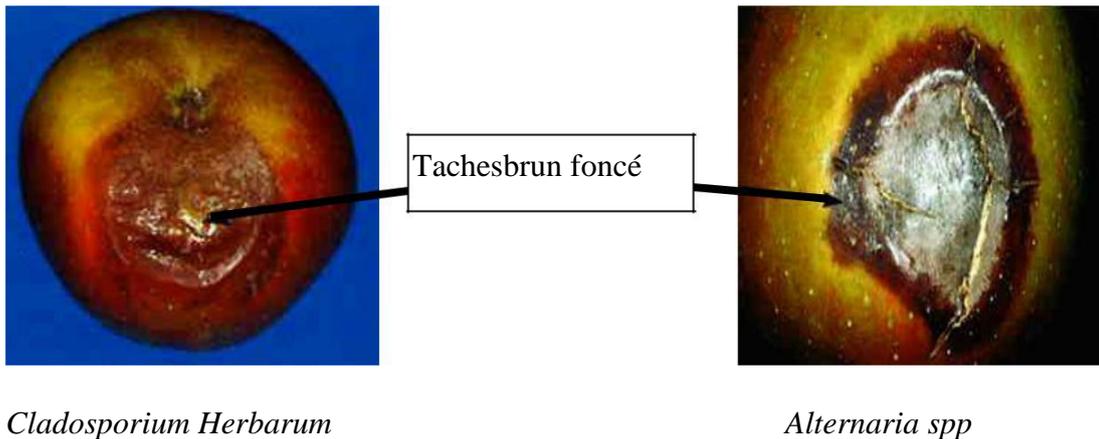


Figure 19: Pommes infectées par *Alternaria spp* et *Cladosporium herbarum*

- + Les maladies physiologies
- ✓ Echaudure de sénescence

C'est une maladie physiologique qui affecte les fruits stockés au-delà de leur durée maximale de conservation dans les chambres de stockage. Elle provoque le brunissement de l'épiderme limité à la surface qui apparaît le plus souvent en une seule plage ou parfois en plaques de couleur brun plus ou moins foncée, à contours irréguliers et mal définis le plus souvent, ces brunissements présentent dans la moitié de la pomme comprenant l'œil et restent assez superficiels [78].

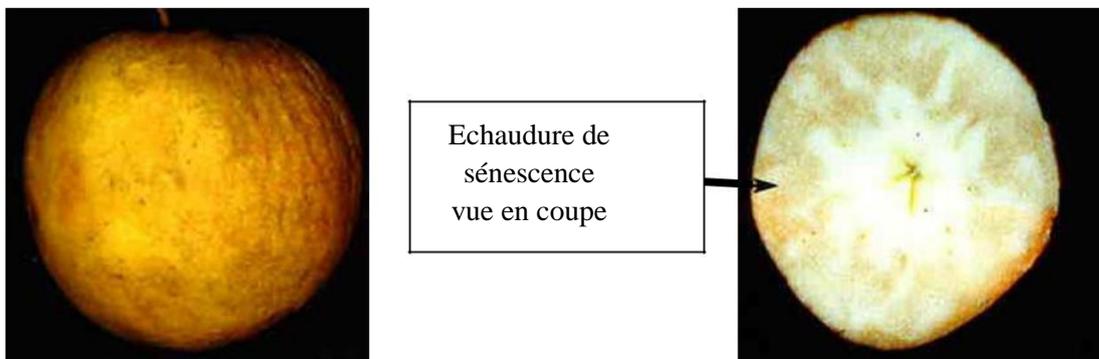


Figure 20: La maladie de Pommes « Echaudure de sénescence »

- ✓ Bitter-pit

Cette maladie combinée à une carence de calcium. Le Bitter-pit se différencie par des taches brunes, de consistance spongieuse, dépassent rarement 5 mm de diamètre. Généralement visible de l'extérieur situé le plus souvent sous l'épiderme dans la moitié de la pomme comprenant l'œil [83].

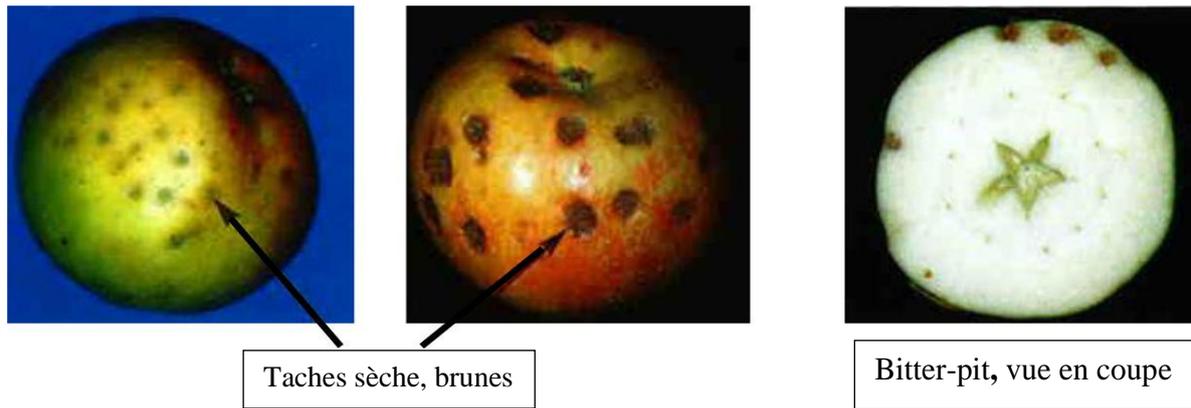


Figure 21: La maladie de pomme « Bitter-pit »

✚ Maladies sur l'arbre

Les plus fréquentes sont celles de:

- ✓ La tavelure (*Venturia inaequalis*).
- ✓ L'oïdium (*Podosphaera leucotricha*).
- ✓ Puceron cendré (*Eriosom alanigerum*).
- ✓ Carpocapse (*Cydia pomonella*).
- ✓ Des acariens rouge *Panonychus sulmi* (Koch) et jaunes *Tetranychus chusurticae* [84].
- ✓ Insectes ravageurs des pommes:
- ✓ Carpocapse (*Cydia pomonella*).
- ✓ Petite tordeuse des fruits (*Grapholitha barzewskae*).
- ✓ Capua, tordeuse de la pelure (*Adoxa phyesorana*).
- ✓ Noctuelles et cheimatobies
- ✓ Ver des jeunes fruits (*Pammener hediella*).
- ✓ Anthonome du pommier (*Anthonomus pomorum*).
- ✓ Hoplocampe (*Hoplocampa testudinea*).
- ✓ Pucerons divers (ici des pucerons Cendrés).
- ✓ Puceron lanigère (*Eriosoma lanigerum*).
- ✓ Cochenilles diaspines / Pou de San José.
- ✓ Cochenille virgule (*Lepidosaphesulmi*) [85].

✚ Autres ravageurs et maladies de pommier en Algérie:

Les principaux ravageurs et maladies du pommier signalés en Algérie sont: *Panonychus sulmi* (Koch) (l'acarien rouge) et *Tetranychus surticae* (Koch) (l'acarien jaune), *Dysaphis plantaginea* (Börner) (puceron cendré) et *Eriosoma lanigerum* (Hausm) (Puceron lanigère) ; *Quadraspidotus perniciosus* (Comstock.) (Pou de San José), *Cydia pomonella* L. (Carpocapse

Synthèse Bibliographique

des pommes et des poires); *Cératites capitata* (Wiedemann) (Mouche méditerranéenne des fruits) [86].

✚ Le genre *Penicillium*

Les *Penicillium* sont très communs dans l'environnement; ils ont pour habitat le sol lesdenrées alimentaires, les matières organiques en décomposition, le compost, les céréales, etc... Ce genre comprend entre 100 et 250 espèces. Le nom de *Penicillium* est donné par la forme de pinceau du conidiophore (du latin *penicillus*) [87].

Le genre *Penicillium* comprend quatre sous-genres, principalement en fonction du type de branchement du conidiophore: *Aspergilloides*, *Penicillium*, *Biverticillium* et *Furcatum* [87]. La majorité des *Penicillium* isolés à partir des raisins font partie du sous genre *Penicillium*, donc ce groupe sera particulièrement décrit.

Les espèces du sous-genre *Penicillium* sont caractérisées par des moisissures au conidiophore terverticillé et des colonies avec une forte sporulation. Elles se développent à des températures basses, sont résistantes à des activités de l'eau et des valeurs basses de pH et présente une limite de croissance à une température de 37 °C [87].

Penicillium expansum-modèle d'étude: Classification, morphologie et traits distinctifs

Penicillium expansum est connu en tant que producteur de la pourriture poste-récolte des pommes [88].

Penicillium expansum est le champignon désigné comme le lectotype et l'une des espèces les plus étudiées du genre *Penicillium* [89].

- **Classification:** [90]

Règne: fungi

Division: ascomycota

Sous-division: pezizomycotina

Classe: eurotiomycetes

Sous-classe: eurotiomycetidae

Ordre: eurotiales

Famille: trichomaceae

Genre: *Penicillium*

Espèce: *Penicillium expansum*

- **Morphologie:**

Sur le plan morphologique, cette espèce est caractérisée par des conidiophores terverticillés (présentant des phialides sur des mutules portées par des rameaux), regroupés

Synthèse Bibliographique

généralement en corémies. Au microscope, cette espèce est caractérisée par des stipes droits à paroi lisse, des phialides allongées ampouliformes à cylindriques et des conidies à paroi lisse de couleur vert terne, présentant une forme ellipsoïdale) [91]. *P. expansum* comme la majorité des espèces appartenant au sous-genre *Penicillium* ne présente pas de sclérotés [92].

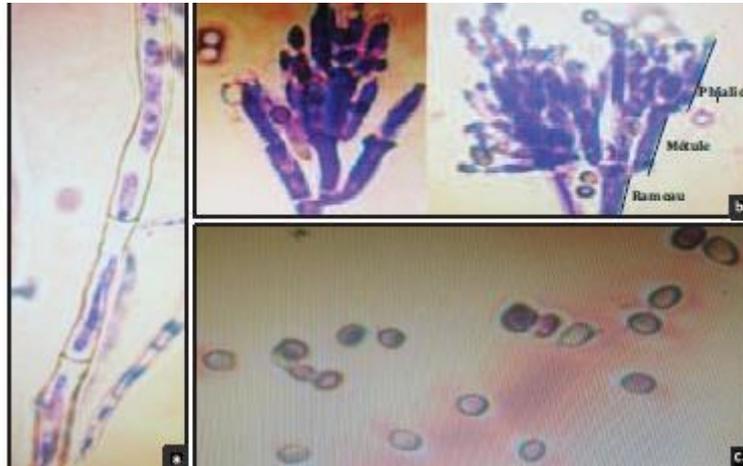


Figure 22: Structures morphologiques de *Penicillium expansum*

(a) Stipe de conidiophore; (b) Phialides ampouliformes; (c) Conidies (photos prises au microscope optique (x 1000) durant notre étude)

En outre, l'espèce *P. expansum* est qualifiée de nécrotrophe (nécros qui signifie la mort et trophique qui veut dire nourriture ou prédation) pour sa capacité à envahir agressivement les tissus des fruits en tuant les cellules hôtes pour puiser ses nutriments [93].

