



ROYAUME DU MAROC  
UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT  
FACULTE DE MEDECINE  
ET DE PHARMACIE  
RABAT



Année: 2022

Thèse N°: 70

Les propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles : étude expérimentale sur la qualité des huiles essentielles d'eucalyptus commercialisées dans le marché marocain

THESE

*Présentée et soutenue publiquement le : / /2022*

PAR

**Madame Imane ZRIOUIL**

*Née le 30 Octobre 1997*

*Pour l'Obtention du Diplôme de*

**Docteur en Pharmacie**

**Mots Clés** : Huile essentielle; Eucalyptus; Adulteration; Contrôle qualité

Membres du Jury :

**Monsieur Yassir BOUSLIMAN**

Professeur de Toxicologie

**Monsieur Mustapha BOUATIA**

Professeur de Chimie Analytique et Bromatologie

**Monsieur Jaouad EL HARTI**

Professeur de Chimie Thérapeutique

**Monsieur Rachid NEJJARI**

Professeur de Pharmacognosie

**Président**

**Rapporteur**

**Juge**

**Juge**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فَالْوَيْلُ لِمَنْ حَانَ عَلَيْهِ الْعَامُ لَمْ يَلْمِ لِنَا الْإِمَامِ عَلَيْنَا  
إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ



**DOYENS HONORAIRES :**

**1962 – 1969: Professeur Abdelmalek FARAJ**  
**1969 – 1974: Professeur Abdellatif BERBICH**  
**1974 – 1981: Professeur Bachir LAZRAK**  
**1981 – 1989: Professeur Taieb CHKILI**  
**1989 – 1997: Professeur Mohamed Tahar ALAOUI**  
**1997 – 2003: Professeur Abdelmajid BELMAHI**  
**2003 - 2013: Professeur Najia HAJJAJ – HASSOUNI**

**ORGANISATION DÉCANALE :**

***Doyen***

**Professeur Mohamed ADNAOUI**

***Vice-Doyen chargé des Affaires Académiques et estudiantines***

**Professeur Brahim LEKEHAL**

***Vice-Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération***

**Professeur Taoufiq DAKKA**

***Vice-Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie***

**Professeur Younes RAHALI**

***Secrétaire Général*** : Mr. Mohamed KARRA

**SERVICES ADMINISTRATIFS :**

***Chef du Service des Affaires Administratives***

**Mr. Abdellah KHALED**

***Chef du Service des Affaires Estudiantines, Statistiques et Suivi des Lauréats***

**Mr. Azzeddine BOULAAJOU**

***Chef du Service de la Recherche, Coopération, Partenariat et des Stages***

**Mr. Najib MOUNIR**

***Chef du service des Finances***

**Mr. Rachid BENNIS**

***\*Enseignant militaire***

## 1 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS ET PHARMACIENS

### PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR :

#### Décembre 1984

Pr. MAAOUNI Abdelaziz	Médecine interne – <u>Clinique Royale</u>
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi	Anesthésie -Réanimation
Pr. SETTAF Abdellatif	Pathologie Chirurgicale

#### Décembre 1989

Pr. ADNAOUI Mohamed	Médecine interne – <u>Doyen de la FMPR</u>
---------------------	--

#### Janvier et Novembre 1990

Pr. KHARBACH Aïcha	Gynécologie -Obstétrique
Pr. TAZI Saoud Anas	Anesthésie Réanimation

#### Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AZZOUZI Abderrahim	Anesthésie Réanimation
Pr. BAYAHIA Rabéa	Néphrologie
Pr. BELKOUCHI Abdelkader	Chirurgie Générale
Pr. BENSOU DA Yahia	Pharmacie galénique
Pr. BERRAHO Amina	Ophthalmologie
Pr. BEZAD Rachid	Gynécologie Obstétrique <u>Méd. Chef Mat. Orangers Rabat</u>
Pr. CHERRAH Yahia	Pharmacologie
Pr. CHOKAIRI Omar	Histologie Embryologie
Pr. SOULAYMANI Rachida	Pharmacologie- <u>Dir. du Centre National PV Rabat</u>

#### Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed	Chirurgie Générale <u>Doyen FMPT</u>
Pr. BENSOU DA Adil	Anesthésie Réanimation
Pr. EL OUAHABI Abdessamad	Neurochirurgie
Pr. FELLAT Rokaya	Cardiologie
Pr. JIDDANE Mohamed	Anatomie
Pr. ZOUHDI Mimoun	Microbiologie

#### Mars 1994

Pr. BENJAAFAR Nouredine	Radiothérapie
Pr. BEN RAIS Nozha	Biophysique
Pr. CAOUI Malika	Biophysique
Pr. CHRAIBI Abdelmjid	Endocrinologie et Maladies Métaboliques <u>Doyen FMPA</u>
Pr. EL AMRANI Sabah	Gynécologie Obstétrique
Pr. ERROUGANI Abdelkader	Chirurgie Générale– <u>Dir. du CHIS Rabat</u>
Pr. ESSAKALI Malika	Immunologie
Pr. ETTAYEBI Fouad	Chirurgie Pédiatrique
Pr. IFRINE Lahssan	Chirurgie Générale
Pr. RHRAB Brahim	Gynécologie –Obstétrique
Pr. SENOUCI Karima	Dermatologie

#### Mars 1994

Pr. ABBAR Mohamed*	Urologie <u>Inspecteur du SSM</u>
Pr. BENTAHILA Abdelali	Pédiatrie
Pr. BERRADA Mohamed Saleh	Traumatologie – Orthopédie
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae	Ophthalmologie

*\*Enseignant militaire*

Pr. LAKHDAR Amina  
Pr. MOUANE Nezha

Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie

### **Mars 1995**

Pr. ABOUQUAL Redouane  
Pr. AMRAOUI Mohamed  
Pr. BAIDADA Abdelaziz  
Pr. BARGACH Samir  
Pr. EL MESNAOUI Abbas  
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila  
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed  
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia  
Pr. SEFIANI Abdelaziz  
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Réanimation Médicale  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Gynécologie Obstétrique  
Chirurgie Générale  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Urologie  
Ophtalmologie  
Génétique  
Réanimation Médicale

### **Décembre 1996**

Pr. BELKACEM Rachid  
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim  
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan  
Pr. GAOUZI Ahmed  
Pr. OUZEDDOUN Naima  
Pr. ZBIR EL Mehdi\*

Chirurgie Pédiatrie  
Ophtalmologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Néphrologie  
Cardiologie [Dir. HMI Mohammed V Rabat](#)

### **Novembre 1997**

Pr. ALAMI Mohamed Hassan  
Pr. BIROUK Nazha  
Pr. FELLAT Nadia  
Pr. KADDOURI Noureddine  
Pr. KOUTANI Abdellatif  
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid  
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ  
Pr. TOUFIQ Jallal  
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Gynécologie-Obstétrique  
Neurologie  
Cardiologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Psychiatrie [Dir. Hôp.Ar-razi Salé](#)  
Gynécologie Obstétrique

### **Novembre 1998**

Pr. BENOMAR ALI  
Pr. BOUGTAB Abdesslam  
Pr. ER RIHANI Hassan  
Pr. BENKIRANE Majid\*

Neurologie [Doyen de la FMP Abulcassis Rabat](#)  
Chirurgie Générale  
Oncologie Médicale  
Hématologie

### **Janvier 2000**

Pr. ABID Ahmed\*  
Pr. AIT OUAMAR Hassan  
Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr Sououd  
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine  
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer  
Pr. ECHARRAB El Mahjoub  
Pr. EL FTOUH Mustapha  
Pr. EL MOSTARCHID Brahim\*  
Pr. TACHINANTE Rajae  
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

Pneumo-phtisiologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie  
Pneumo-phtisiologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Pneumo-phtisiologie  
Neurochirurgie  
Anesthésie-Réanimation  
Médecine interne

***\*Enseignant militaire***

### **Novembre 2000**

Pr. AIDI Saadia  
Pr. AJANA Fatima Zohra  
Pr. BENAMR Said  
Pr. CHERTI Mohammed  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma  
Pr. EL HASSANI Amine  
Pr. EL KHADER Khalid  
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan  
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae

Ne Urologie  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Générale  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Pédiatrie - [Dir. Hôp. Cheikh Zaid Rabat](#)  
Urologie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Pédiatrie

### **Décembre 2001**

Pr. BALKHI Hicham\*  
Pr. BENABDELJLIL Maria  
Pr. BENAMAR Loubna  
Pr. BENAMOR Jouada  
Pr. BENELBARHDADI Imane  
Pr. BENNANI Rajae  
Pr. BENOACHANE Thami  
Pr. BEZZA Ahmed\*  
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi  
Pr. BOUMDIN El Hassane\*  
Pr. CHAT Latifa  
Pr. EL HIJRI Ahmed  
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid  
Pr. EL MADHI Tarik  
Pr. EL OUNANI Mohamed  
Pr. ETTAIR Said  
Pr. GAZZAZ Miloudi\*  
Pr. HRORA Abdelmalek  
Pr. KABIRI EL Hassane\*  
Pr. LAMRANI Moulay Omar  
Pr. LEKEHAL Brahim  
Pr. MEDARHRI Jalil  
Pr. MOHSINE Raouf  
Pr. NOUINI Yassine  
Pr. SABBAH Farid  
Pr. SEFIANI Yasser  
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Anesthésie-Réanimation  
Ne Urologie  
Néphrologie  
Pneumo-phtisiologie  
Gastro-Entérologie  
Cardiologie  
Pédiatrie  
Rhumatologie  
Anatomie  
Radiologie  
Radiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Neuro-chirurgie  
Chirurgie-Pédiatrique [Dir. Hôp. Des Enfants Rabat](#)  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie -  
Neuro-chirurgie  
Chirurgie Générale [Dir. Hôpital Ibn Sina Rabat](#)  
Chirurgie Thoracique  
Traumatologie Orthopédie  
Chirurgie Vasculaire Périphérique **V-D. Aff Acad. Est.**  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Pédiatrie

### **Décembre 2002**

Pr. AMEUR Ahmed\*  
Pr. AMRI Rachida  
Pr. AOURARH Aziz\*  
Pr. BAMOU Youssef\*  
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene\*  
Pr. BENZEKRI Laila  
Pr. BENZZOUBEIR Nadia  
Pr. BERNOUSSI Zakiya  
Pr. CHOHO Abdelkrim\*  
Pr. CHKIRATE Bouchra  
Pr. EL ALAMI EL Fellous Sidi Zouhair  
Pr. FILALI ADIB Abdelhai

Urologie  
Cardiologie  
Gastro-Entérologie [Dir. HMI Moulaya Ismail-Meknès](#)  
Biochimie-Chimie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Dermatologie  
Gastro-Entérologie  
Anatomie Pathologique  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Chirurgie Pédiatrique  
Gynécologie Obstétrique

***\*Enseignant militaire***

Pr. HAJJI Zakia  
Pr. KRIOULE Yamina  
Pr. OUILAL Abdelilah  
Pr. RAISS Mohamed  
Pr. THIMOU Amal  
Pr. ZENTAR Aziz\*

Ophthalmologie  
Pédiatrie  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale [Dir. de l' ERPPLM](#)

#### **Janvier 2004**

Pr. ABDELLAH El Hassan  
Pr. AMRANI Mariam  
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas  
Pr. BENKIRANE Ahmed\*  
Pr. BOULAADAS Malik  
Pr. BOURAZZA Ahmed\*  
Pr. CHAGAR Belkacem\*  
Pr. CHERRADI Nadia  
Pr. EL FENNI Jamal\*  
Pr. EL HANCHI ZAKI  
Pr. EL KHORASSANI Mohamed  
Pr. HACHI Hafid  
Pr. JABOUIRIK Fatima  
Pr. KHARMAZ Mohamed  
Pr. MOUGHIL Said  
Pr. OUBAAZ Abdelbarre\*  
Pr. TARIB Abdelilah\*  
Pr. TIJAMI Fouad  
Pr. ZARZUR Jamila

Ophthalmologie  
Anatomie Pathologique  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Gastro-Entérologie  
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale  
Ne Urologie  
Traumatologie Orthopédie  
Anatomie Pathologique  
Radiologie  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Traumatologie Orthopédie  
Chirurgie Cardio-Vasculaire  
Ophthalmologie  
Pharmacie Clinique  
Chirurgie Générale  
Cardiologie

#### **Janvier 2005**

Pr. ABBASSI Abdellah  
Pr. AL KANDRY Sif Eddine\*  
Pr. ALLALI Fadoua  
Pr. AMAZOUZI Abdellah  
Pr. BAHIRI Rachid  
Pr. BARKAT Amina  
Pr. BENYASS Aatif\*  
Pr. DOUDOUH Abderrahim\*  
Pr. HESSISSEN Leila  
Pr. JIDAL Mohamed\*  
Pr. LAAROUSSI Mohamed  
Pr. LYAGOUBI Mohammed  
Pr. SBIHI Souad  
Pr. ZERAIDI Najia

Chirurgie réparatrice et plastique  
Chirurgie Générale  
Rhumatologie  
Ophthalmologie  
Rhumatologie [Dir. Hôp. Al Ayachi Salé](#)  
Pédiatrie  
Cardiologie  
Biophysique  
Pédiatrie  
Radiologie  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Parasitologie  
Histo-Embryologie Cytogénétique  
Gynécologie Obstétrique

#### **AVRIL 2006**

Pr. ACHEMLAL Lahsen\*  
Pr. BELMEKKI Abdelkader\*  
Pr. BENCHEIKH Razika  
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine  
Pr. BOULAHYA Abdellatif\*  
Pr. CHENGUETI ANSARI Anas  
Pr. DOGHMI Nawal  
Pr. FELLAT Ibtissam

Rhumatologie  
Hématologie  
O.R.L  
Chirurgie - Pédiatrique  
Chirurgie Cardio – Vasculaire. [Dir. Hôp. Ibn Sina Marr.](#)  
Gynécologie Obstétrique  
Cardiologie  
Cardiologie

***\*Enseignant militaire***

Pr. FAROUDY Mamoun  
Pr. HARMOUCHE Hicham  
Pr. IDRIS LAHLOU Amine\*  
Pr. JROUNDI Laila  
Pr. KARMOUNI Tariq  
Pr. KILI Amina  
Pr. KISRA Hassan  
Pr. KISRA Mounir  
Pr. LAATIRIS Abdelkader\*  
Pr. LMIMOUNI Badreddine\*  
Pr. MANSOURI Hamid\*  
Pr. OUANASS Abderrazzak  
Pr. SAFI Soumaya\*  
Pr. SOUALHI Mouna  
Pr. TELLAL Saida\*  
Pr. ZAHRAOUI Rachida

Anesthésie Réanimation  
Médecine interne  
Microbiologie  
Radiologie  
Urologie  
Pédiatrie  
Psychiatrie  
Chirurgie – Pédiatrique  
Pharmacie Galénique  
Parasitologie  
Radiothérapie  
Psychiatrie  
Endocrinologie  
Pneumo – Phtisiologie  
Biochimie  
Pneumo – Phtisiologie

### **Octobre 2007**

Pr. ABIDI Khalid  
Pr. ACHACHI Leila  
Pr. AMHAJJI Larbi\*  
Pr. AOUI Sarra  
Pr. BAITE Abdelouahed\*  
Pr. BALOUCH Lhousaine\*  
Pr. BENZIANE Hamid\*  
Pr. BOUTIMZINE Nourine  
Pr. CHERKAOUI Naoual\*  
Pr. EL BEKKALI Youssef\*  
Pr. EL ABSI Mohamed  
Pr. EL MOUSSAOUI Rachid  
Pr. EL OMARI Fatima  
Pr. GHARIB Nouredine  
Pr. HADADI Khalid\*  
Pr. ICHOU Mohamed\*  
Pr. ISMAILI Nadia  
Pr. KEBDANI Tayeb  
Pr. LOUZI Lhoussain\*  
Pr. MADANI Naoufel  
Pr. MARC Karima  
Pr. MASRAR Azlarab  
Pr. OUZZIF Ez zohra\*  
Pr. SEFFAR Myriame  
Pr. SEKHSOKH Yessine\*  
Pr. SIFAT Hassan\*  
Pr. TACHFOUTI Samira  
Pr. TAJDINE Mohammed Tariq\*  
Pr. TANANE Mansour\*  
Pr. TLIGUI Houssain  
Pr. TOUATI Zakia

Réanimation médicale  
Pneumo phtisiologie  
Traumatologie orthopédie  
Parasitologie  
Anesthésie réanimation  
Biochimie-Chimie  
Pharmacie Clinique  
Ophtalmologie  
Pharmacie galénique  
Chirurgie cardio-vasculaire  
Chirurgie Générale  
Anesthésie réanimation  
Psychiatrie  
Chirurgie plastique et réparatrice  
Radiothérapie  
Oncologie Médicale  
Dermatologie  
Radiothérapie  
Microbiologie  
Réanimation médicale  
Pneumo phtisiologie  
Hématologie biologique  
Biochimie-Chimie  
Microbiologie  
Microbiologie  
Radiothérapie  
Ophtalmologie  
Chirurgie Générale  
Traumatologie-Orthopédie  
Parasitologie  
Cardiologie

### **Mars 2009**

Pr. ABOUZAHIR Ali\*  
Pr. AGADR Aomar\*

Médecine interne  
Pédiatrie

*\*Enseignant militaire*

Pr. AIT ALI Abdelmounaim\*  
 Pr. AKHADDAR Ali\*  
 Pr. ALLALI Nazik  
 Pr. AMINE Bouchra  
 Pr. ARKHA Yassir  
 Pr. BELYAMANI Lahcen\*  
 Pr. BJIJOU Younes  
 Pr. BOUHSAIN Sanae\*  
 Pr. BOUI Mohammed\*  
 Pr. BOUNAIM Ahmed\*  
 Pr. BOUSSOUGA Mostapha\*  
 Pr. CHTATA Hassan Toufik\*  
 Pr. DOGHMI Kamal\*  
 Pr. EL MALKI Hadj Omar  
 Pr. EL OUENASS Mostapha\*  
 Pr. ENNIBI Khalid\*  
 Pr. FATHI Khalid  
 Pr. HASSIKOU Hasna\*  
 Pr. KABBAJ Nawal  
 Pr. KABIRI Meryem  
 Pr. KARBOUBI Lamya  
 Pr. LAMSAOURI Jamal\*  
 Pr. MARMADÉ Lahcen  
 Pr. MESKINI Toufik  
 Pr. MSSROURI Rahal  
 Pr. NASSAR Ittimade  
 Pr. OUKERRAJ Latifa  
 Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani\*

Chirurgie Générale  
 Neuro-chirurgie  
 Radiologie  
 Rhumatologie  
 Neuro-chirurgie Dir. Hôp. Spécialités Rabat  
 Anesthésie Réanimation  
 Anatomie  
 Biochimie-Chimie  
 Dermatologie  
 Chirurgie Générale  
 Traumatologie-Orthopédie  
 Chirurgie Vasculaire Périphérique  
 Hématologie clinique  
 Chirurgie Générale  
 Microbiologie  
 Médecine interne  
 Gynécologie obstétrique  
 Rhumatologie  
 Gastro-entérologie  
 Pédiatrie  
 Pédiatrie  
 Chimie Thérapeutique  
 Chirurgie Cardio-vasculaire  
 Pédiatrie  
 Chirurgie Générale  
 Radiologie  
 Cardiologie  
 Pneumo-Phtisiologie

### **Octobre 2010**

Pr. ALILOU Mustapha  
 Pr. AMEZIANE Taoufiq\*  
 Pr. BELAGUID Abdelaziz  
 Pr. CHADLI Mariama\*  
 Pr. CHEMSI Mohamed\*  
 Pr. DAMI Abdellah\*  
 Pr. DENDANE Mohammed Anouar  
 Pr. EL HAFIDI Naima  
 Pr. EL KHARRAS Abdennasser\*  
 Pr. EL MAZOUZ Samir  
 Pr. EL SAYEGH Hachem  
 Pr. ERRABIH Ikram  
 Pr. LAMALMI Najat  
 Pr. MOSADIK Ahlam  
 Pr. MOUJAHID Mountassir\*  
 Pr. ZOUAIDIA Fouad

Anesthésie réanimation  
 Médecine interne  
 Physiologie  
 Microbiologie  
 Médecine Aéronautique  
 Biochimie- Chimie  
 Chirurgie Pédiatrique  
 Pédiatrie  
 Radiologie  
 Chirurgie Plastique et Réparatrice  
 Urologie  
 Gastro-Entérologie  
 Anatomie Pathologique  
 Anesthésie Réanimation  
 Chirurgie Générale  
 Anatomie Pathologique

### **Decembre 2010**

Pr. ZNATI Kaoutar

Anatomie Pathologique

### **Mai 2012**

Pr. AMRANI Abdelouahed  
 Pr. ABOUELALAA Khalil\*  
 Pr. BENCHEBBA Driss\*

Chirurgie Pédiatrique  
 Anesthésie Réanimation  
 Traumatologie-Orthopédie

***\*Enseignant militaire***

Pr. DRISSI Mohamed\*  
Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna  
Pr. EL OUAZZANI Hanane\*  
Pr. ER-RAJI Mounir Chirurgie  
Pr. JAHID Ahmed

Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Pneumophthysiologie  
Pédiatrique  
Anatomie Pathologique

### **Février 2013**

Pr. AHID Samir  
Pr. AIT EL CADI Mina  
Pr. AMRANI HANCHI Laila  
Pr. AMOR Mourad  
Pr. AWAB Almahdi  
Pr. BELAYACHI Jihane  
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain  
Pr. BENCHEKROUN Laila  
Pr. BENKIRANE Souad  
Pr. BENSNGHIR Mustapha\*  
Pr. BENYAHIA Mohammed\*  
Pr. BOUATIA Mustapha  
Pr. BOUABID Ahmed Salim\*  
Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba  
Pr. CHAIB Ali\*  
Pr. DENDANE Tarek  
Pr. DINI Nouzha\*  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa  
Pr. ELFATEMI NIZARE  
Pr. EL GUERROUJ Hasnae  
Pr. EL HARTI Jaouad  
Pr. EL JAUDI Rachid\*  
Pr. EL KABABRI Maria  
Pr. EL KHANNOUSSI Basma  
Pr. EL KHLOUFI Samir  
Pr. EL KORAICHI Alae  
Pr. EN-NOUALI Hassane\*  
Pr. ERGUIG Laila  
Pr. FIKRI Meryem  
Pr. GHFIR Imade  
Pr. IMANE Zineb  
Pr. IRAQI Hind  
Pr. KABBAJ Hakima  
Pr. KADIRI Mohamed\*  
Pr. LATIB Rachida  
Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra  
Pr. MEDDAH Bouchra  
Pr. MELHAOUI Adyl  
Pr. MRABTI Hind  
Pr. NEJJARI Rachid  
Pr. OUBEJJA Houda  
Pr. OUKABLI Mohamed\*  
Pr. RAHALI Younes  
Pr. RATBI Ilham  
Pr. RAHMANI Mounia

Pharmacologie *Doyen FP de l'UM6SS*  
Toxicologie  
Gastro-Entérologie  
Anesthésie-Réanimation  
Anesthésie-Réanimation  
Réanimation Médicale  
Anesthésie-Réanimation  
Biochimie-Chimie  
Hématologie  
Anesthésie Réanimation  
Néphrologie  
Chimie Analytique et Bromatologie  
Traumatologie orthopédie  
Anatomie  
Cardiologie  
Réanimation Médicale  
Pédiatrie  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Neuro-chirurgie  
Médecine Nucléaire  
Chimie Thérapeutique  
Toxicologie  
Pédiatrie  
Anatomie Pathologique  
Anatomie  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Physiologie  
Radiologie  
Médecine Nucléaire  
Pédiatrie  
Endocrinologie et maladies métaboliques  
Microbiologie  
Psychiatrie  
Radiologie  
Médecine interne  
Pharmacologie *Directrice du Méd. Phar.*  
Neuro-chirurgie  
Oncologie Médicale  
Pharmacognosie  
Chirurgie Pédiatrique  
Anatomie Pathologique  
Pharmacie Galénique *Vice-Doyen à la Pharmacie*  
Génétique  
Ne Urologie

*\*Enseignant militaire*

Pr. REDA Karim\*  
Pr. REGRAGUI Wafa  
Pr. RKAIN Hanan  
Pr. ROSTOM Samira  
Pr. ROUAS Lamiaa  
Pr. ROUIBAA Fedoua\*  
Pr. SALIHOUN Mouna  
Pr. SAYAH Rochde  
Pr. SEDDIK Hassan\*  
Pr. ZERHOUNI Hicham  
Pr. ZINE Ali\*

Ophthalmologie  
Ne Urologie  
Physiologie  
Rhumatologie  
Anatomie Pathologique  
Gastro-Entérologie  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Cardio-Vasculaire  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Traumatologie Orthopédie

### **AVRIL 2013**

Pr. EL KHATIB MOHAMED KARIM\*

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale

### **MAI 2013**

Pr. BOUSLIMAN Yassir\*

Toxicologie

### **MARS 2014**

Pr. ACHIR Abdellah  
Pr. BENCHAKROUN Mohammed\*  
Pr. BOUCHIKH Mohammed  
Pr. EL KABBAJ Driss\*  
Pr. FILALI Karim\*  
Pr. EL MACHTANI IDRISSE Samira\*  
Pr. HARDIZI Houyam  
Pr. HASSANI Amale\*  
Pr. HERRAK Laila  
Pr. JEAIDI Anass\*  
Pr. KOUACH Jaouad\*  
Pr. MAKRAM Sanaa\*  
Pr. RHISSASSI Mohamed Jaafar  
Pr. SEKKACH Youssef\*  
Pr. TAZI MOUKHA Zakia

Chirurgie Thoracique  
Traumatologie- Orthopédie  
Chirurgie Thoracique  
Néphrologie  
Anesthésie-Réanimation *Dir. ERSSM*  
Biochimie-Chimie  
Histologie- Embryologie-Cytogénétique  
Pédiatrie  
Pneumologie  
Hématologie Biologique  
Gynécologie-Obstétrique  
Pharmacologie  
CCV  
Médecine interne  
Généologie-Obstétrique

### **DECEMBRE 2014**

Pr. ABILKACEM Rachid\*  
Pr. AIT BOUGHIMA Fadila  
Pr. BEKKALI Hicham\*  
Pr. BENZAOU Salma  
Pr. BOUABDELLAH Mounya  
Pr. BOUCHRIK Mourad\*  
Pr. DERRAJI Soufiane\*  
Pr. EL AYOUBI EL IDRISSE Ali  
Pr. EL GHADBANE Abdedaim Hatim\*  
Pr. EL MARJANY Mohammed\*  
Pr. FEJJAL Nawfal  
Pr. JAHIDI Mohamed\*  
Pr. LAKHAL Zouhair\*  
Pr. OUDGHIRI NEZHA  
Pr. RAMI Mohamed  
Pr. SABIR Maria  
Pr. SBAI IDRISSE Karim\*

Pédiatrie  
Médecine Légale  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Maxillo-Faciale  
Biochimie-Chimie  
Parasitologie  
Pharmacie Clinique  
Anatomie  
Anesthésie-Réanimation  
Radiothérapie  
Chirurgie réparatrice et plastique  
O.R.L  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Pédiatrique  
Psychiatrie  
Médecine préventive, santé publique et Hyg.

***\*Enseignant militaire***

### **AOUT 2015**

Pr. MEZIANE Meryem  
Pr. TAHIRI Latifa

Dermatologie  
Rhumatologie

### **JANVIER 2016**

Pr. BENKABBOU Amine  
Pr. EL ASRI Fouad\*  
Pr. ERRAMI Noureddine\*

Chirurgie Générale  
Ophtalmologie  
O.R.L

### **JUIN 2017**

Pr. ABI Rachid\*  
Pr. ASFALOU Ilyasse\*  
Pr. BOUAITI El Arbi\*  
Pr. BOUTAYEB Saber  
Pr. EL GHISSASSI Ibrahim  
Pr. HAFIDI Jawad  
Pr. MAJBAR Mohammed Anas  
Pr. OURAINI Saloua\*  
Pr. RAZINE Rachid  
Pr. SOUADKA Amine  
Pr. ZRARA Abdelhamid\*

Microbiologie  
Cardiologie  
Médecine préventive, santé publique et Hyg.  
Oncologie Médicale  
Oncologie Médicale  
Anatomie  
Chirurgie Générale  
O.R.L  
Médecine préventive, santé publique et Hyg.  
Chirurgie Générale  
Immunologie

### **PROFESSEURS AGREGES :**

#### **JANVIER 2005**

Pr. HAJJI Leila

Cardiologie (*mise en disponibilité*)

#### **MAI 2018**

Pr. AMMOURI Wafa  
Pr. BENTALHA Aziza  
Pr. EL AHMADI Brahim  
Pr. EL HARRECH Youness\*  
Pr. EL KACEMI Hanan  
Pr. EL MAJJAOUI Sanaa  
Pr. FATIHI Jamal\*  
Pr. GHANNAM Abdel-Ilah  
Pr. JROUNDI Imane  
Pr. MOATASSIM BILLAH Nabil  
Pr. TADILI Sidi Jawad  
Pr. TANZ Rachid\*

Médecine interne  
Anesthésie-Réanimation  
Anesthésie-Réanimation  
Urologie  
Radiothérapie  
Radiothérapie  
Médecine interne  
Anesthésie-Réanimation  
Médecine préventive, santé publique et Hyg.  
Radiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Oncologie Médicale

#### **NOVEMBRE 2018**

Pr. AMELLAL Mina  
Pr. SOULY Karim  
Pr. TAHRI Rajae

Anatomie  
Microbiologie  
Histologie-Embryologie--Cytogénétique

#### **NOVEMBRE 2019**

Pr. AATIF Taoufiq\*  
Pr. ACHBOUK Abdelhafid\*  
Pr. ANDALOUSSI SAGHIR Khalid  
Pr. BABA HABIB Moulay Abdellah\*  
Pr. BASSIR Rida Allah  
Pr. BOUATTAR Tarik

Néphrologie  
Chirurgie réparatrice et plastique  
Radiothérapie  
Gynécologie-Obstétrique  
Anatomie  
Néphrologie

*\*Enseignant militaire*

Pr. BOUFETTAL Monsef	Anatomie
Pr. BOUCHENTOUF Sidi Mohammed*	Chirurgie-Générale
Pr. BOUZELMAT Hicham*	Cardiologie
Pr. BOUKHRIS Jalal*	Traumatologie-Orthopédie
Pr. CHAFRY Bouchaib*	Traumatologie-Orthopédie
Pr. CHAHDI Hafsa*	Anatomie pathologique
Pr. CHERIF EL ASRI ABAD*	Neuro-chirurgie
Pr. DAMIRI Amal*	Anatomie Pathologique
Pr. DOGHMI Nawfal*	Anesthésie-Réanimation
Pr. ELALAOUI Sidi-Yassir	Pharmacie-Galénique
Pr. EL ANNAZ Hicham*	Virologie
Pr. EL HASSANI Moulay El Mehdi*	Gynécologie-Obstétrique
Pr. EL HJOUJI Abderrahman*	Chirurgie Générale
Pr. EL KAOUI Hakim*	Chirurgie Générale
Pr. EL WALI Abderrahman*	Anesthésie-Réanimation
Pr. EN-NAFAA Issam*	Radiologie
Pr. HAMAMA Jalal*	Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
Pr. HEMMAOUI Bouchaib*	O.R.L
Pr. HJIRA Naouafal*	Dermatologie
Pr. JIRA Mohamed*	Médecine interne
Pr. JNIE NE Asmaa	Physiologie
Pr. LARAQUI Hicham*	Chirurgie-Générale
Pr. MAHFOUD Tarik*	Oncologie Médicale
Pr. MEZIANE Mohammed*	Anesthésie-Réanimation
Pr. MOUTAKI ALLAH Younes*	Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. MOUZARI Yassine*	Ophtalmologie
Pr. NAOUI Hafida*	Parasitologie-Mycologie
Pr. OBTEL MAJDOULINE	Médecine préventive, santé publique et Hyg.
Pr. OURRAI ABDELHAKIM*	Pédiatrie
Pr. SAOUAB RACHIDA*	Radiologie
Pr. SBITTI YASSIR*	Oncologie Médicale
Pr. ZADDOUG OMAR*	Traumatologie-Orthopédie
Pr. ZIDOUH SAAD*	Anesthésie-Réanimation

### **SEPTEMBRE 2021**

Pr. ABABOU Karim*	Chirurgie réparatrice et plastique
Pr. ALAOUI SLIMANI Khaoula*	Oncologie Médicale
Pr. ATOUF OUAFA	Immunologie
Pr. BAKALI Youness	Chirurgie Générale
Pr. BAMOUS Mehdi*	CCV
Pr. BELBACHIR Siham	Psychiatrie
Pr. BELKOUCH Ahmed*	Médecine des Urgences et des Catastrophes
Pr. BENNIS Azzelarab*	Traumatologie-Orthopédie
Pr. CHAFAI ELALAOUI Siham	Génétique
Pr. DOUMIRI Mouhssine	Anesthésie-Réanimation
Pr. EDDERAI Meryem*	Radiologie
Pr. EL KTAIBI Abderrahim*	Anatomie Pathologique
Pr. EL MAAROUFI Hicham*	Hématologie Clinique
Pr. EL OMRI Noual*	Médecine interne
Pr. ELQATNI Mohamed*	Médecine interne
Pr. FAHRY Aicha*	Pharmacie Galénique
Pr. IBRAHIM RAGAB MOUNTASSER Dina*	Néphrologie

***\*Enseignant militaire***

Pr. IKEN Maryem  
Pr. JAAFARI Abdelhamid\*  
Pr. KHALFI Lahcen\*  
Pr. KHEYI Jamal\*  
Pr. KHBRI Hajar  
Pr. LAAMRANI Fatima Zahrae  
Pr. LABOUDI Fouad  
Pr. LAHKIM Mohamed\*  
Pr. MEKAOUI Nour  
Pr. MOJEMMI Brahim  
Pr. OUDRHIRI Mohammed Yassaad  
Pr. SATTE AMAL\*  
Pr. SOUHI Hicham\*  
Pr. TADLAOUI Yasmina\*  
Pr. TAGAJDID Mohamed Rida\*  
Pr. ZAHID Hafid\*  
Pr. ZAJJARI Yassir\*  
Pr. ZAKARYA Imane\*

Parasitologie  
Anesthésie-Réanimation  
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale  
Cardiologie  
Médecine interne  
Radiologie  
Psychiatrie  
Radiologie  
Pédiatrie  
Chimie Analytique  
Neurochirurgie  
Neurologie  
Pneumo-phtisiologie  
Pharmacie Clinique  
Virologie  
Hématologie  
Néphrologie  
Pharmacognosie

*\*Enseignant militaire*

## 2 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

### PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR :

Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naima	Biochimie-Chimie
Pr. ALAOUI KATIM	Pharmacologie
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Pr. BARKIYOU Malika	Histologie-Embryologie
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie <i>Vice-Doyen chargé de la Rech. et de la Coop.</i>
Pr. FAOUZI Moulay El Abbes	Pharmacologie
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire/Biotechnologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med	Chimie Organique
Pr. RIDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie

