

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Université Mohammed Seddik Ben Yahia- Jijel

Faculté des Sciences Exactes & Informatique

Département de chimie



## Projet de fin d'études

*Pour l'obtention du Diplôme de Master en Chimie*

**Option : Chimie Organique**

**Thème**

*Etude et valorisation de la composition chimique des huiles essentielles d'une plante médicinale de la wilaya de Jijel*

**Présentée par : Boubendir Hayem**

**Ladjal Sakhria**

Soutenu le 28 / 09 / 2020

**Devant les membres de jury :**

**Mr. Messaadia Liamine**

**MCA**

**Président**

**Mlle. Boutabet kheira**

**MAA**

**Examinatrice**

**Mr. Boudjerda Azzedine**

**Professeur**

**Encadreur**

Promotion septembre 2020

## **Remerciements**

*Au nom d'Allah, le tout miséricordieux, le très miséricordieux.*

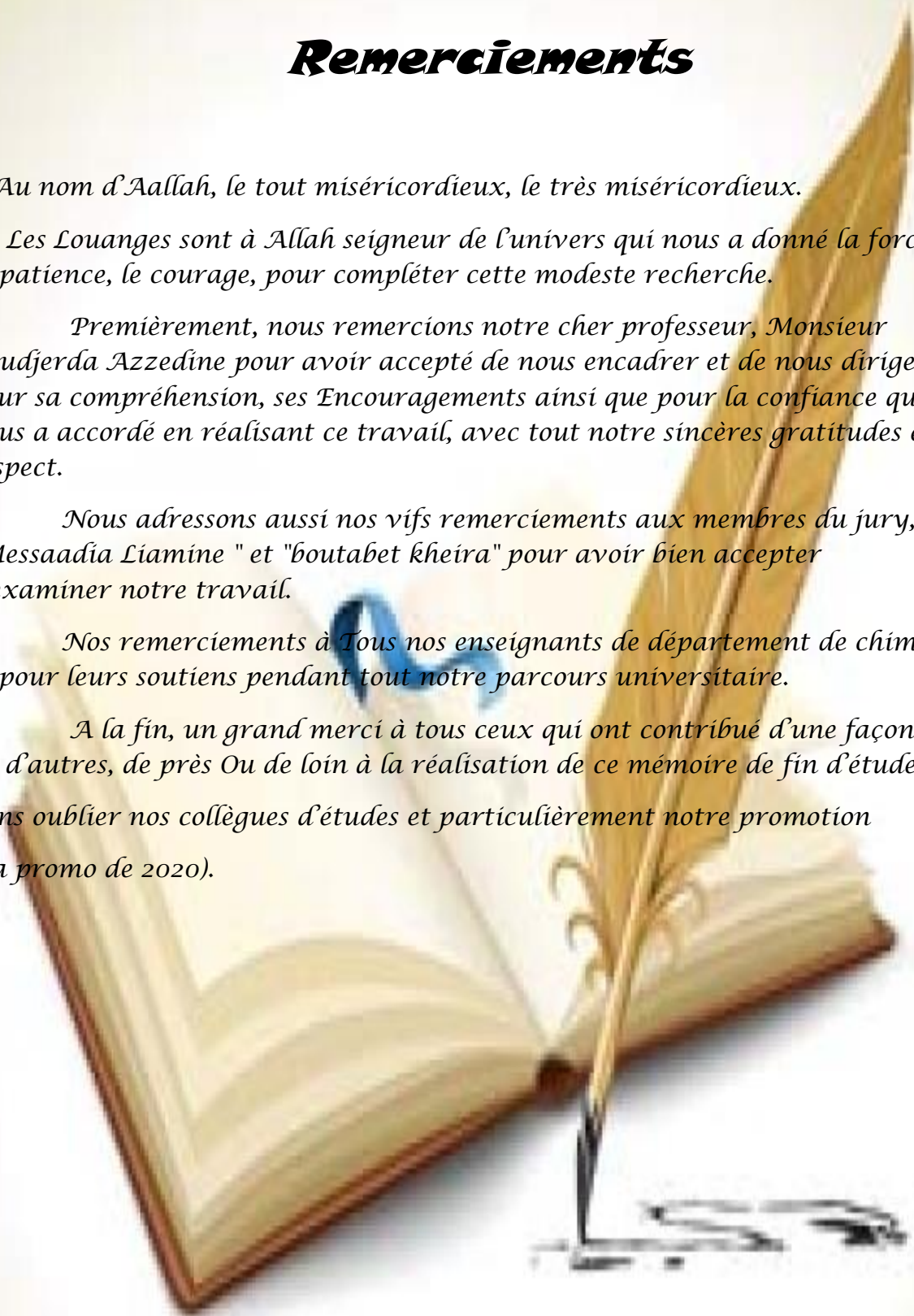
*Les Louanges sont à Allah seigneur de l'univers qui nous a donné la force, la patience, le courage, pour compléter cette modeste recherche.*