Ce parasite pathogène est un champignon de blessures qui touche particulièrement les fruits pomaceae (pommes, poires) aux épidermes altérés par les chocs ou les piqures d'insectes et engendre des pourritures poste-récolte désignée [92].

- **Caractères cultureux généraux**

Les *Penicilliums* se développent rapidement et facilement sur les milieux de culture utilisés en routine (géloses au malt, Sabouraud). Ils se développent à des températures modérées de l'ordre de 20-27°C.

Ses caractères cultureux ont été observés sur divers milieux de culture **Figure 23 (b-d)**.

➤ Sur un milieu CYA (Czapek Yeast extract Agar), *P. expansum* est caractérisé par des colonies de diamètre 30-40 mm après une incubation pour 7 jours à 25 °C; un mycélium blanc plissé radialement, développé en corémies, avec des aires adjacentes floconneuses à veloutées. Sur ce milieu, *P. expansum* a montré une conidiogénèse

Synthèse Bibliographique

modérée, spores de couleur vert foncé; une production d'exsudat brun-orange pâle, et d'un pigment soluble de couleur caramel. Le revers de la culture est brun foncé à pâle, souvent avec des aires oranges brunâtres [91].

- Sur un milieu MEA (Malt Extract Agar), cet champignon est caractérisée par des thalles de diamètre variable allant de 20-40 mm, de texture normalement lisse chez quelques isolats veloutés, d'autres ont au moins une partie avec des corémies. La conidiogénèse est habituellement intense, de même couleur que celle observée sur le milieu CYA ou légèrement plus grise avec production d'un pigment soluble orange brun. Le revers est pâle ou coloré par le pigment selon l'isolat.
- Cependant sur un milieu G25N, cette espèce est caractérisé par des thalles de diamètre 17-22 mm, plissés radialement, de texture veloutée à granuleuse en surface ; le revers est pâle brun terne [91].

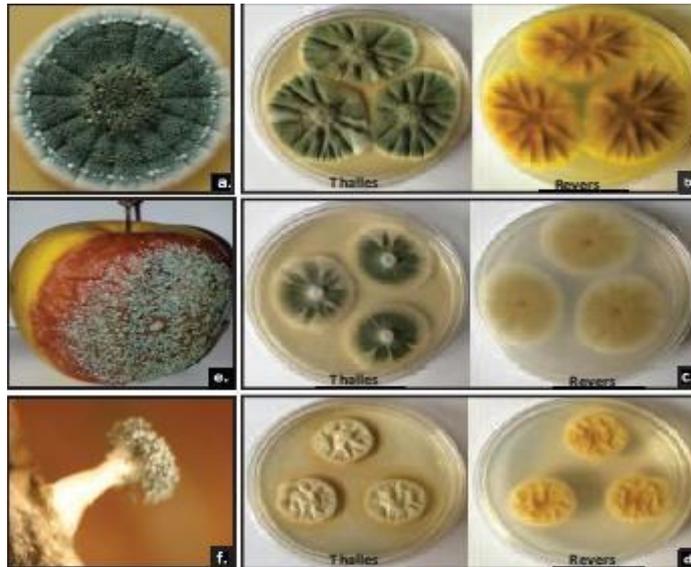


Figure 23: Observations macroscopiques de *Penicillium expansum*.

(a) Colonie de *P. expansum* agrégée en fascicules (b) Thalles et revers de la culture sur milieu CYA, 7 jours, 25°C (c) Thalles et revers de la culture sur milieu MEA, 7 jours, 25°C (d) Thalles et revers de la culture sur milieu G25N, 7 jours, 25°C (e) Aspect de la contamination d'une pomme (f) Corémie à la surface d'une lésion de pomme causée par *P. expansum*.

V.3. Huiles essentielles et hydrolats comme un moyen de lutte contre les maladies de fruits des pommiers

Les pommes sont des fruits particulièrement périssable pendant le stockage post-récolte. D'autre part les substances naturelles sont des composés connues pour ne pas nuire à

Synthèse Bibliographique

l'environnement et à la santé humaine. Ils sont utilisés pour leurs propriétés antimicrobiennes et antifongiques [46].

Traités au départ comme un déchet de la distillation des huiles essentielles, les hydrolats sont aujourd'hui de plus en plus présents sur le marché des produits naturels. Les praticiens en aromathérapie les utilisent souvent en compléments d'une thérapie par les huiles essentielles.

Malgré la faible proportion en principes actifs, les hydrolats présentent certaines activités pharmacologiques et biologiques intéressantes [9].

Les huiles essentielles des plantes ont de nombreuses applications en préservation des aliments [94].

Les hydrolats sont des composés précieux non seulement pour les industries cosmétiques, mais aussi pour l'agriculture biologique contre les champignons et peuvent être utilisés pour la fertilisation des sols [95].

Cependant, très peu de travaux ont étudiés les effets antifongiques des huiles essentielles végétales pour contrôler les champignons des fruits des pommes *in vivo*.



Matériels et méthodes



I. Matériels

I.1. Matériels utilisés au laboratoire

1. Ethanol 96%.
2. Pipette pasteur.
3. Boîte de pétrie
4. Pro-pipette
5. PDA (Ph = 4,5 à 5)
6. Acide lactique 25%
7. Eau distillée.
8. Eprouvette graduée
9. Plaque chauffante Agitatrice
10. Papier absorbant
11. Boîtes fermées
12. Bécher
13. Bec bunsen
14. Autoclave
15. Spatule

I.2. Provenance du matériel végétal et identification

Les parties aériennes de *Anacyclus valentinus* ont été récoltées dans les régions de Terny, Tlemcen.

Les parties aériennes de *Chrysanthemum coronarium* ont été récoltées dans les régions de Saf Saf, Tlemcen.

Les parties aériennes de *Carthamus caeruleus* ont été récoltées dans les régions de Beni Snous, Tlemcen où elle pousse en abondance.

L'identification des trois plantes: *Chrysanthemum coronarium*, *Anacyclus valentinus* et *Carthamus caeruleus* a été réalisé par le Docteur **Choukri KAZI TANI** de l'université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen. Algérie.

I.3. Date de récolte

La période de récolte des trois plantes s'est étalée durant les mois de Mai, Mars et Avril 2018, respectivement. Après la récolte les plantes sont transférées dans un endroit bien aéré, à une température ambiante. La durée de séchage est d'une semaine à 15 jours. Après séchage, les plantes sont conservées dans des sachets en papier pour servir ultérieurement à l'extraction de leurs huiles essentielles.

II. Extraction des huiles essentielles et des hydrolats

À l'échelle de notre laboratoire, la méthode usuelle pour l'obtention des huiles essentielles est l'hydrodistillation avec un appareil de type Clevenger **Figure 24**.

II.1. Extraction des huiles essentielles

Dans ce travail, les huiles essentielles de *Chrysanthemum coronarium*, et de *Anacyclus valentinus* ont été obtenues par hydrodistillation jusqu'à extraction totale de l'huile essentielle (entre 5 à 6 heures en moyenne). Les huiles obtenues sont séchées sur du sulfate de magnésium.

Le rendement calculé par rapport à la masse de matière végétale sèche a été utilisé afin d'optimiser les conditions d'extraction.

Les huiles essentielles sont conservées dans des piluliers en verre ambré à 4°C jusqu'à l'analyse. Le dispositif expérimental utilisé dans notre travail est représenté dans la **Figure 24**.

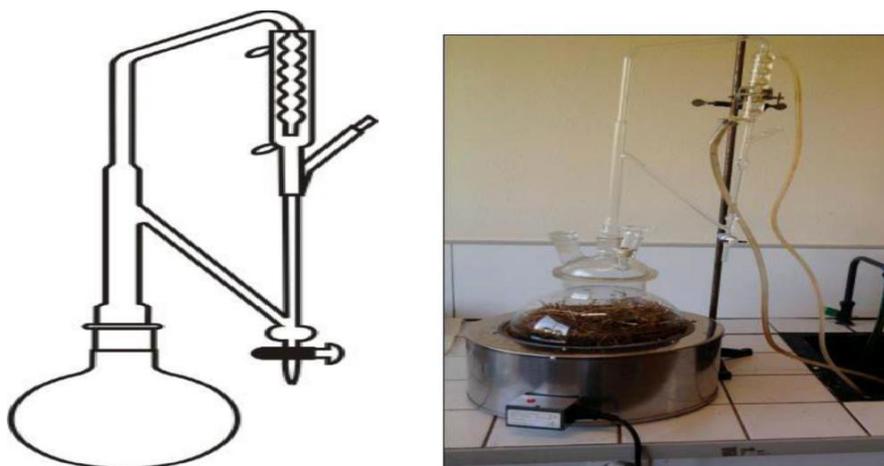


Figure 24: Montage d'hydrodistillation

II.2. Extraction des hydrolats

Les extraits des hydrolats de *Chrysanthemum coronarium*, de *Anacyclus valentinus*, et de *Carthamus caeruleus* ont été obtenues, en récupérant le premier litre d'eau provenant de l'hydrodistillation. Ensuite chaque hydrolat a été extrait trois fois avec 200 ml d'étherdiéthylique. La phase organique a été séchée sur du Na_2SO_4 , puis évaporée en donnant un extrait jaunâtre.

II.3. Conservation des huiles essentielles et des hydrolats

Matériels et Méthodes

La conservation des huiles essentielles exige certaines précautions indispensables. C'est pour cela nous les avons conservées à une température voisine de 4 °C, dans un flacon en verre brun fermé hermétiquement pour la préserver de l'air et de la lumière.

De même les extraits d'hydrolats sont conservées dans des piluliers en verre ambré à 4°C jusqu'à analyse. Ainsi les hydrolats sont conservés dans des bouteilles en verre ambré.

III. Les méthodes d'identification des huiles essentielles

L'analyse des l'extraits qui sont des mélanges complexe de volatils s'effectue par le couplage d'une technique chromatographique, généralement la CPG, avec une technique d'identification spectrale, généralement la SM. Cette procédure est la plus utilisées lors de la réalisation d'analyse « de routine » d'un échantillon dont les constituants ne présentent pas de difficultés d'identification [96].

III.1. Analyse par CPG/FID

Les analyses ont été réalisées à l'aide d'un chromatographe Perkin Elmer Auto system GC, équipé de deux détecteurs à ionisation de flamme (FID) permettant la détection des composants, d'un injecteur diviseur et de deux colonnes (60 m x 0,22 mm d.i; épaisseur du film: 0,25 µm) respectivement polaire (Rtx-Wax, polyéthylène glycol) et apolaire (Rtx-1, polydiméthyl-siloxane).

Le gaz vecteur est l'hélium (1 mL/min) avec une pression en tête de colonne de 25 psis. La température de l'injecteur est de 250°C et celle du détecteur de 280°C. La programmation de la température consiste en une élévation de 60 à 230°C, à 2°C/mm, puis en un palier de 45mm à 230°C. L'injection se fait par mode split avec un rapport de division de 1/50. La quantité d'H.E injectée est de 0,2 µL. Pour chacun des composants, les indices de rétention polaires et apolaires sont calculés à partir des temps de rétention d'une gamme d'étalon d'alcane.