### PROFESSEURS HABILITES :

Pr. AANNIZ Tarik	Microbiologie et Biologie moléculaire
Pr. BENZEID Hanane	Chimie
Pr. CHAHED OUZZANI Lalla Chadia	Biochimie-Chimie
Pr. CHERGUI Abdelhak	Botanique, Biologie et physiologie végétales
Pr. DOUKKALI Anass	Chimie Analytique
Pr. EL BAKKALI Mustapha	Physiologie
Pr. EL JASTIMI Jamila	Chimie
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Histologie-Embryologie
Pr. LAZRAK Fatima	Chimie
Pr. LYAHYAI Jaber	Génétique
Pr. OUADGHIRI Mouna	Microbiologie et Biologie
Pr. RAMLI Youssef	Chimie Organique Pharmaco-Chimie
Pr. SERRAGUI Samira	Pharmacologie
Pr. TAZI Ahnini	Génétique
Pr. YAGOUBI Maamar	Eau, Environnement

*Mise à jour le 21/02/2022*

*KHALED Abdellah*

*Chef du Service des Affaires Administratives*

*FMPR*

*\*Enseignant militaire*



---

# Dédicaces

---



***A Allah Tout puissant***

*Notre créateur et notre clément Qui nous guide dans notre vie.*

*Qui nous aide dans notre chemin.*

*Je vous dois ce que je suis devenu.*

*Ce travail est de lui, grâce à lui et vers lui.*

*Louanges et remerciements Pour votre clémence et miséricorde.*

*À ma très chère mère*

*Synonyme de sacrifice et d'abnégation.*

*Je te remercie chère maman pour ton amour incomparable, ta tendresse infinie et ta bonté.*

*Je suis très fière d'être ta fille et je le serai pour toujours.*

*Tes prières et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours aussi bien dans mes études que dans toutes les étapes de ma vie.*

*Que dieu tout puissant t'accorde la santé, le bonheur et la longue vie.*

*A mon très cher père,*

*Ma source de motivation,*

*Je te serai cher père reconnaissante toute ma vie pour ton soutien inconditionnel, ton amour, ton dévouement et tes prières.*

*Je souhaite que cette thèse t'apporte la joie de voir aboutir tes espoirs et j'espère avoir été digne de ta confiance.*

*Puisse dieu te prêter santé et longévité pour le bonheur familial.*

***A ma petite sœur, OUMAIMA***

*Tu as cru en moi et mes compétences depuis le premier jour, je te serai toujours reconnaissante.*

*Ton soutien et ton aide resteront toujours en mémoire.*

*Je t'aime chère sœur.*

***A tous mes oncles et tantes,***

*Tous les membres de ma famille*

*Je vous dédie ce travail en témoignage du respect, des liens familiaux et de l'amour qui nous rassemblent. . .*

*Que Dieu vous préserve et vous accorde santé et prospérité.*

***A Abdoulqadir Boukari Siaka***

*Merci pour être toujours présent pour moi, à l'écoute et à prendre soin de moi,  
j'en serai reconnaissante à vie.*

*Ce travail n'aura jamais vu le jour sans ton encouragement.*

*Merci infiniment.*

***A tous mes ami(e)s et collègues, et spécialement***

***OUMAIMA, CHAIMAA, NAJWA, BOUTAINA***

*En souvenir des moments agréables passés ensemble que je n'oublierai jamais,  
merci pour votre amour et vos encouragements.*

*Je vous aime.*



---

# Remerciements

---



*A notre maître et président de thèse*

*Monsieur YASSIR BOUSLIMAN*

*Professeur de la toxicologie à la faculté de médecine et de Pharmacie de RABAT.*

*Veillez accepter nos vifs remerciements et notre gratitude de vouloir nous  
accorder l'honneur de présider le Jury de cette thèse, Soyez assuré de notre vive  
reconnaissance et de notre*

*Profond respect.*

*Permettez-nous de vous exprimer notre émerveillement pour vos qualités  
humaines et professionnelles.*

*A Notre Maître et Rapporteur de Thèse*

*Monsieur MUSTAPHA BOUATIA*

*Professeur de chimie analytique à la Faculté de Médecine et de Pharmacie  
RABAT.*

*C'était un grand honneur de travailler avec vous durant cette période. Nous saisissons cette occasion pour exprimer nos remerciements les plus sincères pour nous avoir confié ce travail riche d'intérêt et nous guider à chaque étape de sa réalisation.*

*Votre dévouement au travail, votre modestie et votre  
Gentillesse imposent le respect et représentent le modèle que nous  
Serons toujours heureux de suivre.*

*A notre maître et juge de thèse*

*Monsieur EL HARTI JAOUAD*

*Professeur de chimie thérapeutique à la faculté de médecine et de pharmacie de  
RABAT.*

*Vous avez accepté avec gentillesse de juger cette*

*Thèse.*

*Veillez accepter, maître, l'expression de notre profond*

*Respect et de notre reconnaissance.*

*A notre maître et juge de thèse*  
*Professeur NEJJARI RACHID*  
*Professeur de pharmacognosie.*

*Nous sommes très reconnaissants à l'honneur que vous nous accordez en  
acceptant de juger cette thèse.*

*Nous profitons de cette occasion pour vous exprimer  
Notre profonde affection tout en vous attestant notre  
Respect.*



---

## ***Liste des abréviations***

---



# Abréviations

<b>ACP</b>	: Analyse par composante principale
<b>ADN</b>	: Acide Désoxyribonucléique
<b>AFSSAPS</b>	: L'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé
<b>HATR</b>	: Réflectance horizontale totale atténuée
<b>CHA</b>	: Analyse hiérarchique en cluster
<b>COX-2</b>	: Cyclooxygénase 2
<b>CPG</b>	: Chromatographie de la phase gazeuse
<b>FTIR</b>	: Infrarouge transformée de Fourier
<b>GC</b>	: Chromatographie gazeuse
<b>HE</b>	: Huile essentielle
<b>HECT</b>	: Huile essentielle chémotypée
<b>HMG COA</b>	: L'hydroxyméthylglutaryl-Coenzyme A
<b>IR</b>	: Infra rouge
<b>SN</b>	: Système nerveux
<b>SNC</b>	: Système nerveux central
<b>TLC / CCM</b>	: Chromatographie sur couche mince
<b>UV</b>	: Ultraviolet



---

## ***Liste des illustrations***

---



# Liste des Figures

<b>Figure 1</b> : Source mévalonate dans la cellule végétale .....	9
<b>Figure 2</b> : structure acide cinnamique .....	10
<b>Figure 3</b> : structure du vanilline .....	11
<b>Figure 4</b> : comparaison structurale entre thymol (A) et Carvacrol (B) .....	12
<b>Figure 5</b> : structure chimique du citronellal (aldéhyde acyclique) .....	13
<b>Figure 6</b> : structure chimique d'alpha Thujone (cétone bicyclique).....	13
<b>Figure 7</b> : structure chimique géraniol, alcool acyclique .....	14
<b>Figure 8</b> : structure chimique du coumarin.....	14
<b>Figure 9</b> : les différents cibles des huiles essentielles pour inhiber la croissance des bactéries .....	16
<b>Figure 10</b> : les différents cibles anti tumoraux des HE .....	20
<b>Figure 11</b> : schéma illustrant le principe de l'hydro distillation .....	21
<b>Figure 12</b> : schéma illustrant le principe de l'entraînement à la vapeur d'eau .....	23
<b>Figure 13</b> : mécanisme d'extraction par micro-onde (solvent free microwave extraction SFME) .....	24
<b>Figure 14</b> : photophyodermatite causé par une exposition solaire après application d'une HE riche en psoralène ( limon) .....	35
<b>Figure 15</b> : principe de l'indice de réfraction .....	39
<b>Figure 16</b> : schéma d'un chromatographe en phase gazeuse .....	44
<b>Figure 17</b> : schéma des composants de la CCM ainsi que le principe d'élution .....	47
<b>Figure 18</b> : changement de l'état électrique dipolaire d'une molécule diatomique .....	49
<b>Figure 19</b> : schéma simplifié des composants d'un spectromètre FTIR.....	49
<b>Figure 20</b> : schéma simplifié d'un interféromètre .....	50
<b>Figure 21</b> : Une illustration de la relation entre le spectre d'un laser idéalisé et son interferogramme. ....	51
<b>Figure 22</b> : aire d'origine d'Eu. Globulus (Partie en rouge).....	54

<b>Figure 23:</b> feuille juvénile <i>Eucalyptus globulus</i> .....	55
<b>Figure 24:</b> feuille adulte <i>Eucalyptus globulus</i> .....	55
<b>Figure 25:</b> aire d'origine <i>eucalyptus radiata</i> .....	56
<b>Figure 26:</b> feuilles d' <i>eucalyptus radiata</i> .....	57
<b>Figure 27:</b> arbre <i>eucalyptus polybactrea</i> .....	58
<b>Figure 28:</b> feuilles d' <i>eucalyptus polybactrea</i> .....	58
<b>Figure 29:</b> arbre d' <i>eucalyptus smithii</i> .....	59
<b>Figure 30:</b> aire d'origine d' <i>eucalyptus smithii</i> .....	59
<b>Figure 31:</b> feuilles juvéniles de l' <i>eucalyptus smithii</i> .....	60
<b>Figure 32:</b> photo des feuilles d' <i>Eucalyptus globulus</i> utilisées pour l'extraction ( prise au laboratoire)	66
<b>Figure 33:</b> montage de l'hydro distillation : chauffe ballon, ballon , Clevenger, réfrigérateur (photo prise au laboratoire de chimie analytique) .....	67
<b>Figure 34:</b> récupération de l'HE après décantation .....	68
<b>Figure 35:</b> spectroscope JASCO FTIR 460 PLUS muni d'un accessoire (HATR).....	69
<b>Figure 36:</b> développement du chromatogramme .....	71
<b>Figure 37:</b> spectre moyen infrarouge des différents échantillons de l'HE .....	73
<b>Figure 38:</b> la carte factorielle des individus PC1-PC2. ....	74
<b>Figure 39:</b> . Dendrogramme de l'analyse de cluster hiérarchique des échantillons.....	75
<b>Figure 40:</b> chromatogramme de l'échantillon H2.....	77
<b>Figure 41:</b> carte factorielle des variables (PC1-PC2).....	85

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> propriétés physique des Huiles essentielles .....	5
<b>Tableau 2:</b> liste non exhaustive de quelques huiles essentielles du monopole pharmaceutique .....	6
<b>Tableau 3:</b> les différentes classes terpéniques divisées selon le nombre d'unité isoprénique.....	11
<b>Tableau 4:</b> tableau illustrant les nouvelles techniques développées pour l'extraction des huiles essentielles avec les avantages et les inconvénients de chacune. ....	25
<b>Tableau 5:</b> différentes espèces de lavande .....	27
<b>Tableau 6:</b> les sept chémotypes du thymus .....	29
<b>Tableau 7:</b> composition chimique et propriétés thérapeutiques des HE issues des différentes parties du bigaradier ou orange amer (Citrus aurantium) .....	30
<b>Tableau 8:</b> les conditions opératoires de l'extraction .....	67
<b>Tableau 9:</b> informations concernant les échantillons à étudier.....	69
<b>Tableau 10:</b> les résultats des trois extraites faites comparés à une étude antérieure.....	72
<b>Tableau 11:</b> le rendement en HE de notre étude comparé à des HE antérieurs.....	72



---

# ***Sommaire***

---



<b>Partie 1 : Synthèse bibliographique</b> .....	1
Introduction .....	2
1- Généralités .....	3
1.1 Définition .....	3
1.1.1 Huile essentielle .....	3
1.1.2 Plante aromatique .....	4
1.1.3 Aromathérapie .....	4
1.1.4 Propriétés physiques des huiles essentielles.....	5
2 Applications .....	6
2.1 En pharmacie .....	6
2.2 En parfumerie et cosmétiques .....	7
2.3 En industrie alimentaire .....	7
2.4 En industrie pharmaceutique .....	7
3 Composition chimique des huiles essentielles .....	8
3.1 Les voies de biosynthèse .....	8
3.1.1 Des terpéniques issus du mévalonate .....	8
3.1.2 Voie des composés aromatiques issus du shikimate .....	9
3.2 Les terpènes .....	10
3.3 Composés aromatiques .....	11
3.4 Phénols .....	12
3.5 Cétones et aldéhydes .....	13
3.6 Les alcools .....	14
3.7 Les coumarines .....	14
4 Propriétés biologiques des huiles essentielles .....	15
4.1 Activité antimicrobienne .....	15
4.2 Activité antioxydante .....	17
4.3 Activité analgésique et anti inflammatoire .....	18
4.4 Activité anti-cancéreuse .....	18

5 Méthodes d'extraction des huiles essentielles .....	21
5.1 Hydro distillation .....	21
5.2 Entraînement à la vapeur d'eau .....	22
5.3 Hydro diffusion .....	23
5.4 Expression à froid .....	23
5.5 Eco extraction des huiles essentielles .....	24
6 Paramètres qui influencent la qualité et rendement en huiles essentielles .....	26
6.1 La plante elle-même .....	26
6.1.1 Dénomination botanique .....	26
6.1.2 Race chimique définie .....	28
6.1.3 Partie de la plante distillée .....	29
6.1.4 Identification de la plante .....	30
6.1.5 Récolte .....	30
6.2 Garanties sur l'extraction .....	31
6.2.1 Le matériel de distillation .....	31
6.2.2 Conditions de distillation .....	31
6.3 L'huile essentielle elle-même .....	31
7 Les voies principales d'utilisation des huiles essentielles .....	32
7.1 Voie respiratoire .....	32
7.2 Voie atmosphérique .....	32
7.3 Voie cutanée .....	33
7.4 Voie orale .....	33
8 Toxicité des huiles essentielles .....	34
8.1 Propriétés allergisantes .....	34
8.2 Propriétés photo sensibilisantes .....	35
8.3 Propriétés dermocaustiques et irritantes .....	36
8.4 Hépatotoxicité .....	36
8.5 Néphro toxicité .....	36
8.6 Neurotoxicité .....	36
9 Contrôle analytique .....	38

9.1	Caractéristiques organoleptiques .....	39
9.2	Caractéristiques physiques.....	39
9.2.1	Indice de réfraction .....	39
9.2.2	Pouvoir rotatoire.....	40
9.2.3	Densité relative.....	40
9.2.4	Huiles grasses et HE résinifiées .....	40
9.3	Caractéristiques chimiques .....	41
9.3.1	Indice d'acide .....	41
9.3.2	Indice de saponification .....	41
9.3.3	L'indice d'ester .....	41
9.3.4	Indice d'iode .....	41
9.3.5	L'eau dans HE.....	42
9.3.6	Solubilité dans l'alcool .....	42
10	Méthodes de séparation et d'identification.....	43
10.1	Chromatographie en phase gazeuse.....	43
10.1.1	Principe et avantages .....	43
10.1.2	Appareillage de la CG.....	44
10.1.3	Applications .....	45
10.2	Couplage CPG /SM .....	46
10.3	La chromatographie sur couche mince.....	46
10.3.1	Définition .....	46
10.3.2	Principe .....	46
10.3.3	Appareillage .....	47
10.3.3.1	Bêcher (TLC chamber) .....	47
10.3.3.2	La phase stationnaire (TLC plate).....	47
10.3.3.3	La phase mobile (Mobile phase).....	48
10.4	La spectroscopie infrarouge transformée fourrier .....	48
10.4.1	Principe .....	48
10.4.2	Instruments.....	49
10.5	Chimiométrie .....	51

10.5.1 ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE ACP .....	52
10.5.2 Analyse hiérarchique en cluster HCA.....	52
<b>Partie 2 : Etude botanique de l'eucalyptus .....</b>	<b>53</b>
1 Étude botanique .....	54
1.1 Famille des Myrtacées .....	54
1.2 Description des espèces importantes .....	54
1.2.1 Eucalyptus globulus Labil.....	54
1.2.1.1 Origine .....	54
1.2.1.2 Nom commun .....	55
1.2.1.3 Morphologie .....	55
1.2.1.4 Utilisation .....	56
1.2.2 Eucalyptus radiata .....	56
1.2.2.1 Origine .....	56
1.2.2.2 Nom commun .....	57
1.2.2.3 Morphologie .....	57
1.2.2.4 Utilisation.....	57
1.2.3 Eucalyptus polybractea .....	58
1.2.3.1 Origine .....	58
1.2.3.2 Nom commun .....	58
1.2.3.3 Morphologie .....	58
1.2.3.4 Utilisation .....	59
1.2.4 Eucalyptus smithii .....	59
1.2.4.1 Origine .....	59
1.2.4.2 Nom commun .....	60
1.2.4.3 Morphologie .....	60
1.2.4.4 Utilisation.....	60
1.3 L'huile essentielle d'eucalyptus dans la pharmacopée : Eucalypti aetheroleum .....	60
1.3.1 Définition .....	60
1.3.2 Caractéristiques .....	61
1.3.3 Identification .....	61

1.3.4 Essai .....	62
1.3.5 Conservation .....	64
<b>Partie 3 : Pratique</b> .....	<b>65</b>
1 Introduction .....	66
2 Matériels et méthodes .....	66
2.1 Matière végétale .....	66
2.2 Extraction de l'huile essentielle .....	67
2.3 Echantillons étudiés.....	68
2.4 Analyse par FTIR.....	69
2.4.1 Les protocoles d'acquisitions .....	70
2.4.2 Protocole de travail.....	70
2.4.3 Analyse statistique.....	70
2.5 Analyse par CCM.....	70
2.6 Analyse par CPG -SM.....	71
3 Résultats et discussion.....	72
3.1 Rendement en Huiles essentielles extraites .....	72
3.2 La composition chimique des HE par IFTR .....	72
3.2.1 Analyse en composante principale .....	73
3.2.2 Classification ascendante hiérarchique. ....	75
3.3 Composition chimique des HE selon l'analyse CCM .....	76
3.4 Composition chimique des HE par CPG .....	77
3.4.1 Analyse en composante principale .....	84
<b>Conclusion</b> .....	<b>86</b>
<b>Résumés</b> .....	<b>88</b>
<b>Annexe</b> .....	<b>92</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>96</b>



---

***Partie 1 :***  
***Synthèse bibliographique***

---



## Introduction :

Dans la nature, plusieurs plantes aromatiques secrètent des molécules visqueuses et odoriférantes dotées d'un pouvoir protecteur très puissant soit contre les prédateurs ou des maladies ou encore du soleil et du froid, et peuvent aussi attirer des insectes pollinisateurs.

Ces molécules nommées plus tard ' HUILE ESSENTIELLE ' à cause de leur caractère hydrophobe et leur fragrance sont le résultat d'un mélange complexe de substances volatils.

Depuis des millénaires, l'usage des huiles essentielles dans différents domaines a connu des hauts et des bas dans le monde entier. Mais personne ne peut nier l'incontestable efficacité de ces dernières.

Après plusieurs scandales sanitaires mondiaux causés par des médicaments de synthèse dont on peut citer l'affaire de Thalidomide, le grand public commence à remettre en cause sa confiance envers les produits chimiques proposés par les grandes firmes et se dirige de plus en plus vers le naturel ou ce qu'on appelle la médecine douce.

Cette dernière n'est pas anodine, une ingestion anarchique, une utilisation des HE de mauvaises qualités ou de sources inconnues peut exposer à des incidents lourds de conséquences, aussi la diversité des espèces, des variétés au sein d'une même espèce ne rend pas la tâche facile pour un consommateur avec des connaissances limitées.

Ce détournement vers le naturel, que ce soit vers la phytothérapie, l'aromathérapie ou encore l'homéopathie impose au médecin et au pharmacien de bien se former dans ces domaines et d'acquérir un maximum d'informations pour bien orienter ses patients et éviter tout type d'incident.

D'où l'importance de ce travail qui va mener en premier lieu à une étude générale des huiles essentielles sur le plan chimique et biologique.

Ce travail mettra en second lieu sous la loupe la qualité de l'huile essentielle d'Eucalyptus dans le marché Marocain ; cette dernière n'est pas choisie aléatoirement mais après une bonne réflexion puisqu'elle fait partie des HE les plus utilisées.

Il est possible de la retrouver dans tout type de produits, ce qui implique que l'on en trouve diverses marques. Une banalisation d'utilisation n'est pas sans danger, car ces produits sont très concentrés et comme l'exprimait Paracelse, « c'est la dose qui fait le poison ».

## **1- Généralités :**

Les huiles essentielles sont souvent coûteuses, chose qui est étroitement liée au rendement très faible par rapport aux quantités des végétaux utilisés pour l'extraction. Il en faut souvent plusieurs dizaines de kg pour avoir un litre d'huile essentielle. Pour obtenir 1 kg d'huile essentielle de lavande vraie, il faut distiller 150 kg de sommités fleuries. Pour 1kg de lavandin, il faut distiller 50 kg de sommités fleuries, pour des clous de girofle, il faut distiller 7 kg de ce bouton floral.(1)

Le coût parfois exorbitant de production et la rareté des espèces, tout comme des procédés d'extraction délicats et longs, poussent des producteurs et des intermédiaires peu scrupuleux qui cherchent le gain au premier lieu à produire et à vendre des HE falsifiées et parfois totalement synthétisées en remplaçant des ingrédients précieux par d'autres moins précieux ou inertes. (2)

Il existe multiples types d'adultération et moins d'instruments pour les détecter ce qui met la santé du consommateur en danger car tout changement de composition parfois même minime peut laisser l'HE sans effet thérapeutique ou avoir un effet drastique sur l'homme.

### **1.1 Définition :**

#### **1.1.1 Huile essentielle :**

La pharmacopée européenne définit les HE comme suite : « Un produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition »(3)

Les huiles essentielles peuvent subir un traitement ultérieur approprié. Elles peuvent être commercialiser sous la forme déterpénée, désesquiterpénée, rectifiée ou privée de « x ».

(4)

- L'huile essentielle déterpénée est une huile essentielle privée, partiellement ou totalement, des hydrocarbures terpéniques.
- L'huile essentielle déterpénée et désesquiterpénée est une huile essentielle privée, partiellement ou totalement, des hydrocarbures mono- et sesquiterpéniques.
- L'huile essentielle rectifiée est une huile essentielle qui a subi une distillation fractionnée dans le but de supprimer certains constituants ou d'en modifier la teneur.
- L'huile essentielle privée de « x » est une huile essentielle qui a subi une élimination partielle ou complète d'un ou plusieurs constituants

### **1.1.2 Plante aromatique :**

Une plante aromatique est capable de synthétiser à quantité plus ou moins importante ces molécules odoriférantes et les stockés dans différents organes (Poils glandulaires épidermiques, les poches et les canaux glandulaires). A savoir que seulement 10% du règne végétal ont cette spécificité. (5)

### **1.1.3 Aromathérapie :**

L'aromathérapie se définit par l'usage des huiles essentielles extraites de différentes parties de la plante aromatique pour traiter diverses maladies(6). La guérison se fait par les arômes, c'est-à-dire par les odeurs douces des huiles essentielles par différents voies d'applications. Même si selon certains puristes, ces HE doivent s'utiliser uniquement par inhalation pour que ça soit conforme à la signification de la thérapie par odeur. (7)

### 1.1.4 Propriétés physiques des huiles essentielles

Tableau 1 propriétés physique des Huiles essentielles

Quelques propriétés physiques des huiles essentielles(8)	
1. Etat physique	Liquide à température ambiante, rarement visqueuse(Myrrhe), cristallisé(Camphre) , à basse T° certaines cristallisent(eucalyptus)
2. Volatilité	Volatil en général mais avec des degrés différents selon la composition chimique ( poids moléculaire des molécules)
3. Solubilité	Non miscible à l'eau, soluble dans les solvants organiques et les matières grasses
4. Densité	Faible densité ( plus faible que l'eau sauf quelques exceptions comme les clous de girofle)
5. Odeur	Odeur forte et bien distinguée
6. Couleur	Incolore à légèrement jaune majoritairement lors de leur obtention et foncent de couleur avec le temps. Sauf pour l'huile essentielle de cannelle(rouge), et camomille(bleu) et pour l'absinthe (vert)

## 2 Applications :

### 2.1 En pharmacie :

Actuellement, La majorité des HE sont en vente libre sans aucune surveillance médicale. Cependant, quinze HE ont le rapport bénéfice risque négatif, il est donc préférable de ne pas les délivrer sans ordonnance médicale. Elles ne sont disponibles que dans le circuit pharmaceutique en raison de leurs propriétés neurotoxiques (absinthe, thuya, sauge officinale), irritantes (sabine, moutarde), phototoxiques (rue), cancérigène (sassafras). (9)

**Tableau 2 liste non exhaustive de quelques huiles essentielles du monopole pharmaceutique (9,10)**

Nom commun	Nom latin	Famille
Grande absinthe	<i>Artemisia absinthium L</i>	<i>Astéraceae</i>
Petite absinthe	<i>Artemisia pontica L.</i>	
Moutarde jauciforme	<i>Brassica juncea (L.)</i>	<i>Brassicaceae</i>
Sabine	<i>Juniperus sabina L</i>	<i>Cupressaceae</i>
Rue	<i>Ruta graveolens L.</i>	<i>Rutaceae</i>
Sauge officinale	<i>Salvia officinalis L.</i>	<i>Lamiaceae</i>
Sassafras	<i>Sassafras albidum</i>	<i>Lauraceae</i>

## **2.2 En parfumerie et cosmétiques :**

Le marché des cosmétiques, savonneries et parfums forme 60% de la demande totale en substances naturelles, c'est le plus gros consommateur d'huiles essentielles selon le National Research Development Corporation (NRDC) (11). Les huiles essentielles sont présentes dans les compositions les plus complexes et délicats développées par des grands parfumeurs. Les premiers arômes organiques synthétisés et utilisés en parfumerie remontent à l'année ; 1833 - aldéhyde cinnamique (odeur caractéristique de la cannelle) ; puis en 1866 - benzaldéhyde (imite l'odeur de l'amande amère) ; et en 1876- vanilline (pour les parfums chauds, doux et ambrés) (13)

## **2.3 En industrie alimentaire :**

Les huiles essentielles sont utilisées comme rehausseurs de goût, mais aussi autant que conservateurs des aliments du fait de leurs profils antioxydants, antimicrobiens, antifongiques et anti radicalaires. (14) ces propriétés sont également intéressantes afin de trouver des alternatives possibles aux conservateurs synthétiques qui peuvent avoir des conséquences néfastes à court comme à long terme sur la santé des consommateurs. En effet, l'utilisation des antioxydants synthétiques tels que l'hydroxy toluène butilé (BHT), ainsi que l'hydroxyanisole butilé (BHA) est suspectée à long terme d'effets mutagènes et cancérigènes.(12) Les synergies et antagonismes entre les composants des HE et les aliments nécessitent des études approfondies pour assurer une application commerciale fiable et sécurisé. (15)

## **2.4 En industrie pharmaceutique :**

L'aromathérapie permet en effet d'élargir le champ des traitements médicaux conventionnels et sont même rajoutées dans la formulation des spécialités pharmaceutiques, pour donner un goût plus acceptable et agréable aux médicaments et masquer leurs mauvais goûts. (13)

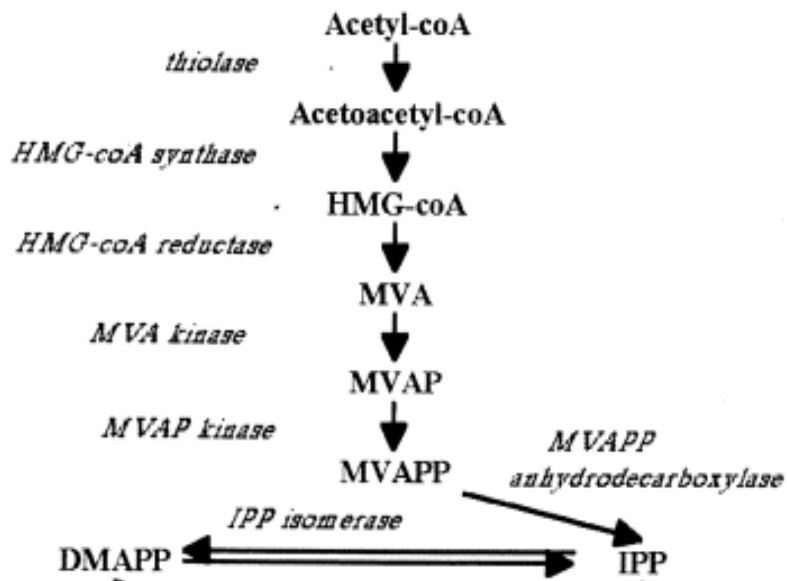
### **3 Composition chimique des huiles essentielles :**

Les huiles essentielles forment des mélanges très complexes des métabolites secondaires volatils. On trouve des constituants principaux qui représentent la majorité, et qui appartiennent de manière quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des sources biogénétiques distinctes : le groupe des terpènes et celui des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, ils se trouvent sous la forme aliphatique, cyclique, bicyclique et aromatique. (16) Autres composés sont présents sous forme de traces et représentent une minorité.

#### **3.1 Les voies de biosynthèse :**

##### **3.1.1 Des terpéniques issus du mévalonate :**

Le précurseur des terpènes est l'acide mévalonique obtenu après condensation enzymatique de trois molécules d'acétyl COA provenant de glycolyse. Sa phosphorylation suivie d'une décarboxylation aboutie à l'unité isoprénique de base : le pyrophosphate d'isopentényle (IPP). (17,18)

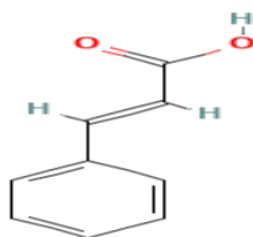


**Figure 1 : Source mévalonate dans la cellule végétale (19)**

L'isopentényl pyrophosphate (IPP), et son isomère diméthylallyl pyrophosphate (DMAPP) sont les précurseurs universels de tous les terpènes, ils s'associent et forme le géranyl-diphosphate (précurseur des monoterpènes). Par addition d'IPP sous l'action de l'enzyme clé prenyltransferase (TPS) il en résulte des chaînes encore plus longues, c'est le cas du farnésyl diphosphate (précurseur des sesquiterpènes et des triterpènes) et du géranyl-géranyl diphosphate (précurseur des diterpènes et des tetraterpènes)(20)

### 3.1.2 Voie des composés aromatiques issus du shikimate :

Le shikimate est connu comme le précurseur direct dans la biosynthèse des acides aminés aromatiques. (21) Il en résulte des métabolites non volatils, mais peuvent le devenir en induisant différentes modifications : suppression, réduction ou estérification de la fonction carboxylique avec ou sans réduction de la longueur de la chaîne latérale. (22) La voie de l'acide shikimique conduit aux acides cinnamiques et à leurs dérivés (Acides benzoïques et phénylpropanoïques, coumarines, flavonoïdes, tanins...).(13)



**Figure 2: structure acide cinnamique(23)**

Le résultat de ces deux voies se concrétise par des composés organiques à base d'atomes de carbones et d'hydrogènes avec le plus fréquemment des groupes fonctionnels. Ces derniers déterminent en grande partie les propriétés chimiques et biologiques caractéristiques de la molécule le contenant du fait de leur caractère hydrophile. La plupart des groupes fonctionnels renferment des hétéroatomes ; en particulier de l'oxygène. Cela ne signifie pas que le squelette hydrocarboné lipophile n'a aucun rôle à jouer dans les propriétés physiques ou chimiques d'un composé. Au contraire, il a une influence sur la solubilité et la volatilité d'un composé, qui sont des facteurs clés favorisant l'accès aux récepteurs olfactifs et gustatifs.(24)

### **3.2 Les terpènes :**

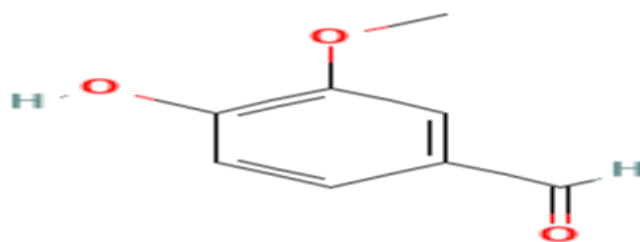
Ce sont les plus abondants dans la nature, les terpènes sont de formule générale  $[C_5H_8]_n$ , y comprend des monoterpènes avec dix atomes de carbones, qui sont les plus volatils à cause de leurs faible poids moléculaire et donc facilement entraînés à l'eau. (17), des sesquiterpènes avec 15 atomes de carbones, plus lourds que les monoterpènes mais les plus diversifiés car ils font l'objet de nombreuses cyclisations et de réarrangements conduisant à un très grand nombre de structures.(25) des diterpènes (20 atomes de carbone), etc.

**Tableau 3: les différentes classes terpéniques divisées selon le nombre d'unité isoprénique**

Molécule	Nombre d'unités isopréniques (n)
Monoterpène	2 unités(10 atomes de carbones)
Sesquiterpène	3 unités (15 atomes de carbones)
Diterpènes	4 unités(20 atomes de carbones)
Sesterterpène	5 unités(25 atomes de carbones)
Triterpènes	6 unités(30 atomes de carbones)
Tetraterpènes	8 unités(40 atomes de carbones)

### 3.3 Composés aromatiques :

Les dérivés du phénylpropane sont moins fréquents, ils se caractérisent par une chaîne de trois atomes de carbone attaché à un cycle benzénique ( $C_6H_5 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ ). Parfois, la chaîne aliphatique est réduite à un seul atome de carbone comme le cas de la vanilline. Ce groupe est responsable des caractères organoleptiques des huiles essentielles. Ainsi, Il est connu que les composés aromatiques sont plus réactifs que les non aromatiques à cause de leurs structures complètement différentes, le transfert d'énergie à travers le cycle aromatique est beaucoup plus grand en raison de la conjugaison.