*Premièrement, nous remercions notre cher professeur, Monsieur Boudjerda Azzedine pour avoir accepté de nous encadrer et de nous diriger, pour sa compréhension, ses Encouragements ainsi que pour la confiance qu'il nous a accordé en réalisant ce travail, avec tout notre sincères gratitudes et respect.*

*Nous adressons aussi nos vifs remerciements aux membres du jury, "Messaadia Liamine " et "boutabet kheira" pour avoir bien accepté d'examiner notre travail.*

*Nos remerciements à Tous nos enseignants de département de chimie et pour leurs soutiens pendant tout notre parcours universitaire.*

*A la fin, un grand merci à tous ceux qui ont contribué d'une façon ou d'autres, de près Ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude, Sans oublier nos collègues d'études et particulièrement notre promotion (la promo de 2020).*



# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à :*

*Mes chers parents*

*Ma mère Wahiba et mon père Abdelhak*

*Pour leur patience illimitée, leur encouragement continu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect des sacrifices.*

*A mes chers frères : Youcef, Ramzi*

*A ma chère sœur : Chourouk*

*Que dieu les protège*

*A toute ma famille*

*A toutes mes chères amies*

*A ceux que j'ai eu la chance de connaître, dans les meilleurs et pires moments de ma vie.*

*A tous ceux que j'aime, à tous ceux qui m'aiment.*

*Je dédie ce modeste mémoire*

**HAYEM**

# *Dédicace*

*Ce projet de fin d'étude est dédié à :*

*A ma famille spécialement aux personnes les plus  
chères au monde :*

*Mon père Abderrahmane et ma mère Souad*

*A mon cher frère : Youcef Anes*

*A Mes chères sœurs : Selsabil et Tasnim*

*Que dieu les protège*

*A toutes ma famille paternelle et maternelles*

*A mon binôme : Hayem*

*A toutes mes amies d'enfance et mes collègues  
d'études*

*A toute personnes dont ils ont une place dans mon  
cœur, que j'estime et que j'aime*

*Enfin, à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.*

**SAKHRIA**

# Liste des abréviations

## Liste des abréviations

---

### Liste des abréviations

OMS : Organisation mondiale de la santé

MPUP : Matières premières à usage pharmaceutique

APG : Angiosperm Phylogeny Group

AcOEt : Acétate d'éthyle

n-BuOH : n-Butanol

CHCl<sub>3</sub> : Chloroforme

CG-MS : Chromatographie en phase gazeuse couplé à la spectrométrie de masse

CPG ou CG : Chromatographie en phase gazeuse

CO<sub>2</sub> : Dioxyde de carbone

°C : Degré celcius

C : Carbone

cm : Centimètre

EtOH : Ethanol

g : Gramme

HE : Huile essentielle

Ir : Indice de rétention

m : Mètre

MeOH : Méthanol

ml : Millilitre

µl : Microlitre

R : Rendement

SM : Spectrométrie de masse

UV : Ultra-violet

% : Pourcentage

# **Liste des tableaux**

**Liste des tableaux**

<b>Tableau (1) :</b> Quelques exemples de différents types des sesquiterpènes .....	<b>20</b>
<b>Tableau (2) :</b> Représentation de quelques classes des flavonoïdes et leur caractéristique .....	<b>27</b>
<b>Tableau (3) :</b> Classification des alcaloïdes .....	<b>32</b>
<b>Tableau (4) :</b> Classes des polyphénols .....	<b>34</b>
<b>Tableau (5) :</b> Taxonomie de la famille des Fabaceae .....	<b>44</b>
<b>Tableau (6) :</b> Place de l'espèce <i>Cytisus triflorus</i> dans la systématique .....	<b>46</b>
<b>Tableau (7) :</b> Résultats obtenus des extraits .....	<b>53</b>
<b>Tableau (8) :</b> Composition chimique des HE de l'espèce <i>Cytisus triflorus</i> .....	<b>60</b>