Figure 25: Appareil CPG

III.2. Couplage CPG/Spectrométrie de masse

Les échantillons ont été analysés à l'aide d'un analyseur quadripolaire Perkin-Elmer Turbo Mass, couplé à un Perkin-Elmer Auto system XL, équipé de deux colonnes capillaires de silice fondue (60 m x 0,22 mm d.i. épaisseur du film: 0,25 μm), polaire (Rtx-Wax) et apolaire (Rtx-1), et mis en œuvre avec les mêmes conditions de CPG décrites ci-dessus, à l'exception d'une scission de 1/80. Les spectres de masse à impact électronique (EI) ont été acquis dans les conditions suivantes: température de la source ionique 150 °C, ionisation énergétique 70 eV, plage de masse 35-350 Da (temps de balayage: 1s).

IV. Méthodologie d'analyse

L'identification des constituants d'une huile essentielle ou de la fraction volatile extraite d'une matrice d'origine végétale est réalisée par des techniques d'analyses conventionnelles. Celle-ci est basée sur l'utilisation conjointe de la CPG/Ir et de la CPG/SM.

Le mélange complexe des volatils est analysé simultanément par CPG/Ir et CPG/SM-IE. Le calcul des indices de rétention sur colonne polaires et apolaires, ainsi que la quantification des composés s'effectuent par CPG/Ir.

L'analyse par CPG/SM permet d'obtenir les spectres de masse des divers constituants qui sont par la suite comparés à l'aide d'un logiciel à ceux répertoriés dans la bibliothèque « Arômes » propre au laboratoire de Corse, cette bibliothèque a été constituée à partir de molécules disponibles dans le commerce et elle est enrichie continuellement par des molécules isolées par fractionnement à partir des huiles essentielles ou encore obtenues par hémi-synthèse et dans tous les cas, identifiées par RMN, ou dans d'autres bibliothèques commerciales, en éditions traditionnelles ou informatisées [46].

Par contre, on ne peut pas se limiter rien qu'à la note de concordance; il faut systématiquement examiner le spectre de masse du composé analysé pour avoir les informations nécessaires tels que l'ion moléculaire, les fragments caractéristiques ou encore la mise en évidence de co-élutions. Dans ce contexte, trois approches différentes (a, b et c) sont à prévoir:

- a) L'identification du composé est réalisée sans difficultés, les données spectrales du constituant et ses indices de rétention correspondent à ceux de l'un des composés existant dans les bibliothèques afférentes du laboratoire. Sa structure peut être confirmée par RMN du carbone-13.

b) Le spectre de masse et les indices de rétention du constituant sont ceux d'un composé qui ne correspond pas aux données présent dans les bibliothèques propres mais correspondent à celles d'un composé présent dans les bibliothèques commerciales (ou dans la littérature). Si c'est le cas, et si le spectre de masse du produit proposé est bien en accord avec la structure de ce dernier, on se base sur l'étude des fragmentations principales. Une hémi-synthèse suivie de l'identification du composé synthétisé par RMN du carbone 13 est complémentaire à cette approche.

c) Les données spectrales et les indices de rétention du constituant ne figurent pas dans aucune des bibliothèques. Alors deux cas sont possibles:

- Le composé est présent dans les bibliothèques RMN du carbone-13.
- Le composé est absent des bibliothèques RMN du carbone-13, donc nous n'avons pas une autre ressource que la purification du constituant pour une étude structurale.

C'est en se basant sur cette méthodologie que nous avons analysé les huiles essentielles et les extraits des hydrolats des différentes plantes étudiés.

V. Calcul du rendement

Pour étudier la cinétique d'extraction de l'huile essentielle des parties aériennes des plantes étudiées à l'état sec, nous avons récupéré des quantités de l'huile essentielle correspondantes à des intervalles de temps de 10 mn qui s'étalent de 0 à 90 minutes. Les quantités des huiles essentielles obtenues vont être exploitées dans le but de calculer le rendement à chaque intervalle de temps.

Selon la norme [97], le rendement en huile essentielle (RHE) est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue après l'extraction (M') et la masse de la matière végétale utilisée (M). Le rendement est exprimé en pourcentage, et il est donné par la formule suivante:

$$\text{Rdt (\%)} = [(P1 - P2) / P3] \times 100$$

P1: poids du ballon après évaporation.

P2: poids du ballon avant évaporation (vide).

P3: poids de la matière végétale de départ.

VI. Evaluation de l'activité antifongique

VI.1. Etude de l'activité antifongique *in vivo* des HEs et HYs des plantes étudiées et de l'effet synergique de ces extraits contre le développement de *Penicillium expansum*, champignon du pommier

➤ Isolement des agents pathogènes

Le champignon utilisé dans ce travail est un espèce fongique responsable des pourritures des pommes, la souche utilisée dans cette étude appartient à de genre de moisissure: *Penicillium expansum*, elle a été obtenue à partir des fruits de pommes présentant des symptômes de pourriture, maintenue dans un milieu de culture PDA (Potatoes Dextrose Agar) et conservé à l'étuve à 23°C pendant 15 jours à l'obscurité. Cet isolat a été purifié. La souche de champignon en voie de développement a été identifiée sur la base de leurs caractères morphologiques et microscopiques [98].

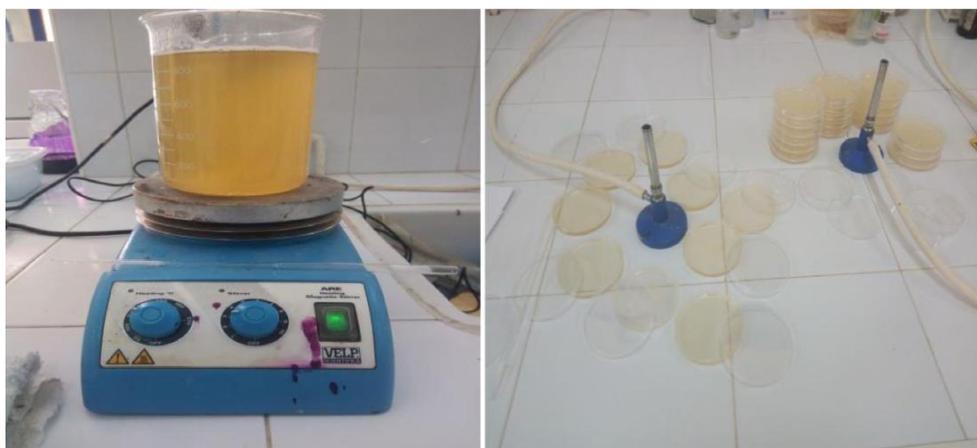


Figure 26: Préparation le milieu culture PDA.

Les conidies ont été obtenues à partir de la surface de la gélose et mis en suspension dans 5 ml d'eau distillée stérile contenant 0,1% v/v de Tween 80. Les suspensions de spores ont été filtrées à travers quatre couches de gaze stérile pour éliminer les fragments de mycélium. Le nombre de spores a été calculé avec un compteur de cellules automatisé (Bio-Rad's TC20), Cellometer vision, et la concentration des spores a été ajustée à 1×10^6 spore/ml à l'aide d'un hémocytomètre avant usage.



Figure 27: Isolement de la souche fongique



Figure 28: La souche fongique après 7 jours d'incubation



Figure 29: La souche fongique après 15 jours d'incubation

➤ **Activité antifongique *in vivo*:**

La méthode de Tabet Zatla et coll [46] a été utilisée et légèrement modifiée pour déterminer les effets de l'huile essentielle et de l'hydrolat sur des blessures inoculés (activité protectrice) et non ensemencés (activité préventive) des pommes.

Les pommes ont été achetées auprès d'un marché et sélectionnés par l'uniformité de taille, l'apparence, la maturité et l'absence de défauts physiques. Pour déterminer l'effet préventif l'huile essentielle et hydrolat sur les fruits des pommes non inoculés et l'effet protecteur de l'huile essentielle et hydrolat sur les fruits des pommes avec une plaie inoculés.

Matériels et Méthodes

➤ Protocole expérimental

Les fruits de pommes sélectionnés pour les expériences ont été lavés dans de l'eau, plongés dans de l'éthanol (70%) pendant 2 min, puis rincés deux fois avec de l'eau stérile bi distillée (10 min chacun) séché à l'air. Les fruits de pommes stérilisés à la surface ont été blessés avec un clou stérilisé à la flamme à une profondeur uniforme de 3 mm.

Pour ne pas dénaturer le goût et l'odeur de fruits, une concentration de 0,02 mL/L pour les huiles extraites de deux plantes a été utilisé, et mises dans des boîtes de pétré en verre, ces derniers sont placés avec les pommes dans une boîte de polystyrène de volume d'1 L, pour atteindre la concentration finale de 0,02 mL/L d'air sans utiliser de solvant. Pour l'effet synergique, un mélange d'huile avec les même proportions 0,02 / 0,02 mL/L de chaque huile c'est-à-dire un rapport 50/50.

Pour l'hydrolat, les fruits de pommes ont été lavés directement avec l'hydrolat des trois plantes étudiées (0,1 mL/L) et placés dans des boîtes de polystyrène. et le même rapport proportionnel 50/50 pour le mélange des deux hydrolats de *Chrysanthemum coronarium*, et de *Anacyclus valentinus*. Toutes les boîtes bien fermés ont été stockées ensuite à $24 \pm 1^\circ\text{C}$ sous une pression de 692 mmHg et un taux d'humidité de 60%.

Pour le contrôle négatif, les pommes non inoculés ont été séparées de manière aléatoire, et traités de la manière décrite ci-dessus avec la même concentration d'huile, d'hydrolat et du mélange.

Des expériences de contrôle ont été effectuées sans traitement d'huile essentielle et d'hydrolat. Le pourcentage d'indice de maladie d'infection sur les fruits de tomates a été déterminé en utilisant la formule:

$$\text{DI (\%)} = \text{TNI} / \text{N} \times 100$$

TNI: nombre total de fruits de pommes infectés.

N: nombre total de fruits de pommes évalués.



Figure 30: Les pommes témoins



Figure 31: Les pommes contaminées avec *Penicillium expansum*.



Résultats et Discussions



I. Compositions chimiques des huiles essentielles et des hydrolats

I.1. Composition chimique de l'huile essentielle de *Anacyclus Valentinus*

Après extraction de l'huile essentielle des parties aériennes par hydrodistillation, le rendement en huiles essentielles a été de **0,4 %**, un échantillon de l'huile essentielle a été analysé par CPG-IR et CPG-SM afin d'avoir sa composition chimique. Le mode opératoire est détaillé dans la partie, matériels et méthodes. Les résultats sont donnés dans le Tableau 2.



Figure 32: L'huile essentielle de *Anacyclus valentinus*

27 composés organiques volatils ont été identifiés dans l'huile essentielle de *Anacyclus valentinus*. Représentant 92.99% de la composition chimique totale. Leurs indices de rétention et leurs pourcentages relatifs sont présentés dans le **Tableau 2**.