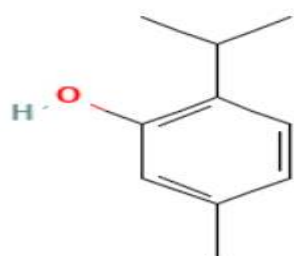
**Figure 3: structure du vanilline (26)**

Lorsque les terpènes et les dérivés du phenylpropane ont de l'oxygène ajouté, ils sont appelés terpenoïdes et phénylpropanoïdes. Dans ce cas des groupes fonctionnels sont formés y compris des alcools, cétones, aldéhydes et esters. Pour la plupart des composés oxygénés, leur action est généralement plus forte que celle des hydrocarbures. (27)

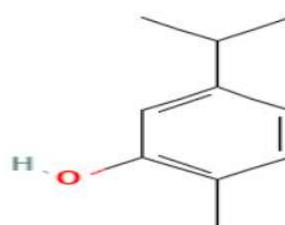
Ces groupes fonctionnels sont classés selon leur activité antibactérienne par ordre décroissant comme suite : phénols > aldéhydes > cétones > alcools > éthers et les plus faibles sont les hydrocarbures. (28)

### 3.4 Phénols :

Les phénols ont une activité très puissante. Une étude a eu lieu pour comparer l'activité antimicrobienne de différents composés et déduire de ce fait la relation structure activité, le thymol et le Carvacrol avec tous les deux un noyau benzoïque et une fonction hydroxyle en position différente, ont la même action et intensité. L'activité du menthol qui est dépourvu de noyau benzoïque est beaucoup moins importante que celle du Carvacrol, pourtant la concentration appliquée du menthol est 10 plus. De ce fait, on peut dire que le noyau benzoïque et la fonction hydroxyle sont tous les deux responsables de l'activité puissante des HEs. (29)



Thymol(A)



Carvacrol(B)

Figure 4: comparaison structurale entre thymol (A) et Carvacrol (B)(30,31)

### 3.5 Cétones et aldéhydes :

Les groupes carbonylés, cétones et aldéhydes ont une activité puissante mais moins que celles des phénols et des aldéhydes. L'atome d'oxygène introduite dans le squelette carboné augmente significativement la puissance de ces éléments (28). Parmi Les HE riches en cétones, on trouve celle Menthe poivrée (*Mentha piperita*)(32), HE de Sauge officinale (*Salvia officinalis*)(33), pour les aldéhydes ; HE d'Eucalyptus citronné à citronellal (*E. citriodora*), HE de verveine à citral (16)

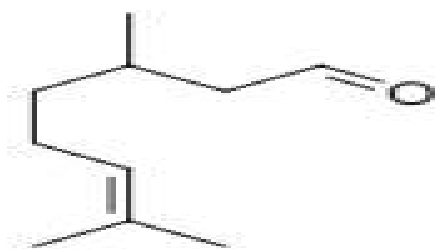


Figure 5: structure chimique du citronellal (aldéhyde acyclique) (34)

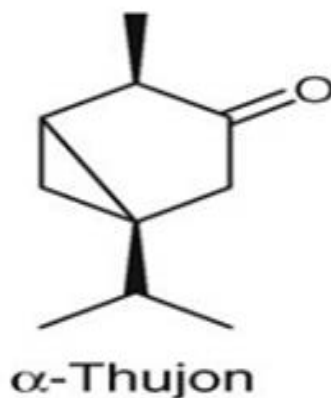


Figure 6: structure chimique d'alpha Thujone (cétone bicyclique)(35)

### 3.6 Les alcools :

Les alcools comme mentionné ci-dessus, sont légèrement moins actifs que les composés phénoliques et carbonylés, mais plus actifs que les éthers et les molécules hydrocarbonées. De nombreuses huiles essentielles présentent une forte teneur en alcools telles que l'HE d'arbre à thé contenant du terpinène-4-ol et l'alpha terpinéol, HE de géranium est constituée essentiellement de citronellol et de géraniol, HE de lavande (Linalol et son acétate). (16)

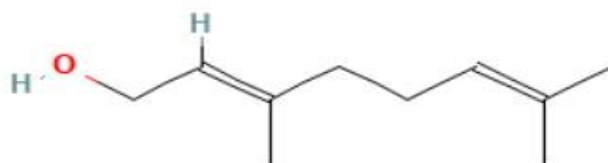


Figure 7: structure chimique géraniol, alcool acyclique(36)

### 3.7 Les coumarines :

Les coumarines sont les plus importants éléments de la famille des lactones (formées par couplage d'un oxyde et d'une cétone), leur poids moléculaire est trop élevé pour permettre la distillation ce qui explique leur présence que chez les HE pressées comme celle de Jasmine, leurs effets thérapeutiques sont indéniables même à très faible concentration. Ils sont présents chez les familles des Rutaceae, Apiaceae, Lamiaceae et les Asteraceae.

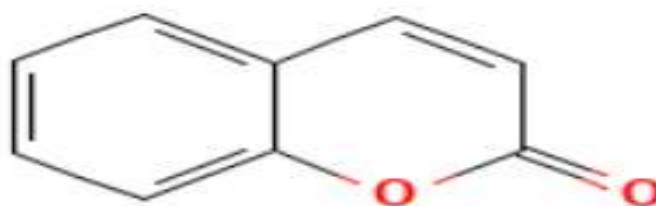


Figure 8: structure chimique du coumarin

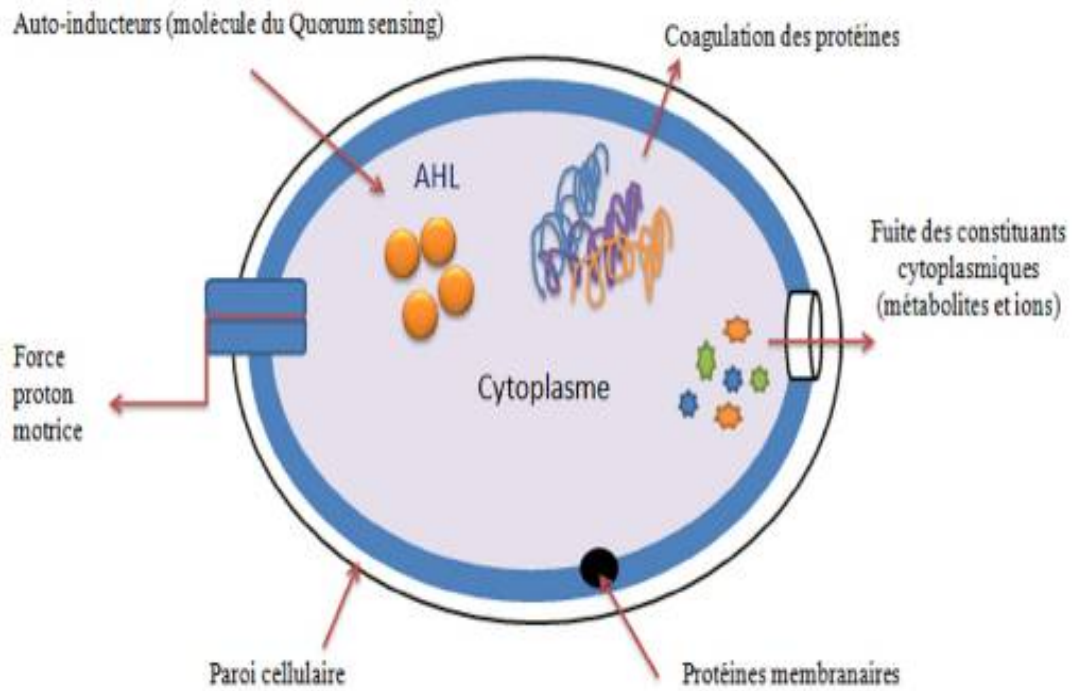
## **4 Propriétés biologiques des huiles essentielles :**

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes comprenant de nombreux composés. Leur activité biologique est à mettre en cause direct avec ses composants chimiques à la fois présents à grande quantité ou sous forme de traces.

### **4.1 Activité antimicrobienne :**

Ces dernières années, en raison d'une recrudescence des agents pathogènes antibiorésistants, la recherche des alternances demeure une nécessité absolue, et dans ce propos, Grâce à leurs nombreuses molécules actives, presque toutes les HE s'avèrent être anti-infectieuses à des degrés différents.(37) On écarte ici le problème de résistance microbienne du fait de leur complexité chimique, et par conséquent, de multiples sites cellulaires sont ciblés. Encore mieux, les HE respectent la flore intestinale naturelle, dite commensale.

Le caractère lipophile des HE leur facilite la pénétration à l'intérieur des membranes cellulaires. Par divers mécanismes complexes qui peuvent s'appliquer en même temps générant une action amplificatrice, elles réussissent à provoquer une véritable apoptose aux cellules infectieuses. (38) Sachant que les bactéries à gram positives sont plus sensibles aux HE que les grams négatifs à cause de leur membrane externe qui représente un véritable obstacle. (39)



**Figure 9: les différents cibles des huiles essentielles pour inhiber la croissance des bactéries**

Elles sont actives sur :

- Des bactéries : *Escherichia coli*, *Shigella dysenteria*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter aerogenes*, *Proteus vulgaris*, *Salmonella choleraesuis*.(28,40)
- Des champignons : *Candida albicans*, les moisissures filamenteuses, (*Aspergillus spp*, *Fusarium sp.*, *Penicillium islandicum*) et les dermatophytes, (*Microsporum gypseum*, *Trichophyton rubrum* (28,41)
- Des virus : dans le cas des Herpès virus 1 et 2 : ils ont démontré des propriétés virucides avec l'avantage d'une faible toxicité par rapport aux antiviraux de synthèse (42–44)

A noter :

- Sur *Candida albicans*, l'eugénol possède une synergie d'action avec le fluconazole et l'amphotéricine B et s'avère utile pour le traitement de souches multi résistantes aux antifongiques (45)
- les composés phénoliques réduisent la résistance de *Salmonella typhimurium* à l'ampicilline, la tétracycline, la pénicilline, la bacitracine, l'érythromycine et la novobiocine et la résistance de *Streptococcus pyogenes* à l'érythromycine par réduction des doses minimales d'inhibition(46)
- Le cinnamaldéhyde est utilisé en combinaison avec la clindamycine comme agent inhibiteur de la résistance promettant un avantage clinique dans le traitement de la diarrhée nosocomiale à *Clostridium difficile* (47)
- L'HE d'arbre à thé riche en Terpinène-1-ol-4 est efficace dans le traitement d'infections telles que l'herpès labial, acné, teigne, onychomycose, les pellicules(48)

## 4.2 Activité antioxydante :

Les Huiles essentielles peuvent être considérées comme des agents antioxydants naturels qui peuvent être administré dans le cadre de suppléments quotidiens pour prévenir le stress oxydatif c'est-à-dire un déséquilibre entre la production de radicaux libres et leur élimination par le système antioxydant du corps ce qui contribue à de nombreuses maladies dégénératives comme l'artériosclérose, cancer, maladie d'Alzheimer, maladie de parkinson, diabète et asthme, vieillissement. (49)

Les HE de clou de girofle, cannelle, muscade, basilic, origan et thym sont les meilleurs à prouver leur pouvoir anti radicalaire et antioxydant. Cette activité est attribuée à leur teneur élevée en composés phénoliques (Thymol et Carvacrol), l'action anti oxydante de l'origan par exemple (*Origanum vulgare L.*, *Spp hirtum*) est comparable à celle de l'alpha- tocophérol (Forme de VIT E) et hydroxy toluène butyle (BHT), antioxydant de synthèse mais moins efficace que celle de l'acide ascorbique. (50)

### **4.3 Activité analgésique et anti inflammatoire :**

Suite à une infection, stress, lésion tissulaire ou autre, le corps humain se défend par déclencher une réaction inflammatoire adaptative, cette dernière est utile lorsqu'elle ne persiste pas dans la durée, sa non résolution a un effet totalement contraire et négatif pouvant provoquer des maladies lourdes de conséquences tel que le cancer, l'athérosclérose et le diabète. (51)

Le 1,8 cinéol est un composé qui a prouvé son efficacité à plusieurs reprises chez les malades atteints de bronchite, sinusite, bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) et asthme, il inhibe la production de divers médiateurs impliqués dans la cascade inflammatoire comme les prostaglandines et les cytokines pro-inflammatoires. (52)

Le *Tanacetum annuum*, est une plante du partie du nord-ouest du Maroc, son huile essentielle est commercialisé sous le nom huile de camomille Blue marocaine ou huile de tanaïsie marocaine (53). Elle est connue pour son puissant effet anti inflammatoire dû à sa forte teneur en chamazulène qui inhibe la COX-2. (54)

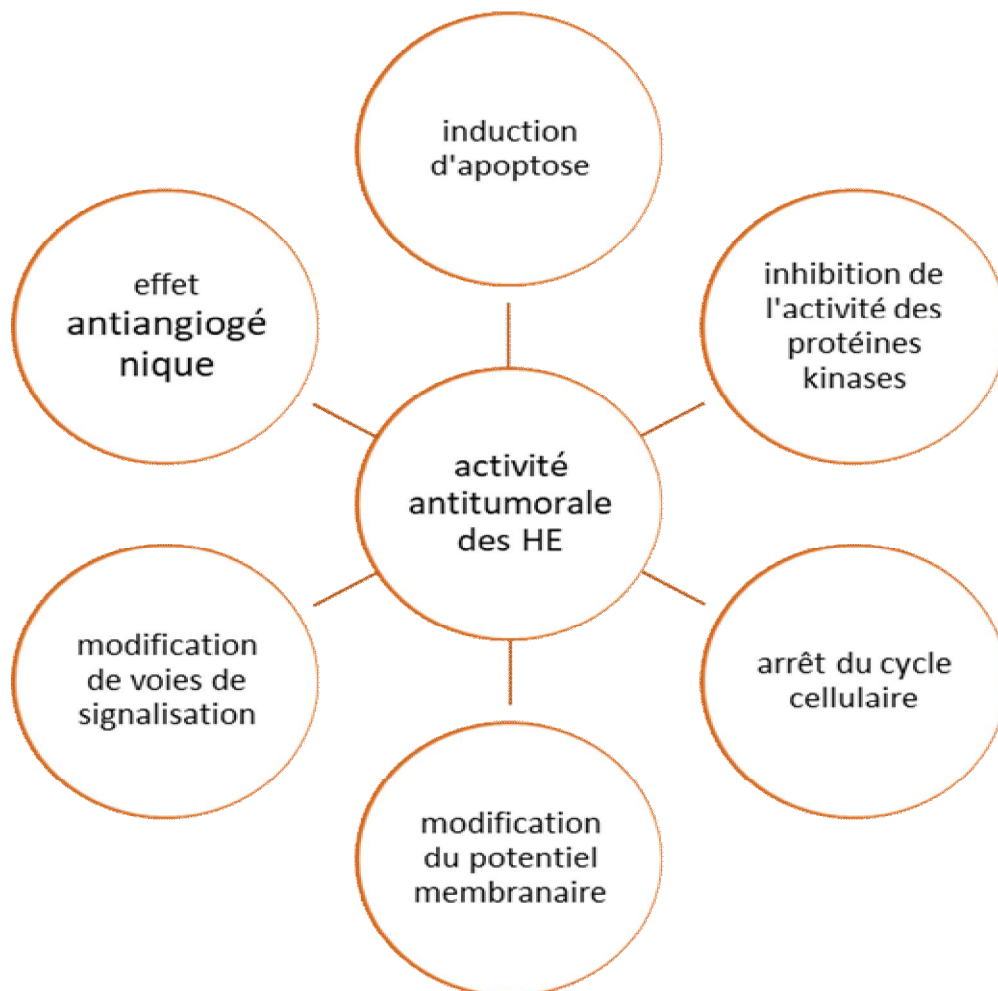
L'HE de myrrhe amère (*Commiphora spp*) présente des propriétés antalgique et anti inflammatoire car elle est riche en furanoeudesma 1-3 diène et curzérène ; deux sesquiterpènes analogues morphiniques d'action locale et puissante. Ils sont capables d'interagir avec les récepteurs opioïdes du cerveau et d'impacter les récepteurs morphiniques.(55,56)

### **4.4 Activité anti-cancéreuse :**

Les principaux mécanismes des effets cytotoxiques des huiles essentielles comprennent l'induction de la mort cellulaire par l'activation des processus d'apoptose, l'arrêt du cycle cellulaire, ou du fonctionnement des organites essentiels. Plusieurs de ces effets sont attribuables au caractère lipophile et le faible poids moléculaire des composants des HE qui leurs permettent de traverser les membranes cellulaires, de modifier la composition de la membrane et d'augmenter sa fluidité, conduisant aux fuites d'ions et de molécules cytoplasmiques. (38)

Une étude très pertinente parle de la modification membranaire des cellules ; elle implique la HMG-COA réductase qui contrôle la concentration du cholestérol, ce dernier est un stéroïde qui donne la rigidité et la stabilité à la membrane cellulaire. Sans cholestérol, de nouvelles cellules ne peuvent pas se former et sans nouvelles cellules, il n'y a pas de régénération tissulaire. Dans des conditions métaboliques normaux, un excès de cholestérol donne un signal de type feed-back négatif pour stopper sa libération ; mais le HMG COA des cellules cancéreuses ne ressemble en rien à celui des cellules normales mais à celui des plantes. Ces derniers ont appris que les terpènes ont le pouvoir de bloquer cet enzyme lors du besoin. On peut conclure donc que les HE qui sont des métabolites secondaires des plantes aromatiques, avec leur importante teneur en terpènes peuvent freiner la production du cholestérol nécessaire pour la croissance des cellules cancéreuses (57)

Le D-limonène par exemple, un composé terpénique a prouvé son efficacité antiangiogénique, c'est-à-dire réduire la formation de réseau qui irrigue les cellules tumorales (capillaires sanguins). L'efficacité, la non-toxicité et la plus faible résistance aux médicaments du d-limonène ont été ratifiées.(58)



**Figure 10: les différents cibles anti tumoraux des HE**

## 5 Méthodes d'extraction des huiles essentielles :

L'exploitation du potentiel chimique des plantes aromatiques passe premièrement par l'extraction des molécules contenues dans ces espèces botaniques. Elle a pour but, en effet, de capter et recueillir les substances les plus volatils, subtils et les plus fragiles qu'élabore le végétal, et cela sans en altérer leur qualité. Ce processus est délicat et difficile à manipuler, car la composition chimique de ces produits est tellement sensible qu'elle peut subir des modifications lors du contact avec la chaleur ou bien l'eau utilisée pour l'extraction.

### 5.1 Hydro distillation :

Une méthode archaïque qui consiste tout simplement à immerger les substances végétales dans un alambic rempli d'eau directement sous une source de chaleur, l'ensemble est porté à ébullition sous pression atmosphérique. La chaleur permet l'éclatement des cellules végétales et par ça la libération des molécules aromatiques. La distillation peut s'effectuer avec ou sans cohobage des eaux aromatiques obtenues lors de la décantation(59)

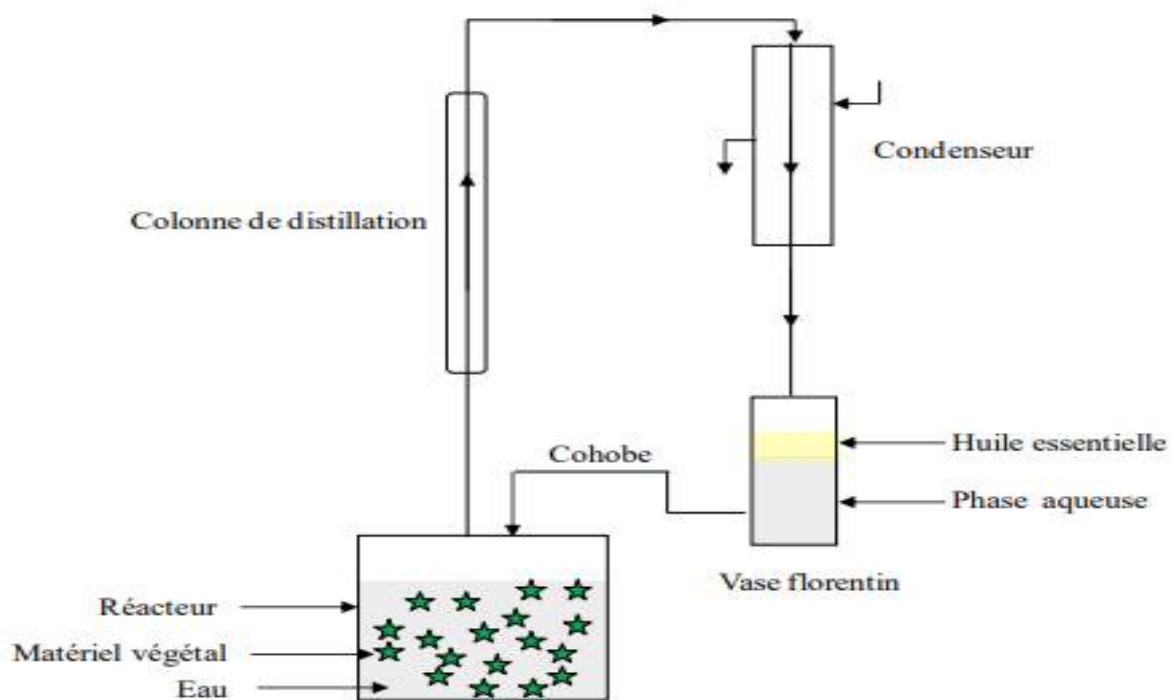


Figure 11: schéma illustrant le principe de l'hydro distillation(60)

La vapeur des deux composés passe dans un réfrigérateur puis condensée, finalement séparée par simple différence de densité et d'immiscibilité ; on obtient donc deux phases : aqueuse (eau) et organique (huile essentielle) qui surnage au-dessus de l'hydrolat. L'hydro distillation possède des limites. Le chauffage prolongé, le contact direct avec l'eau, l'acidité et la température peuvent induire une détérioration de la matière végétale et la dégradation de certaines molécules aromatiques par hydrolyse des esters mais aussi des réarrangements, des isomérisations, des racémisations et/ou des oxydations (5)

## **5.2 Entraînement à la vapeur d'eau :**

L'entraînement à la vapeur est l'une des méthodes approuvées par la pharmacopée européenne (3) . La proportion des différentes huiles essentielles extraites par distillation à la vapeur d'eau est de 93% et le reste 7% est extrait par les autres méthodes.(61) Cette technique est dédiée aux substances thermosensibles, insoluble dans l'eau et qui peuvent se décomposer en ce point d'ébullition.(59) Contrairement à l'hydro distillation, pas de contact direct entre le matériel végétal et l'eau. En autre terme, la masse végétale est soumise à l'action d'un flux de vapeur du bas vers le haut sans macération préalable. La vapeur d'eau en traversant la plante, entraine les molécules aromatiques et montent vers le système de refroidissement, condensées et transformés en gouttelettes précieuses avant d'être décantées. Cette technique permet d'éviter les réactions chimiques parasites comme les phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'HE.

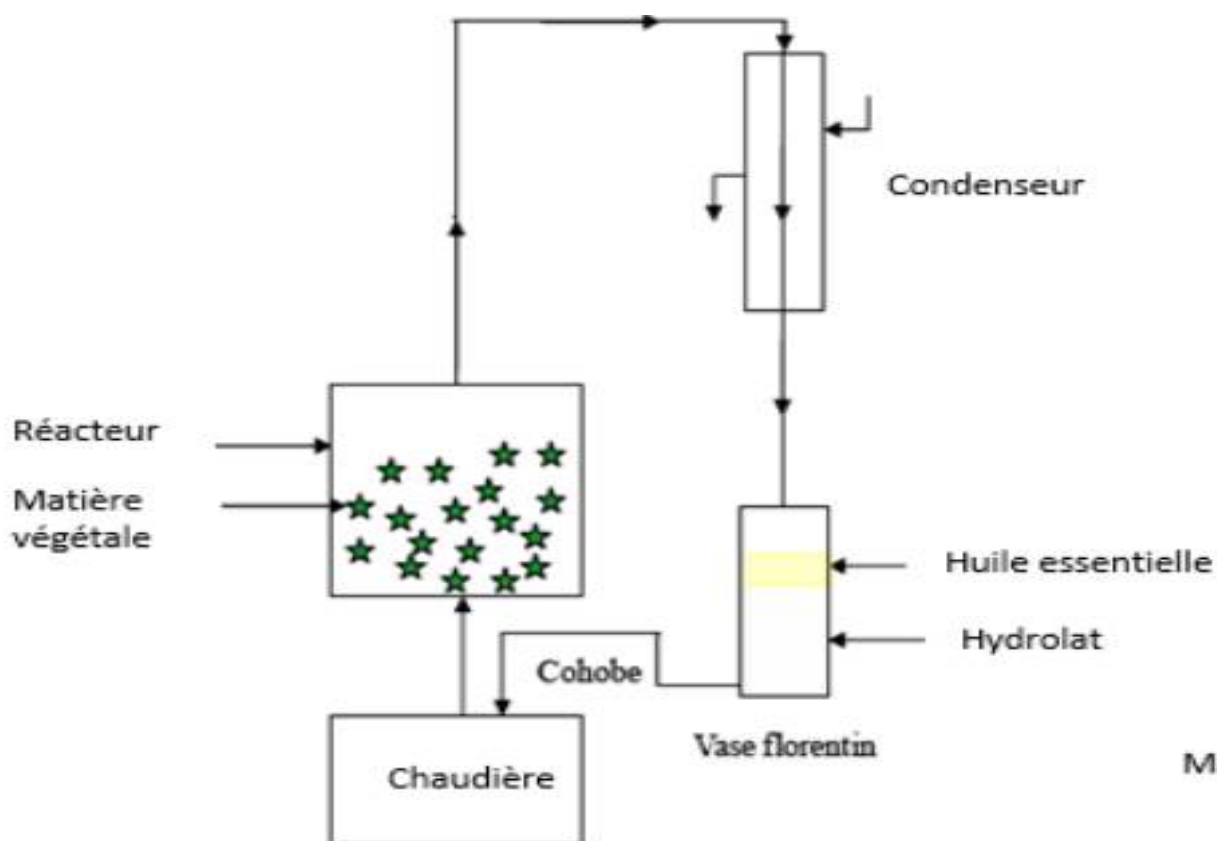


Figure 12: schéma illustrant le principe de l'entraînement à la vapeur d'eau(60)

### 5.3 Hydro diffusion :

Une technique plus récente qui consiste à faire passer un flux de vapeur d'eau du haut vers le bas. La vapeur introduite sous basse pression arrive per descendum à travers le végétal. Ce qui permet de limiter les réactions secondaires d'hydrolyse, et réduire le temps de distillation. De ce fait, ce procédé est adapté aux huiles essentielles facilement entraînaibles (lavande, menthes, basilic...), mais ne convient pas aux distillations de longue durée.(22)

### 5.4 Expression à froid :

Une méthode mécanique réservée aux agrumes (citron, orange, pamplemousse...), basé sur la rupture des péricarpes des fruits contenant de l'huile essentielle. L'HE ainsi dégagée et entraînée par un courant d'eau ; une émulsion d'eau et d'essence se forme, l'HE est ensuite séparée par décantation ou centrifugation. (62)

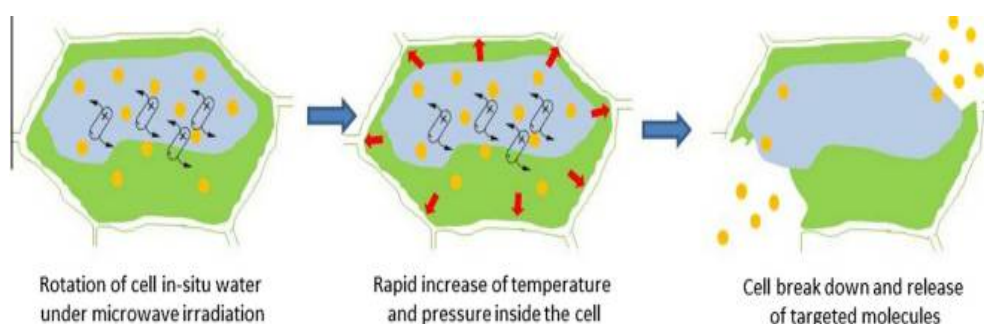
Cependant cette technique a beaucoup de limites comme la durée de conservation qui ne peut pas excéder dans la majorité des cas les six mois. Encore le risque de contamination et d'hydrolyse en raison de L'usage de grandes quantités d'eau pendant l'extraction.

### 5.5 Eco extraction des huiles essentielles :

Les méthodes traditionnelles d'extraction réservent beaucoup de limites et inconvénients, chose qui a incité les laboratoires de recherche à développer des nouvelles techniques plus écologiques qui assurent un double rôle ; consommer moins d'eau et d'énergie tout en garantissant un produit de qualité.

Dans ce sens, deux approches ont été identifiées pour parvenir à ce but, la première consiste à optimiser et assister les procédés déjà existants comme l'hydro distillation ; une réduction de consommation énergétique et hydrique est envisageable par augmentation d'agitation du mélange combinée à l'effet de cisaillement et de déstructuration de la matière végétale, c'est la turbo distillation. L'hydro-distillation peut aussi être assistée par les ultrasons qui fragilisent les parois cellulaires du végétal, facilitant la libération de leur contenu, améliorant ainsi le transfert de matière.(22)

La deuxième approche est l'innovation. De nouvelles technologies ont vu le jour telles que l'extraction par CO<sub>2</sub> supercritique, la détente instantanée contrôlée (DIC) – procédé d'auto vaporisation, les champs électriques pulsés, les micro-ondes, sont depuis quelques années utilisées dans ce domaine. Ces « techniques nouvelles » garanties à la fois l'efficacité et la qualité par rapport aux techniques traditionnelles. (22)



**Figure 13: mécanisme d'extraction par micro-onde (solvent free microwave extraction SFME)(63)**

Cependant, les produits issus de ces nouvelles techniques sont appelés « extraits aromatiques » et non pas huile essentielle car du point de vue réglementaire seuls les méthodes citées dans la pharmacopée sont approuvées ce qui écarte tout autre procédé non mentionné dans la définition.

**Tableau 4: tableau illustrant les nouvelles techniques développées pour l'extraction des huiles essentielles avec les avantages et les inconvénients de chacune. (22,60,64)**

Techniques	Principe	Avantages	Inconvénients
Micro-ondes	Source de chaleur sans contact. L'eau intracellulaire est stimulé à tourner sous l'irradiation ce qui provoque l'éclatement des cellules et libération des molécules cibles sans affecter leurs structures.	-Pas d'eau ou solvant utilisé. -Réduction de tps d'extraction de 3h à 15min/méthode conventionnels -Rendement plus important. -Production d'HE concentrée exempte de résidus, contaminants.	- Présence de rayonnement « micro-ondes » qui requiert une maîtrise d'œuvre spécialisée. - Toute erreur peut mettre le manipulateur à des risques graves.
CO <sub>2</sub> Supercritique	Dans des conditions critiques (T 31°C/P 74bars), CO <sub>2</sub> se comporte alors comme un liquide (bonne capacité d'extraction) et un gaz (bonne diffusion)	-Conditions de travail facilement atteignables. T/P - CO <sub>2</sub> est non toxique, non inflammable, non corrosif, peu cher, recyclable. - Pas de traces résiduels. -les risques de dégradation thermique sont éliminés source des deux derniers tirés	-investissement pour matériel coûteux. -consommation d'énergie. -donne des huiles essentielles riches en produits oxygénés et pauvres en terpènes. -rendement faible
détente instantanée contrôlée (DIC)	Auto évaporation des composés volatils par introduction de vapeur de haute pression sur une très courte durée puis dépressurisation rapide	-exposition en quelques secondes à la chaleur. -pas de risque de contamination.	-formation d'une émulsion stable de HE et eau.
Champs électrique pulsé	Application d'impulsions électriques aux cellules placées entre deux électrodes à T ambiante ce qui provoque une électroporation	- Non thermique, sélectif de très courte durée, écologique - besoin énergétique plus faible. - rendement important	

## **6 Paramètres qui influencent la qualité et rendement en huiles essentielles :**

Pour assurer ses vertus, les producteurs doivent être conscients des critères qui conditionnent la qualité des HE. Seul le respect de l'ensemble des critères de qualité garantira leur authenticité, une relative innocuité et l'efficacité thérapeutique. La moindre modification du profil moléculaire entraîne une augmentation des effets indésirables (allergies, dermocausticité, neurotoxicité, etc.) et une diminution de l'efficacité. Une triple surveillance semble logique : sur la plante, sur l'extraction, et sur le produit final.

### **6.1 La plante elle-même :**

#### **6.1.1 Dénomination botanique :**

La précision de la dénomination botanique de la plante est primordiale car elle permet de connaître l'origine végétale du produit. Elle comprend selon les règles linnéennes le nom du genre, suivi du nom d'espèce, ainsi que l'initiale ou l'abréviation du botaniste qui, le premier a décrit la plante en question.(65)

Il est aberrant de prescrire une huile essentielle en inscrivant tout simplement son nom commun, On prendra comme exemple la famille des lamiacées plus précisément les lavandes. En effet, il existe plusieurs espèces, sous-espèces, et variétés avec des caractéristiques et indications variables qui doivent être distinguer l'une de l'autre.

**Tableau 5: différentes espèces de lavande(8)**

Lavande	Dénomination botanique	Description morphologique	altitude	Intérêt thérapeutique HE
Officinale	- <i>Lavandula vera</i> Miller ( <i>sauvages.</i> ) <i>Lavandula angustifolia</i> Miller = <i>Lavandula officinalis</i> L. <i>cultivés</i> )	Sous-arbrisseau petit, possède une seule fleur sur chaque tige et se reproduit par graines.	800 mètres à 1 800 m d'altitude	CALMANT  Relaxant  Anti spasmodique  Anti inflammatoire
Aspic	<i>Lavandula latifolia</i>	grande taille avec plusieurs ramifications et possède de larges feuilles à la base	entre 200 à 500 mètres d'altitude, rarement au-delà de 800 mètres.	TONIQUE  Anti toxique  Régénérant cutané kératolytique  Expectorante antiseptique ORL,  Antalgique
Fine	<i>Lavandula angustifolia</i> spp. <i>angustifolia</i> var. <i>delphinensis</i>	40 à 80 cm de haut, inflorescences à multiples fleurs généralement de couleur violettes	500 et 1800 m d'altitude	Régulatrice du SN calmante  Sédative
Stoechade Maritime	( <i>Lavandula stæchas</i> )	Rameaux courts, feuillés sur toute leur longueur. Petites feuilles opposées, étroites,.	Très faible altitude	Anti-infectieuse spécifique otites.  Anti-convulsivante, extrêmement neurotoxique et abortive..
Hybride LAVANDIN	<i>Lavandula burnita</i>	plante robuste, plus vigoureuse et plus développée que la lavande	Moins de 800 mètres d'altitude	Décontractant musculaire  anti inflammatoire

### 6.1.2 Race chimique définie :

Introduite en 1975 par Pierre Franchomme et officialisée par l'Union européenne en 2006 la notion de chémotype signifie : type chimique, indiqué CT. Il désigne les variations chimiques des métabolites secondaires des plantes aromatiques au sein de la même espèce suite aux variations des écosystèmes : climat, composition du sol... Les chémotypes sont notés « Nom latin ct. Molécule », ou alors « Nom latin molculiferum ».(8)

Ces fluctuations peuvent être extrêmement importantes et change les propriétés chimiques de l'huile essentielle et qui dit molécules différentes dit propriétés différentes ; c'est la raison pour laquelle les chémotypes des espèces doivent être précisés. Selon l'agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA), la connaissance du chémotype est la garantie d'une qualité thérapeutique et d'une sécurité d'emploi d'une huile essentielle. (66)

L'exemple le plus parlant et le plus étudié pour l'explicitation de ce phénomène est sans doute le Thymus, On entamera ci-dessous sept chémotypes principaux dont l'action et l'impact physiologiques sont différents.

**Tableau 6: les sept chémotypes du thymus (1)**

Dénomination	Composants principaux	Indications
Thymus vulgaris TERPINÉOLIFERUM	Terpinéol	propriétés hémolytiques
THYMUS VULGARIS LINALOLIFERUM CT1	Linalol	antibactériennes, antifongiques, virucides et antiparasitaires intestinaux
THYMUS VULGARIS GERANIOLIFERUM CT2	Géranol	Antibactérienne, antifongique  Antivirale
THYMUS VULGARIS THUYANOLIFERUM CT4	Thujanol	propriétés bactéricides, virucides et neurotonique
4 THYMUS VULGARIS THYMOLIFERUM CT6	Thymol	propriétés anti-infectieuses majeures
THYMUS VULGARIS CARVACROLIFERUM CT7	Carvacrol	activité antiseptique
THYMUS ZYGIS	Thymol  Paracymene	antalgique très recommandée en cas de rhumatismes et d'arthrose.