# Liste des Figures

**Liste des figures**

<b>Figure (1) :</b>	Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation.....	<b>14</b>
<b>Figure (2) :</b>	Avantages et inconvénients de quelques procédés d'extraction.....	<b>15</b>
<b>Figure (3) :</b>	Structure d'unité isoprène .....	<b>17</b>
<b>Figure (4) :</b>	Classification des terpènes .....	<b>18</b>
<b>Figure (5) :</b>	Quelques exemples des hémiterpènes .....	<b>18</b>
<b>Figure (6) :</b>	Quelques exemples des composants monoterpéniques .....	<b>19</b>
<b>Figure (7) :</b>	Quelques exemples de diterpènes .....	<b>21</b>
<b>Figure (8) :</b>	Quelques formes de triterpènes .....	<b>21</b>
<b>Figure (9) :</b>	Structures de caroténoïdes les plus réputées .....	<b>22</b>
<b>Figure (10) :</b>	Structure de caoutchouc et de Gutta-percha .....	<b>22</b>
<b>Figure (11) :</b>	Structure de base des flavonoïdes .....	<b>23</b>
<b>Figure (12) :</b>	Structure de flavane .....	<b>24</b>
<b>Figure (13) :</b>	Structure de Flavanone .....	<b>24</b>
<b>Figure (14) :</b>	Structure de flavone .....	<b>24</b>
<b>Figure (15) :</b>	Structure de flavonol .....	<b>25</b>
<b>Figure (16) :</b>	Structure de l'isoflavane .....	<b>25</b>
<b>Figure (17) :</b>	Structure de l'isoflavanol .....	<b>25</b>
<b>Figure (18) :</b>	Structure de l'isoflavanone .....	<b>25</b>
<b>Figure (19) :</b>	Structure de l'isoflavone .....	<b>26</b>
<b>Figure (20) :</b>	Structure des Anthocyanidines (cations flavilium) .....	<b>26</b>
<b>Figure (21) :</b>	Structure des chalcones .....	<b>26</b>
<b>Figure (22) :</b>	Structure des auronnes .....	<b>27</b>
<b>Figure (23) :</b>	Structure chimique de la nicotine .....	<b>31</b>

## Liste des figures

---

<b>Figure (24) :</b> Structure chimique de la caféine .....	<b>31</b>
<b>Figure (25) :</b> Quelques exemples des alcaloïdes .....	<b>32</b>
<b>Figure (26) :</b> Structure des acides gallique (A) et ellagique (B).....	<b>35</b>
<b>Figure (27) :</b> Structure des tanins condensés.....	<b>35</b>
<b>Figure (28) :</b> Photos de la plante <i>Cytisus triflorus</i> (A) : les fleurs et (B) : les feuilles ...	<b>45</b>
<b>Figure (29) :</b> Quelques exemples des produits obtenus à partir de la famille des fabacées .....	<b>48</b>
<b>Figure (30) :</b> Quelques exemples des produits obtenus à partir du genre <i>Cytisus</i> .....	<b>48</b>
<b>Figure (31) :</b> Extraction par solvant (décantation).....	<b>53</b>
<b>Figure (32) :</b> Evaporation des trois phases .....	<b>54</b>
<b>Figure (33) :</b> Les trois extraits obtenus après épuisement par des solvants .....	<b>54</b>
<b>Figure (34) :</b> Protocole d'extraction des métabolites secondaires .....	<b>55</b>
<b>Figure (35) :</b> Montage d'hydrodistillation .....	<b>56</b>
<b>Figure (36) :</b> Graphique représentatif du rendement des trois extraits .....	<b>60</b>

# *Sommaire*

## Sommaire

<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
------------------------------------	----------