L'identification de ces composés est réalisée en comparant leurs spectres de masse (SM) et leurs indices de rétention avec ceux de la bibliothèque « Arômes » propre au laboratoire de Corse (France).

Les principaux composés chimiques qui constituent la fraction majoritaire de l'huile essentielle de *Anacyclus valentinus*, obtenue à partir de l'hydrodistillation des tiges et de feuilles (**Tableau 2**), sont le Caryophyllène oxyde (12,58%) (**16**), qui est le principal composant, E- β -Farnesène (12,34%) (**6**), Germacrène-D (8,86%) (**9**), (Z, Z)-Farnésal (8.24%) (**20**), Spathulénol (7.7%) (**15**), γ -Eudesmol (6.5%) (**18**), Elémol (6.2%) (**14**), (1R, 7S)-Germacra-4(15), 5,10 (14)-trien-1betaol (4.54%) (**21**), β .Sesquiphellandrène (4.43%) (**13**), β -Bisabolène (3.46%) (**22**), α -Cadinol (3.3%) (**19**), α -Farnesène et le Salvial-4(14)-en-1-one qui ont les mêmes pourcentages (2.54%) qui sont respectivement, les composants (**12**), (**17**). Les structures chimiques de quelques composés majoritaires de l'huile essentielle sont représentées dans la **Figure 33**.

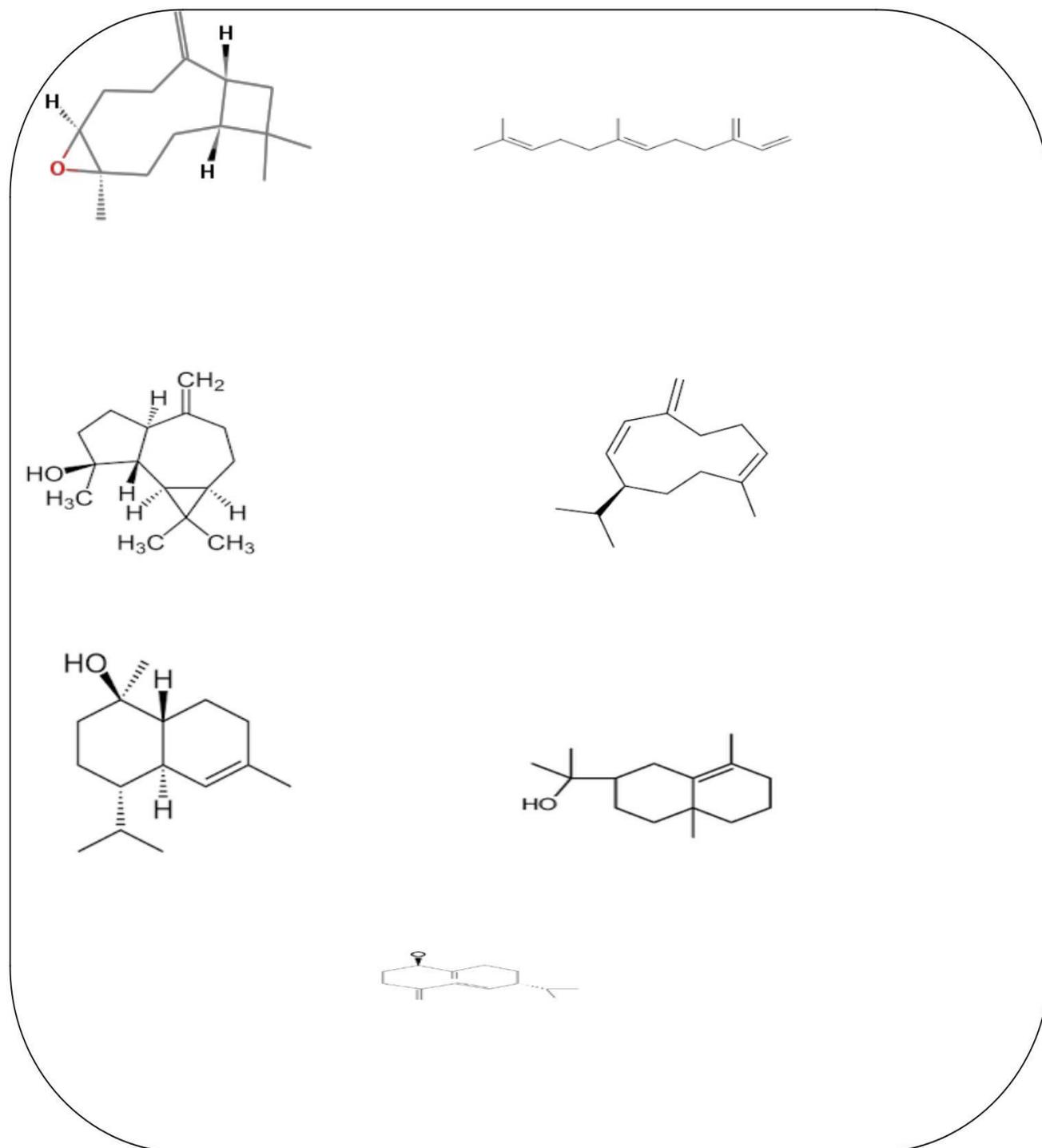


Figure 33: Les structures chimiques de quelques composés majoritaires de l'huile essentielle de *Anacyclus valentinus*.

Après extraction de l'huile essentielle des parties aériennes par hydrodistillation, le rendement en huiles essentielles a été de **0.4 %**, la composition de l'huile essentielle a été analysée par CPG-IR et CPG-SM. Le mode opératoire est détaillé dans la partie, matériels et méthodes. Les résultats sont donnés dans le **Tableau 2**.

Résultats et Discussions

Tableau 2: Composition chimique des huiles essentielles des parties aériennes de *Anacyclus valentinus*

N°	Composés	Ria ^b	HE	Identification ⁱ
1	Linalool	1098	0,4	RI, MS
2	α -Thujone	1114	Tr	RI, MS
3	α -Copaène	1375	0,8	RI, MS
4	β -Elemène	1391	0,36	RI, MS
5	α -Humulène	1451	0,44	RI, MS
6	E- β -Farnesène	1456	12,34	RI, MS
7	4-Epi-.alpha.-acoradiene	1465	0,3	RI, MS
8	τ -Muurolol	1475	0,38	RI, MS
9	Germacrène-D	1480	8,86	RI, MS
10	β -Eudesmol	1485	1,5	RI, MS
11	α -Bergamotène	1493	0,9	RI, MS
12	α -Farnesène	1508	2,54	RI, MS
13	esquiphellandrène	1523	4,43	RI, MS
14	Elémol	1547	6,2	RI, MS
15	Spathulénol	1576	7,7	RI, MS
16	Caryophyllène oxyde	1580	12,58	RI, MS
17	salvial-4(14)-en-1-one	1590	2,54	RI, MS
18	γ -Eudesmol	1630	6,5	RI, MS
19	α -Cadinol	1640	3,3	RI, MS
20	(Z,Z)-Farnésal	1649	8,24	RI, MS
21	(1R,7S)-Germacra-4(15),5,10(14)-trien-1beta-1690	1690	4,54	RI, MS
22	β -Bisabolène	1744	3,46	RI, MS
23	(Z)-Déca-8-en-4,6-diyn-1-yl 3-methylbutanoat	1828	0,72	RI, MS
24	<i>Kaur-16-ène</i>	2034	1,52	RI, MS
25	Phytol	2112	1,34	RI, MS
26	Heicosane	2309	0,4	RI, MS
27	Triacontane	2503	0,7	RI, MS
	Taux d'identification %		92,99	

Résultats et Discussions

I.2. Composition chimique de l'huile essentielle de *Chrysanthemum coronarium*

La composition de l'huile est consignée dans le Tableau 3. Les composés sont classés par ordre de leurs indices de rétention. L'analyse par CPG-IR et CPG-SM de l'huile essentielle de *Chrysanthemum coronarium* nous a permis d'isoler et d'identifier 56 composés (Tableau 3) qui représentent 88.25% de la composition totale de l'huile essentielle.

D'après les résultats cités dans le Tableau 3, il semble que l'huile essentielle est constituée d'une forte abondance de Camphre (10.15 %), suivi du E- β -Farnesène (6.21%), Pinocarvone (5.47 %), Cis-3-Hexenylénzoate (5.32 %), Germacrène-D (5.13%), Cis chrysanthényl acétate (4.75 %), Isovalérate de lyratyle (4.39 %), Lyratyl acétate (3.5 %), 1-Héptatriacotanol (3.13%), Trans chrysanthényl acétate (3.11 %), β -Sesquiphellandrène (2.99 %), Caryophyllène (2.94 %), Caryophyllène oxyde (2.86 %), Epi-cis-sesquisabinéne hydrate (2.12 %), Isomenthone (1.94 %), Bisabolol (1.92 %), Phytol (1.72 %), E- α -Farnesène (1.51 %), τ -Cadinol (1.26 %), Bornyl acétate (1.13 %), Spathuléol (1.1 %), 6,8-Nonadién-2-one, 6-méthyl-5-(1-méthyl éthyldiéne) (1.09 %). Les structures chimiques de quelques composés majoritaires de l'huile essentielle sont représentées dans la **Figure 34**.

Ces résultats sont différents de ceux obtenus par Benomari F.Z et coll en 2018 [99] qui ont montré que l'analyse chromatographique de l'huile essentielle de *Chrysanthemum coronarium* a permis d'isoler 57 composés chimique et caractérisé par la forte abondance du Myrcène (25,2-36,4 %) alors il n'y avait que (0.61 %) dans notre huile.

Cependant, cette différence qui existe entre les deux huiles essentielles peut s'expliquer par les facteurs climatiques tels que la pluviosité, la température et la force des vents et aussi par la nature biologique du sol et la disponibilités des éléments nutritionnels qui jouent un rôle important dans la croissance des différents partie de la plantes ainsi qu'a la période de récolte. Mais elle peut être aussi expliquée par la nature du solvant utilisé lors du dosage et aussi de la méthode d'extractions.