### 6.1.3 Partie de la plante distillée :

Une huile essentielle fiable est une huile dont l'organe producteur est reconnu, car la composition chimique peut différer d'un organe à un autre. Les essences aromatiques peuvent être accumulées dans tous les types d'organes végétaux, par exemple : les fleurs (rose), les fleurs (oranger), les feuilles (eucalyptus), l'écorce (cannelier) ... (66)

**Tableau 7: composition chimique et propriétés thérapeutiques des HE issues des différentes parties du bigaradier ou orange amer (*Citrus aurantium*) (67)**

Parties de la plante	Nom de l'huile essentielle	Composés majoritaires	Propriétés thérapeutiques
Ecorce du fruit	Orange amère	Monoterpène :limonène	Tonique et digestive
Feuilles	Petit grain bigarade	+50% d'esters terpéniques : acétate de linalyle 30% d'alcool mono terpénique : linalol	Antispasmodique, anti-inflammatoire, anti-infectieuse
fleurs	Néroli bigarade	30% de monoterpènes 40% d'alcools terpéniques 5% d'alcools sesquiterpéniques : trans-narolidol	Antidépresseive

#### **6.1.4 Identification de la plante :**

Il est indispensable de vérifier avant chaque extraction, que la plante utilisée est bien la même désirée. D'abord on définit les traits macroscopiques (morphologie, couleur, saveur), puis on passe à l'analyse microscopique, qui consiste en non seulement l'identification des caractères spécifiques de l'espèce considérée mais aussi de détecter des particules étrangères parasites.

#### **6.1.5 Récolte :**

Le moment de la récolte des plantes aromatiques est d'une importance extrême. Le moment optimal est quand la concentration en principes actifs est au maximum ou à l'inverse quand la teneur en produits toxiques est minime. On prend comme exemple la sarriette dont le taux de Carvacrol est maximal avant la floraison. Pendant la floraison pour la lavande. Après la floraison, pour la sauge sclarée et la menthe à longues feuilles. (8)

## **6.2 Garanties sur l'extraction :**

### **6.2.1 Le matériel de distillation :**

A usage fréquent, le métal de fabrication de l'alambic peut se détériorer et commence à se dégrader, ceci peut contaminer l'huile essentielle et modifier ses caractères organoleptiques. Avant, le métal utilisé était le cuivre, mais son prix élevé et la dégradation de couleur qu'il provoque font qu'il est, actuellement, remplacé par de l'acier inoxydable. Celui-ci est d'un emploi courant dans les milieux oxydables et aqueux à différentes températures.

### **6.2.2 Conditions de distillation :**

La température, la durée de distillation et la qualité de l'eau utilisée sont tous des critères décisifs de la qualité du produit fini. Une chaleur excessive affecte les composés thermolabiles de l'HE, Une eau de source peu ou pas calcaire est toujours privilégiée ; cela permet d'éviter un détartrage annuel complet. (8)

## **6.3 L'huile essentielle elle-même :**

Les HE étant des produits facilement altérables, doivent être bien protégés d'oxydation et de polymérisation. Une dégradation de qualité se manifeste par une variation progressive de la couleur et de la fluidité. Une conservation dans des flacons opaques, bruns ou bleus, hermétiquement inaltérables, en l'absence de plastique ou de caoutchouc, sur lesquels les substances aromatiques opèrent une micro dissolution, dans un endroit frais est donc primordiale. La lumière visible et les rayons UV accélèrent le processus de l'auto oxydation. (68)

Les informations à retrouver sur les étiquettes des flacons des HE commercialisées sont les suivantes : Nom vernaculaire commun, nom scientifique en latin, origine de la plante, organe producteur, chémotype, mode de culture et labellisation, mention « 100 % pure et naturelle », nom et coordonnées du labo fournisseur, contenance du flacon, Numéro de Lot et date de péremption (69)

## **7 Les voies principales d'utilisation des huiles essentielles :**

La voie d'application des huiles essentielles doit être ajuster en fonction de l'objectif thérapeutique souhaité. Pour mieux comprendre, on prend l'exemple de l'HE de lavande qui renferme à la fois le linalol et beta caryophyllène, la première molécule a un effet anxiolytique médié par le système olfactif. La deuxième, compte à elle, présente des vertus cicatrisantes achevés par voie topique. Il parait donc nécessaire de diffuser cette HE si l'effet recherché est anxiolytique et l'appliquer localement sur les plaies pour l'effet cicatrisant.(70)

Dans ce chapitre on entamera quelques formes galéniques destinées à l'application des huiles essentielles.

### **7.1 Voie respiratoire :**

Cette voie est utile pour les troubles pulmonaires sévères : mucoviscidose, tuberculose, cancers des poumons... 4 à 5 gouttes de l'HECT diluées dans le sérum physiologique dans la capsule de l'aérosol sont à appliquer pour dégager la sphère pulmonaire de mucosités excessives ou de particules toxiques de pollution et traiter les infections sévères.

### **7.2 Voie atmosphérique :**

Le principal objectif ce cette voie est l'assainissement de l'air pour une prévention du risque de propagation d'épidémies contagieuses. On tient à préciser que les huiles essentielles irritantes, dermocaustiques et neurotoxiques sont contre-indiquées en diffusion en dehors des mélanges prêts à l'emploi.

La diffusion dans l'atmosphère se fait par deux types d'appareil :

- Pompe à air : la diffusion se fait à sec, elle est recommandée pour les espaces publics tel que les administrations et hôpitaux du fait de son activité efficace contre les risques infectieux.
- Diffusion ultrasonique : c'est une diffusion qui utilise de l'eau. Contrairement à la première méthode, celle-ci est adaptée uniquement à l'usage domestique permettant une tolérance accrue des huiles essentielles inhalées en même temps qu'un air humidifié. (71)

### **7.3 Voie cutanée :**

Vu le caractère lipophile des molécules aromatiques, elles peuvent facilement pénétrer à travers l'épiderme par diffusion passive tout en assurant une action prolongée des principes actifs. Une dilution de l'ordre de 1 à 50 % est nécessaire afin de limiter les réactions d'irritation. La voie cutanée assure une action locale et générale. Les zones concernées sont généralement les tempes, la nuque, la plante des pieds, les poignets (zone très irriguée d'où la pénétration rapide).(72)

### **7.4 Voie orale :**

La voie orale est limitée aux adultes et les enfants de plus de sept ans sauf si prescription médicale ou conseil officinal adapté aux jeunes enfants. La voie orale est à proscrire en cas d'ulcères gastroduodénaux, de reflux gastro-œsophagiens et de gastrites aiguës ou chroniques.(73) Les HE ne doivent en aucun cas être avalées pures par voie orale, mais diluées à raison de 5 à 15 %.

## 8 Toxicité des huiles essentielles :

Une huile essentielle est carrément un mélange d'une dizaine de molécules voir des centaines, c'est la cause pour laquelle il est difficile d'établir la notion de toxicité d'une HE. Elles peuvent être à l'origine des intolérances locales voire même systémiques. Cependant, pas toutes les huiles essentielles ont le même degré de toxicité. Un pourcentage important d'entre elles ne présentent d'ailleurs aucun danger à dose pharmacologique, et au cours de leur emploi sur de courtes ou de moyennes périodes

### 8.1 Propriétés allergisantes :

Plus de 79 HE peuvent causer d'allergies de contact dont l'huile essentielle de l'arbre à thé extraite par distillation des branches et feuilles de *Melaleuca alternifolia*, Selon une étude publiée par le journal australien de dermatologie en 2007, la prévalence d'allergie à l'arbre à thé est de 1,8 % soit 42 patients parmi 2320 qui se sont présentés pour des tests cutanés. Un autre facteur à ne pas négliger est le phénomène d'oxydation, l'huile d'arbre à thé oxydée a une capacité de sensibilisation trois fois plus forte que l'huile fraîche(74).

L'HE de lavande fine (*Lavandula angustifolia*) est avérée provocatrice d'eczéma dite des professionnels chez les aromathérapeutes et les kinésithérapeutes qui l'utilisent pour les massages et autres. Plusieurs cas d'eczéma de contact ont été déclarés avec l'HE de cannelle (*Cinnamomum verum*) de la même famille, Du fait de son potentiel allergisant cutané, l'aldéhyde cinnamique est limité à des concentrations entre 0,1 et 0,3 % dans les cosmétiques. (25,75)

Du point de vue réglementaire, ANSM impose pour des raisons de sécurité de mentionner sur l'étiquette des produits cosmétiques les molécules dites sensibilisantes. Cette mesure permettra au consommateur connu sensible à les éviter. C'est une liste de 26 composants (annexe I)

## 8.2 Propriétés photo sensibilisantes :

À usage topique, toutes les huiles essentielles contenant des coumarines (furo et pyrocoumarines) sont susceptibles d'entraîner sous exposition solaire des réactions phototoxiques et non allergiques appelées photophyodermatites. Elles se traduisent par des éruptions érythémateuses, vésiculo-bulleuses, voire phlycténulaires. Parmi les huiles essentielles connues par cet effet on trouve les agrumes de la famille des rutacées (Citron, Orange, Mandarine, Lime, Pamplemousse) ainsi que la famille des apiacées avec la khella (*Ammi visnaga*) et l'angélique (*Angelica archangelica*), le fenouil, le persil, la carotte sauvage, on trouve également l'HE de millepertuis et la verveine citronnée... L'exposition au soleil dans les six heures qui suivent l'application est interdite. (76)

Les coumarines absorbent l'énergie des rayons UV et la renvoient aux molécules d'ADN ce qui engendre des dommages cutanés par libération de médiateurs inflammatoires. Ceci ne touche que les zones exposées au soleil et sur lesquelles on a appliqué l'huile essentielle sauf en cas de prise orale, dans ce cas l'atteinte est systémique. Les réactions de photo toxicité dépendent du type de peau, du temps entre l'application de l'huile essentielle et l'exposition solaire, de la durée d'exposition et de l'intensité du rayonnement. (77)



**Figure 14: photophyodermatite causé par une exposition solaire après application d'une HE riche en psoralène ( limon)(77)**

### **8.3 Propriétés dermocaustiques et irritantes :**

En général, toutes les HE peuvent être irritantes ou dermocaustiques à chaque individu selon sa propre disposition. Une exposition sur une longue durée de temps à la même HE peut donner des irritations qui n'étaient pas présentes au début d'utilisation. Mais il existe des huiles essentielles plus dangereuses et peuvent particulièrement provoquer des nécroses cutanées ; C'est le cas avec l'HE de moutarde noire qui contient un composé soufré et azoté ; l'isothiocyanate d'allyle, contenu aussi dans l'ail et l'oignon en quantité moindre. En aucun cas elles ne doivent être appliquées sur la peau, même diluées.

### **8.4 Hépatotoxicité :**

Plusieurs études montrent l'effet hépatotoxique des composés mono et sesquiterpéniques. Comme exemple, 10 cas d'intoxication déclarées depuis des années suite à la consommation des HE riches en camphre, trouvé dans le bois du laurier camphré (*Cinnamomum camphra*), le romarin à camphre ou basilic camphré... que ça soit per os ou localement, cela se traduit par une augmentation des enzymes hépatiques ainsi qu'une hépatomégalie, ou carrément des lésions hépatiques. (78)

### **8.5 Néphrotoxicité :**

Les huiles essentielles contenant des monoterpènes notamment l'alpha pinène prises par voie orale sur une trop longue période peuvent engendrer une néphrotoxicité. (79) La térébenthine, les rameaux de genévrier ainsi que le bois de santal peuvent causer des dommages histologiques aux néphrons

### **8.6 Neurotoxicité :**

Le système nerveux central est protégé des nombreux xénobiotiques par la barrière hémato encéphalique, qui permet d'accéder uniquement aux substances les plus lipophiles. C'est le cas des HE qui sont modérément lipophiles, certains sont même neurotoxiques, du moins à fortes doses. Cet effet est observé principalement suite à l'ingestion des HE.

Il existe deux aspects opposés de la neurotoxicité, le premier se manifeste par la stimulation excessive du SN, ce qui donne des convulsions et des crises épileptiques (HE riches en camphre, alpha et beta Thujone, pinocamphone comme celle du romarin, sange, thuya, absinthe, hysope, cèdre rouge de l'ouest). Des cas de convulsions non létales sont déclarés chez des adultes mais aussi chez des enfants de 2 et 3 ans après ingestion respectivement de 9,5 ml et 700 mg de camphre. A noter que les nouveaux nés sont exposés le plus à ce genre d'intoxication à cause de l'immaturation de leur barrière hémato encéphalique. (80)

Le deuxième aspect est la dépression du SNC, les effets communs de la dépression comprennent des réductions de la fréquence respiratoire, tension artérielle, température et la vigilance... De ce fait, les personnes avec des troubles psychologiques cliniques, des antécédents d'épisodes psychotiques ou des antécédents de consommation de cannabis ou des drogues psychédéliques doivent être soigneusement surveillés.(80)

## 9 Contrôle analytique :

L'authentification des HE est une question d'importance cruciale tant pour les consommateurs que pour les producteurs. Dans ce sens, plusieurs cas de falsifications selon diverses méthodes ont été observé dans le marché.

### ❖ Ajout des huiles végétales et solvants :

Les huiles essentielles sont parfois diluées en ajoutant un ingrédient non volatil pour augmenter les volumes produits (par exemple, ajouter des huiles végétales à cause de leur coût relativement faible, de leur disponibilité, de leur densité proche de celle des huiles essentielles, et une texture grasse proche de celle d'huiles essentielles). Une étude sur l'authentification de l'huile essentielle de citronnelle a identifié l'huile de noix de coco comme adultérant (81).

### ❖ Ajout de molécules spécifiques, synthétique et naturelle :

Ce type spécifique d'adultération peut avoir différentes motivations ; améliorer la qualité de l'huile essentielle, en termes de teneur en composés. Ce type de falsification a pour but d'augmenter le bénéfice et répondre aux besoins de l'industrie car le prix de l'HE varie selon leur teneur en ces molécules (Ajout de citral à l'HE de citron). Une autre raison pourrait être d'améliorer la qualité olfactive de l'huile essentielle, comme c'est le cas pour huile de bergamote (*Citrus aurantium L. spp. Bergamia*) ou l'huile de lavande (*Lavandula angustifolia Mill.*) pour laquelle l'ajout d'acétate de linalyle ou du linalol a été signalé. (82)

### ❖ Ajout d'une autre huile essentielle :

Pour des raisons olfactives, et/ou économiques, l'addition d'une huile essentielle de qualité médiocre mais avec des notes olfactives similaires est fréquente. C'est notamment le cas lorsqu'il y a une différence de prix entre les deux huiles essentielles. Les plus connus pour ce genre d'adultération sont les agrumes adultérés par l'HE d'orange douce, qui est l'huile d'agrumes la moins chère. Un autre exemple typique est l'huile essentielle de lavande (*Lavandula angustifolia Mill.*), dont le prix peut atteindre 130 €/kg, et qui pourraient être mélangées à l'huile essentielle d'autres espèces du genre *Lavandula*, dont les prix avoisinent les 20 €/kg. (83)

## 9.1 Caractéristiques organoleptiques

Cela concerne l'aspect, la viscosité, la couleur et l'odeur d'une HE. Une huile essentielle authentique et pure est d'une fragrance « douce », « ronde », « subtile » et non « brute » ou « agressive ».(8) Ces caractéristiques sont la preuve ultime de la richesse du cocktail moléculaire et l'intégralité de l'HE, une condition indispensable en thérapeutique. Le test organoleptique s'avère contributif pour confirmer la qualité de la distillation « lente et douce ». Cet examen peut être effectué par un professionnel ayant une expertise en aromathérapie. (84)

## 9.2 Caractéristiques physiques

### 9.2.1 Indice de réfraction :

Il représente le changement de direction de la lumière au passage d'un milieu à un autre d'une huile essentielle. Il se traduit par le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence  $\theta_1$  et le sinus de l'angle de réfraction  $\theta_2$  d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, passant de l'air à l'huile essentielle maintenue à une température constante. Cet indice peut être mesuré par un réfractomètre.(85)

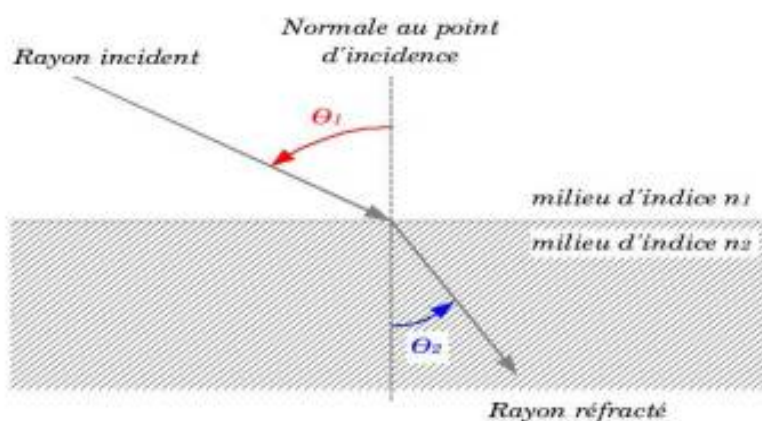


Figure 15: principe de l'indice de réfraction (86)

L'indice de réfraction est considéré comme outil d'identification et critère de pureté des huiles essentielles. Chaque huile essentielle possède un intervalle d'acceptation spécifique, plus la valeur trouvée du produit est près de cet intervalle, plus sa pureté est grande. Pour que les valeurs soient précises jusqu'à au moins la troisième décimale, il est impératif de calibrer l'appareil à l'aide de matériaux de référence certifiés.

### **9.2.2 Pouvoir rotatoire**

Lorsqu'un rayon de lumière homogène polarisé dans un plan déterminé initial traverse une substance, il peut en sortir polariser dans un plan qui fait avec le premier un certain angle ; on dit que cette substance est dotée d'un pouvoir rotatoire c'est-à-dire qu'elle a fait tourner le plan de polarisation du rayon lumineux. (87)

C'est un principe très important car il permet de différencier entre deux énantiomères (Les énantiomères ont toutes les propriétés physiques identiques à l'exception de leur pouvoir rotatoire car ils n'agissent pas de la même façon sur une onde plane polarisée rectilignement).

### **9.2.3 Densité relative**

La densité relative d'une huile essentielle est le rapport de sa masse volumique à la masse volumique d'un corps pris comme référence, La densité n'a pas d'unité, elle varie avec la température. (22) Dans la plupart des cas, la densité des huiles essentielles ne dépasse pas 1, elle est donc inférieure à celle de l'eau, ce qui rend leur séparation facile lors du procédé d'extraction. Cependant, les huiles essentielles contenant majoritairement de l'eugénol ou l'aldéhyde cinnamique ont une densité proche de 1,05. Celles riches en salicylate de méthyle ont une densité voisine de 1,1.

À titre d'exemple, nous indiquons la densité relative de quelques huiles essentielles : bergamote 0,874 à 0,887 ; myrte 0,873 à 0,920 ; hysope 0,920 à 0,950 (13)

### **9.2.4 Huiles grasses et HE résinifiées**

Ce test est simple, on dépose une goutte d'HE sur un papier filtre. Après 24h elle doit s'évaporer sans laisser de traces translucide car une huile essentielle normalement n'est pas grasseuse.

### 9.3 Caractéristiques chimiques :

Les huiles essentielles sont riches en constituants d'origine chimiques différents (Acide, ester, éther...). Il est alors utile de les exploiter afin d'évaluer la qualité de l'HE.

#### 9.3.1 Indice d'acide :

Il est défini comme le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire à la neutralisation des acides libres contenus dans 1 gramme d'huile essentielle. Pour cela, La neutralisation des acides libres se fait par une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium titrée, selon l'équation suivante(22) :



Équation 1: principe d'indice d'acide

#### 9.3.2 Indice de saponification :

Il s'agit du poids en milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire pour saponifier les esters et neutraliser les acides contenus dans un gramme d'huile essentielle. En général, la saponification est une réaction chimique d'hydrolyse transformant en milieu basique un ester en ions carboxylate et un alcool.(88)

#### 9.3.3 L'indice d'ester :

Il correspond à la masse en mg d'hydroxyde de potassium KOH nécessaire pour neutraliser les acides libérés par l'hydrolyse des esters en milieu basique contenus dans 1g d'huile essentielle, à l'aide du dosage en retour de l'excès de potasse par une solution (initialement titrée) d'acide chlorhydrique.

#### 9.3.4 Indice d'iode :

L'indice d'iode peut être défini comme le nombre de grammes de diode absorbés par 100 g d'échantillon. Il permet d'avoir une information sur la proportion des composés insaturés dans le mélange. Plus il y a de composés insaturés, plus la quantité de diode absorbée sera importante et plus l'indice sera élevé. (22)

### **9.3.5 L'eau dans HE**

Ce test consiste à mélanger 10 gouttes d'HE avec 1 ml de charbon disulfure. La solution doit rester limpide au repos.

### **9.3.6 Solubilité dans l'alcool**

Les huiles essentielles sont solubles dans les solvants organiques vu leur caractère hydrophobe. Les terpenoides et les molécules polaires permet leur solubilisation dans l'éthanol. Cependant, il se peut que les molécules polaires sont présentées en faible quantité empêchent la solubilisation dans l'alcool. Plusieurs tests de solubilité sont réalisés avec des volumes croissants d'alcool par rapport à la même quantité d'huile essentielle. Il suffira de déterminer la limite de solubilité de l'huile essentielle à analyser par rapport à l'éthanol.

## **10 Méthodes de séparation et d'identification**

L'analyse des huiles essentielles est une opération assez délicate vu la diversité de leur composition, cela nécessite la mise en œuvre de plusieurs techniques. L'approche la plus couramment employée est le couplage d'une technique chromatographique avec une technique spectroscopique ; la première assure la séparation et l'identification, actuellement, la technique la plus utilisée est la chromatographie en phase gazeuse (GC). Elle permet de séparer des faibles quantités des différents composants de l'huile essentielle.(89) . La deuxième permet la quantification et la détermination des constituants par comparaison des données spectrales avec celles de produits de référence contenus dans des bibliothèques de spectres.

### **10.1 Chromatographie en phase gazeuse**

#### **10.1.1 Principe et avantages**

La chromatographie en phase gazeuse est une technique de séparation basée sur la différence de répartition des molécules entre 2 phases non miscibles dont la phase mobile est un gaz porteur se déplaçant à travers une autre phase stationnaire contenue dans une colonne. Elle s'applique aux substances qui se volatilisent sous les températures employées. La GC est principalement basée sur des mécanismes d'adsorption ou de Distribution de masse.(3)

C'est la technique la plus courante pour la séparation des huiles essentielles car elle permet d'effectuer l'individualisation des constituants à partir d'échantillons de l'ordre du milligramme voire du microgramme.(90)

La CPG est assez simple, rapide, fiable et applicable à la séparation de matériaux volatils stables à une température allant jusqu'à 350 et 400°C.

### 10.1.2 Appareillage de la CG

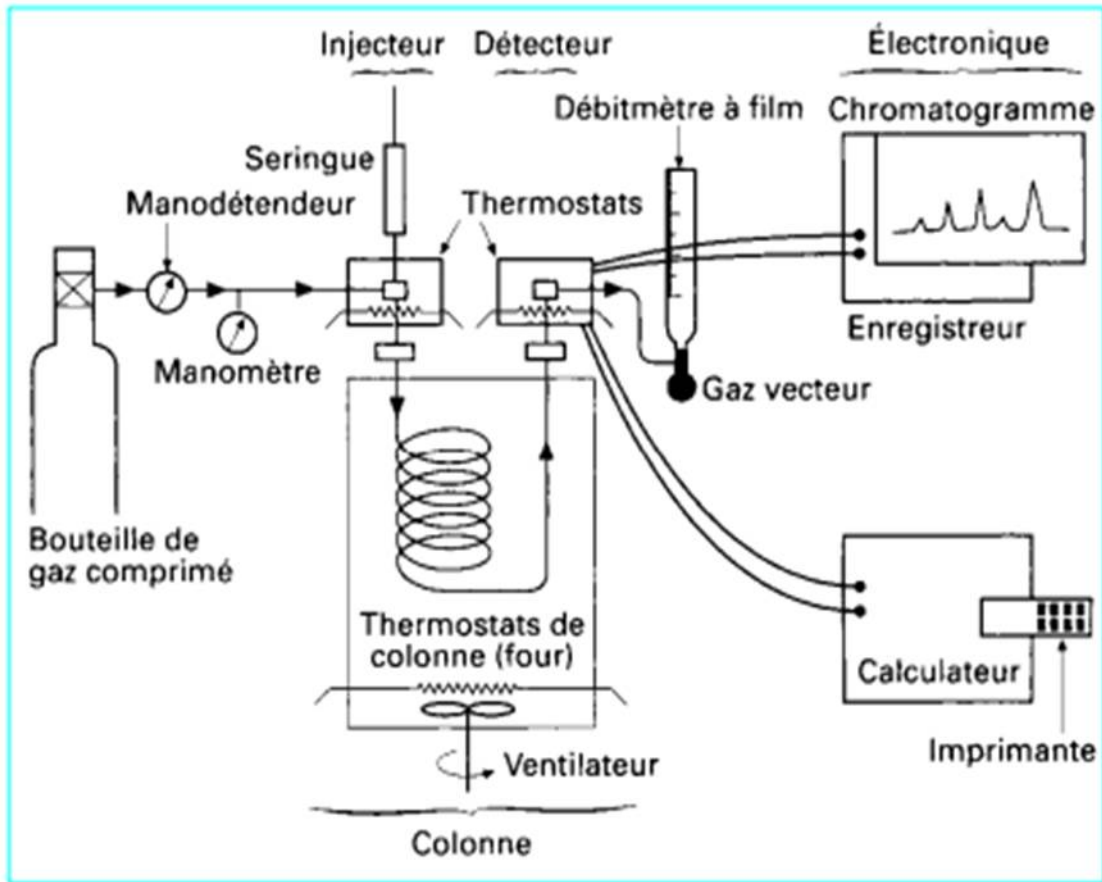


Figure 16 : schéma d'un chromatographe en phase gazeuse (91)

Injecteur : responsable de l'évaporation de l'échantillon et son entraînement par un volume précis de gaz vecteur vers la colonne de la chromatographie. Les deux principales classes d'injecteurs sont les injecteurs split (avec diviseur de flux) et splitless (sans diviseur de flux).(92)

Gaz vecteur : doit être pure, inerte chimiquement vis-à-vis les substances à analyser. C'est le cas de l'hélium, l'argon, l'hydrogène ou l'azote. (93)

Colonne : lieu de séparation du mélange, c'est à l'intérieur où s'installe la phase stationnaire. Elles sont divisées selon leurs diamètres en deux catégories ; remplies et capillaires. (92)

Phase stationnaire : Les constituants d'un mélange sont séparés en fonction de leur polarité si la phase stationnaire est polaire, de leur volatilité si elle est apolaire. (93)

Détecteur : Un détecteur performant doit offrir une excellente stabilité, sensibilité, rapidité et reproductibilité, assez facile à utiliser avec une grande fiabilité. Sa réponse doit être uniforme ou sélective pour différents solutés. (13)

### 10.1.3 Applications :

A ce jour, il existe un grand nombre d'applications de la CPG. Le tableau ci-dessous résume quelques domaines d'applications de cette technique.(94)

domaine	principe
Industrie alimentaire	Analyse quantitative et qualitative des aliments, l'analyse des additifs alimentaires, des composants de la saveur et de l'arôme. la détection et l'analyse des contaminants tels que les polluants environnementaux, les pesticides, les fumigants, et les toxines naturelles.
Contrôle qualité (industrie pharmaceutique)	Contrôle la qualité des produits fabriqués. La méthode est utilisée pour garantir la pureté du matériau produit, éliminer les incohérences dans les produits pharmaceutiques. Détecte les traces de contaminants. Actuellement, il existe également une utilisation croissante de la méthode dans l'industrie pharmaceutique pour séparer les composés chiraux.
Domaine de recherche	CPG est fondamentale dans de nombreux domaines de recherche,
Médecine légale	Utilisée depuis de nombreuses années, la CPG permet de déterminer les circonstances du décès d'une personne, si elle a ingéré du poison ou consommé de la drogue ou de l'alcool dans les heures précédentes.
Mesure du niveau de pollution de l'air	La CPG surveille les niveaux de polluants nocifs dans l'air afin que les scientifiques puissent visualiser où la pollution de l'air est plus concentrée et comment cela change tout au long de la journée et de l'année pour développer des méthodes préventives efficaces

## 10.2 Couplage CPG /SM :

La GC-MS garantit plus de sensibilité par rapport à la CPG seule. De plus, ce détecteur n'affecte pas la résolution de la séparation de la CPG.

Dans un système GC/MS, le spectromètre de masse balaye les masses en continu tout au long de la séparation. Lorsque l'échantillon sort de la colonne de chromatographie, il passe par une ligne de transfert vers l'entrée du spectromètre de masse. L'échantillon est ensuite ionisé et fragmenté, généralement par une source d'ions à impact électronique. Au cours de ce processus, l'échantillon est bombardé d'électrons qui ionisent la molécule en lui faisant perdre un électron par répulsion électrostatique. Un bombardement supplémentaire provoque la fragmentation des ions. Les ions sont ensuite passés dans un analyseur de masse où ils sont triés en fonction de leur valeur  $m/z$  (rapport masse sur charge). (95)

Le chromatogramme indiquera les temps de rétention et le spectromètre de masse utilisera les pics pour déterminer quel type de molécules existe dans le mélange.

## 10.3 La chromatographie sur couche mince

### 10.3.1 Définition

C'est une technique de séparation solide-liquide dans laquelle deux phases, l'une est stationnaire (soutenue par un support inerte) et l'autre est mobile entre en compétition entre l'adsorption du soluté par la surface solide et la désorption de la phase mobile tout au long du trajet. Elle est souvent utilisée à but analytique qualitatif.(96)

### 10.3.2 Principe

La séparation dépend de l'affinité relative du composant entre la phase stationnaire et mobile. Si l'affinité d'un composant présent dans un mélange d'échantillon est élevée avec la phase mobile, il se déplace sur la surface de la phase stationnaire éluée. Alors que, si l'affinité est plus élevée avec la phase stationnaire, il se déplace lentement et est retenu dans la phase stationnaire. Ainsi, la séparation des composants dans le mélange est réalisée. Le résultat est sous forme de taches apparues à différents points sur la plaque TLC.

### 10.3.3 Appareillage

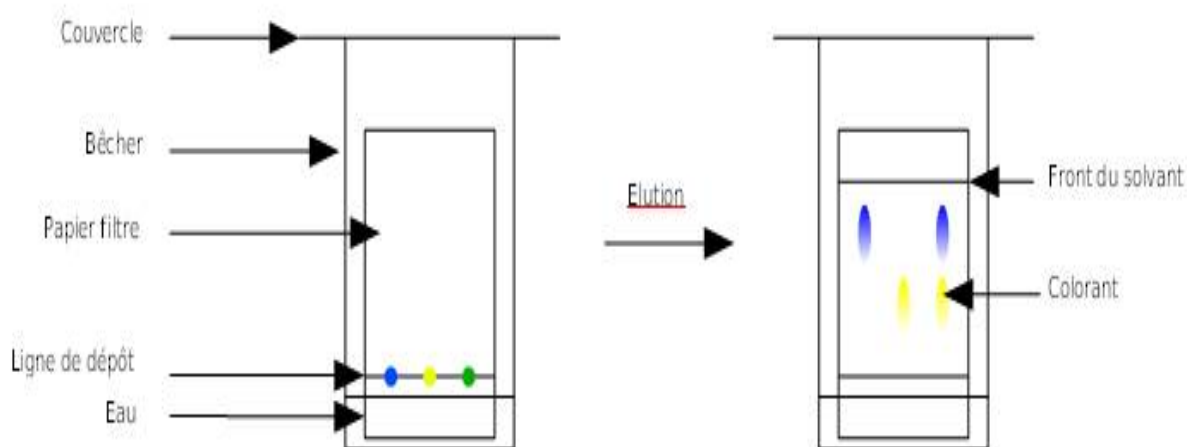


Figure 17: schéma des composants de la CCM ainsi que le principe d'éluion (97)

#### 10.3.3.1 Bûcher (TLC chamber)

Elle est utilisée pour créer et maintenir l'environnement de CCM.

#### 10.3.3.2 La phase stationnaire (TLC plate)

Le support doit être stable à tous les types de solvants, aussi aux hautes températures. Une résistance mécanique et possibilité d'utilisation répétée sont également souhaitables, combinés à un faible coût. Les plaques de verre répondent le mieux à ces diverses exigences et ont été préférées jusqu'à présent. Il existe également des plaques de plastiques et d'aluminium.

Ces plaques sont revêtues par immersion dans une suspension appropriée d'adsorbant en couche uniforme, usuellement le gel de silice, cellulose ou l'oxyde d'aluminium. L'épaisseur de cette couche est de l'ordre de 0,2 mm pour une plaque analytique et 1-3 mm pour une plaque préparatrice. Alors que les adsorbants inorganiques sont principalement utilisés pour les séparations de composés lipophiles, les adsorbants organiques (ceci s'applique certainement à la cellulose et ses dérivés) sont utilisés presque exclusivement dans la séparation de composés hydrophiles comme les acides aminés.(98)

### 10.3.3.3 La phase mobile (Mobile phase)

L'éluant utilisé doit être adapté aux composés à séparer. Le mélange de deux ou plusieurs solvants de polarité différente avec des proportions différentes est souvent utilisé pour la séparation des composants présents dans le mélange par rapport à celui de solvants chimiquement homogènes. Exemple de solvants polaires : méthanol, acide acétique, apolaires : toluène, benzène, cyclohexane.

-l'interprétation des résultats :

On calcule le facteur de rétention (Rf), qui est défini comme le rapport de la distance parcourue par l'analyte (d A) sur la distance parcourue par l'éluant (d E). Le Rf est spécifique aux conditions de travail (choix d'éluant, support) ; cette valeur servira lors de l'identification des composés.  $Rf = dA / dE$

Le rapport frontal est entre 0 et 1. Le soluté qui est très soluble dans la phase fixe aura un RF très faible, à l'inverse, le soluté qui est soluble dans la phase mobile aura un RF élevé et proche de 1.