### **Première partie : Recherche bibliographique**

#### **Chapitre I : La phytothérapie et les plantes médicinales**

<b>I.1- Développement de la phytothérapie .....</b>	<b>3</b>
I.1.1- Introduction .....	3
I.1.2- Définition .....	3
I.1.3- Différents types de la phytothérapie .....	4
I.1.4- Les avantages de la phytothérapie .....	4
<b>I.2- Les plantes médicinales .....</b>	<b>5</b>
I.2.1- Introduction .....	5
I.2.2- Généralité .....	5
I.2.3- Domaines d'application des plantes médicinales .....	6
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>8</b>

#### **Chapitre II : Métabolites secondaires**

<b>II.1- Introduction .....</b>	<b>10</b>
<b>II.2- Les huiles essentielles .....</b>	<b>10</b>
II.2.1- Définition .....	10
II.2.2- Localisation des huiles essentielles dans les plantes .....	11
II.2.3- Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles .....	12
II.2.4- Composition chimique des huiles essentielles .....	12
II.2.5- Domaine d'utilisation des huiles essentielles .....	12
II.2.6- La toxicité des huiles essentielles .....	13
II.2.7- Conservation des huiles essentielles .....	13

## Sommaire

---

II.2.8- Méthode d'extraction des huiles essentielles .....	13
a. La distillation.....	13
➤ Hydrodistillation.....	13
➤ Hydrodiffusion .....	14
➤ Entraînement à la vapeur d'eau .....	14
b. Extraction par dioxyde de carbone .....	14
c. Extraction à froid .....	15
II.2.9- Procédé d'extraction des métabolites secondaires .....	16
<b>II.3- Structure chimique de quelques métabolites secondaires .....</b>	<b>17</b>
<b>II.3.1- Les terpénoïdes .....</b>	<b>17</b>
II.3.1.1- Définition .....	17
II.3.1.2- Classification .....	17
a. Hémiterpènes .....	18
b. Monoterpènes .....	18
c. Sesquiterpènes .....	19
d. Diterpènes .....	20
e. Triterpènes .....	21
f. Tétraterpènes .....	22
g. Polyterpènes .....	22
II.3.1.3- L'intérêt pharmacologique des terpènes .....	23
<b>II.3.2- Les flavonoïdes .....</b>	<b>23</b>
II.3.2.1- Introduction .....	23
II.3.2.2- Classification des flavonoïdes .....	24

## Sommaire

---

II.3.2.3- Propriétés des flavonoïdes .....	29
II.3.2.3- Le rôle des flavonoïdes .....	29
a. Chez l'homme .....	29
b. Chez les plantes .....	29
<b>II.3.3- Les alcaloïdes .....</b>	<b>30</b>
II.3.3.1- Définition .....	30
II.3.3.2- Distribution .....	30
II.3.3.3- Classification des alcaloïdes .....	31
a. Classification biosynthétique.....	31
b. Classification structurale.....	32
II.3.3.4- Propriétés physico-chimiques et pharmacologiques .....	33
II.3.3.5- Rôle des alcaloïdes .....	33
II.3.3.5.1- Effet pharmacologique des alcaloïdes .....	33
II.3.3.5.2- Effet sur la plante.....	33
<b>II.3.4- Les composés phénoliques.....</b>	<b>34</b>
II.3.4.1- Classification.....	34
II.3.4.2- Rôle des polyphénols.....	34
<b>II.3.5- Les tanins.....</b>	<b>35</b>
II.3.5.1- Classification.....	35
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>36</b>

### **Chapitre III : Aperçus botanique sur l'espèce *Cytisus triflorus***

<b>III.1- Généralité .....</b>	<b>43</b>
<b>III.2- Présentation de la famille des fabaceae .....</b>	<b>43</b>
III.2.1- Définition .....	43
III.2.2- Aspect botanique .....	44
III.2.3- Classification des fabacées .....	44
<b>III.3- Présentation de l'espèce .....</b>	<b>45</b>
III.3.1- Description botanique de l'espèce <i>Cytisus triflorus</i> .....	45
III.3.2- Synonymes latins .....	46
III.3.3- Classification systématique .....	46
III.3.4- Quelques espèces du genre <i>Cytisus</i> .....	46
<b>III.4- Travaux antérieurs sur la famille des fabacées .....</b>	<b>47</b>
<b>III.5- Travaux antérieurs sur le genre <i>Cytisus</i> .....</b>	<b>48</b>
<b>Références bibliographique .....</b>	<b>49</b>