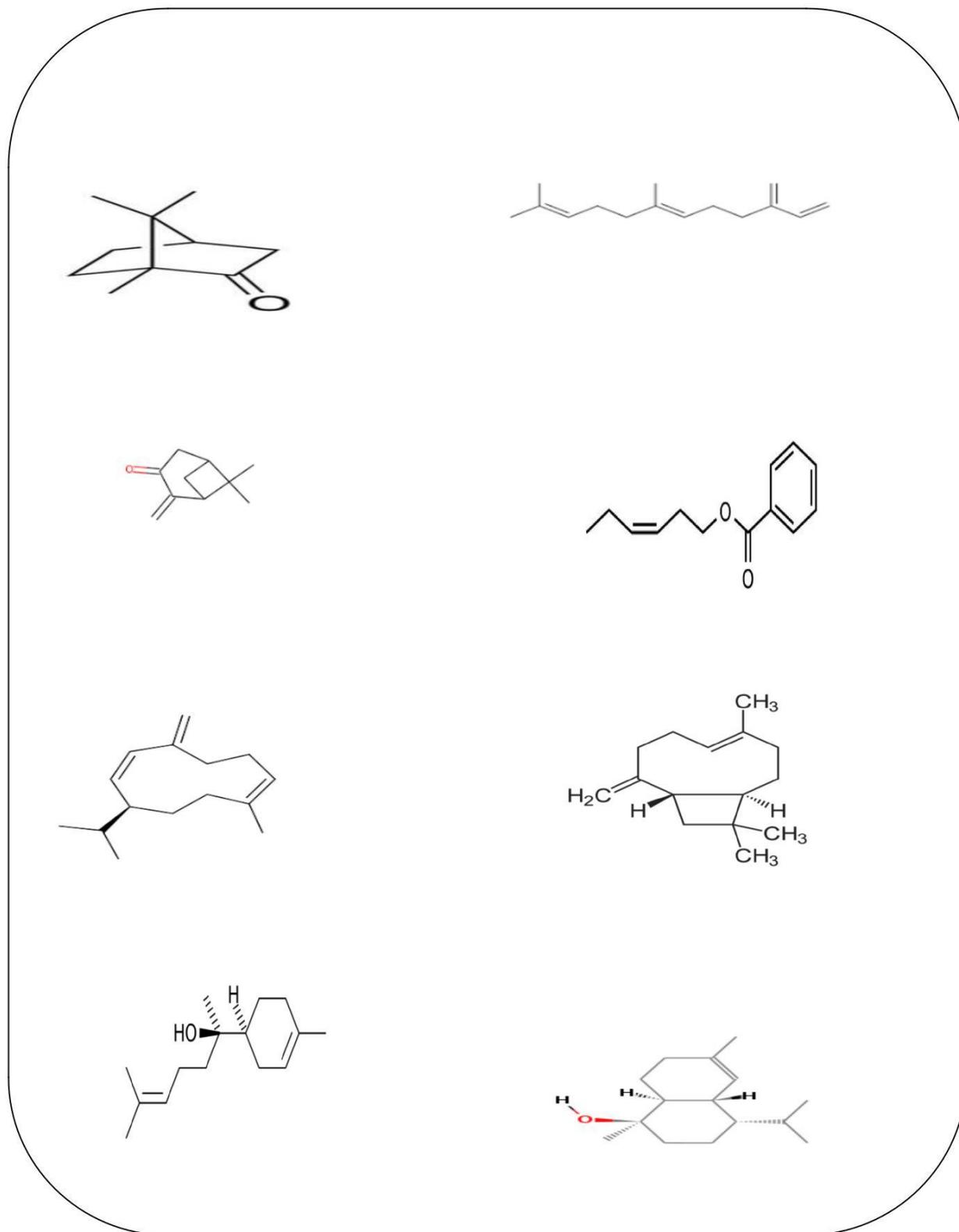


Figure 34: Les structures chimiques de quelques composés majoritaires de l'huile essentielle de *Chrysanthemum coronarium*

Résultats et Discussions

Tableau 3: Compositions chimiques des huiles essentielles des parties aériennes de *Chrysanthemum coronarium*

N°	Composés	Ria ^b	Ria ^p	HE	Identification ¹	
1	Pinène	934	934	0,22	RI, MS	
2	Myrcène	982	982	0,61	RI, MS	
3	Octén-3-one	985	985	0,37	RI, MS	
4	Limonène	1021	1021	0,7	RI, MS	
5	Linalool	1081	1081	0,8	RI, MS	
6	Camphre	1120	1120	10,15	RI, MS	
7	Citronellal	1133	1133	0,16	RI, MS	
8	Pinocarvone	1139	1139	5,47	RI, MS	
9	Isomenthone	1140	1140	1,94	RI, MS	
10	Bornéol	1148	1148	0,9	RI, MS	
11	Lyratol	1159	1159	0,21	RI, MS	
12	Terpinén-4-ol	1163	1163	0,17	RI, MS	
13	Cymén-8-ol	1169	1169	0,42	RI, MS	
14	Terpinéol	1177	1177	0,22	RI, MS	
15	Géranylisovalérate	1202	1202	0,1	RI, MS	
16	Pulégone	1212	1212	0,14	RI, MS	
17	Trans chrysanthényl acétate	1240	1240	3,11	RI, MS	
18	Cis chrysanthényl acétate	1247	1247	4,75	RI, MS	
19	Lyratyl acétate	1259	1259	3,5	RI, MS	
20	Bornyl acétate	1264	1264	1,13	RI, MS	
21	Lavandulol acétate	1270	1270	0,22	RI, MS	
22	Myrtényl acétate	1326	1326	0,48	RI, MS	
23	Gurjunéne	1351	1351	0,33	RI, MS	
24	Verbénone	1358	1358	0,69	RI, MS	
25	Caryophyllène	1380	1380	2,94	RI, MS	
26	6,8-Nonadién-2-one, 6-méthyl-5-(1-méthyl éthyldiéne)-	1404	1404	1,09	RI, MS	
27	Bergamoténe	1414	1414	0,44	RI, MS	
28	E-β-Farnesène	1446	1446	6,21	RI, MS	
29	E-α-Farnesène	1459	1459	1,51	RI, MS	
30	Isovalérate de lyratyle	1472	1472	4,39	RI, MS	
31	Germacrène-D	1476	1476	5,13	RI, MS	
32	Muroléne	1490	1490	0,43	RI, MS	
33	β- Sesquiphellandrène	1516	1516	2,99	RI, MS	
34	Bisaboléne	1532	1532	0,36	RI, MS	
35	α-Cadinène	1535	1535	0,63	RI, MS	
36	Z-α-Farnesène	1548	1548	0,22	RI, MS	
37	Nrolidol	1552	1552	0,26	RI, MS	
38	Cis-3-Hexenylénzoate	1559	1559	5,32	RI, MS	
39	Spathuléol	51	1566	1566	1,1	RI, MS
40	Pinocarvéol	1571	1571	0,74	RI, MS	
41	Caryophyllène oxyde	1579	1579	2,86	RI, MS	
42	Shyobunol	1586	1586	0,23	RI, MS	

Résultats et Discussions

43	Isoaromadendréne	1590	1590	0,24	RI, MS
44	Viridiflorol	1598	1598	0,75	RI, MS
45	Acorénol	1610	1610	0,28	RI, MS
46	Epi-cis-sesquisabinéne hydrate	1622	1622	2,12	RI, MS
47	τ -Cadinol	1636	1636	1,26	RI, MS
48	α -Cadinol	1643	1643	0,63	RI, MS
49	Bisabolol	1670	1670	1,92	RI, MS
50	2-Méthyléne cholestan-3-ol	1913	1913	0,65	RI, MS
51	Géranyl-alpha-terpinéne	1957	1957	0,84	RI, MS
52	Linoléique acide méthyl ester	2106	2106	0,25	RI, MS
53	Phytol	2131	2131	1,72	RI, MS
54	Tricosane	2302	2302	0,3	RI, MS
55	Héptacosane	2504	2504	0,52	RI, MS
56	1-Héptatriacotanol	2512	2512	3,13	RI, MS
Taux d'identification %				88,25	

I.3. Compositions chimiques des extraits des hydrolats de trois plantes étudiées: *Anacyclus valentinus*, *Chrysanthemum coronarium* et *Carthamus caeruleus*.

En ce qui concerne les compositions chimiques des extraits des hydrolats, il est à noter qu'ils sont encore soumis à l'analyse (en Corse).

II. Activité antifongique des huiles essentielles et des hydrolats

II.1. Effet des huiles essentielles de *Anacyclus valentinus* et *Chrysanthemum coronarium* sur l'inhibition de décroissance fongique *in vivo* de pomme

Les huiles essentielles des deux plantes étudiées: *Anacyclus valentinus* et *Chrysanthemum coronarium* ont été choisies pour déterminer les effets de prévention et les effets de protection sur les fruits de pommes contre l'infection causée par *Penicillium expansum*.

Les résultats ont montré que le traitement des pommes avec chaque huile à part, a entraîné une diminution notable de l'incidence de la maladie par rapport à celle des témoins.

Lorsque nous comparons les activités de prévention et de protection de ces huiles essentielles contre l'infection causée par *Penicillium Expansum*, nous observons que les deux huiles essentielles ont le plus d'effet sur la gravité de la maladie de l'agent pathogène.

Les huiles essentielles de *Anacyclus valentinus* et de *Chrysanthemum coronarium* avec la concentration de 0,02 mL/L, ont montré une activité de prévention (pommes non contaminées) très intéressante qui les protège jusqu'au 150^{ème} jour de stockage par rapport

Résultats et Discussions

au échantillon de contrôle, qui ont commencé à pourrir, au cours du 25^{ème} jours (photos effet préventif).

Dans le traitement de protection (pommes contaminées), les résultats ont montré que les deux huiles essentielles utilisées chacune à part ont une activité protectrice très intéressante contre la pourriture des pommes jusqu'à 40 jours de stockage, par rapport aux témoins non traités (photos effet protecteur).

II.2. Effet des hydrolats de *Anacyclus valentinus*, *Chysanthemum coronarium* et de *Carthamus carealus* sur l'inhibition de décroissance fongique *in vivo* de pomme

De même les résultats des tests *in vivo* sur la souche de *Penicilium expansum* responsable de la pourriture des pommes par les différents hydrolats avec une concentration de 0,1 mL/L sont présentés dans les photos de la Figure 16. Selon les résultats, ces hydrolats ont montré une forte activité antifongique. Même à la fin du 130^{ème} jour de stockage, nous avons remarqué qu'il n'y avait pas des lésions chez les pommes traitées non contaminées par rapport aux témoins négatifs. Les pommes contaminées traitées ont commencé à pourrir au cours du 40^{ème} jour (photos effet protecteur).

II.3. Effet synergique des huiles essentielles et des hydrolats

Nous avons combiné les deux huiles, l'huile de *Anacyclus Valentinus* avec celle de *Chysanthemum coronarium*, et la même chose pour les hydrolats des deux plantes, afin de déterminer leurs effets synergiques et la capacité éventuelle des deux huiles essentielles et des deux hydrolats et d'augmenter l'effet antifongique *in vivo* sur les fruits de pommes.

Pour toutes les huiles et les hydrolats étudiées, le rapport de concentrations utilisées est 0.02 /0.02 mL/L c'est-à-dire un rapport 50/50 des deux huiles.

Bien que les huiles essentielles de *Anacyclus Valentinus* et celle de *Chysanthemum coronarium* chacune seule ont montré un effet protecteur et préventif très intéressant contre la souche *Penicilium expansum*, le synergisme de ces deux huiles essentielles ont montré aussi un effet préventif et protecteur considérable. Nous avons remarqué qu'il n'y avait pas de lésions jusqu'aux 90^{ème} jours de stockage (photos effet préventif) pour une activité de prévention. Et dans le traitement de protection les pommes ont commencées à pourrir totalement à partir des 70^{ème} jours (photos effet protecteur).

Quant au mélange des deux hydrolats de *Anacyclus Valentinus* avec l'hydrolat du *Chysanthemum coronarium*, nous avons noté à peu près un même effet antifongique que celui présenté par chaque hydrolats à part. (Photos effets préventif, photos effet protecteur).