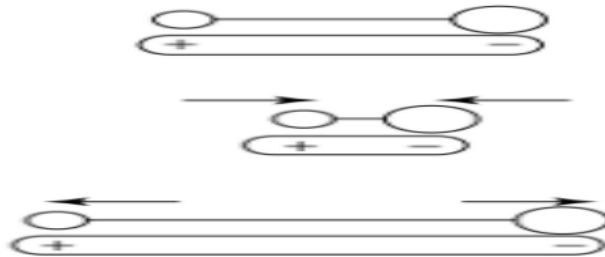
## 10.4 La spectroscopie infrarouge transformée fourrier :

La spectroscopie infrarouge est une technique d'analyse de routine car il s'agit d'une méthode rapide, facile à manipuler et non destructive. Le prix de l'appareillage est relativement abordable et son utilisation et entretien ne présentent pas de difficultés majeures. Cette méthode permet d'accéder à l'information moléculaire et à la nature chimique de l'échantillon analysé.(99)

### 10.4.1 Principe

Cette technique est basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par l'échantillon étudié, et permet, via la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques, d'effectuer l'analyse des fonctions chimiques présentes dans cet échantillon. Le domaine infrarouge entre 4000  $\text{cm}^{-1}$  et 400  $\text{cm}^{-1}$  correspond au domaine d'énergie de vibrations des molécules. (100)

Une molécule qui présente des absorptions IR doit posséder une caractéristique spécifique ; un état électrique dipolaire qui varie pendant la vibration, c'est-à-dire lors de la contraction et la dilatation de la molécule C'est la règle de sélection pour la spectroscopie infrarouge. L'absorption dépend aussi de la géométrie de la molécule et en particulier de sa symétrie. Les vibrations peuvent impliquer soit une modification de la longueur de la liaison (étirement), soit son angle (flexion).(101)



**Figure 18: changement de l'état électrique dipolaire d'une molécule diatomique(101)**

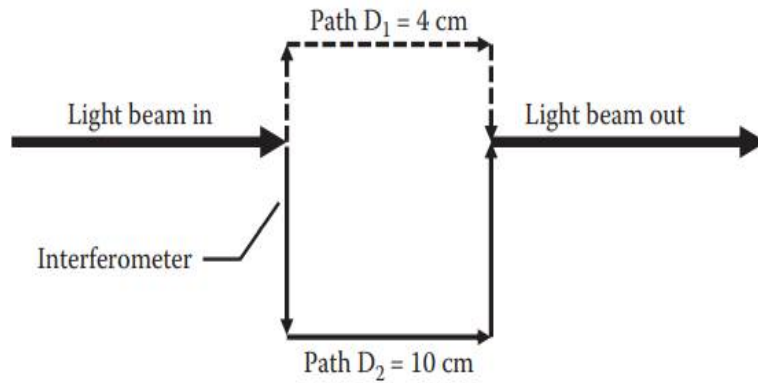
Par conséquent, à une molécule de composition chimique et de structure données va correspondre un ensemble de bandes d'absorption caractéristiques permettant de l'identifier. Plus il y'a de modification au moment de l'absorption du rayonnement infrarouge, plus la bande d'absorption sera intense.

#### 10.4.2 Instruments



**Figure 19: schéma simplifié des composants d'un spectromètre FTIR**

Au cœur de chaque FTIR se trouve un dispositif optique appelé interféromètre, il permet de mesurer le modèle d'interférence entre deux faisceaux lumineux. L'interféromètre divise la lumière unique en deux faisceaux lumineux. Il amène alors les deux faisceaux lumineux à parcourir des chemins différents. Après que les deux faisceaux ont parcouru leurs différents chemins, ils sont recombinaés en un seul faisceau, et puis le faisceau lumineux quitte l'interféromètre. (102)



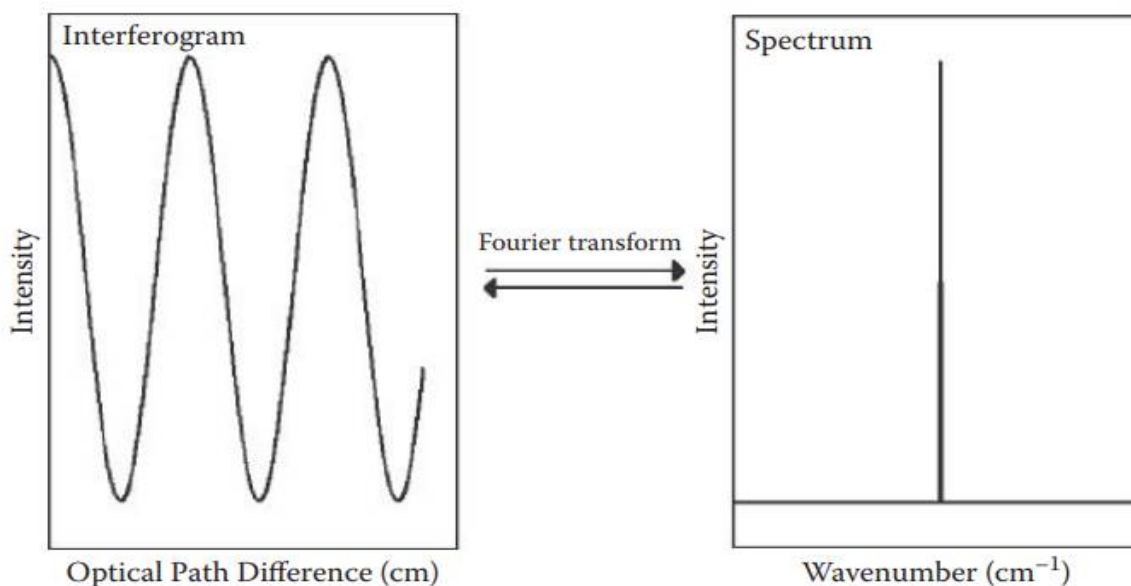
**Figure 20: schéma simplifié d'un interféromètre (101)**

Le travail de tout détecteur infrarouge est de transformer l'intensité lumineuse en un signal électrique, généralement une tension. Les changements d'intensité lumineuse conduiront finalement à des changements dans le signal électrique sortant du détecteur. Un détecteur infrarouge agit comme un transducteur, transformant une forme d'énergie (lumière) en une autre forme d'énergie (Impulsions électriques). Étant donné que le rayonnement infrarouge est la même chose que la chaleur, un infrarouge détecteur peut réagir aux changements de température. Ainsi, les matériaux dont les propriétés changent avec la température sont des candidats pour agir comme détecteurs infrarouges

Le signal du détecteur apparaît comme un interférogramme, ce dernier est la somme de toutes les fréquences du faisceau.

Lors de l'amplification du signal, dans laquelle les contributions haute fréquence ont été éliminées par un filtre, les données sont converties sous forme numérique par un convertisseur analogique-numérique et transférés vers l'ordinateur pour la transformation de Fourier. (102)

La transformation de Fourier est une opération mathématique qui permet le passage d'un interférogramme qui est un tracé de l'intensité infrarouge en fonction de la différence de chemin optique mesuré en centimètres à un spectre qui est un tracé de l'absorbance en fonction de nombres d'ondes.



**Figure 21 : Une illustration de la relation entre le spectre d'un laser idéalisé et son interférogramme. (101).**

A noter que les unités en abscisse de l'interférogramme sont transformées de cm en cm<sup>-1</sup> lors du calcul du spectre. Il est nécessaire d'éliminer du spectre de mesure les absorbances non liées à l'échantillon étudié des éléments perturbateurs (air, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>...) par simple soustraction effectué par l'ordinateur.

### 10.5 Chimiométrie

Vu le grand nombre et la complexité des données générés à l'occasion de chaque expérience analytique instrumentale (chromatogrammes, spectres infrarouges...) où chaque paramètre correspond à une variable, Il est jugé nécessaire d'employer des méthodes statistiques plus développées pour l'analyse de ces données. Les techniques chimiométriques sont donc d'excellents choix, parce qu'elles assurent l'identification des modèles dans les données, de les classer ou de les quantifier. (103)

La chimiométrie, ou analyse de données multivariées, est un domaine qui emploie les méthodes mathématiques et statistiques pour traiter les données. Elle fournit également un maximum d'informations chimiques en analysant les données chimiques. (104)

Cette discipline comprend diverses méthodes mathématiques, Le choix de la méthode d'analyse adapté est étroitement lié à la nature aux échantillons. Après la collection des données, celles-ci sont analysées et présentés visuellement sous forme de graphique bien expliqué. (105)

### **10.5.1 ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE ACP**

ACP est une méthode statistique exploratoire qui permet d'étudier la similarité entre les individus et de détecter des groupes homogènes dans un espace réduit. C'est une technique dite de réduction de dimension employée pour réduire un nombre  $p$  de variables observées en  $m$  nouvelles variables nommées composantes principales. Ces Composantes principales correspondent à une combinaison linéaire des variables originaux. (106)

Cette méthode permet de mettre en évidence des échantillons atypiques ou valeurs aberrantes. Elle est considérée comme un outil performant de visualisation des échantillons représentés par de nombreuses variables, en projetant leurs coordonnées d'origine dans un nouvel ensemble d'axes. (107) Un premier axe principal PC1 le long duquel les échantillons présentent la plus grande variation, donc c'est lui l'axe le plus représentatif et le plus important en terme d'informations, un deuxième axe PC2 orthogonal à PC1, est considéré la seconde direction la plus importante après PC1. (108)

### **10.5.2 Analyse hiérarchique en cluster HCA**

L'analyse hiérarchique en cluster (HCA) appelée aussi « clustering » est une méthode de classification non supervisée qui regroupe les données en fonction de la proximité entre ces derniers. Chaque donnée est comparée avec les données restantes et les deux clusters qui vont fusionner sont ceux dont la distance est la plus faible. (109)

Les résultats sont affichés sous forme de dendrogramme, où l'axe vertical montre les données étudiés et l'axe horizontal montre la distance. Cette dernière est présentée étant leur distance Euclidienne. Plus elle est grande, plus les classes sont hétérogènes.



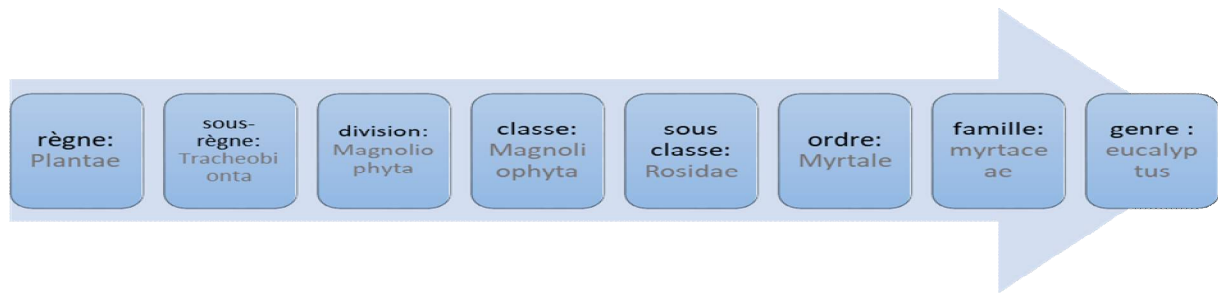
---

***Partie 2 :***  
***Etude botanique***  
***de l'eucalyptus***

---



# 1 Étude botanique :



## 1.1 Famille des Myrtacées :

Les Myrtacées sont constituées d'arbres et d'arbustes hermaphrodites. Les racines possèdent des mycorhizes ectotrophes. Les tiges ont des cavités sécrétoires et des phloèmes internes. Les feuilles sont opposées (généralement) ou en spirale, rarement verticillées, simples, ponctuées glandulaires ou pellucides, et souvent coriaces, avec des stipules présentes et petites ou absentes. L'inflorescence est variable. Les fleurs sont bisexuées, actinomorphes, bractées. Le périanthe est bisérié, les segments du périanthe sont distincts ou connés, fusionné dans un calyptra en forme de couvercle (opercule) (110)

## 1.2 Description des espèces importantes :

### 1.2.1 Eucalyptus globulus Labil

#### 1.2.1.1 Origine : Australie

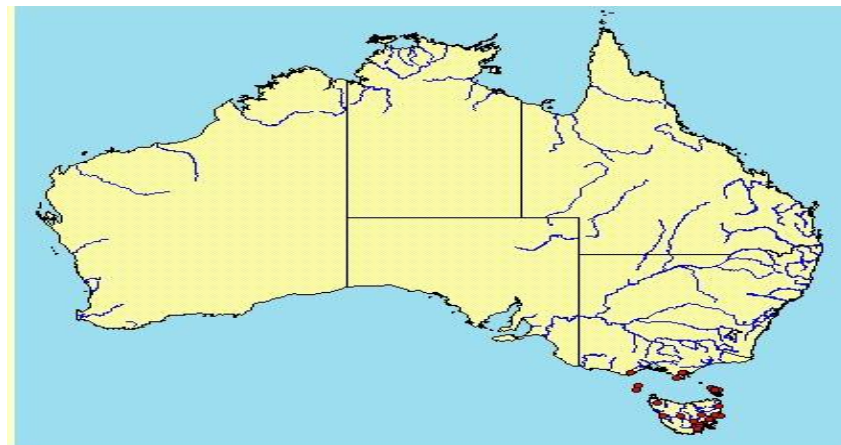


Figure 22: aire d'origine d'Eu. Globulus (Partie en rouge)(111)

### 1.2.1.2 Nom commun :

Gommier bleu, arbre à fièvre, arbre au koala, eucalyptus commun

### 1.2.1.3 Morphologie :

Arbre sempervirent pouvant atteindre les 30–55 mètres de hauteur. Il se présente sous deux aspects bien tranchés : La forme juvénile, où les feuilles sont opposées et sessiles, c'est l'âge où la plante n'est pas encore apte à fleurir avec une couche de pruine permettant la protection de l'arbre contre la chaleur et les agressions et donnant cette couleur vert grise d'où le nom gommier bleu ; l'état adulte, où les feuilles sont ovales, alternes, falciforme, pétiolées de couleur vert luisant, est en même temps à l'état parfait, caractérisé par la présence des fleurs et des fruits.(112)



**Figure 23: feuille juvénile Eucalyptus globulus (111)**



**Figure 24: feuille adulte Eucalyptus globulus (113)**

La floraison est de couleur crème, les fleurs sont solitaires, mellifères et relativement grandes.

#### 1.2.1.4 Utilisation :

Le bois d'*Eucalyptus globulus* est utilisé pour la construction, les revêtements de sol, les meubles, les traverses de chemin de fer, la menuiserie...

les feuilles sont utilisées à des fins médicinales, d'ailleurs elles sont la principale source d'huile essentielle d'eucalyptus dans le monde, notamment contre l'otite, sinusite, asthme, la toux et avec leurs propriétés expectorantes, contre les infections cutanées et urinaires avec des propriétés fébrifuges, toniques, astringentes, antiseptiques, hémostatiques et vermifuges.(114)

### 1.2.2 *Eucalyptus radiata*

#### 1.2.2.1 Origine :

Les montagnes de la Nouvelle-Galles du sud s'étendant sur les plateaux jusqu'à l'extrême sud-est du Queensland, centre de Victoria

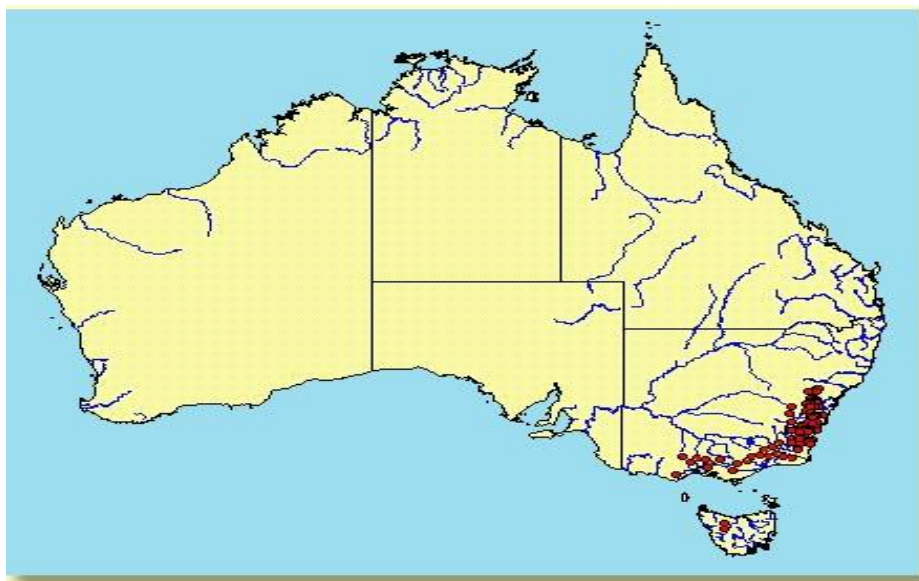


Figure 25: aire d'origine eucalyptus radiata(115)

### 1.2.2.2 Nom commun

eucalyptus radié, eucalyptus à la menthe poivrée

### 1.2.2.3 Morphologie

arbre atteignant 30 m ou plus de hauteur ; Ecorce lisse grise, finement fibreuse. Les Jeunes feuilles sont fines, opposées et sessiles avec des bases lobées, de couleur verte. Les feuilles adultes : sont alternes, étroites, concolore, verte à bleu-vert. L'eucalyptus radié est dit 'peppermint' car une fois les feuilles malaxées, elles dégagent une odeur de menthe poivrée. Floraison : petites fleurs blanc crème au printemps (115)



**Figure 26: feuilles d'eucalyptus radiata(115)**

### 1.2.2.4 Utilisation

l'espèce la plus utilisée à des fins thérapeutiques, Bien qu'elles ne conviennent pas à un usage interne, les feuilles fraîches et l'huile essentielle extraite sont souvent utilisées comme diffusion pour l'asthme et le rhume. Appliquer localement sur les brûlures, les plaies et les infections de la peau.(116)

## 1.2.3 Eucalyptus polybractea :

### 1.2.3.1 Origine

Nouvelle-Galles du Sud, territoire de la capitale australienne et victoria



Figure 27: arbre eucalyptus polybractea (117)

### 1.2.3.2 Nom commun

Eucalyptus polybractea, eucalyptus à fleurs

### 1.2.3.3 Morphologie

arbre à 8m d'hauteur, les feuilles jeunes sont toujours courtement pétiolées, généralement bleu-gris ou glauque. Les feuilles adultes sont alternes, ternes, de couleur bleu-vert, avec des nervures latérales très aigues. Elles dégagent une odeur très forte d'huile d'eucalyptus lorsqu'elles sont écrasées. La floraison est en mars, avril, mai, juin, aout et novembre, les Fleurs sont de couleur blanches (117)



Figure 28: feuilles d'eucalyptus polybractea (117)

#### 1.2.3.4 Utilisation :

L'huile essentielle extraite des feuilles est utilisée comme expectorante, mucolytique, antibactérien, anti-inflammatoire, décongestionnant prostatique

### 1.2.4 *Eucalyptus smithii*

#### 1.2.4.1 Origine

Sud de Nouvelle-Galles du Sud, en particulier autour de Hill top, Monga et Braidwood s'étendant à Victoria



Figure 29: arbre d'*eucalyptus smithii* (118)

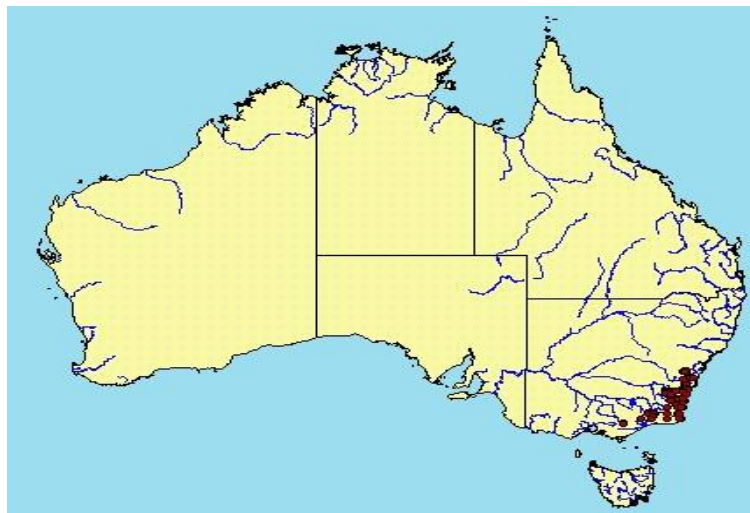


Figure 30: aire d'origine d'*eucalyptus smithii* (118)

#### 1.2.4.2 Nom commun

Gully gum, Gully peppermint, Blackbutt peppermint

#### 1.2.4.3 Morphologie

Arbre de plus de 40 mètres, Les feuilles juvéniles sont opposées, sessiles, amplexicaules, lancéolés, 6-de couleur verte, Les feuilles adultes sont alternes, pétiolées, étroites-lancéolées. Inflorescences sont simples, axillaires, à 7 fleurs, pédoncules anguleux ou plats de 0,5 à 1,2 cm de long ; Les bourgeons sont ovoïdes ou claviformes, L'écorce est grise à brun foncé, persistante sur la majeure partie du tronc, modérément épais et compact avec des fissures longitudinales étroites. (119)



Figure 31: feuilles juvéniles de l'eucalyptus smithii(118)

1.2.4.4 Utilisation Antibactérien, antifongique

### 1.3 L'huile essentielle d'eucalyptus dans la pharmacopée : Eucalypti aetheroleum

#### 1.3.1 Définition :

Huile essentielle obtenue par distillation à la vapeur et rectification des feuilles fraîches ou des rameaux terminaux frais de diverses espèces d'eucalyptus riches en 1,8-cinéole. Les espèces principalement utilisés sont Eucalyptus globulus Labill., Eucalyptus polybractea R.T. Baker et Eucalyptus smithii R.T. Baker. (3)

### 1.3.2 Caractéristiques :

Aspect : liquide incolore ou jaune pâle.

Odeur : rappelant le 1,8-cinéole.

### 1.3.3 Identification :

Chromatographie sur couche mince :

- Solution à examiner : dissolvez 0,1 g d'huile essentielle d'eucalyptus dans du toluène R et complétez à 10 ml avec le même solvant.
- Solution témoin : dissolvez 20  $\mu\text{L}$  d' $\alpha$ -terpinéol R et 50  $\mu\text{L}$  de cinéole R dans du toluène R et complétez à 5 ml avec le même solvant.
- Plaque : plaque au gel de silice pour CCM R (5-40  $\mu\text{m}$ ) [ou plaque au gel de silice pour CCM R (2-10  $\mu\text{m}$ )].
- Phase mobile : acétate d'éthyle R, toluène R (10 :90 V/V).
- Dépôt : 10  $\mu\text{L}$  [ou 2  $\mu\text{L}$ ] en bandes de 10 mm [ou 6 mm].
- Développement : sur un parcours de 15 cm [ou 6 cm].
- Séchage : à l'air.
- Détection : pulvérisez de la solution d'aldéhyde anisique R et chauffez à 100-105°C pendant 5-10 min puis examinez à la lumière du jour.
- Résultats : voir ci-après la séquence des bandes présentes dans les chromatogrammes obtenus avec la solution à examiner. Par ailleurs, d'autres bandes de faible intensité peuvent être présentes dans le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner près du front de solvant et au niveau de l' $\alpha$ -terpinéol.

Haut de la plaque	
1,8 cinéole : une bande brun-	Une bande brun-violet intense (1,8
$\alpha$ - Terpinéol : une bande brun violet	
Solution témoin	Solution à examiner

B. Examinez les chromatogrammes obtenus dans l'essai du profil chromatographique.  
*Résultats* : les pics caractéristiques dus à l' $\alpha$ -pinène, au  $\beta$ -pinène, l' $\alpha$ -phellandrène, au limonène et au 1,8-cinéole dans le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner sont semblables quant à leur temps de rétention à ceux du chromatogramme obtenu avec la solution témoin. Le sabinène et le camphre peuvent être présents dans le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner.

#### 1.3.4 Essai :

**Densité** : 0,906 à 0,927.

**Indice de réfraction** : 1,458 à 1,470.

**Angle de rotation optique** :  $0^\circ$  à  $+ 10^\circ$ .

**Solubilité dans l'alcool** : l'huile essentielle d'eucalyptus est soluble dans 5 volumes

D'éthanol à 70 pour cent V/V R.

**Aldéhydes** : Dans un tube de verre à bouchon rodé d'un diamètre de 25 mm et d'une longueur de 150 mm contenant 10 mL d'huile essentielle d'eucalyptus, ajoutez 5 mL de toluène R et 4 mL de solution alcoolique d'hydroxylamine R. Agiter énergiquement et titrer immédiatement par l'hydroxyde de potassium 0,5 M dans l'alcool à 60 pour cent V/V, jusqu'à virage du rouge au jaune. Continuez le titrage sans cesser d'agiter jusqu'à la coloration jaune franc de l'indicateur. Agitez pendant 2 min et laissez reposer. Le point final est atteint lorsque la coloration persiste dans la phase inférieure. La réaction est terminée en environ 15 min.

Répétez l'opération sur une 2<sup>ème</sup> prise d'essai de 10 mL d'huile essentielle d'eucalyptus et utilisez comme solution témoin pour le point de virage le liquide obtenu dans le 1<sup>er</sup> titrage additionné de 0,5 mL d'hydroxyde de potassium 0,5 M dans l'alcool à 60 pour cent V/V. La quantité d'hydroxyde de potassium 0,5 M dans l'alcool à 60 pour cent V/V utilisée dans le 2<sup>ème</sup> titrage n'est pas supérieure à 2,0 mL.

**Profil chromatographique** : Chromatographie en phase gazeuse : utilisez le procédé de normalisation.

Solution à examiner : Dissolvez 200 µL d'huile essentielle d'eucalyptus dans l'heptane R et complétez à 10,0 mL avec le même solvant.

Solution témoin (a) : Dissolvez 10 µL d' $\alpha$ -pinène R, 5 µL de  $\beta$ -pinène, 5 µL de sabinène R, 5 µL d' $\alpha$ -phellandrène R, 10 µL de limonène R, 50 µL de cinéole R et 5 mg de camphre R dans de l'heptane R et complétez à 10 mL avec le même solvant.

Solution témoin (b) : Dissolvez 5 µL de limonène R dans de l'heptane R et complétez à 50,0 ml avec le même solvant. Prélevez 0,5 ml de solution et complétez à 5,0 ml avec de l'heptane R.

Ordre d'éluion : ordre indiqué dans la préparation de la solution témoin (a). Enregistrez les temps de rétention de ces substances

Conformité du système : solution témoin (a)

Résolution : au minimum 1,5 entre les pics dus au limonène et au cinéol

Identification des composants : à l'aide des temps de rétention déterminés à partir du chromatogramme obtenu avec la solution témoin (a), localisez sur le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner les composants de la solution témoin (a).

Déterminez la teneur pour cent de chacun de ces composants. Ces teneurs sont comprises entre les valeurs suivantes :

- $\alpha$ -pinène : 0,05 pour cent à 10,0 pour cent,
- $\beta$ -pinène : 0,05 pour cent à 1,5 pour cent,

- Sabinène : au maximum 0,3 pour cent,
- $\alpha$ -phellandrène : 0,05 pour cent à 1,5 cent,
- Limonène : 0,05 pour cent à 15,0 pour cent,
- 1,8-cinéole : au minimum 70,0 pour cent
- Camphre : au maximum 0,1 pour cent
- Limite d'exclusion : la surface du pic principal du chromatogramme obtenu avec la solution témoin (b) (0,05 pour cent).

### **1.3.5 Conservation :**

A une température ne dépassant pas 25 °C



---

## ***Partie 3 : Pratique***

---



## 1 Introduction

La composition chimique des HE peut varier suite à de nombreux facteurs, soit une adultération ou une dégradation (liée à l'extraction, le stockage ou le conditionnement). D'où l'intérêt de ce travail d'exploration utilisant des techniques analytiques chromatographiques, spectroscopiques couplées à la chimiométrie pour déceler toute variation dans la composition chimique des échantillons étudiés.

Afin d'atteindre les finalités de ce travail, plusieurs objectifs spécifiques ont été établis :

- Comparer les huiles essentielles extraites d'eucalyptus au laboratoire avec ceux déjà commercialisées dans le marché.
- Développer un modèle de classification qui permet de séparer les échantillons selon leur provenance.

## 2 Matériels et méthodes :

### 2.1 Matière végétale :

Des feuilles adultes et fraîches d'eucalyptus globulus ont été récolté des arbres qui se trouvent au niveau de la faculté de médecine et pharmacie de RABAT, les feuilles sont de couleur verte grisâtre.



**Figure 32: photo des feuilles d'Eucalyptus globulus utilisées pour l'extraction ( prise au laboratoire)**

## 2.2 Extraction de l'huile essentielle

On a réalisé trois extractions à partir des feuilles différentes de la même espèce botanique en utilisant la même technique ; l'hydro distillation, en se basant sur le pouvoir que possède la vapeur d'eau à transporter l'HE. L'extraction a duré 2 heures à l'aide d'un extracteur type Clevenger muni d'un ballon de cinq litres.



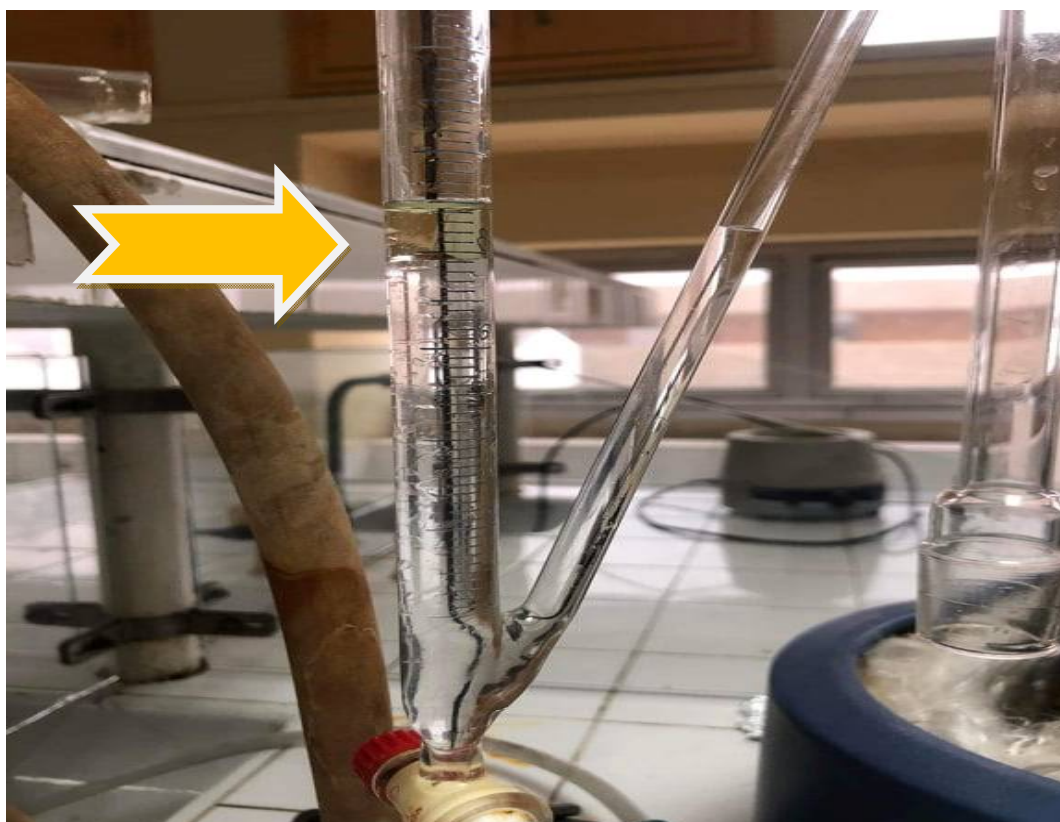
**Figure 33: montage de l'hydro distillation : chauffe ballon, ballon , Clevenger, réfrigérateur**  
(photo prise au laboratoire de chimie analytique)

L'huile essentielle est séparée de l'hydrolat par décantation. Les conditions opératoires sont idem pour les trois extractions et sont résumées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 8: les conditions opératoires de l'extraction**

<i>Organe</i>	Feuilles sèches
<i>Quantité de la matière sèche en g</i>	54 ± 5
<i>Quantité de l'eau en L</i>	1,5
<i>Temps d'extraction en H</i>	2

Vu la différence de densité entre l'HE (phase huileuse) et l'hydrolat (phase aqueuse), l'HE flotte au-dessus, ce qui rend facile la séparation comme le montre la photo suivante prise à la fin de la décantation.



**Figure 34: récupération de l'HE après décantation**

Le rendement est calculé par la relation suivante :

$$R = \frac{\text{Masse d'huile essentielle (g)}}{\text{Masse du matériel végétal utilisé (g)}} \times 100$$

### **2.3 Echantillons étudiés**

On s'est procuré 8 échantillons de l'huile essentielle d'eucalyptus choisi aléatoirement de trois villes différentes : 5 de Casablanca, 2 de rabat, et 1 de Marrakech. Ces échantillons proviennent de différentes sources comme le montre le tableau ci-dessous :

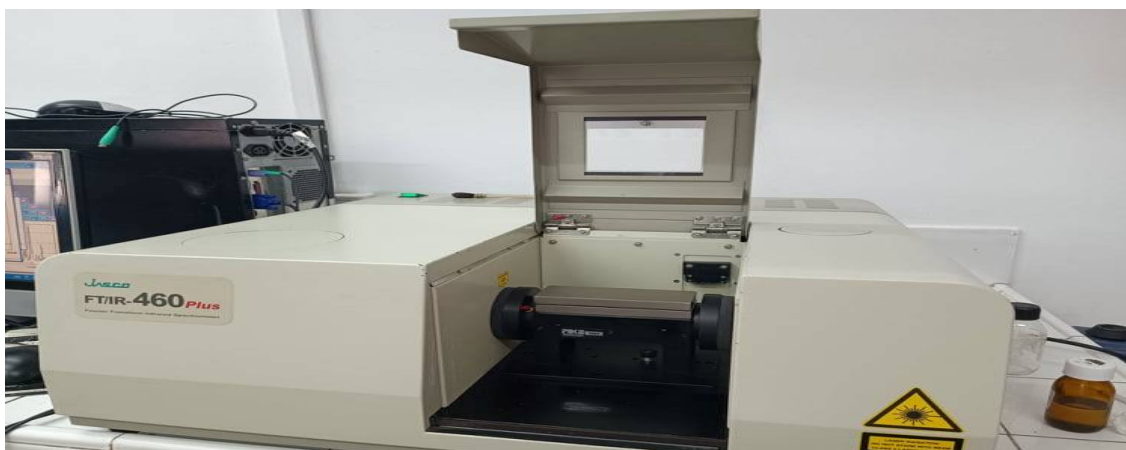
**Tableau 9: informations concernant les échantillons à étudier**

l'échantillon	provenance	Prix
1	DERB SELTAN-CASABLANCA	20 DH
2	ARRIBAT CENTRE-RABAT	61DH
3	MARINA MALL –CASABLANCA	60DH
4	COOPERATIVE –CASABLANCA	30DH
5	PHARMACIE –CASABLANCA	59DH
6	JAMAE LFNA –CASABLANCA	30DH
7	ANCIENNE MEDINA –CASABLANCA	40DH
8	JMIAA -CASABLANCA	15DH

On remarque une fluctuation importante des prix selon la provenance des échantillons. Reste à savoir si cette différence de prix impacte ou non la qualité des HE.

## 2.4 Analyse par FTIR

L'analyse par spectroscopie FTIR a été réalisée à l'aide d'un spectroscope de la marque **JASCO FT/IR-460 Plus** (Pike Technologies, Madison, USA) muni d'un accessoire à réflectance totale atténuée (HATR) avec cristal de Germanium, connecté à un ordinateur qui traite les informations retenues par le logiciel Jasco manager.



**Figure 35: spectroscope JASCO FTIR 460 PLUS muni d'un accessoire (HATR).**

### 2.4.1 Les protocoles d'acquisitions

- Le mode de mesure : réflectance.
- La région spectrale : 600 - 4000 cm<sup>-1</sup>.
- La résolution spectrale : 4 cm<sup>-1</sup>.
- Le nombre moyen de scans : auto scan.

### 2.4.2 Protocole de travail

A l'aide d'une micropipette, on a déposé quelques gouttes de l'échantillon à analyser sur la surface cristalline de l'HATR. Après chaque analyse (119), l'accessoire HATR a été nettoyé par une solution d'acétone qui va servir aussi à l'assécher. Les données spectrales ont été traitées par le logiciel spectra manager, celui-ci permet d'éliminer du spectre, les absorbances non liées à l'échantillon par simple soustraction. (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>...)

### 2.4.3 Analyse statistique

Afin de traiter adéquatement les données spectrales obtenues par la FTIR, différents outils statistiques ont été employés. On a commencé par l'Analyse en Composantes Principales (ACP) pour réduire l'espace dimensionnel en précisant de nouvelles variables appelées ici composantes principales. Les informations obtenues sont exploitées également par l'analyse hiérarchique en cluster (HCA).

Nos données spectrales ont été traitées à l'aide du logiciel **Unscrambler X version 10.4**.

## 2.5 Analyse par CCM

L'analyse par CCM a été réalisé selon le mode opératoire figurant dans la pharmacopée européenne (voir partie 2 Huile essentielle d'eucalyptus dans la pharmacopée : *Eucalyptus aetheroleum*).



**Figure 36: développement du chromatogramme**

Après le développement du chromatogramme, la plaque CCM a été retiré, le front de solvant est marqué sur la plaque. Ensuite, le séchage de la plaque CCM a été effectué à l'intérieur d'une étuve **EHRET modèle TK/L4105** à 100 °C pendant 2 minutes. La révélation de la plaque a été faite par une lampe UV.

## **2.6 Analyse par CPG -SM**

Les analyses ont été effectuées à l'aide d'un chromatographe **Perkin Elmer série 600**, doté d'un injecteur automatique et d'une colonne en silice fondue (60 m × 0,25 mm ; épaisseur du film 0,25 µm), avec une phase stationnaire en macrogol 20000 R couplé à un détecteur de masse Perkin Elmer Turbo Mass. Le gaz vecteur est l'hélium (1,5mL/mn). La température de l'injecteur 220°C, celle du détecteur 220°C. le gradient thermique et le mode d'élution utilisé (60 °C pendant 5 min, puis variant pendant 38min jusqu'à atteindre 220°C). L'injection se fait par mode splitless avec un rapport de division de 1/50. La quantité d'échantillon injectée est de 1 µl.

L'identification de chaque spectre d'un pic inconnu se fait par comparaison avec une bibliothèque de référence.

### 3 Résultats et discussion

#### 3.1 Rendement en Huiles essentielles extraites

Les propriétés organoleptiques des extraits ont été évaluées à base de la méthode sensorielle impliquant la vue et l'odorat ; ils sont de couleur jaune pâle avec une forte odeur agréable camphré. Les extraits ont été conservés dans des tubes en verre, enveloppés par du papier aluminium, à température ambiante à l'abri de la lumière. Le résultat des trois extractions est résumé dans le tableau suivant :

**Tableau 10:les résultats des trois extraites faites comparés à une étude antérieure**

Notre étude			Étude antérieure (121)
V1	V2	V3	V
0,5ml	1,1ml	1,00ml	1,10 ml

Le rendement est le suivant :

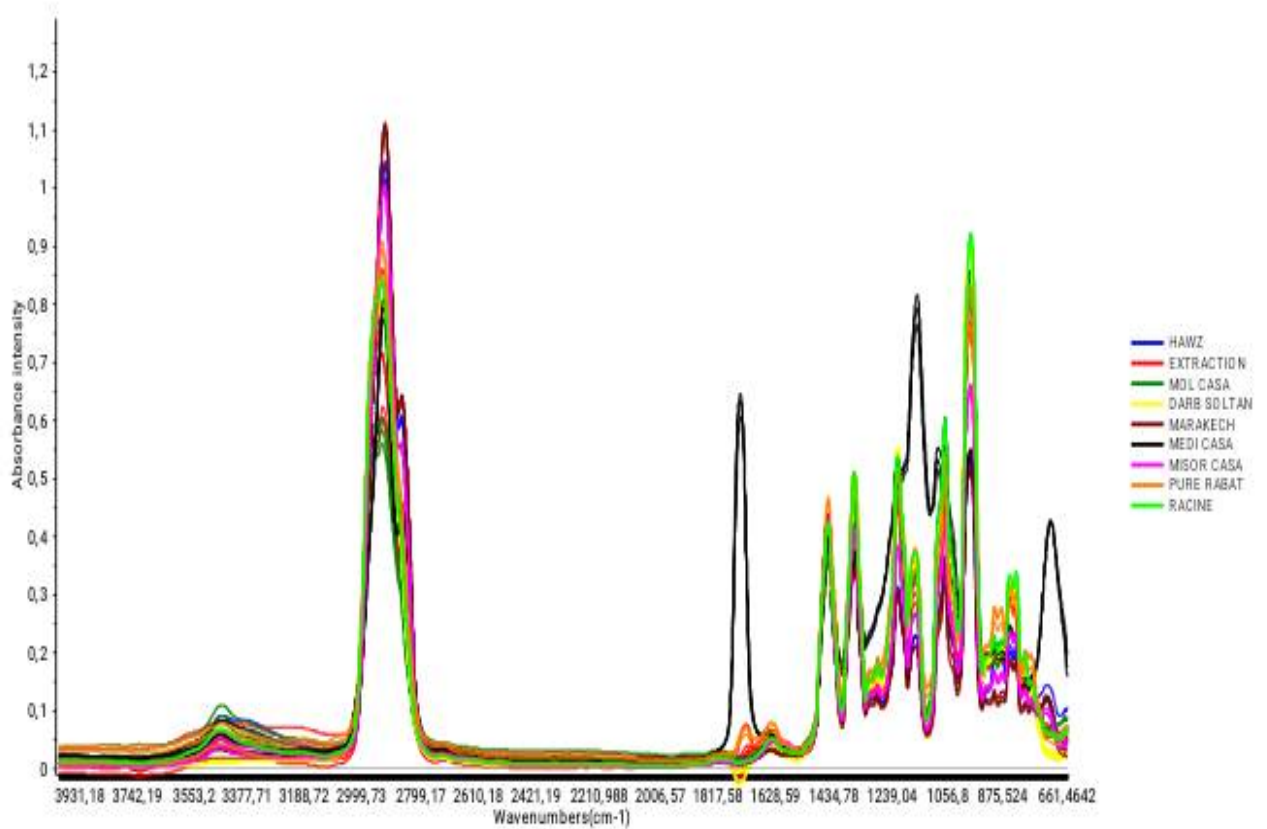
**Tableau 11:le rendement en HE de notre étude comparé à des HE antérieurs**

Rendement pour notre étude	Rendement pour une étude antérieure (120)	Rendement pour une étude antérieure (121)
1,57%	0,43%	2,5%

#### 3.2 La composition chimique des HE par IFTR

L'observation des spectres des différentes huiles essentielles montre la présence de bandes spectrales qui caractérisent les groupes fonctionnels présents dans ces huiles. La comparaison visuelle du spectre des huiles essentielles confirme qu'elles présentent toutes des propriétés spectrales similaires sauf l'échantillon MEDI CASA avec quelques différences par rapport aux autres notamment dans la bande située à  $1727\text{ cm}^{-1}$  due à la vibration de la fonction carbonyle C=O et à  $1100\text{ cm}^{-1}$  qui correspond au groupement C-O-C.

Une différence significative entre les différents échantillons a été observée dans la bande spectrale située à  $2800\text{-}2970\text{ cm}^{-1}$  due aux vibrations de valence et à la déformation de CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub> et CH des hydrocarbures saturés.



**Figure 37: spectre moyen infrarouge des différents échantillons de l'HE**

### 3.2.1 Analyse en composante principale

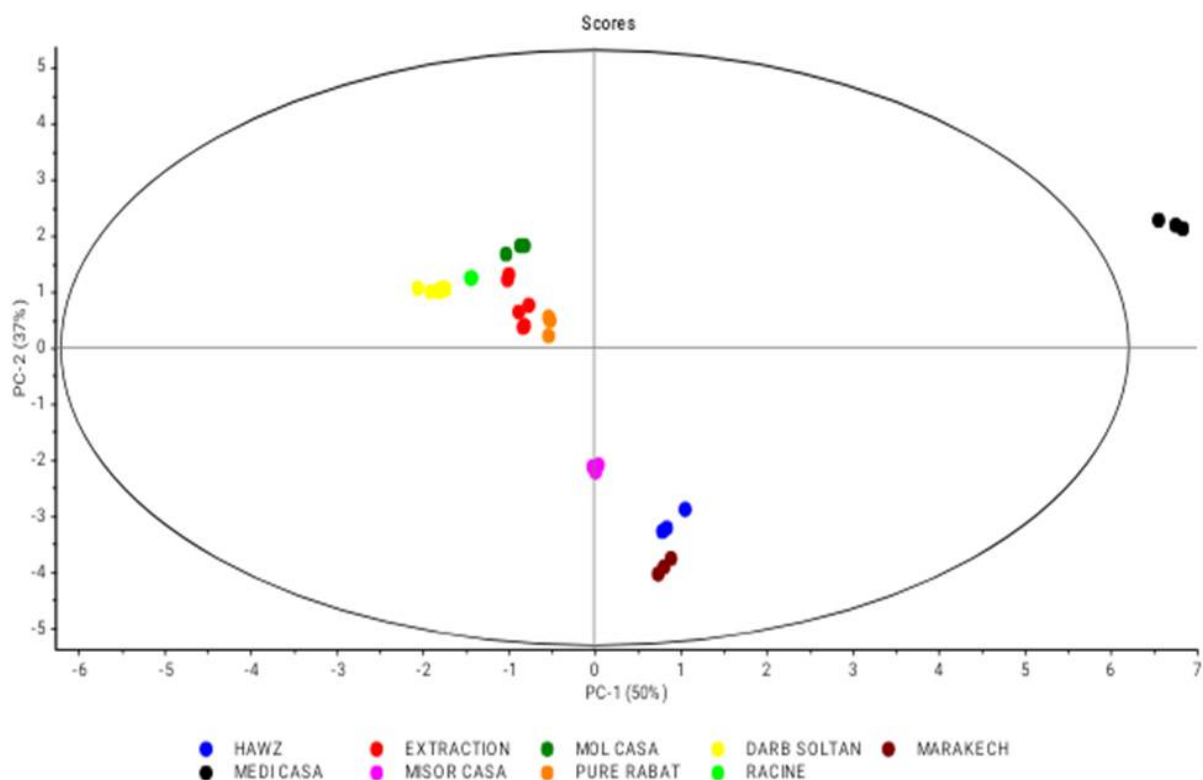
L'application de la méthode PCA montre que les deux premières composantes principales représentent 87% de la variabilité totale des données, soit 50% et 37% de la variance totales des données brutes.

L'observation de la carte factorielle des individus montre une classification des huiles essentielles en fonction de leur marque. Les échantillons sont regroupés en trois classes :

- Classe 1 : MOL CASA, RACINE, PURE RABAT, DARB SOLTAN et EXTRACTION
- Classe 2 : MISOR CASA, MARAKECH et HAWZ
- Classe 3 : MEDI CASA

Chaque classe comprend des huiles qui ont le même profil spectral. D'après la carte factorielle de l'ACP, nous pouvons également remarquer que l'huile essentielle MEDI CASA est située très loin des autres, ce qui indique qu'elle a des propriétés physico-chimiques très différentes de celles des autres.

L'ACP montre également que les huiles essentielles extraites dans notre laboratoire ont des propriétés spectrales et physico-chimiques similaires aux échantillons : MOL CASA, RACINE, PURE RABAT et DARB SOLTAN. Cette remarque peut s'expliquer par le fait que ces huiles ne subissent aucune addition ou dilution par des solvants organiques qui modifient leurs propriétés spectrales. Ou encore que ces huiles sont extraites de la même manière en utilisant le même mode d'extraction.



**Figure 38: la carte factorielle des individus PC1-PC2.**

### 3.2.2 Classification ascendante hiérarchique.

Le dendrogramme (Fig. 41) a été obtenu à partir de l'analyse HC des données spectrales des échantillons. Les observations sont regroupées en trois familles. La première comprend les échantillons MOL CASA, RACINE, PURE RABAT, DARB SOLTAN et EXTRACTION, tandis que le deuxième groupe comprend les échantillons MISOR CASA, MARAKECH et HAWZ, et le troisième groupe contient MEDI CASA. Le premier et le deuxième groupe ont une similarité d'environ 95%, tandis que le troisième groupe a une similarité d'environ 97%. Cependant, il y a une discrimination des échantillons d'huiles essentielles. Ces résultats trouvés par HCA sont les mêmes obtenus par ACP.

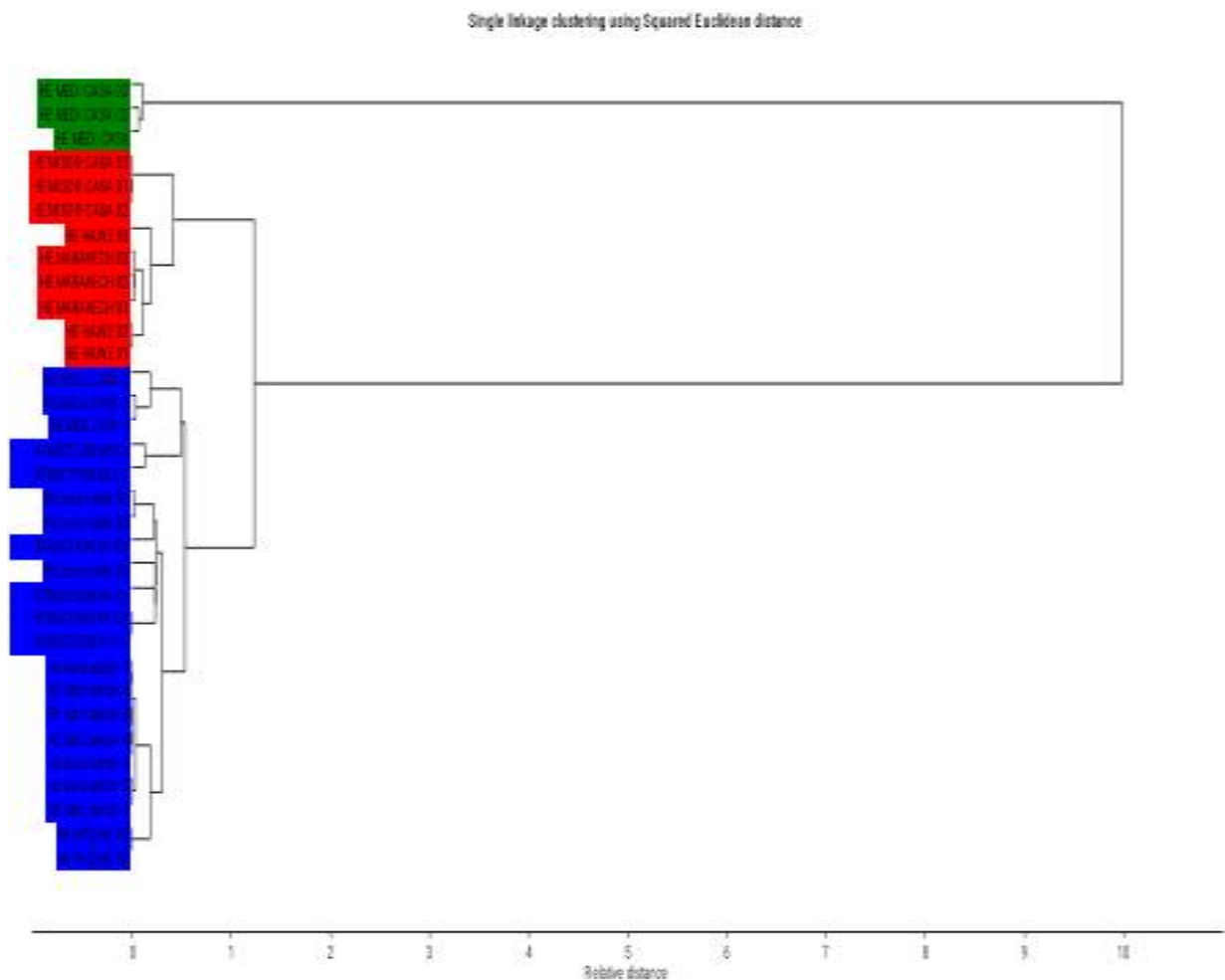
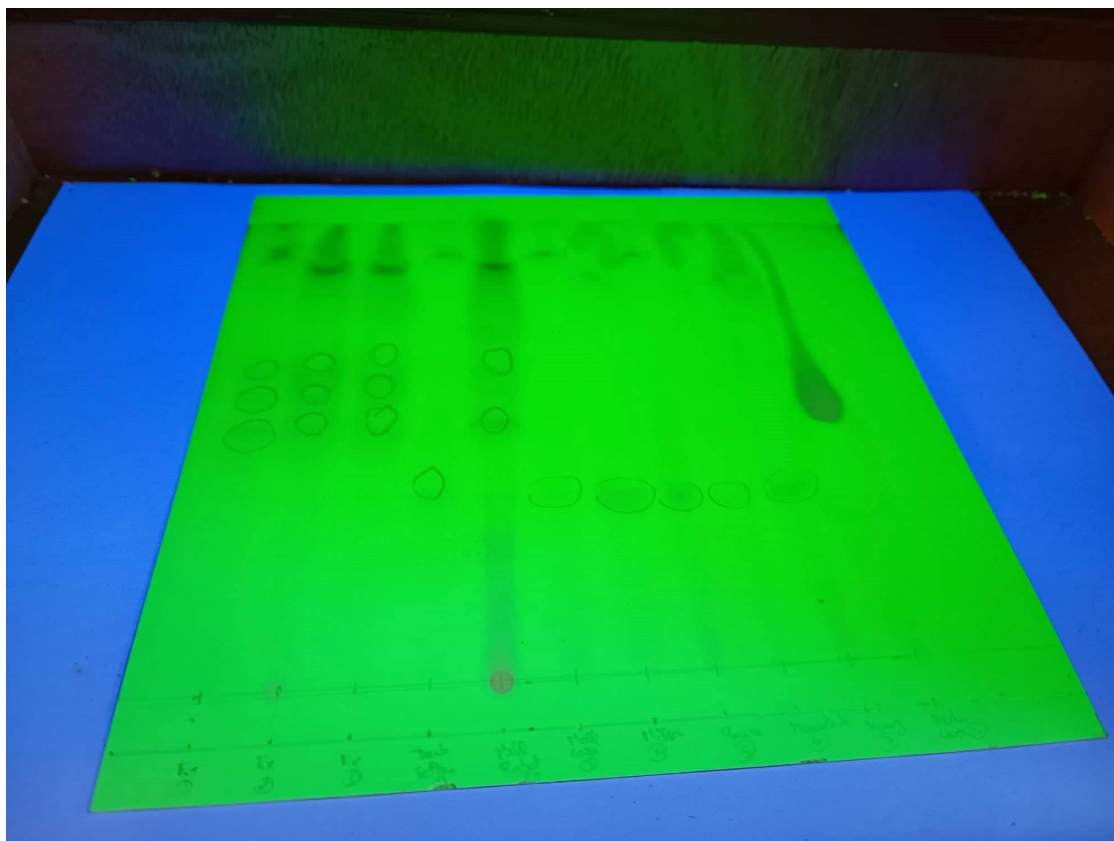


Figure 39: . Dendrogramme de l'analyse de cluster hiérarchique des échantillons.

### 3.3 Composition chimique des HE selon l'analyse CCM

L'intérêt de l'analyse chromatographique sur couche mince est de confirmer les résultats obtenus par FTIR en comparant les différents rapports frontaux des échantillons.



Les trois extractions réalisées dans notre laboratoire ont le même rapport frontal qui est le paramètre caractéristique des composés du mélange. Cette remarque peut être expliquée par le fait que ces trois HE ont été extraites suivant les mêmes conditions expérimentales.

De leur côté, les échantillons commercialisés n'ont pas le même profil CCM que les échantillons extraits. Autrement dit, la composition chimique des deux groupes n'est pas identique.

Les résultats de la CCM ne sont pas cohérents avec ceux de la FT-IR puisque cette dernière divise les HE étudiés en trois groupes différents.

### 3.4 Composition chimique des HE par CPG

L'analyse des différentes marques d'huiles essentielles par GC-MS nous a permis d'avoir une idée qualitative sur les différentes molécules aromatiques présentes ou pas dans chaque échantillon, on prend comme exemple le spectre H2, cet échantillon contient un composant majeur avec d'autres molécules sous forme de traces. Ces résultats sont bien visibles dans le chromatogramme ci-dessous :

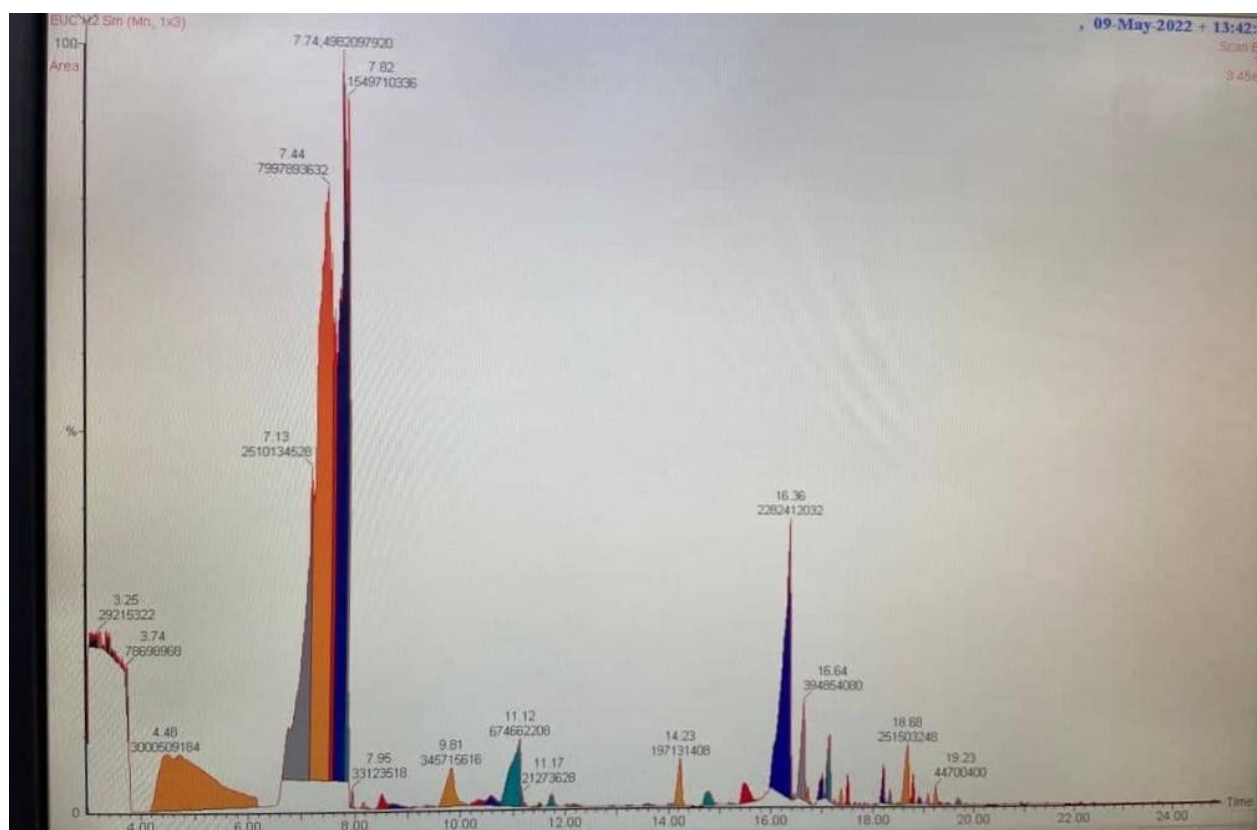


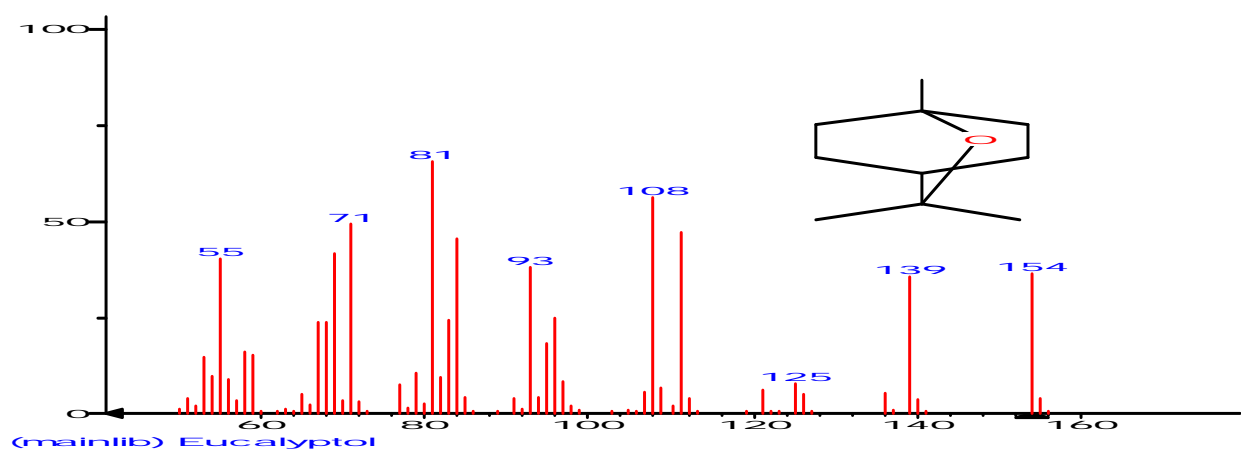
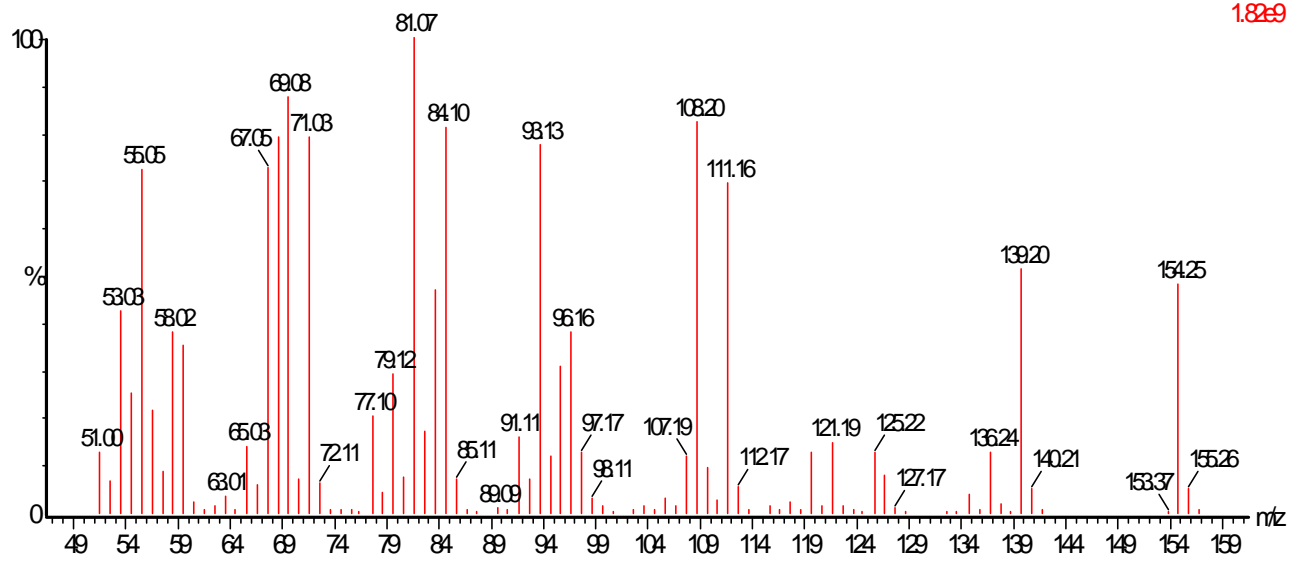
Figure 40: chromatogramme de l'échantillon H2

Les spectres de masse correspondant sont les suivants :

, 09-May-2022 + 13:20

EUC H2 1051 (7.383)

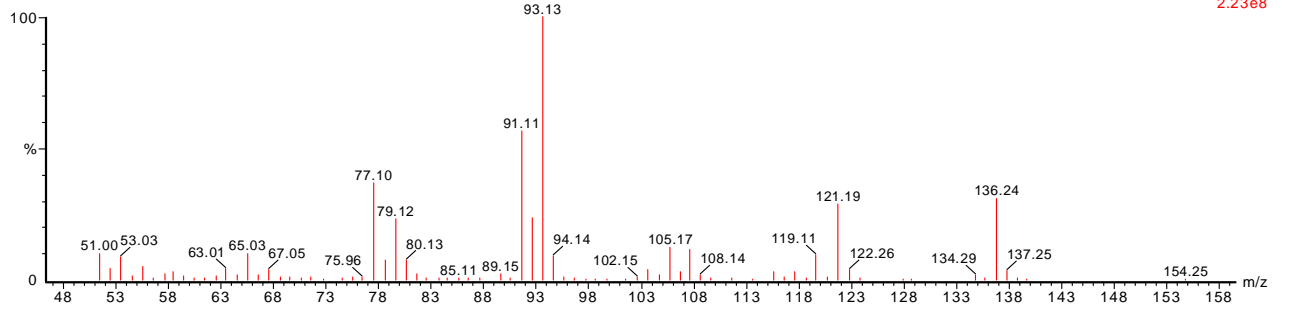
Scan E1+  
1.82e9

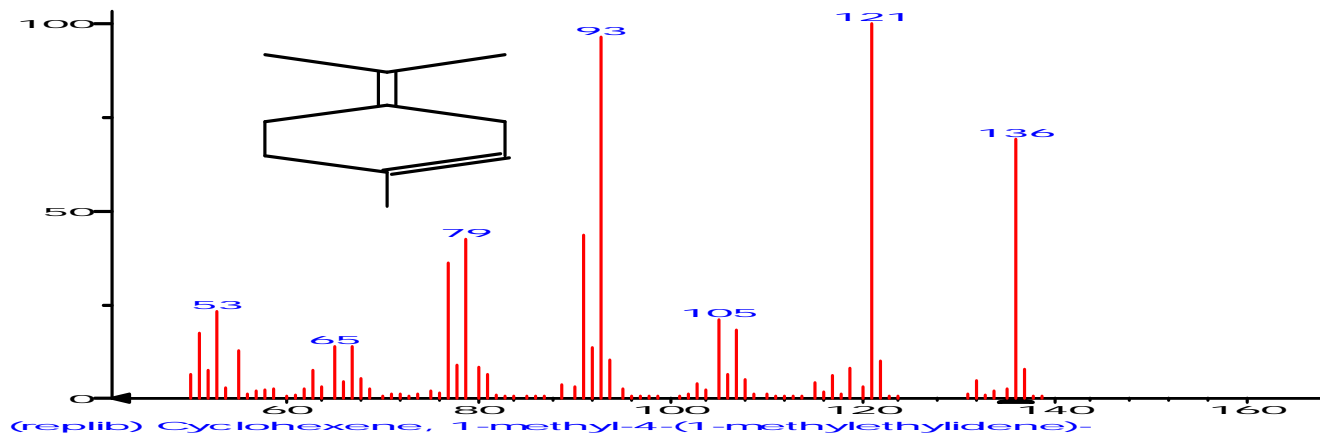
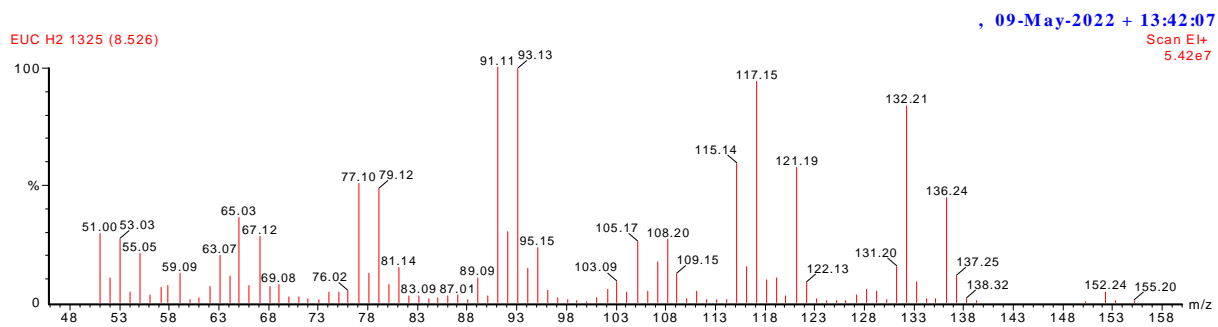
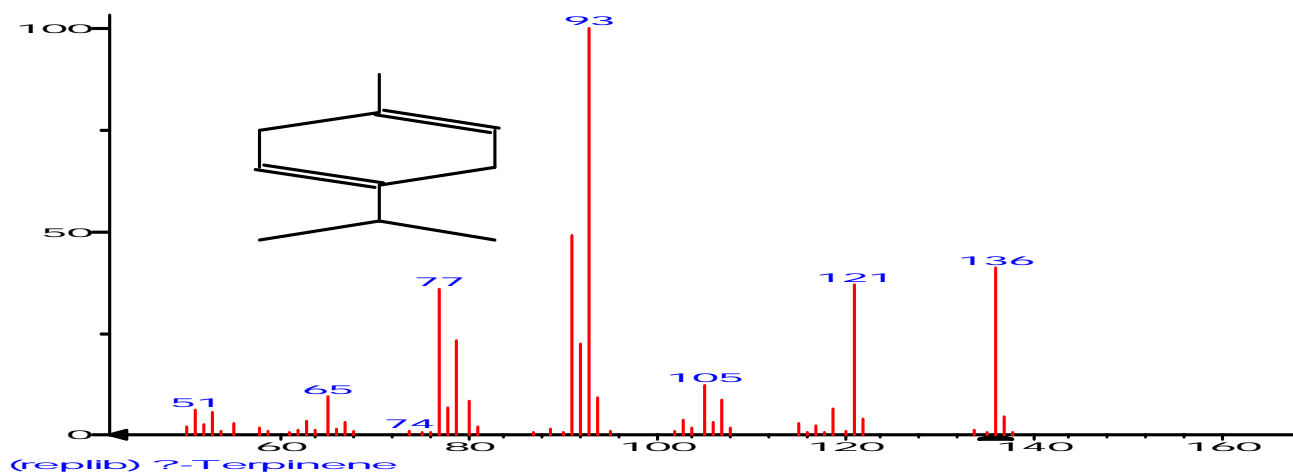


, 09-May-2022 + 13:42:07

EUC H2 1186 (7.946)