Résultats et Discussions

Donc, les huiles essentielles et les hydrolats que nous avons choisis étaient très actifs sur la souche fongique *Penicillium expansum* infectant les pommes, que se soit utilisé chacune seules ou encore par synergisme des deux. De ce fait elles peuvent être utilisées comme moyen de protection ou prévention post récolte des pommes au cours des stockages.

III. Les photos des pommes contrôlées

III.1. Effet préventif

Les pommes non contaminées

➤ Les témoins



Contrôle j 1



Contrôle j 10



Contrôle j 15



Contrôle j 20

Résultats et Discussions



Contrôle j 25



Contrôle j 35

➤ Huile de *Chrysanthemum coronarium*



Contrôle j 01



Contrôle j 10



Contrôle j 20



Contrôle j 30

Résultats et Discussions



Contrôle j 40



Contrôle j 50



Contrôle j 60



Contrôle j 70



Contrôle j 80



Contrôle j 90

Résultats et Discussions



Contrôle j 100



Contrôle j 110



Contrôle j 120



Contrôle j 130



Contrôle j 140



Contrôle j 150

Résultats et Discussions



Contrôle j 160



Contrôle j 170

➤ **Huile de *Anacyclus valentinus***



Contrôle j 1



Contrôle j 10



Contrôle j 20



Contrôle j 30

Résultats et Discussions



Contrôle j 40



Contrôle j 50



Contrôle j 60



Contrôle j 70



Contrôle j 80



Contrôle j 90

Résultats et Discussions



Contrôle j 100



Contrôle j 110



Contrôle j 120



Contrôle j 130



Contrôle j 140



Contrôle j 150

Résultats et Discussions



Contrôle j 160



Contrôle j 170

➤ **Mélange des deux huiles de *Anacyclus valentinus* et *Chrysanthemum coronarium***



Contrôle j 1



Contrôle j 10

Résultats et Discussions



Contrôle j 20



Contrôle j 30



Contrôle j 40



Contrôle j 50



Contrôle j 60



Contrôle j 70

Résultats et Discussions



Contrôle j 80



Contrôle j 90



Contrôle j 100



Contrôle j 110



Contrôle j 120



Contrôle j 130

Résultats et Discussions



Contrôle j 140



Contrôle j 150

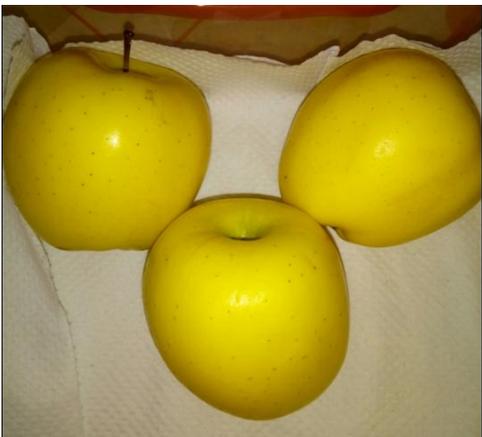


Contrôle j 160



Contrôle j 170

➤ Hydrolat de *Chrysanthémum coronarium*



Contrôle j 1



Contrôle j 10

Résultats et Discussions



Contrôle j 20



Contrôle j 30



Contrôle j 40



Contrôle j 50



Contrôle j 60



Contrôle j 70

Résultats et Discussions



Contrôle j 80



Contrôle j 90



Contrôle j 100



Contrôle j 110



Contrôle j 120



Contrôle j 130

Résultats et Discussions

Contrôle j 130



Contrôle j 140



Contrôle j 150



Contrôle j 160

Contrôle j 170

➤ Hydrolat de *Anacyclus valentinus*



Contrôle j 1



Contrôle j 10

Résultats et Discussions



Contrôle j 20



Contrôle j 30



Contrôle j 40



Contrôle j 50



Contrôle j 60



Contrôle j 70

Résultats et Discussions



Contrôle j 80



Contrôle j 90



Contrôle j 100



Contrôle j 110



Contrôle j 120



Contrôle j 130

Résultats et Discussions



Contrôle j 140



Contrôle j 150



Contrôle j 160



Contrôle j 170

➤ Hydrolat de *Carthamus caeruleus*



Contrôle j 01



Contrôle j 10

Résultats et Discussions



Contrôle j 20



Contrôle j 30



Contrôle j 40



Contrôle j 50



Contrôle j 60



Contrôle j 70

Résultats et Discussions



Contrôle j 80



Contrôle j 90



Contrôle j 100



Contrôle j 110



Contrôle j 120



Contrôle j 130

Résultats et Discussions



Contrôle j 140



Contrôle j 150



Contrôle j 160



Contrôle j 170

➤ Mélange des hydrolats de *Anacyclus valentinus* et *Chrysanthemum coronarium*



Contrôle j 01



Contrôle j 10

Résultats et Discussions



Contrôle j 20



Contrôle j 30



Contrôle j 40



Contrôle j 50



Contrôle j 60



Contrôle j 70

Résultats et Discussions



Contrôle j 80



Contrôle j 90



Contrôle j 100



Contrôle j 110



Contrôle j 120



Contrôle j 130



Contrôle j 140



Contrôle j 150



Contrôle j 160



Contrôle j 170

III.2. Effet protecteur

Les pommes contaminées:

- **Les témoins**

Résultats et Discussions



Contrôle j 1



Contrôle j 3



Contrôle j 6



Contrôle j 9



Contrôle j 12



Contrôle j 15

Résultats et Discussions



Contrôle j 18



Contrôle j 21



Contrôle j 24



Contrôle j 27



Contrôle j 30



Contrôle j 33

Résultats et Discussions



Contrôle j 20



Contrôle j 25

➤ Huile essentielle de *Anacyclus valentinus*



Contrôle j 1



Contrôle j 3



Contrôle j 6



Contrôle j 10

Contrôle j 10



Contrôle j 20



Contrôle j 30



Contrôle j 40



Contrôle j 50



Contrôle j 60



Contrôle j 70





Contrôle j 90

➤ Huile essentielle du *Chrysanthème Coronarium*



Contrôle j 1



Contrôle j 5



Contrôle j 15



Contrôle j 20

Résultats et Discussions



Contrôle j 30



Contrôle j 40



Contrôle j 60



Contrôle j 70



Contrôle j 80



Contrôle j 90

- Mélange des deux huiles essentielles de *Anacyclus valentinus* et *Chrysanthemum coronarium*



Contrôle j 1



Contrôle j 5



Contrôle j 10



Contrôles j 20



Contrôle j 30



Contrôle j 40

Résultats et Discussions



Contrôle j 50



Contrôle j 60



Contrôle j 70



Contrôle j 80



Contrôle j 90

➤ Hydrolat du *Chrysanthème coronarium*

Résultats et Discussions



Contrôle j 1



Contrôle j 5



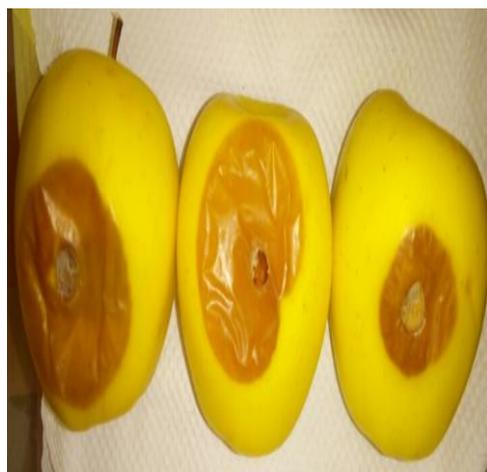
Contrôle j 10



Contrôle j 20



Contrôle j 30



Contrôle j 40

Résultats et Discussions



Contrôle j 60



Contrôle j 70



Contrôle j 80

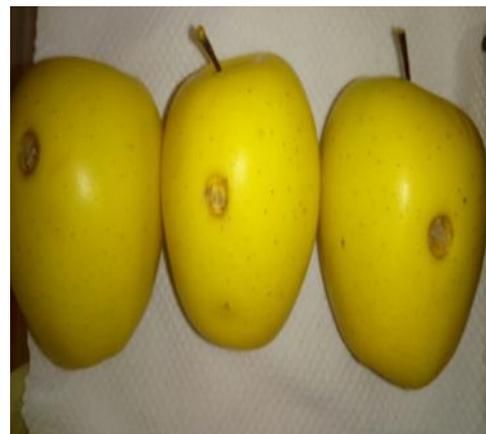


Contrôle j 90

➤ Hydrolat du *Carthamus caeruleus*



Contrôle j 1



Contrôle j 3

Résultats et Discussions



Contrôle j 50



Contrôle j 60



Contrôle j 70



Contrôle j 80



Contrôle j 90

Résultats et Discussions

➤ Hydrolat de *Anacyclus valentinus*



Contrôle j 5



Contrôle j 10



Contrôle j 20



Contrôle j 30



Contrôle j 40



Contrôle j 50

Résultats et Discussions



Contrôle j 60



Contrôle j 70



Contrôle j 80



Contrôle j 90

➤ Hydrolat du *Carthamus caeruleus*



Contrôle j 1



Contrôle j 3

Résultats et Discussions



Contrôle j 6



Contrôle j 9



Contrôle j 12



Contrôle j 15



Contrôle j 18



Contrôle j 21

Résultats et Discussions



Contrôle j 20



Contrôle j 30



Contrôle j 40



Contrôle j 50



Contrôle j 60



Contrôle j 70

Résultats et Discussions



Contrôle j 80



Contrôle j 90



Conclusion



Conclusion

La flore Algérienne est l'une des plus riches au monde. Elle possède de nombreuses plantes utilisées en médecine traditionnelle et qui ne sont pas évaluées scientifiquement. Parmi elles, trois plantes médicinales de la famille des *Astéracées* qui ont fait l'objet d'une étude chimique et biologique.

Ce travail a pour objectif principal de contribuer à une meilleure gestion et protection de ressources alimentaire par la valorisation des ressources végétales (huiles essentielles et extraits des hydrolats). Il nous a permis d'une part, la connaissance de la composition chimique des huiles essentielles des plantes utilisées et les valoriser en testant leurs activités biologique d'autre part.

Dans l'huile essentielle de *Anacyclus valentinus* nous avons pu identifier 27 constituants représentant 92.99% de l'huile essentielle dont les constituants majoritaires sont le Caryophyllène oxyde (12,58%), E- β -Farnesène (12,34%), Germacrène-D (8,86%), (Z,Z)-Farnésal (8.24%), Spathulénol (7.7%), γ -Eudesmol (6.5%), Elémol(6.2), (1R,7S)-Germacra-4(15),5,10(14)trien1betaol(4.54%), β -Sesquiphellandrène (4.43%), β -Bisabolène (3.46%), α -Cadinol (3.3%), α -Farnesène et salvial-4(14)-en-1-one avec un même pourcentage (2.54%).

De même, 56 composés ont été identifiés dans l'huile essentielle de *Chrysanthemum coronarium* et qui représente 88.25% de sa totalité. Les composés chimiques qui constituent la fraction majoritaire de l'huile essentielle du *Chrysanthemum coronarium* sont: le Camphre (10.15%) qui est le composé majoritaire, E- β -Farnesène (6.21%), Pinocarvone (5.47%), Cis-3-Hexenylénzoate (5.32%), Germacrène-D (5.13%), Cis chrysanthényl acétate (4.75%), Isovalérate de lyratyle (4.39%), Lyratyl acétate (3.5%), 1-Héptatriacotanol (3.13%), et le Trans chrysanthényl acétate (3.11%).

Afin de valoriser ces huiles essentielles et hydrolats, et dans le but de trouver des nouveaux produits bioactifs naturels, les activités antifongiques *in vivo*, des huiles extraites et des hydrolats des trois plantes ainsi que leurs effets synergiques ont été étudiées sur les fruits de pommes.

Les résultats des essais des tests *in vivo* de nos huiles essentielles et des hydrolats ainsi de leurs mélanges (effet synergétique) ont montré une très importante activité de protection

contre la pourriture de pommes causée par *Penicilium expansum* jusqu'à 30 à 50 jours de stockage respectivement, par rapport aux témoins.

De même les traitements des fruits de pommes avec les huiles essentielles de *Anacyclus valentinus* et de *Chrysanthemum coronarium* (0.02 ml/1L d'air) et leurs hydrolats (0.01 ml/1L), et aussi les traitements par le mélanges des deux huiles essentielles et des deux hydrolats ont présentés un meilleur effet préventif.

Par comparaison, l'hydrolat de *Carthamus Caeruleus* qui est moins efficace que l'hydrolat de *Anacyclus Valentinus* et de *Chrysanthemum Coronarium*.

Les résultats ont montré que les huiles essentielles et les hydrolats en plus que l'effet synergique du mélanges des deux huiles essentielles et des deux hydrolats possèdent une activité antifongique très intéressante et qui pourraient donc devenir une alternative réussie aux fongicides traditionnels utilisés dans la gestion post-récolte des fruits de pommes contre les maladies fongiques ou une alternative idéale pour contrôler les infections pendant le stockage des fruits.

Sachant que ces résultats se révèlent prometteurs et que chaque plante se caractérise par des molécules particulièrement intéressantes, et pour compléter ce présent travail qui demande d'être exploitées, nous proposons à l'avenir:

- ✓ L'application de ces résultats à l'échelle industrielle est très importants dans plusieurs domaines comme les industries agro-alimentaires vues les résultats très intéressant des activités antifongiques des huiles essentielles et des hydrolats de ces plantes étudiées.
- ✓ Etudier d'autres activités biologiques des huiles essentielles pour une meilleure connaissance de leurs propriétés et donc un bon usage.
- ✓ Développer des fongicides écologiques à base des huiles essentielles des ces plantes étudiées.
- ✓ Du point de vue toxicologique, Réaliser une étude toxicologique de ces huiles essentielles.
- ✓ Evaluation de l'effet synergique des activités antifongique, des huiles essentielles et des hydrolats des deux plantes *Anacyclus valentinus* et *Chrysanthemum coronarium* avec d'autres rapports de proportions.



Références Bibliographiques



Références Bibliographiques

- [1] **El-Ghaouth A., Wilson C. L., & Wisniewski M. E. 2004.** Biologically based alternatives to synthetic fungicides for the postharvest diseases of fruit and vegetables. Naqvi, S.A.M.H. (Ed.). *Diseases of Fruit and Vegetables*. Vol. 2. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 511–535.
- [2] **Janisiewicz W., J., & Korsten L. 2002.** Biological Control of Postharvest Diseases of Fruits. *Ann. Rev. Phytopathol.* **40**, 411–441.
- [3] **Leibinger W., Breuker B., Hahn M. & Mendgen K. 1997.** Control of postharvest pathogens and colonization of the apple surface by antagonistic microorganisms in the field. *Phytopathol.* **87**, 1103–1110.
- [4] **Magan N., Olsen M. 2004.** *Mycotoxins in Food 1st Edition. Detection and Control.* 488.
- [5] **WMO., 1995.** Scientific assessment of ozone depletion: World Meteorological Organization global ozone research and monitoring project. Geneva, report No 37 WMO Switzerland.
- [6] **Regnault-Roger C., Philogene B.J., & Vincent C. 2002.** Biopesticides d'origines végétales. Tec & Doc Eds. Paris, 337.
- [7] **Robert, G., 2000.** *Les Sens du Parfum.* Osman Eroylls Multimedia. Paris. 224 .
- [8] **Serrano MA, Martí nez-Romero D, Guille ´n F, Valverde J.M, Zapata P.J, Castillo S., Valero D. 2008.** The addition of essential oils to MAP as a tool to maintain of fruits. **19**, 464-471.
- [9] **Catty, S., 2001.** *Hydrosols, the next aromatherapy.* Healing Arts Press. Rochester. 290 .
- [10] **Paolini J., Leandri C., Desjobert J.M., Barboni T., Costa J. 2008.** Comparison of liquid-liquid extraction with headspace methods for the characterization of volatile fractions of commercial hydrolats from typically Mediterranean species. *J Chromatogr A.* **1193**. 37-49.
- [11] **Quezel P., Santa S. 1963.** *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*, Tome II, éd. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- [12] **Harkati B. 2011.** Valorisation et identification structurale des principes actifs de la plante de la famille *Asteraceae* : *Scorzonera undulata*. Thèse doctorat: Chimie organique: Constantine: Université de Mentouri Constantine, 4-5.
- [13] **Barreda., Luis P., Maria CT., Eduardo B.O., Ian R., Félix F., Viviana D. 2015.** Early evolution of the angiosperm clade *Asteraceae* in the *Cretaceous* of Antarctica. **35**, 10989–10994.
- [14] **Gaussen H., Leroy F. 1982.** *Précis de botanique (végétaux supérieurs).* France: Elsevier/Masson. 592 .

Références Bibliographiques

- [15] Bayer R.J., Starr J.R. 1998. Tribal phylogeny of the Asteraceae based on two noncoding chloroplast sequences. **85**, 242-256.
- [16] Fiche d'allergologie-dermatologie professionnelle N°73. 2006. Documents pour le médecin du travail N°105 1er trimestre.
- [17] Julien A. 1894. Flore de la région de Constantine. Imprimerie Louis Marle, Constantine.
- [18] Julve P.H. 2015. ff- Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France.
- [19] Hamzi S., Belhadj K. 2008. Contribution à l'étude de l'activité antifongique des polyphénols extraits de deux plantes médicinales (*Anacyclus valentinus* L et *Anacyclus pyrèthum*).
- [20] Harald G. 1978. Comparative phytochemistry and systematics of *Anacyclus*. *Biochemical Systematics and Ecology*, **6**, 11–17.
- [21] El morsy M. A., et Hassanein A. M. 1999. Corrosion inhibition of copper by heterocyclic compounds. *corros. Sci.*, **41** 2337.
- [22] Boungab K., Tadjeddine A., Belabid L., Fortas Z., Lazrag F. 2011. Activité antifongique des extraits d'*Anacyclus valentinus* L. sur des champignons phytopathogènes. 4^{ème} Conférence Internationale sur les Méthodes Alternatives en Protection des Cultures. Evolution des cadres réglementaires européen et français. Nouveaux moyens et stratégies Innovantes, Nouveau Siècle, Lille, France, 230- 238.
- [23] Adnane M., Et Arbaoui A. 2008. Etude de l'effet de l'extrait aqueux de l'*Anacyclus valentinus* L.
- [24] Hacheimi I., Kadi O. 2009. Effet de l'extrait aqueux de *L'Anacyclus Valentinus* L sur le cholestérol.
- [25] Quattrocchi U. 1999. CRC World Dictionary of Plant Names: Common Names, Scientific Names, Eponyms, Synonyms and Etymology. Volume 1, CRC, Press, 728.
- [26] Kumar A., Singh S P., Bhakuni R S. 2005. Secondary metabolites of *Chrysanthemum* genus and their biological activities. *Current Science*, **89**, 1489.
- [27] Anon. 1950, 1992, *The Wealth of India, Raw Materials*, **2**, 143-148.
- [28] Takia L., Messaoudi R., Pierre C., Gilles F., Hafsa S., Meriem K. 2013. Chemical composition, antibacterial activity and chromosome number of Algerian population of two *chrysanthemum* species. *Journal of applied pharmaceutical science*, **3**, 16-11.
- [29] Jinglun H., Xiu'e G. 1997. Traditional Chinese Treatment for Senile Diseases. Academy Press, Beijing.

Références Bibliographiques

- [30] Bellakhdar J., Chaisse R., Fleurentin J., Younos C. 1991. Repertory of standard herbal drugs in the Moroccan pharmacopoea. *Journal of Ethno pharmacology*, **35**, 123-143.
- [31] Qasem J R. 2015. Prospects of wild medicinal and industrial plants of saline habitats in the Jordan valley. *Pakistan Journal of Botany*, **47**, 551-570.
- [32] Saffidine K. 2015. Etude analytique et biologique des flavonoïdes extraits de *Carthamus caeruleus* L. et de *Plantago major* L., Thèse doctorat, Université de Tlemcen, 59-60.
- [33] Mioulane P. 2004. Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*.
- [34] Boullard B. 2001. *Physiologie végétale*. De Boeck Supérieur.
- [35] Freire Fierro A. 2004. Etude Analytique et Biologique des Flavonoïdes Naturels
- [36] Meselhy MR., Kadota S., Momose Y., Hattori M., Namba T. 1992. Tinctormine, a novel Ca²⁺ antagonist N-containing quinochalcone C-glycoside from *Carthamus tinctorius*. *Chem Pharm Bull*, **40**, 3355–3357.
- [37] Baghiani A., Boumerfeg S., Belkhiri F., Khennouf S., Charef N., Harzallah D., Arrar L., Attia M.A.W. 2010. Antioxidant and radical scavenging properties of *Carthamus caeruleus* L extracts grow wild in Algeria flora. *Comunicata Scientiae*, **1**, 128-136.
- [38] Benhamou A., Fazouane F. 2013. Technologie alimentaire université m'hmed BOUGARA.
- [39] Lardy J.M, Haberkorn V. 2007. L'aromathérapie et les huiles essentielles. *Revue de Kinésithérapie*. **61**, 14-17.
- [40] Lucchesi. M.E. 2005. Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles, Thèse de Doctorat en Sciences, discipline Chimie. Université de la Réunion. Faculté des Sciences et Technologies.
- [41] Fouche J.G., Marquet A., Hambuckers A. 2000. Les plantes Médicinales, de la plante au médicament. Observatoire du monde des plantes Sart-Tilman.
- [42] Zhiri A. 2006. Les huiles essentielles un pouvoir antimicrobien avéré. *Nutra News Sciences, Nutrition, Prévention et santé*. Edité par la Fondation pour le libre choix. **12**, 8.
- [43] Durville J.-P. 1930. *Fabrication des essences et des parfums*. Ed. Desforges, Girardot et Cie, 807 .
- [44] Funk & Wagnalls. 2004. *Encyclopédie britannique Funk & Wagnalls*. URL <http://www.Funkandwagnalls.com>.
- [45] AFNOR. 2000. *Huiles essentielles*. Ed. PARA Graphic. Tome 1–Echantillonnage et méthode d'analyse 471 . Tome 2 – Volume 1 Monographie relative aux huiles essentielles 323 Tome 2 – Volume 2 Monographie relative aux huiles essentielles, 663.