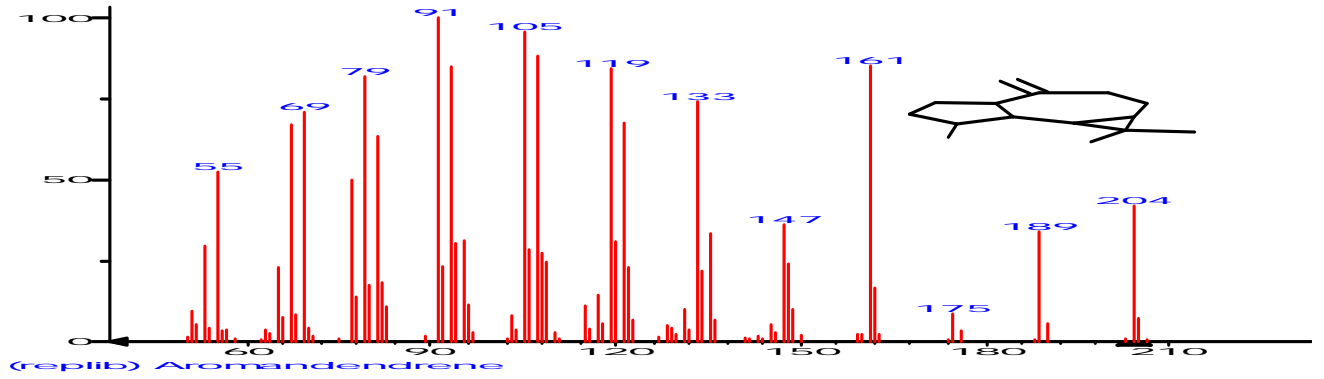
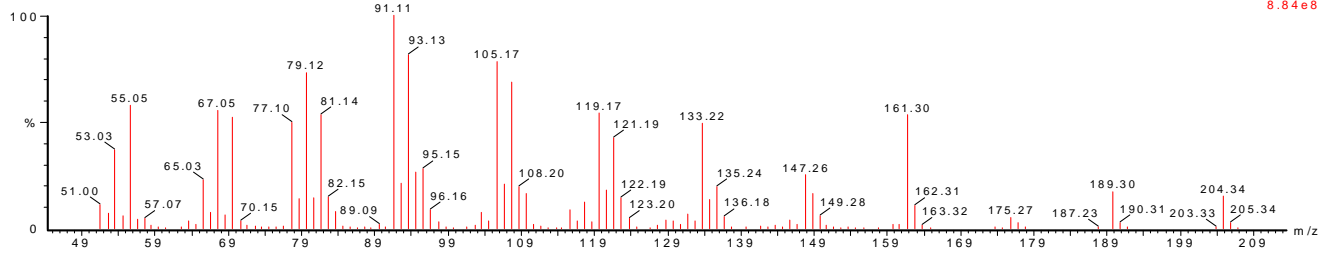
Scan E1+  
2.23e8





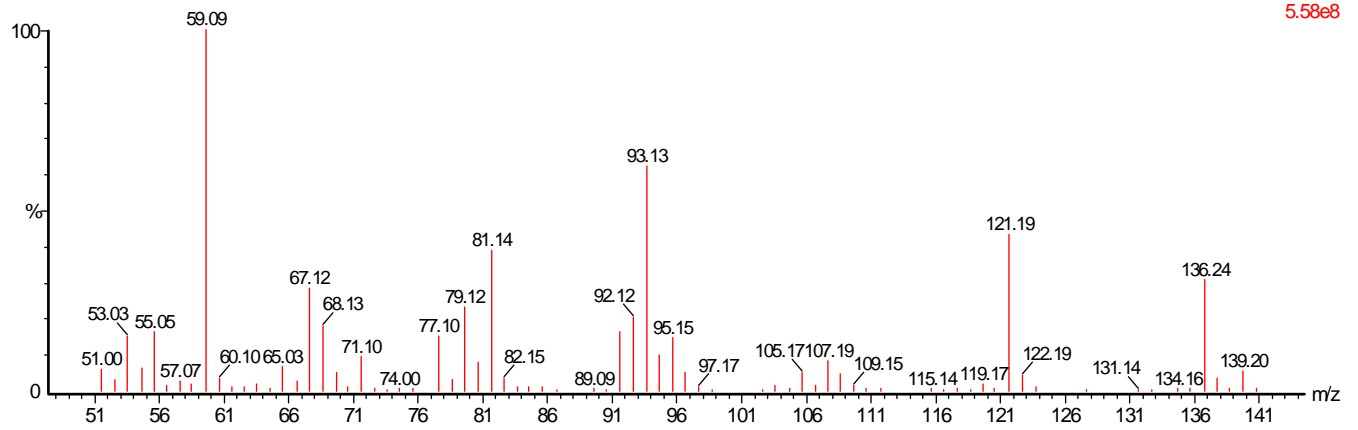
EUC H2 3201 (16.350)

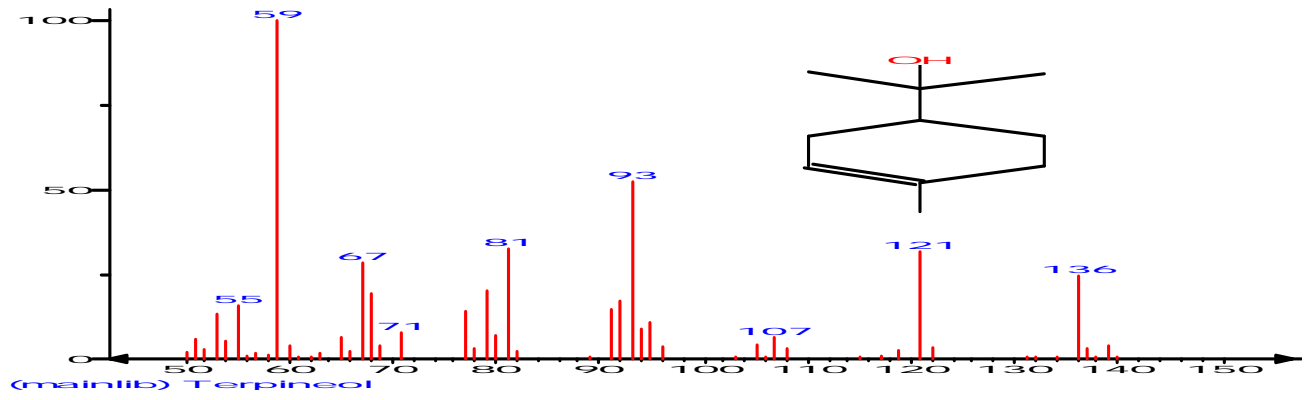
, 09-May-2022 + 13:42:07  
Scan E1+  
8.84e8



EUC H2 1946 (11.116)

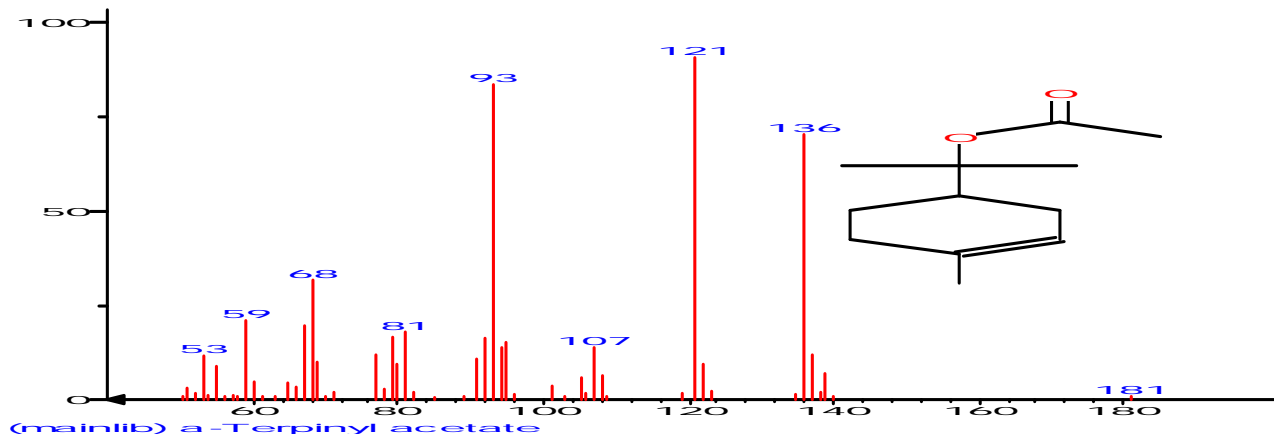
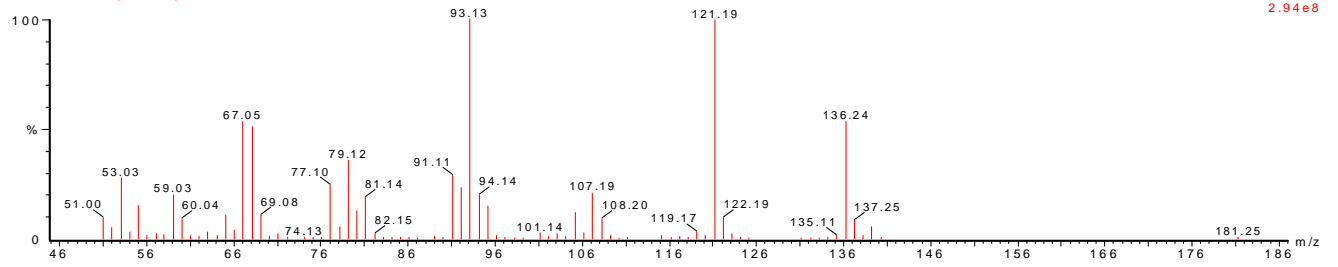
, 09-May-2022 + 13:42:07  
Scan E1+  
5.58e8





EUC H2 2691 (14.223)

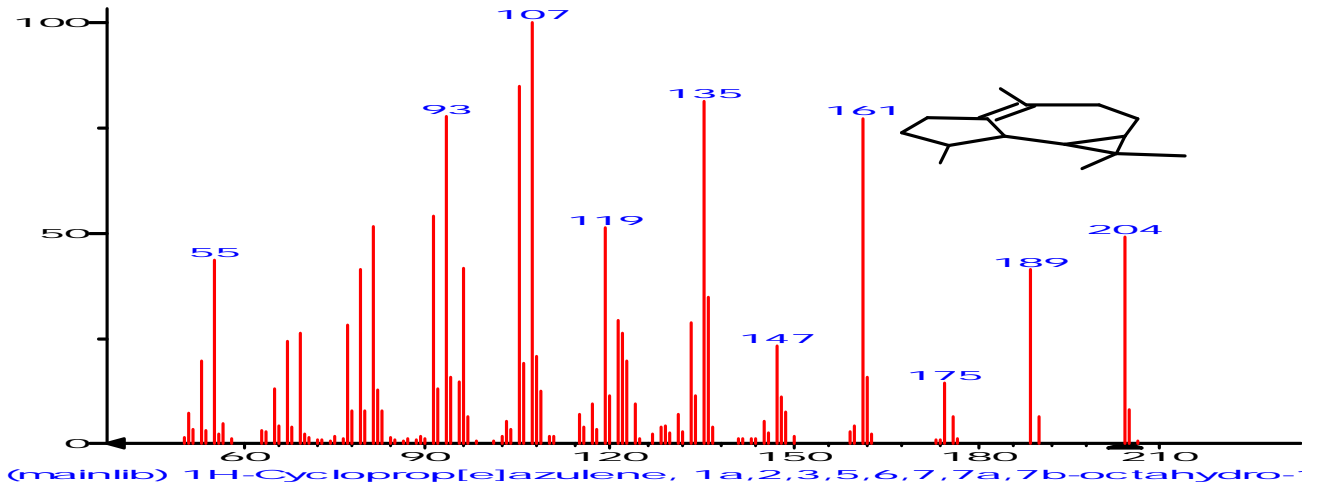
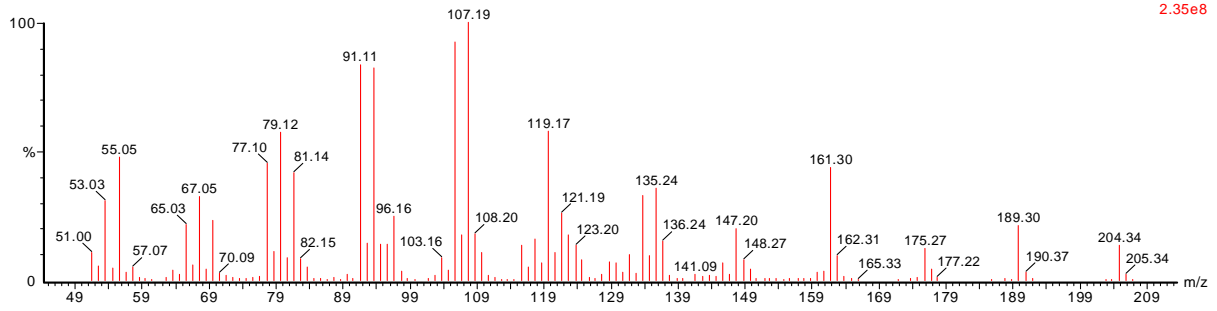
, 09-May-2022 + 13:42:07  
Scan E1+  
2.94e8



EUC H2 3389 (17.134)

, 09-May-2022 + 13:42:07

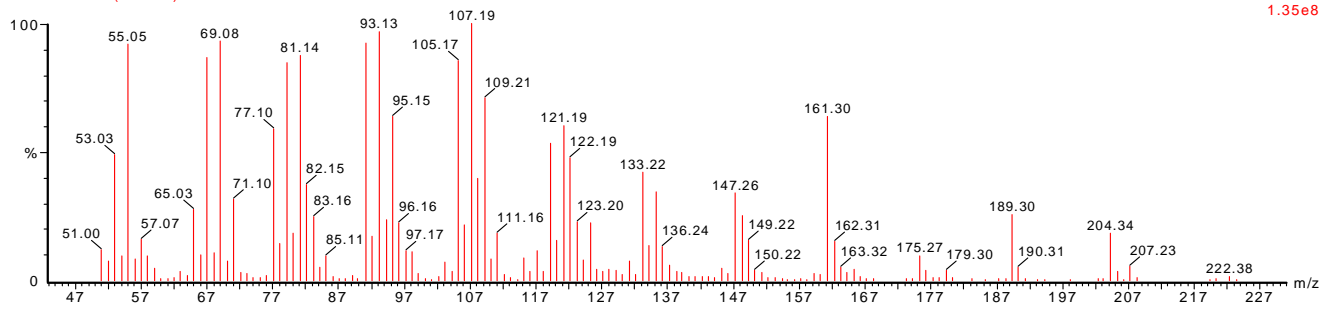
Scan EI+  
2.35e8

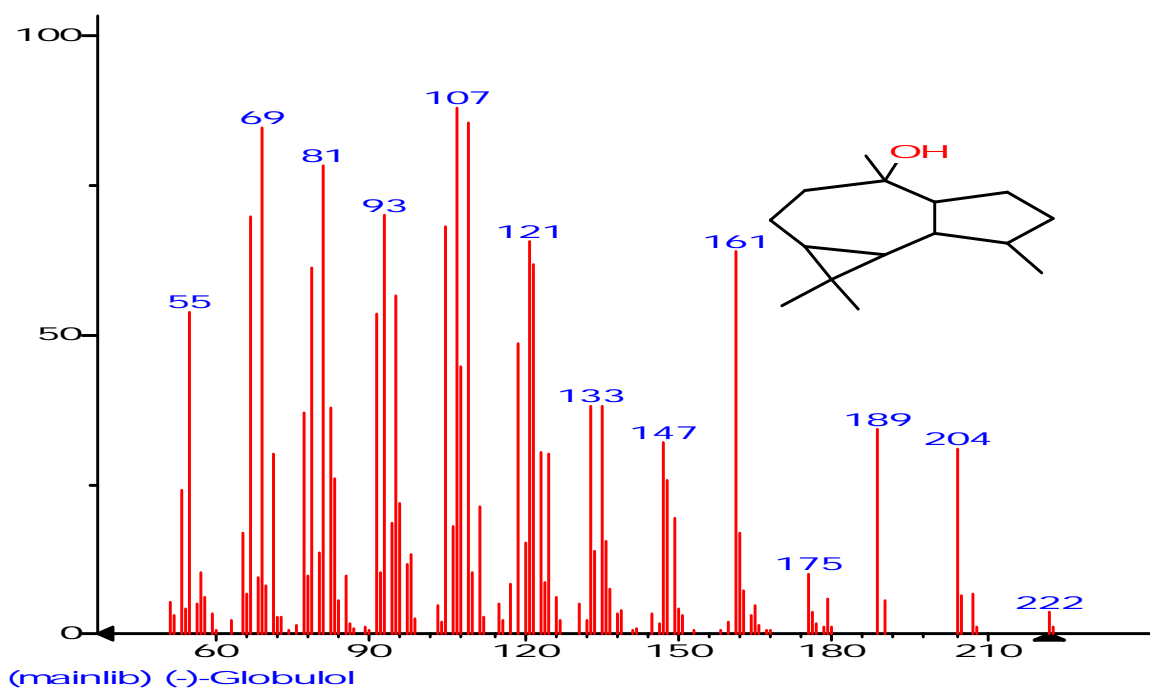


EUC H2 3762 (18.690)

, 09-May-2022 + 13:42:07

Scan EI+  
1.35e8





Après l'analyse des spectres de masse obtenu, on a pu décortiquer la composition chimique de l'échantillon H2, il contient en concentration majoritaire l'*eucalyptol* (1,8 cinéole), puis en concentration moins importante le *terpinene*, *Cyclohexene,1-methyl-4-(1-méthylethylidene)*, *terpinéol*, *1-méthyl-4(1-méthylethylidène)*, *α-Terpinyl acétate*, *aromadendrene*, *1h-cycloprop(e) azulène*, *globulol*.

Le reste des chromatogrammes se trouve vers la fin de ce travail voir annexe N°1. La dénomination des échantillons diffère entre la CPG-SM et la FTIR. Le tableau ci-dessous les regroupe afin de s'y retrouver.

CPG-SM	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H14
FTIR	Pure rabat	racine	Medi casa	Mol casa	marrakech	hawz	Misor casa	extraction	extraction	extraction	Darb soltan

Après l'exploration de la totalité des résultats y compris les chromatogrammes et les spectres de tous les échantillons, on remarque une différence très importante de composition entre eux. Cependant, toutes les huiles essentielles sont caractérisées par la présence de certains composés essentiels comme l'Eucalyptol et le Terpinène. Ces derniers sont les marqueurs de l'HE d'eucalyptus.

Cette hétérogénéité des résultats peut être expliquée par le type de la technique d'extraction employée, ainsi que les conditions d'expérience qui peuvent différer d'une extraction à une autre. Un autre paramètre à ne pas négliger est l'espèce de l'eucalyptus choisi. Dans la plupart des échantillons analysés, rare ceux qui précisent l'espèce, donc il n'y a aucune garantie qu'il s'agit bien évidemment d'eucalyptus globulus.

D'après les données de la pharmacopée européenne, l'HE d'eucalyptus globulus doit contenir impérativement les composants suivants :

- 0,05 à 10 % d' $\alpha$ -pinène : triméthyl-2,6,6-bicyclo- [3.1.1] hept-2-ène ;
- 0,05 à 1,5 % de  $\beta$ -pinène : 6,6-diméthyl-2-méthylènebicyclo [3.1.1] heptane ;
- au maximum 0,3 % de sabinène : 4-méthylidène-1-propan-2-ylbicyclo [3.1.0] hexane ;
- 0,05 à 1,5 % d' $\alpha$ -phellandrène : 2-méthyl-5-(propan-2-yl) cyclohexa-1,3-diène ;
- 0,05 à 15 % de limonène : 1-méthyl-4-prop-1-èn-2-yl-cyclohexène ;
- au minimum 70 % de 1,8-cinéole : 1,3,3-triméthyl-2-oxabicyclo [2,2,2] octane ;
- au maximum 0,1 % de camphre : 1,7,7-triméthylbicyclo [2,2,1] heptan-2-one.

L'eucalyptol ou 1,8 cinéole est le composant majeur responsable des bienfaits de l'HE d'eucalyptus globulus, sa concentration comme indiqué ci-dessus doit dépasser obligatoirement 70%. Dans ce sens, une étude quantitative s'impose par la suite pour préciser la teneur de chaque échantillon en 1,8 cinéole.

### 3.4.1 Analyse en composante principale

L'exploitation des données qualitatives obtenues par GC-MS par PCA montre que toutes les huiles essentielles ont des propriétés similaires à part pure rabat (H2) et le Hawz (H7). Ces résultats diffèrent de ceux obtenus par FT-IR. Ce qui peut être expliqué par le fait que les résultats qualitatifs de la GC-MS ne donnent pas suffisamment d'informations pour détecter les différences entre les huiles essentielles.

Peut-être que l'exploration des données **quantitatives** de GC-MS fournira des informations suffisantes permettant de détecter la différence entre les huiles.

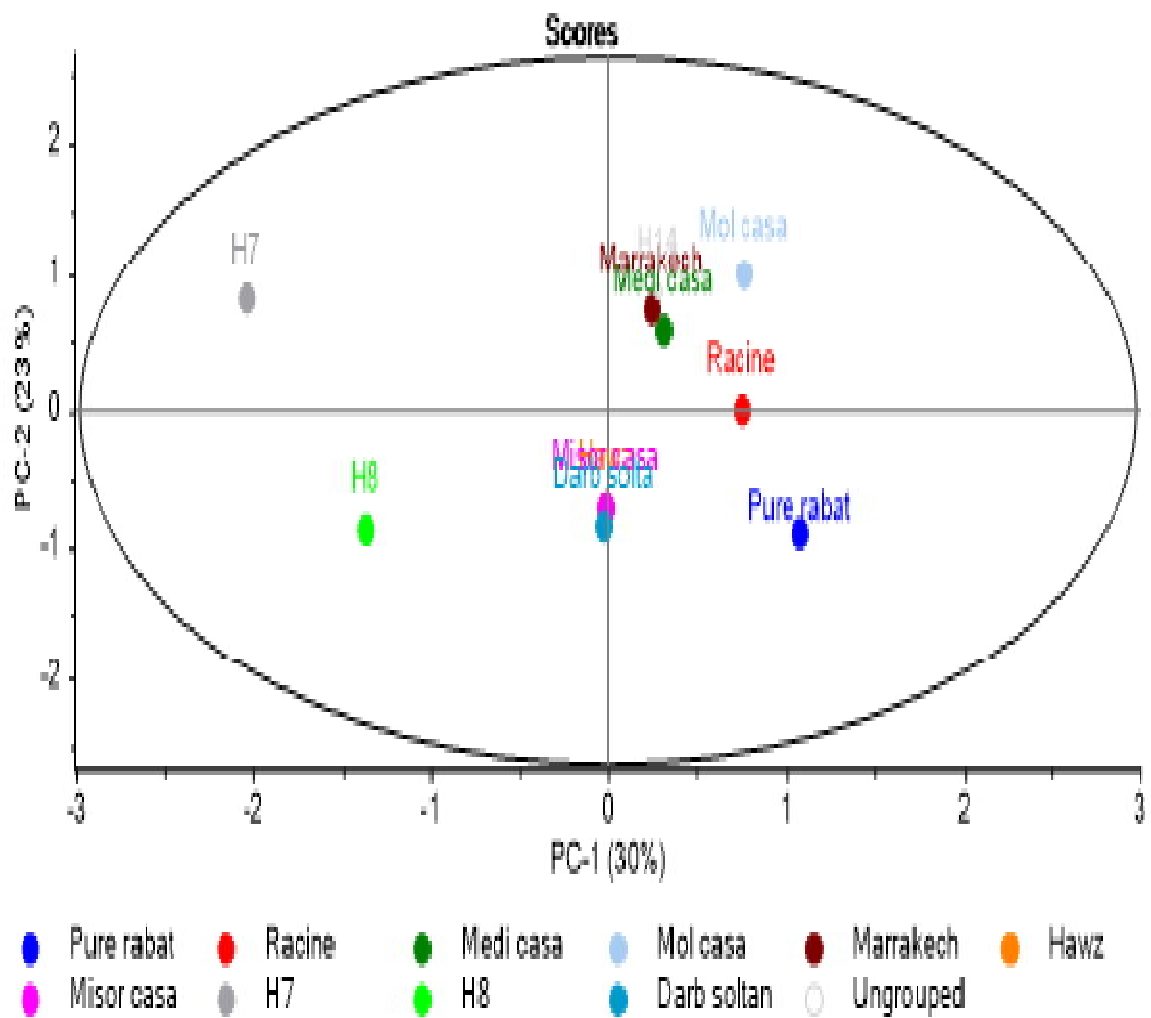


Figure 41:carte factorielle des variables (PC1-PC2)



---

## ***Conclusion***

---



Les huiles essentielles restent une alternative prometteuse et intéressante dans le cas de plusieurs maladies non graves (rhume, maux de tête...) et palliative pour les maladies graves tel que le cancer.

C'est pour cette raison que les HE commercialisées dans le marché doivent garantir leurs qualités et leurs authenticités.

A travers notre étude qualitative exploratoire, on a eu une idée sur la composition chimique des HE échantillonnées d'une manière aléatoire de trois villes marocaines, on remarque une variation de la composition chimique d'un échantillon à un autre, ceci est probablement lié à plusieurs facteurs à savoir la période de récolte, l'espèce botanique, l'épigénétique, la méthode et le protocole d'extraction, les conditions de conservation et le type de conditionnement. L'analyse confirme l'absence de molécules étrangères ou toxiques.

Les méthodes analytiques spectroscopiques et chromatographiques employées (CPG-SM, FT-IR, CCM), ainsi que l'approche chimiométrique proposée dans cette étude montre des résultats performants pour la distinction des molécules présentes dans les échantillons des HE et constituent des outils très puissants et efficaces pour les tiers visant le contrôle qualité des HE.

Cependant, pour avoir des résultats pointus et décisionnels, il est nécessaire d'élargir l'étude sur un échantillonnage important et développer un plan d'étude quantitative afin d'authentifier et contrôler la falsification des huiles essentielles ainsi que le suivi de la dégradation des composés chimiques présents durant le processus de la conservation.



---

## ***Résumés***

---



## RESUME

**Titre :** les propriétés chimiques et biologiques des Huiles essentielles : étude expérimentale sur la qualité des huiles essentielles d'eucalyptus commercialisées dans le marché marocain.

**Auteur :** ZRIOUIL IMANE

**Directeur de la thèse :** Professeur BOUATIA Mustapha

**Mots clés :** huile essentielle, Eucalyptus, adultération, contrôle qualité.

**Introduction :** L'objectif de ce travail est de détecter les falsifications et adultérations de la composition chimique des Huiles essentielles d'Eucalyptus commercialisées en utilisant des techniques chromatographiques et spectroscopiques ainsi que chimiométriques.

**Matériels et méthodes :** 8 échantillons payés aléatoirement, 3 extractions effectués au niveau du laboratoire de chimie analytique de faculté de médecine et pharmacie de RABAT, l'ensemble a été analysé par le spectromètre Jasco FTIR 460 plus, les spectres obtenus ont été le sujet d'une analyse multivariée (ACP, CHA), des études chromatographique CCM et CPG ont été préconisé.

**Résultats :** L'observation des résultats spectraux des différentes huiles essentielles montre la présence de bandes spectrales qui caractérisent les groupes fonctionnels présents dans ces huiles. Une différence significative entre les différentes marques a été observée au niveau de quelques bandes spectrales. L'application de l'ACP sur les échantillons des huiles essentielles montre qu'il existe une classification selon la marque en trois classes. Suivant la méthode CHA, Le premier et le deuxième groupe ont une similarité d'environ 95%, tandis que le troisième groupe a une similarité d'environ 97%. Les résultats trouvés par HCA sont les mêmes obtenus par ACP.

**Conclusion :** Les différentes méthodes analytiques utilisées dans ce travail ont réussi à détecter des anomalies et à discriminer les échantillons selon leur provenance et de la marque commercialisée.

## ABSTRACT

**Title:** chemical and biological properties of essential oils: experimental study on the quality of eucalyptus essential oil existing on Moroccan market

**Author:** ZRIOUIL IMANE

**Thesis supervisor:** Professor BOUATIA Mustapha

**Keywords:** essential oil, Eucalyptus, adulteration, quality control.

**The background:** The objective of this work is to detect the falsifications and adulterations of the chemical composition of essential oils of Eucalyptus marketed by using chromatographic and spectroscopic techniques as well as chemometrics.

**Materials and methods:** 8 samples paid randomly, 3 extractions carried out at analytical chemistry laboratory of the Faculty of Medicine and Pharmacy of RABAT, the whole was analyzed by the Jasco FTIR 460 plus spectrometer, the spectra obtained were the subject of a multivariate analysis (ACP, CHA), TLC and GC chromatographic studies were recommended.

**Results:** The observation of the spectral results of the various essential oils shows the presence of spectral bands which characterize the functional groups present in these oils. A significant difference between the different brands was observed at the level of a few spectral bands. The application of the ACP on the samples of essential oils shows that there is a classification according to the brand in three classes. According to the CHA method, the first and the second group have a similarity of approximately 95%, while the third group has a similarity of approximately 97%. The results found by HCA are the same obtained by ACP.

**Conclusion:** The different analytical methods used in this work succeeded in detecting anomalies and in discriminating the samples according to their origin and the marketed brand.

## ملخص

**العنوان:** الخصائص الكيميائية والبيولوجية للزيوت الأساسية: دراسة تجريبية على جودة زيوت الأوكالبتوس الأساسية المسوقة في السوق المغربي.

**المؤلف:** إيمان ازريويل

**المشرف:** البروفيسور بوعطية مصطفى

**الكلمات الأساسية:** زيت أساسي، أوكالبتوس، غش، مراقبة الجودة.

**السياق:** الهدف من هذا العمل هو الكشف عن التزوير والغش في التركيب الكيميائي للزيوت الأساسية لشجر الأوكالبتوس التي يتم تسويقها باستخدام تقنيات الكروماتوغرافيا والتحليل الطيفي وكذلك القياسات الكيميائية.

**الوسائل والمعدات:** تم شراء 8 عينات بشكل عشوائي، وتم إجراء 3 عمليات استخلاص في مختبر الكيمياء التحليلية بكلية الطب والصيدلة في الرباط، وتم تحليل الكل بواسطة مقياس الطيف جاسكو اف. تي. أي. ار 014 بلوس وكانت الأطياف التي تم الحصول عليها موضوع تحليل متعدد المتغيرات (التصنيف الهرمي التصاعدي، تحليل العناصر الرئيسية دراسات كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة والغازية موصى بها كذلك).

**النتائج:** تظهر مراقبة النتائج الطيفية للزيوت الأساسية المختلفة وجود نطاقات طيفية تميز المجموعات الوظيفية الموجودة في هذه الزيوت. لوحظ فرق كبير بين العلامات التجارية المختلفة على مستوى بعض النطاقات الطيفية. يوضح تطبيق طريقة تحليل المكونات الرئيسية على عينات الزيوت الأساسية أن هناك تصنيفًا وفقًا للعلامة التجارية في ثلاث فئات. باتباع طريقة التصنيف الهرمي، فإن المجموعة الأولى والثانية لديها تشابه حوالي 95٪، في حين أن المجموعة الثالثة لديها حوالي 97٪ تشابه. النتائج التي تم العثور عليها من خلال تحليل المكون الرئيسي هي نفسها التي حصل عليها التصنيف الهرمي التصاعدي.

**الخلاصة:** نجحت الأساليب التحليلية المختلفة المستخدمة في هذا العمل في الكشف عن الحالات الشاذة وتمييز العينات حسب أصلها والعلامة التجارية المسوقة.