Références Bibliographiques

- [46] Tabet Zatl A., Dib M.A., Djabou N., Ilias F., Costa J & Muselli A. 2017. Antifungal activities of essential oils and hydrosol extracts of *Daucus carota subsp. sativus* for the control of fungal pathogens, in particular gray rot of strawberry during storage, *Journal of Essential Oil Research*. **29**, 391-399.
- [47] Rams TE., Degener JE., van Winkelhoff A.J. 2014. Antibiotic resistance in human chronic periodontitis microbiota. *J Periodontol*. **85**, 160-169.
- [48] Couic-Marinier F., Lobstein A. 2013. Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine. *Actualités pharmaceutiques*. **52**, 18-21.
- [49] Agence Française de Sécurité Sanitaire des produits de santé AFSSAPS. 2008. Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles. Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles.
- [50] Lakhdar L. 2015. Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur Aggregati bacteractino mycetemcomitans: étude *in vitro*. Thèse de doctorat, faculté de médecine dentaire université Mohamed V de Rabat 33 .34.
- [51] Kurkin V.A. 2003. Phenylprpanoids from medicinal plants: distribution, classification, structural analysis and biological activities. *Chem. Nat. Compd*. **39** : 123.
- [52] Cimanga K., Kambu K., Tona L., Apers S., De Bruyne T., Hermans N., Totté J., Pieters L., Vlietinck AJ. 2002. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *Journal of Ethno pharmacology*. **79**, 213-220.
- [53] Fabian D., Sabol M., Domaracké K., Bujnéková D. 2006. Essential oils - their antimicrobial activity against *Escherichia coli* and effect on intestinal cell viability. *Toxicol. in vitro*. **20**, 1435-1445.
- [54] Burt S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. *International Journal of Food Microbiol*. **94**, 223-253.
- [55] Pérez-Alfonso C.O., Martínez-Romero D., Zapata P.J., Serrano M., Valero D., Castillo S. 2012. The effects of essential oils carvacrol and thymol on growth of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* involved in lemon decay. *International Journal of Food Microbiology*. **158**, 101-106.
- [56] Lis-Balchin M. 2002. Geranium and pelargonium: the genera *Geranium* and *Pelargonium*. CRC Press, *Taylor & Francis, London*. 116-131, 147-165, 184-217.

Références Bibliographiques

- [57] Oussalah M., Caillet S., Soucier L and Lacroix M. 2006. Antimicrobial effects of selected plant essential oils on the growth of a pseudomonas putida strain isolated from meat-meat science. 236-244.
- [58] Ben Arfa A., Combes S., Preziosi-Belloy L., Gontard N., Chalier P. 2006. Antimicrobial activity of carvacrol related to its chemical structure. Letters in Applied Microbiology, 43.2,149.
- [59] Djeddi S. 2012. Les huiles essentielles: des mystérieux métabolites secondaires. Ed. Presses académiques francophones, 64.
- [60] Inouy S., Abe S. 2007. « Nouvelle Approche De L'aromathérapie Anti –Infectieuse »-Phytothérapie.; 2-4
- [61] Eisenhut M. 2007. - The toxicity of essential oils.,article in presse, *International Journal of Infectious Diseases*. 11.4: 365.
- [62] Bruneton J. 1999. Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales, (3ème éd.). Paris: Editions médicales internationales. *Edition Tec & Doc Lavoisier*. 1120.
- [63] Salle J.L. et Pelletier J. 1991. Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie. Ed. Frison-Roche.,19-45.
- [64] Sommerard J.C., Mary R. 2012. Eaux florales, un nouvel art de vivre Broché.
- [65] Fernandez X., André C., Casale A. Hydrolats et eaux florales-Vertus et applications-.Editions Vuibert.
- [66] Carlini E.A., Oliveira A.B., Oliveira G.G. 1983. Psychopharmacological Effects of the Essential Oil Fraction and of the Hydrolate Obtained from the Seeds of Licaria Puchury-Major. *Journal of ethno pharmacology*. 8. 2. 225–36.
- [67] Aydin S., Seker S. 2005. Effect of an aqueous distillate of *Origanum onites* L on isolated rat fundus, *duodenum* and *ileum*: Evidence for the role of oxygenated monoterpenes. *Pharmazie*. 60.147-150.
- [68] Boyraz N., Musa O. 2006. Inhibition of Phytopathogenic Fungi by Essential Oil, Hydrosol, Ground Material and Extract of Summer Savory (*Satureja Hortensis L.*) Growing Wild in Turkey. *International journal of food microbiology*.107, 238-42.
- [69] Espirade E. 2002. Introduction à la transformation industrielle des fruits Ed Tec a Doc.
- [70] Coart E.,VAN Glabeke S., DE Loose M, Larsen A.S., Roldán-Ruiz I. 2006. Chloroplast diversity in the genus *Malus*: new insights into the relationship between the European wild apple (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) and the domesticated apple (*Malus domestica* Borkh.). *Molecular Ecology*. 15 .8. 2171-2182.

Références Bibliographiques

- [71] Lafaoun J. P., Tharaud-Payer C. & Levy G. 1996 : Biologie des plantes cultivées. 2^{ème} Edition. Tome 1. Organisation et physiologie de la nutrition. Ed. Tec & Doc. Paris, 227.
- [72] Ciqual 2013: table de composition nutritionnelle des aliments.
- [73] FAO, 2013 Food and Agriculture Organisation (FAO) Institution spécialisée des Nations Unies.
- [74] Attrassi K., Benkirane R., Attarassi B., Badoc A., & Douira A. 2007. Efficacité de deux fongicides benzimidazolés et de l'anilino pyrimidine sur la pourriture des pommes en conservation. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux. 146: 195. n.servation. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 146- 195.
- [75] Janisiewicz W., J. & Korsten L. 2002. Biological Control of Postharvest Diseases of Fruits. *Ann. Rev. Phytopathol.* **40**, 411–441.
- [76] Bulletin de Santé du Végétal Nouvelle-Aquitaine / Edition Nord Nouvelle-Aquitaine Pommier – N°19 du 1er août 2018. 2/9.
- [77] Centre Technique au service de la filière fruits et légumes .1996. Protection intégrée pommier poirier.
- [78] Bondoux P. 1992 (éd). *Maladies de conservation des fruits à pépins, pommes et poires*. INRA et PHM (revue horticole), Paris, France, 173.
- [79] Henriquez, J. L., Sugar, D. & Spotts, R. A. 2004: Etiology of bull's eye rot of pear caused by *Neofabraea spp.* in Oregon, Washington, and California. *Plant Dis.* **88**, 1134-1138.
- [80] Manning M., Percy H. 1997 .Dry eye rot (*Botrytis cinerea*) in apples and pears. An Introduction to the Disease. The Horticulture and Food Research Institute of New Zealand Ltd.
- [81] Janisiewicz W. 1999. Blue mold. *Penicillium Spp.* Fruit Disease Focus [en ligne]. Disponible sur Word Wide Web <http://www.caf.wvu.edu/Kearneysville/disease_month/bluemold0199.html>. Consulté le 25 Septembre 2009.
- [82] Roussel M., Lemarchand M., Benard M., Dreyfus J. 2007. La patuline. Fiche technique du service régional de la protection des végétaux de Haute-Normandie.
- [83] erring M.A. 1986. Incidence of Bitter pit in relation to the calcium content of apples : Problems and paradoxes, a review. *J Sci Food Agric*; **37**, 591-606.
- [84] Ohlendorf B.L.P. 1999. Integrated pest management for apples and pears, second edition. Ed. Elsevier. Amsterdam, 87.

Références Bibliographiques

- [85] Poirier, Pmmier.2010. Contrôle des ravageurs au verger. Revue suisse Vitic. Arboric.Hortic. **42**, 14-17.
- [86] Direction des services agricoles (D.S.A.). 2013: Le pommier, wilaya de Batna.
- [87] Pitt J. I., Hocking A. D. 1999. Fungi and food spoilage, 2nd ed. Gaithersburg: Aspen Publishers.
- [88] Mattheis J. P., Roberts R. G. 1992. Identification of geosmin as a volatile metabolite of *Penicillium expansum*. *Applied Environmental Microbiology*, **58**, 3170-3172.
- [89] Andersen B., Smedsgaard J., Frisvad J. C . 2004. "*Penicillium expansum*: consistent production of patulin, chaetoglobosins, and other secondary metabolites in culture and their natural occurrence in fruit products." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52.8**:.2421-2428.
- [90] Cardoso P.G., Marisa V ieira de Queiroz; Pereira O.L., Fernandes E de Araújo.2007. . Morphological and molecular differentiation of the pectinase producing fungi *Penicillium expansum* and *Penicillium griseoroseum*. *Braz J Microbiol.* 3871–77.
- [91] Pitt J. I., Hocking A. A. D. 2009. Fungi and food spoilage, 3rd edition. Springer.
- [92] Frisvad J., Samson R.A 2004. Polyphasic taxonomy of penicillium subgenus penicillium. *Aguid to identification of food air-borne terverticillatePenicillia and their mycotoxins. studies in Mycology.* **49**, 1-174.
- [93] Vilanova P., SOUSA R., Munoz-Mahmud E., Quayle J. 2014. Is asymptomatic bacteriuria a risk factor for prosthetic joint infection. *Clinical infectious diseases*, **59**, 41-47.
- [94] Kumar P., Mishra S., Malik A., Satya S. 2014. Bio- control potential of essential oilmonoterpenes against housefly, *Muscadomestica* (Diptera: Muscidae). *Ecotox Environ Safe*, **100**,1-6.
- [95] Kilani S., Bouhlel I., Ben Ammar R., Ben SghairSkandrani I., Boubaker J., Mahmoud A., Dijoux- Franca M.G., Ghedira K., Chekir-Ghedira L. 2007. Chemical investigation of different extracts and essential oil from the tubers of (Tunisian) *Cyperusrotundus*. Correlation with their antiradical and antimutagenic properties. *Ann. Microbiol.* **57**, 657–664.
- [96] Mariott P.J., Shellie R., Cornwell C. 2001. Gas chromatographic technologies for theanalysis of essential oils. *J. Chromatogr. A.*, **936**, 1-22.
- [97] AFNOR. 1986. Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles », AFNOR. Paris 57.
- [98] Barnett H.L., and Hunter B.B. 2006. Illustrated genera of imperfect fungi. 4th Edition, The American Phytopatological Society, St. Paul Minnesota.

Références Bibliographiques

[99] **Benomari F.Z .2018.** Variabilité chimique et activité biologique des volatiles des especesaromatique a intereconomie des genres *Mentha* , *Inula* , *Thymus* , *Astericus* et *Chrysanthemum* de l'ouest Algerien.