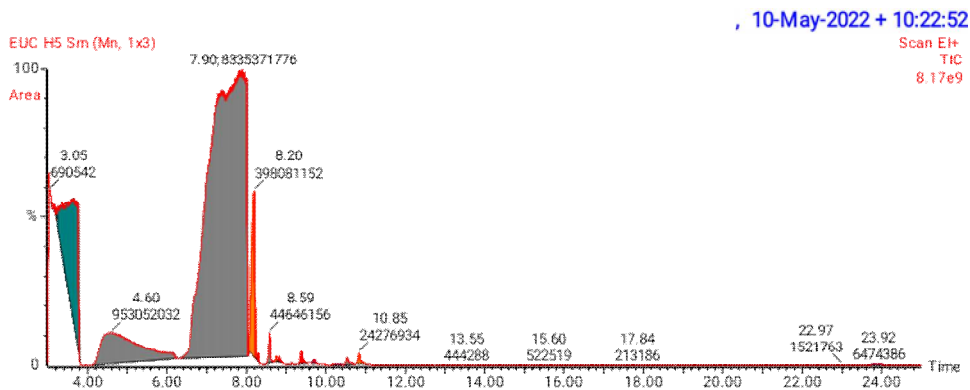
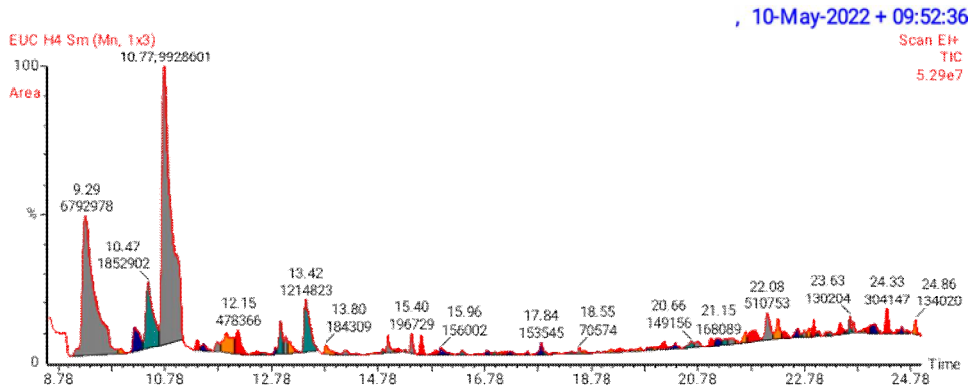
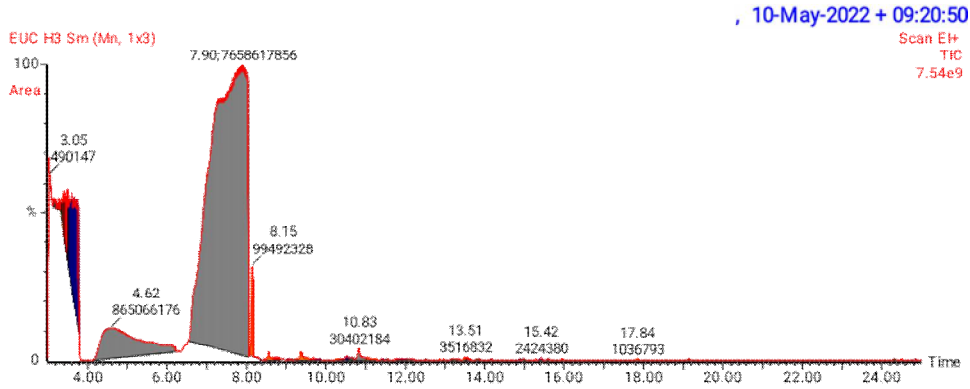
---

# ***Annexe***

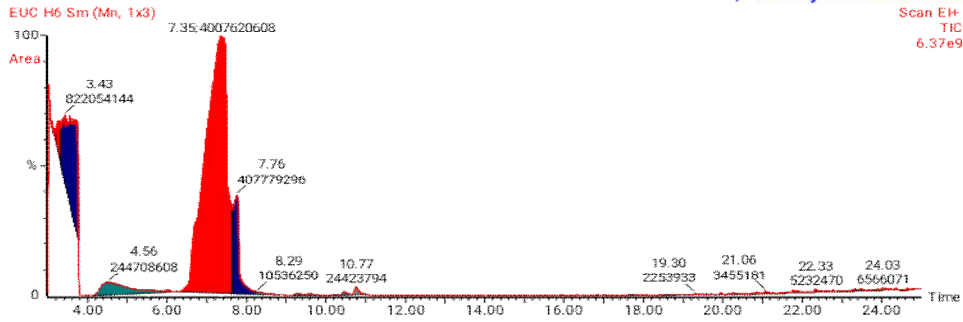
---



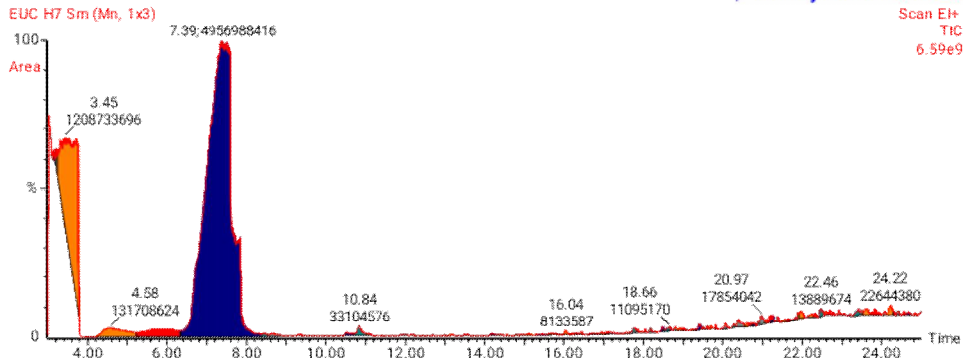
# Annexe N ° 1 :



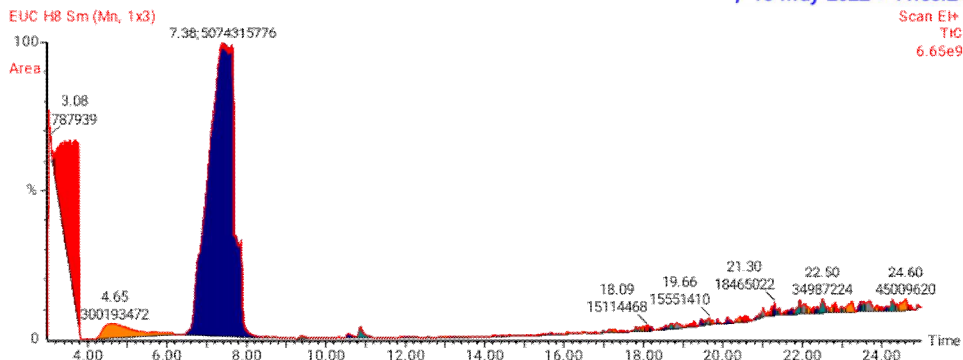
, 10-May-2022 + 10:53:02



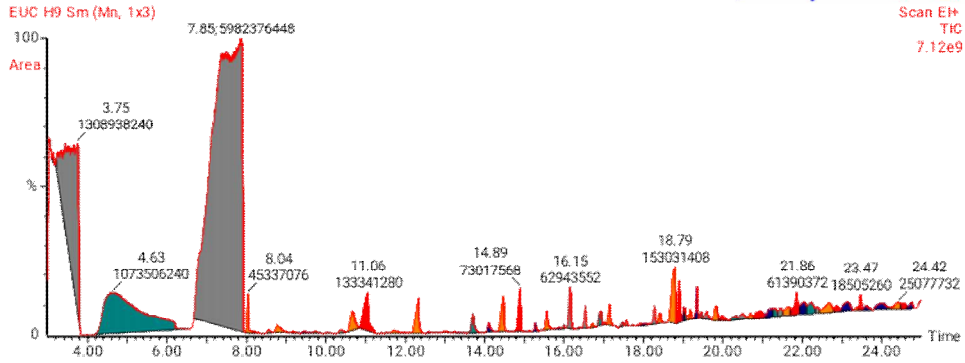
, 10-May-2022 + 11:23:13



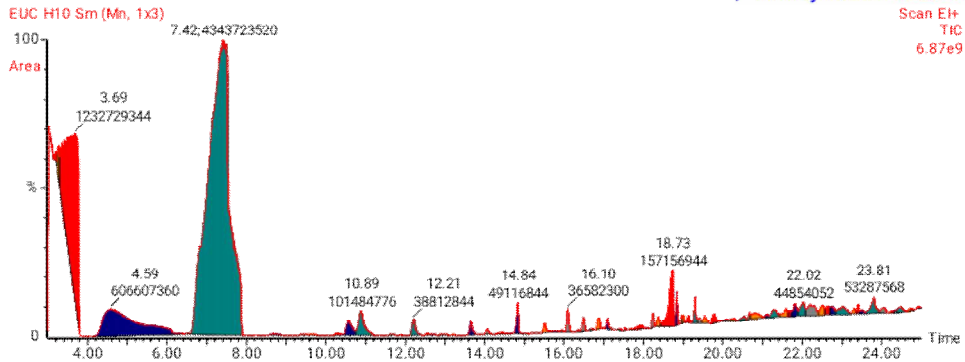
, 10-May-2022 + 11:53:24



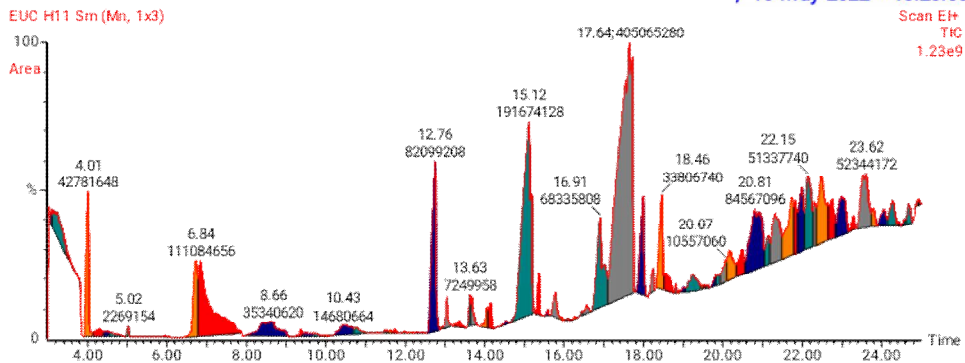
, 10-May-2022 + 12:23:30



, 10-May-2022 + 12:53:43



, 10-May-2022 + 13:23:56





---

# ***Bibliographie***

---



- [1] Dominique Baudoux et M.L. Breda. les huiles essentielles chémotypées et leurs synergies. JOM. 98 p.
- [2] Boren K, DG Y. Detecting Essential Oil Adulteration. Journal of Environmental Analytical Chemistry. 1 janv 2015; volume 02.
- [3] La Pharmacopée Européenne (Ph. Eur.) 10e Édition | EDQM - Direction européenne de la qualité du médicament [Internet]. [cité 25 févr 2022]. Disponible sur: [https://www.edqm.eu/fr/Pharmacopee\\_Europeenne\\_10e\\_Edition](https://www.edqm.eu/fr/Pharmacopee_Europeenne_10e_Edition)
- [4] Home - British Pharmacopoeia [Internet]. [cité 25 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.pharmacopoeia.com/>
- [5] Nadjib BM, Amine F. MÉTHODES D'EXTRACTION ET DE DISTILLATION DES HUILES ESSENTIELLES : REVUE DE LITTÉRATURE. 2019;7.
- [6] Cooke B, Ernst E. Aromatherapy: a systematic review. Br J Gen Pract. juin 2000; volume 50 ;p:493-496.
- [7] Volker Schulz Rudolf Hänsel Mark Blumenthal V. E. Tyler. rational phytotherapy. 3eme edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1998. 323 p.
- [8] pierre franchomme, Daniel Pénoël, Roger Jollois. aromathérapie exactement - Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Fondements, démonstration,. Roger Jollois. 2001. 510 p.
- [9] Nos missions - Médicaments à base de plantes et huiles essentielles - ANSM [Internet]. [cité 22 sept 2021]. Disponible sur: <https://ansm.sante.fr/qui-sommes-nous/notre-perimetre/les-medicaments/p/medicaments-a-base-de-plantes-et-huiles-essentielles>

- [10] Les plantes médicinales de la Pharmacopée française [Internet]. Société Française d’Ethnopharmacologie. [cité 25 févr 2022]. Disponible sur: <http://www.ethnopharmacologia.org/definition/les-pharmacopees-du-monde/les-plantes-pharmacopee-francaise/>
- [11] La filière des huiles essentielles Etat de l’art, impacts et enjeux socioéconomiques [Internet]. [cité 27 mai 2022]. Disponible sur: [https://www.researchgate.net/publication/309770515\\_La\\_filiere\\_des\\_huiles\\_essenti\\_elles\\_Etat\\_de\\_l'art\\_impacts\\_et\\_enjeux\\_socioeconomiques](https://www.researchgate.net/publication/309770515_La_filiere_des_huiles_essenti_elles_Etat_de_l'art_impacts_et_enjeux_socioeconomiques)
- [12] Kaloustian J, Hadji-Minaglou F. La connaissance des huiles essentielles : qualitologie et aromathérapie [Internet]. Paris: Springer Paris; 2012 [cité 6 nov 2021]. (Collection Phytothérapie pratique). Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/978-2-8178-0309-8>
- [13] Sacchetti G, Maietti S, Muzzoli M, Scaglianti M, Manfredini S, Radice M, et al. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chemistry*. août 2005; volume 91; p:621-632.
- [14] Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*. août 2004; volume 94 ;p :223-253.
- [15] Couic-Marinier F, Lobstein A. Composition chimique des huiles essentielles. *Actualités Pharmaceutiques*. avr 2013; volume52;p:22-25.
- [16] Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*. févr 2008;volume 46; p:446-475.
- [17] Bach TJ, Boronat A, Campos N, Ferrer A, Vollack KU. Mevalonate biosynthesis in plants. *Crit Rev Biochem Mol Biol*. 1999; volume 34; p:107-122.

- [18] Holef C. LE MEVALONATE DANS LA CELLULE VEGETALE. 1995;44p.
- [19] Mitsuhashi T, Abe I. Chimeric Terpene Synthases Possessing both Terpene Cyclization and Prenyltransfer Activities. *ChemBioChem*. 4 juin 2018;19(11):1106-14.
- [20] Adachi O, Ano Y, Toyama H, Matsushita K. Enzymatic Preparation of Metabolic Intermediates, 3-Dehydroquinone and 3-Dehydroshikimate, in the Shikimate Pathway. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 23 déc 2006; volume70 ; p:3081-3083.
- [21] Fernandez, Xavier, Chemat, Farid. *la chimie des huiles essentielles : tradition et innovation*. Vuibert; 2017. 288 p.
- [22] PubChem. Cinnamic acid [Internet]. [cité 26 févr 2022]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/444539>
- [23] Shirley Price, Len Price, Penny Price. *aromatherapy for health professionals*. 3<sup>e</sup> édition. 2007. 593 p.
- [24] Raison-Peyron, Nadia, Bourrain, Jean-Luc, Castelain, Michel. *Progrès en Dermato-Allergologie*. marseille: John Libbey; 2018. 258 p.
- [25] PubChem. Vanillin [Internet]. [cité 27 févr 2022]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1183>
- [26] Effects of essential oil from mint (*Mentha piperita*) on *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* in model food systems at 4 degrees and 10 degrees C - PubMed [Internet]. [cité 27 févr 2022]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7615414/>
- [27] Kalemba D, Kunicka A. Antibacterial and Antifungal Properties of Essential Oils. *CMC*. 1 mai 2003; volume10;p:813-829.

- [28] Ultee A, Bennik MHJ, Moezelaar R. The Phenolic Hydroxyl Group of Carvacrol Is Essential for Action against the Food-Borne Pathogen *Bacillus cereus*. *Appl Environ Microbiol.* avr 2002; volume 68 ;p:1561-1568.
- [29] PubChem. Thymol [Internet]. [cité 28 févr 2022]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6989>
- [30] PubChem. Carvacrol [Internet]. [cité 28 févr 2022]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10364>
- [31] Romero MC, Navarro MC, Martín-Sánchez J, Valero A. Peppermint ( *Mentha piperita* ) and albendazole against anisakiasis in an animal model. *Trop Med Int Health.* déc 2014;volume 19 ;p:1430-1436.
- [32] Stäubli A. Saugé officinale: productivité et qualité de la nouvelle variété Regula. 2005;volume37 ;p:5.
- [33] Melo MS, Sena LCS, Barreto FJN, Bonjardim LR, Almeida JRGS, Lima JT, et al. Antinociceptive effect of citronellal in mice. *Pharmaceutical Biology.* avr 2010; volume 48;p:411-416.
- [34] Lachenmeier DW, Emmert J, Kuballa T, Sartor G. Thujone—Cause of absinthism? *Forensic Science International.* avr 2006; volume158;p:1-8.
- [35] PubChem. Geraniol [Internet]. [cité 28 févr 2022]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/637566>
- [36] Étude de l'activité antimicrobienne d'un mélange de 41 huiles essentielles et domaines d'application | SpringerLink [Internet]. [cité 3 mars 2022]. Disponible sur: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10298-013-0790-x?noAccess=true>
- [37] Sharifi-Rad J, Sureda A, Tenore G, Daglia M, Sharifi-Rad M, Valussi M, et al. Biological Activities of Essential Oils: From Plant Chemoecology to Traditional Healing Systems. *Molecules.* 1 janv 2017;volume 22;p:70.

- [38] Palaniappan K, Holley RA. Use of natural antimicrobials to increase antibiotic susceptibility of drug resistant bacteria. *International Journal of Food Microbiology*. juin 2010; volume 140; p:164-168.
- [39] Moleyar V, Narasimham P. Antibacterial activity of essential oil components. *International Journal of Food Microbiology*. août 1992;volume 16;p:337-342.
- [40] Gallucci MN, Oliva M, Casero C, Dambolena J, Luna A, Zygodlo J, et al. Antimicrobial combined action of terpenes against the food-borne microorganisms *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus*. *Flavour Fragr J*. nov 2009; volume 24; p:348-354.
- [41] Susceptibility of drug-resistant clinical herpes simplex virus type 1 strains to essential oils of ginger, thyme, hyssop, and sandalwood - PubMed [Internet]. [cité 28 févr 2022]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17353250/>
- [42] Inhibitory effect of essential oils against herpes simplex virus type 2 - PubMed [Internet]. [cité 28 févr 2022]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17976968/>
- [43] Astani A, Reichling J, Schnitzler P. Comparative study on the antiviral activity of selected monoterpenes derived from essential oils. *Phytother Res*. mai 2010;volume 24; p:673-679.
- [44] Khan MSA, Ahmad I. In vitro antifungal, anti-elastase and anti-keratinase activity of essential oils of *Cinnamomum*-, *Syzygium*- and *Cymbopogon*-species against *Aspergillus fumigatus* and *Trichophyton rubrum*. *Phytomedicine*. déc 2011;volume 19; p:48-55.
- [45] García-García R, López-Malo A, Palou E. Bactericidal Action of Binary and Ternary Mixtures of Carvacrol, Thymol, and Eugenol against *Listeria innocua*. *Journal of Food Science*. mars 2011;volume 76 p:95-100.

- [46] Shahverdi AR, Monsef-Esfahani HR, Tavasoli F, Zaheri A, Mirjani R. Trans-Cinnamaldehyde from *Cinnamomum zeylanicum* Bark Essential Oil Reduces the Clindamycin Resistance of *Clostridium difficile* in vitro. *J Food Science*. janv 2007;volume 72; p:55-58.
- [47] Hammer K a., Carson C f., Riley T v. Antifungal activity of the components of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil. *Journal of Applied Microbiology*. 2003; volume95:853-860.
- [48] Edris AE. Pharmaceutical and therapeutic Potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. *Phytother Res*. avr 2007; volume 21; p:308-323.
- [49] Yanisse S, Benhhadou H, el Karbane M, Mojemmi B, Tligui H, Bouatia M. Determination of chemical composition and evaluation of Antioxidant, and Antimicrobial activities of Clove Oil obtained from *Syzygium Aromaticum* Moroccan species. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*. 30 mai 2020;volume 11 ;p:2568-2574.
- [50] M'barek B, Mohamed H, Julien P, Jean C, Abdallah F. PROPRIÉTÉS ANTIOXYDANTES ET ANTI-INFLAMMATOIRES DES HUILES ESSENTIELLES DES DIFFÉRENTES PARTIES DE *TETRACLINIS ARTICULATA* (VAHL) MASTERS DU MAROC. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*. 2010;volume 79 ;p:14.
- [51] Juergens U. Anti-inflammatory Properties of the Monoterpene 1.8-cineole: Current Evidence for Co-medication in Inflammatory Airway Diseases. *Drug Res (Stuttg)*. 15 mai 2014; volume 64; p:638-646.
- [52] Greche H, Ismaili-Alaoui M, Zrira S, Benjilali B, Belanger A, Hajjaji N. Composition of *Tanacetum annuum* L. Oil from Morocco. *Journal of Essential Oil Research*. 1 mai 1999;volume 11;p:343-348.

- [53] Stappen I, Wanner J, Tabanca N, Bernier UR, Kendra PE. Blue Tansy Essential Oil: Chemical Composition, Repellent Activity Against *Aedes aegypti* and Attractant Activity for *Ceratitis capitata*. *Natural Product Communications*. 1 févr 2021; volume 16.
- [54] Dolaro P, Luceri C, Ghelardini C, Monserrat C, Aiolfi S, Luceri F, et al. Analgesic effects of myrrh. *Nature*. janv 1996; volume 379 ; p:29.
- [55] Dolaro P, Corte B, Ghelardini C, Pugliese A, Cerbai E, Menichetti S, et al. Local Anaesthetic, Antibacterial and Antifungal Properties of Sesquiterpenes from Myrrh. *Planta Med*. 31 déc 2000;volume 66; p:356-358.
- [56] Kurt Schnaubelt, Ph.D. *The Healing intelligence of Essential Oils The Science of Advanced Aromatherapy*. Healing Arts Press; 2011. 240 p.
- [57] Lu XG. Inhibition of growth and metastasis of human gastric cancer implanted in nude mice by *d* -limonene. *WJG*. 2004; volume 10;p:2140.
- [58] Immaroh N, Kuliahsari D, Nugraheni S. Review: *Eucalyptus globulus* essential oil extraction method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1 avr 2021; volume 733; p: 103.
- [59] Nadjib BM, Amine F. MÉTHODES D'EXTRACTION ET DE DISTILLATION DES HUILES ESSENTIELLES : REVUE DE LITTÉRATURE. 2019;7p.
- [60] Masango P. Cleaner production of essential oils by steam distillation. *Journal of Cleaner Production*. 1 juin 2005; volume 13;p:833-839.
- [61] Sukhdev Swami Handa, Suman Preet Singh Khanuja, Gennaro Longo, Dev Dutt Rakesh. (PDF) Extraction technologies for medicinal and aromatic plants [Internet]. researchgate. [cité 4 mars 2022]. Disponible sur: [https://www.researchgate.net/publication/285321042\\_Extraction\\_technologies\\_for\\_medicinal\\_and\\_aromatic\\_plants](https://www.researchgate.net/publication/285321042_Extraction_technologies_for_medicinal_and_aromatic_plants)

- [62] Li Y, Fabiano-Tixier AS, Vian MA, Chemat F. Solvent-free microwave extraction of bioactive compounds provides a tool for green analytical chemistry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. juin 2013; volume 47 ;p:1-11.
- [63] Robert, Monsieur Pierre-Marie DRP. MANUEL RAPIDE ET UTILE POUR PRODUCTEURS D'HUILES ESSENTIELLES. 26p.
- [64] ISO 4720:2009(fr), Huiles essentielles — Nomenclature [Internet]. [cité 14 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:4720:ed-3:v1:fr>
- [65] Qualité des huiles essentielles dans les produits cosmétiques : l'Afssaps publie des recommandations pour les industriels - ANSM : Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé [Internet]. [cité 9 mars 2022]. Disponible sur: <http://dev4-afssaps-marche2017.integra.fr/S-informer/Communique-Communique-Points-presse/Qualite-des-huiles-essentielles-dans-les-produits-cosmetiques-l-Afssaps-publie-des-recommandations-pour-les-industriels>
- [66] Laurain-Mattar D. Critères de qualité des huiles essentielles. *Actualités Pharmaceutiques*. nov 2018; volume 57;p:18-20.
- [67] Turek C, Stintzing FC. Stability of Essential Oils: A Review: Stability of essential oils.... *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*. janv 2013;volume 12;p:40-53.
- [68] Malaquin-Pavan E. Coordination scientifique : Pr Annelise LOBSTEIN. 2018;182p.
- [69] Koyama S, Heinbockel T. The Effects of Essential Oils and Terpenes in Relation to Their Routes of Intake and Application. *IJMS*. 25 févr 2020;volume 21 ; p:1558.
- [70] Lardry JM, Haberkorn V. Les huiles essentielles : principes d'utilisation. *Kinésithérapie, la Revue*. janv 2007;volume 7 ; p:18-23.

- [71] Couic-Marinier F. Les huiles essentielles en pratique, administration et précautions d'emploi. *Actualités Pharmaceutiques*. 1 nov 2018;volume 57 ;p:26-29.
- [72] Millet F. Les formes galéniques et les huiles essentielles. *Phytothérapie*. févr 2010; volume 8;p:33-36.
- [73] Rutherford T, Nixon R, Tam M, Tate B. Allergy to tea tree oil: Retrospective review of 41 cases with positive patch tests over 4.5 years: Allergy to tea tree oil. *Australasian Journal of Dermatology*. mai 2007;volume 48 ; p:83-87.
- [74] Bourrain JL. Allergies aux huiles essentielles : aspects pratiques. *Revue Française d'Allergologie*. nov 2013; volume 53 ;p:30-32.
- [75] Sasseville D. Phytodermatitis. *J Cutan Med Surg*. juill 1999; volume 3 ; p:263-279.
- [76] Moreau JF, English JC, Gehris RP. Phytophotodermatitis. *Journal of Pediatric and Adolescent Gynecology*. avr 2014; volume 27 ;p:93-94.
- [77] Zárýbnický T, Boušová I, Ambrož M, Skálová L. Hepatotoxicity of monoterpenes and sesquiterpenes. *Arch Toxicol*. janv 2018; volume 92 ; p:1-13.
- [78] Devillez J. Traumatologie : apport du massage aromatique. *Phytothérapie*. déc 2012; volume 10;p:374-381.
- [79] Robert Tisserand,Rodney Young. *Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals*. 2ème édition. 2014.
- [80] Mandal J. Lemongrass-a literature survey. *Medicinal and Aromatic Plant Series: No09* [Internet]. 1 janv 1999 [cité 17 mars 2022]; Disponible sur: [https://www.academia.edu/1840071/Lemongrass\\_a\\_literature\\_survey](https://www.academia.edu/1840071/Lemongrass_a_literature_survey)
- [81] L'adultération des huiles essentielles et ses conséquences [Internet]. *aromaressources*. 2020 [cité 15 sept 2021]. Disponible sur: <https://www.aromaressources.com/consequences-adulteration-huiles-essentielles/>

- [82] König WA, Hochmuth DH. Enantioselective gas chromatography in flavor and fragrance analysis: strategies for the identification of known and unknown plant volatiles. *J Chromatogr Sci.* sept 2004; volume 42 ;p:423-439.
- [83] Malaquin-Pavan E. Coordination scientifique: Pr Annelise LOBSTEIN. 2018;182p.
- [84] British Standards Institution, British Standards Institution. Essential oils: determination of refractive index. 1998.
- [85] ATEM - Les détecteurs - A indice de réfraction - Université Lille 1 [Internet]. [cité 18 mars 2022]. Disponible sur: <http://atechimie.univ-lille.fr/Chromatographie-Phase-Liquide/Detecteurs/A-indice-refraction/>
- [86] Gernez D. Recherches sur le pouvoir rotatoire des liquides actifs et de leurs vapeurs. *Ann Sci École Norm Sup.* 1864; volume1;p:1-38.
- [87] Firestone D, éditeur. Physical and chemical characteristics of oils, fats, and waxes. Third edition. Urbana, IL: AOCS Press; 2013. 303 p.
- [88] Lucaccioni F, Denayer R, Tolquin B. Pour une analyse des huiles essentielles. *Chimie Nouvelle (ISSN 0771-730X).* 1 sept 1993; volume 11 ;p:1253-1257.
- [89] COLIN F. POOLE. GAS CHROMATOGRAPHY. first edition. Elsevier Science; 2012. 751 p.
- [90] TRANCHANT J. Chromatographie en phase gazeuse [Internet]. Vol. base documentaire: TIB385DUO., Techniques de l'ingénieur Chromatographie et techniques séparatives. Editions T.I.; 1996. Disponible sur: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mesures-analyses-th1/chromatographie-et-techniques-separatives-42385210/chromatographie-en-phase-gazeuse-p1485/>

- [91] La chromatographie en phase gazeuse: principe [Internet]. CultureSciences-Chimie. [cité 17 févr 2022]. Disponible sur: <https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-analytique/chromatographie/la-chromatographie-en-phase-gazeuse-principe>
- [92] Cserháti T. Chromatography of Aroma Compounds and Fragrances [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2010 [cité 23 sept 2021]. Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-01656-1>
- [93] Applications of Gas Chromatography [Internet]. News-Medical.net. 2020 [cité 12 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.news-medical.net/life-sciences/Applications-of-Gas-Chromatography.aspx>
- [94] Honour JW. Gas Chromatography-Mass Spectrometry. In: Wheeler MJ, Hutchinson JSM, éditeurs. Hormone Assays in Biological Fluids [Internet]. Totowa, NJ: Humana Press; 2006 [cité 12 mai 2022]. p. 53-74. (Methods in Molecular Biology). Disponible sur: <https://doi.org/10.1385/1-59259-986-9:53>
- [95] Santiago M, Strobel S. Thin Layer Chromatography. In: Methods in Enzymology [Internet]. Elsevier; 2013 [cité 3 févr 2022]. p. 303-24. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780124200678000246>
- [96] Chromatographie sur couche mince. In: Wikipédia [Internet]. 2020 [cité 17 avr 2022]. Disponible sur: [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Chromatographie\\_sur\\_couche\\_mince&oldid=175602426](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Chromatographie_sur_couche_mince&oldid=175602426)
- [97] Stahl E, éditeur. Thin-Layer Chromatography [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1969 [cité 10 mars 2022]. Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-88488-7>
- [98] Collet T. La spectroscopie infrarouge. Photoniques. juin 2016;(82)p:39-42.

- [99] Servant L, Le Bourdon G, Buffeteau T. Comprendre la spectroscopie infrarouge : principes et mise en oeuvre. Photoniques. mai 2011;p:68-73.
- [100] Brian C. Smith. fundamentals of FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY. second edition. Taylor and Francis Group; 2011. 198 p.
- [101] janeth withrow. infrared spectroscopy. 2016. 100 p.
- [102] Smith R. Chemometrics. 23 oct .2015;p:469-503.
- [103] Process Analytical Technology for the Food Industry [Internet]. [cité 10 mai 2022]. Disponible sur: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4939-0311-5>
- [104] Bovens MG, Ahrens B, Alberink I, Nordgaard A, Salonen T, Huhtala S. Chemometrics in forensic chemistry — Part I: Implications to the Forensic Workflow. Forensic Science International. 1 mai 2019;301p.
- [105] ACP - Analyse en Composantes Principales avec R: L'Essentiel - Articles - STHDA [Internet]. [cité 7 mai 2022]. Disponible sur: <http://www.sthda.com/french/articles/38-methodes-des-composantes-principales-dans-r-guide-pratique/73-acp-analyse-en-composantes-principales-avec-r-l-essentiel/>
- [106] Berger JL. Analyse factorielle exploratoire et analyse en composantes principales : guide pratique. 2022.
- [107] Ron Wehrens. Chemometrics with R Multivariate Data Analysis in the Natural Sciences and Life Sciences [Internet]. 1<sup>re</sup> éd. Springer Berlin, Heidelberg; [cité 7 mai 2022]. 286 p. Disponible sur: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-17841-2>

- [108] Yang J, Grunsky E, Cheng Q. A novel hierarchical clustering analysis method based on Kullback–Leibler divergence and application on dalaimiao geochemical exploration data. *Computers & Geosciences*. 1 févr 2019;123:10-9.
- [109] Simpson MG. 8 - Diversity and Classification of Flowering Plants: Eudicots. In: Simpson MG, éditeur. *Plant Systematics (Second Edition)* [Internet]. San Diego: Academic Press; 2010 [cité 5 mars 2022]. p. 275-448. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123743800500087>
- [110] *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* [Internet]. [cité 6 mars 2022]. Disponible sur: [https://apps.lucidcentral.org/euclid/text/entities/eucalyptus\\_globulus\\_subsp.\\_globulus.htm?zoom\\_highlight=eucalyptus+globulus](https://apps.lucidcentral.org/euclid/text/entities/eucalyptus_globulus_subsp._globulus.htm?zoom_highlight=eucalyptus+globulus)
- [111] EUCLID Glossary [Internet]. [cité 6 mars 2022]. Disponible sur: <https://apps.lucidcentral.org/euclid/text/entities/glossary.htm>
- [112] *Eucalyptus*. In: Wikipédia [Internet]. 2022 [cité 16 mai 2022]. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Eucalyptus&oldid=192382754>
- [113] *Eucalyptus globuleux* [Internet]. [cité 6 mars 2022]. Disponible sur: <https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?h=M5&t=gommier,bleu&p=Eucalyptus+globulus#VernacularNamesOthers>
- [114] *Eucalyptus radiata* subsp. *radiée* [Internet]. [cité 7 mars 2022]. Disponible sur: [https://apps.lucidcentral.org/euclid/text/entities/eucalyptus\\_radiata\\_subsp.\\_radiata.htm?zoom\\_highlight=eucalyptus+radiata](https://apps.lucidcentral.org/euclid/text/entities/eucalyptus_radiata_subsp._radiata.htm?zoom_highlight=eucalyptus+radiata)
- [115] Botanique.com [Internet]. [cité 7 mars 2022]. Disponible sur: <https://botanical.com/>
- [116] *Eucalyptus polybractea* [Internet]. [cité 7 mars 2022]. Disponible sur: [https://apps.lucidcentral.org/euclid/text/entities/eucalyptus\\_polybractea.htm?zoom\\_highlight=eucalyptus+polybractea](https://apps.lucidcentral.org/euclid/text/entities/eucalyptus_polybractea.htm?zoom_highlight=eucalyptus+polybractea)

- [117] *Eucalyptus smithii* [Internet]. [cité 16 mai 2022]. Disponible sur: [https://apps.lucidcentral.org/euclid/text/entities/eucalyptus\\_smithii.htm?zoom\\_highlight=gully+gum](https://apps.lucidcentral.org/euclid/text/entities/eucalyptus_smithii.htm?zoom_highlight=gully+gum)
- [118] Fabrowski FJ. *Eucalyptus smithii* R. T. Baker (Myrtaceae) como espécie produtora de óleo essencial no sul do Brasil. 29 mai 2013 [cité 20 avr 2022]; Disponible sur: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/25437>
- [119] El Orche A, Mamad A, Elhamdaoui O, Cheikh A, el Karbane M, Bouatia M. Comparison of Machine Learning Classification Methods for Determining the Geographical Origin of Raw Milk Using Vibrational Spectroscopy. *Journal of Spectroscopy*. 8 déc 2021; p:1-9.
- [120] Mohammed R. Spécialité : Chimie organique et produits naturels Option : Chimie Par. :71.
- [121] DAROUÏ-MOKADDEM Habiba. ETUDE PHYTOCHIMIQUE ET BIOLOGIQUE DES ESPECES *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Smyrniololus* (Apiaceae), *Asteriscus maritimus* ET *Chrysanthemum trifurcatum* (Asteraceae) - Sécheresse info [Internet]. [cité 28 avr 2022]. Disponible sur: <http://www.secheresse.info/spip.php?article29272>



# Serment de Galien

*Je jure en présence des maîtres de cette faculté :*

- D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*
- D'exercer ma profession avec conscience, dans l'intérêt de la santé public, sans jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.*
- D'être fidèle dans l'exercice de la pharmacie à la législation en vigueur, aux règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*
- De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession, de ne jamais consentir à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.*
- Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses, que je sois méprisé de mes confrères si je manquais à mes engagements.*

# قسم الصيدلي



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

القسم بطب الله العظيم

- أن أراقب الله في مهنتي
- أن أبجل أساتذتي الذين تعلمت على أيديهم مبادئ مهنتي وأعترف لهم بالجميل وأبقى دوما وفيا لتعاليمهم.
- أن أزاول مهنتي بوازع من ضميري لما فيه صالح الصحة العمومية، وأن لا أقصر أبدا في مسؤوليتي وواجباتي تجاه المريض وكرامته الإنسانية.
- أن ألتزم أثناء ممارستي للصيدلة بالقوانين المعمول بها وبأدب السلوك والشرف، وكذا بالاستقامة والترفع.
- أن لا أفشي الأسرار التي قد تعهد إلي أو التي قد أطلع عليها أثناء القيام بمهامي، وأن لا أوافق على استعمال معلوماتي لإفساد الأخلاق أو تشجيع الأعمال الإجرامية.
- لأحظى بتقدير الناس إن أنا تقيدت بعهودي، أو أحتقر من طرف زملائي إن أنا لم أف بالالتزاماتي.

وَاللَّهُ عَلَىٰ هَذَا قَوْلٌ شَهِيدٌ



المملكة المغربية  
جامعة محمد الخامس بالرباط  
كلية الطب والصيدلة  
الرباط



أطروحة رقم: 70

سنة : 2022

# الخصائص الكيميائية والبيولوجية للزيوت الأساسية: دراسة تجريبية على جودة زيوت الأوكالبتوس الأساسية المسوقة في السوق المغربي

## أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم : / / 2022

من طرف

السيدة إيمان ازوييل

المزادة في 30 أكتوبر 1997

لنيل شهادة

## دكتور في الصيدلة

الكلمات الأساسية : زيت أساسي؛ أوكالبتوس؛ غش؛ مراقبة الجودة

أعضاء لجنة التحكيم:

رئيس	السيد ياسر بوسليمان أستاذ في علم السموم
مشرف	السيد مصطفى بوعطية أستاذ في الكيمياء التحليلية والبروماتولوجيا
عضو	السيد جواد الحارثي أستاذ في الكيمياء العلاجية
عضو	السيد رشيد التجاري أستاذ في الأدوية والعقاقير