## **Deuxième partie : Partie expérimentale**

### **Matériel et méthodes**

<b>1. Etude chimique des métabolites secondaires .....</b>	<b>52</b>
1.1- Matière végétale .....	52
1.1.1- Récolte de la plante .....	52
1.1.2- Conservation .....	52
1.2- Etude chimique .....	52
1.2.1- Extraction .....	52



## Sommaire

---

1.2.2- Séparation liquide- liquide .....	52
1.2.3- Protocole d'extraction .....	52
<b>2. Etude chimique des huiles essentielles .....</b>	<b>56</b>
2.1- Matière végétale .....	56
2.2- Procédé d'extraction des huiles essentielles .....	56
2.3- Calcul du rendement .....	57
2.4- Analyse chromatographique de la composition chimique des huiles essentielles .....	57
<b>Résultat et discussions</b>	
<b>1.Extraction des métabolites secondaires .....</b>	<b>59</b>
1.1- Séparation liquide-liquide .....	59
1.2- Le rendement des extraits des trois phases .....	59
<b>2. Les huiles essentielles .....</b>	<b>60</b>
2.1- Rendement des huiles essentielles .....	60
2.2- Compositions chimiques des huiles essentielles ... ..	60
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>68</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>69</b>

*Introduction  
générale*

### Introduction générale

L'emploi des plantes à parfums et traitements médicinales, remontent à la plus haute antiquité ; au cours de ces dernières années, on s'intéresse de plus en plus au domaine des plantes aromatiques et médicinales, notamment les huiles essentielles [1]. Certaines institutions de recherche et entreprises pharmaceutiques, s'intéressent aux huiles essentielles et leurs constituants biochimiques, dans le but d'identifier leurs substances biologiquement actives. L'Algérie, de par, son aire géographique, sa diversité bioclimatique, présente d'importantes potentialités en matière de plantes aromatiques et médicinales qui fait partie du grand patrimoine végétal répartie à l'échelle nationale, sous différentes formes de végétation : forêts, steppes, etc [2].

Les plantes médicinales restent encore le premier réservoir de nouveaux médicaments, elles sont considérées comme source de matière première essentielle pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de futurs médicaments [3].

Cette matière végétale contient un grand nombre de molécules qui ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie alimentaire, en cosmétologie et en pharmacie ; Parmi ces composés on retrouve, les coumarines, les alcaloïdes, les acides phénoliques, les tannins, les terpènes et les flavonoïdes [4].

Les plantes aromatiques sources de ces substances sont largement répandues dans la nature. L'Algérie abrite un ensemble d'espèces importantes et variées et témoigne de ce fait d'une richesse floristique incontestable [5]. C'est pourquoi, nous nous sommes intéressés à étudier certaines plantes, poussant à l'état spontané dans les monts de la région de Jijel. Ce travail a pour objet l'extraction et valorisation de la composition chimique des huiles essentielles d'une espèce végétale qui est *Cytisus triflorus*, appartenant à la famille des fabacées.

Cette espèce elle est utilisée en médecine traditionnelle algérienne pour traiter les douleurs abdominales, la cicatrisation des plaies et comme hémostatique et antifongique [6].

Dans le cadre de cette étude, ce mémoire est composé de deux parties. La première partie propose une mise au point bibliographique. Elle est divisée en trois chapitres :

- Le premier chapitre : la phytothérapie et les plantes médicinales.
- Le second chapitre : métabolites secondaires.
- Le troisième chapitre : Aperçus botanique sur l'espèce *Cytisus triflorus*

## Introduction générale

---

Dans la seconde partie (pratique), nous avons décrit en détail le matériel végétal, puis l'extraction et étude des huiles essentielles. Les résultats obtenus sont ensuite amplement discutés. Le manuscrit est achevé par une conclusion générale, les annexes et la liste des références bibliographiques.



**Première partie**

**Recherche  
Bibliographique**

# Chapitre I

## **La phytothérapie et les plantes médicinales**

---

### **I.1- Le développement de la phytothérapie**

### **I.2- Les plantes médicinales**

---

## I.1- Développement de la phytothérapie

### I.1.1- Introduction

Le recours à la phytothérapie s'est répandu partout dans le monde et a gagné en popularité, non seulement les populations des pays en développement y ont accès mais aussi ceux des pays où la biomédecine occupe une grande place dans le système de santé. L'organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'environ 80% de la population mondiale compte toujours sur l'utilisation des plantes médicinales comme un premier traitement [7].

Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie : en alimentation, en cosmétologie et en pharmacie. Parmi ces composés on retrouve dans une grande mesure les métabolites secondaires qui se sont surtout illustrés en thérapeutique. C'est pour cela que l'industrie pharmaceutique se tourne vers la nature et a entrepris une vaste étude sur le terrain pour répertorier les plantes les plus prometteuses parce qu'il est nécessaire aujourd'hui, de valider l'usage traditionnel de ces plantes et d'évaluer scientifiquement leurs activités pharmacologiques retenues [8].

En Algérie, la phytothérapie est ancrée dans les mœurs, l'importante richesse de sa flore médicinale, les connaissances ancestrales enrichies au fil des siècles par le brassage des cultures berbère, romaine et arabo musulmane ainsi que l'expérience de la population en médecine traditionnelle constituent un véritable héritage culturel et font que les plantes médicinales continuent aujourd'hui encore à avoir toute leur importance en matière de soins et ce malgré l'avènement de la médecine moderne. L'usage de la phytothérapie chez les adultes a été largement étudié dans le monde et en Algérie où des taux considérables de recours aux plantes médicinales ont été rapportés dans plusieurs études [9].

### I.1.2- Définition

La phytothérapie vient du grec et signifie « soigner par les plantes » [10].

La phytothérapie est la médecine par les plantes, selon l'O.M. S (organisation mondiale de la santé) elle est considérée comme médecine alternative.

La phytothérapie désigne la médecine basée sur les extraits de plantes et les principes actifs naturels. On peut la distinguer en trois (3) types de pratiques :

- Une pratique traditionnelle, parfois très ancienne basée sur l'utilisation de plantes selon les vertus découvertes empiriquement.

Selon l'OMS<sup>1</sup>, cette phytothérapie est considérée comme une médecine traditionnelle et encore massivement employée dans certains pays dont les pays en voie de développement. C'est le plus souvent une médecine non conventionnelle du fait de l'absence d'étude clinique.

- Une pratique basée sur les avancées et preuves scientifiques qui recherchent des extraits actifs dans les plantes.

Les extraits actifs identifiés sont standardisés. Cette pratique débouche suivant les cas sur la fabrication de médicaments pharmaceutiques ou de phyto-médicaments, et selon la réglementation en vigueur dans le pays, leur circulation est soumise à l'autorisation de mise sur le marché pour les produits finis, et à la réglementation sur les matières premières à usage pharmaceutique (MPUP) pour les préparations magistrales de plantes médicinales, celles-ci étant délivrées exclusivement en officine [11].

### **I.1.3- Différents types de la phytothérapie**

On peut distinguer différents types de thérapies par les plantes :

- **Herboristerie** : l'utilisation des différentes parties des plantes (racine, feuilles, fleurs...ou la plante entière) sous différentes formes galéniques.
- **Aromathérapie** : l'utilisation des huiles essentielles obtenues grâce à divers procédés d'extraction.
- **Gemmothérapie** : l'utilisation des bourgeons de la plante [12].

**Phytothérapie pharmaceutique** : utilise des produits d'origines végétales obtenus par extraction et qui sont dilués dans l'alcool éthylique ou un autre solvant. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés sous forme de sirop, de gouttes, de gélules... [13]

### **I.1.4- Les avantages de la phytothérapie**

Malgré les énormes progrès réalisés par la médecine moderne, la phytothérapie offre de multiples avantages. N'oublions pas que tout temps à l'exception de ces dernières années, les hommes n'ont pas eu que les plantes pour se soigner, qu'il s'agisse de maladies bénignes, rhume ou toux ou plus sérieuses, telles que la tuberculose ou la malaria.

Aujourd'hui, les traitements à base des plantes reviennent au premier plan, car l'efficacité des médicaments tels que les antibiotiques (considérés comme la solution quasi universelle aux



infection graves) décroît, les bactéries et les virus se sont peu à peu adaptés aux médicaments et leurs résistent de plus en plus.

La phytothérapie qui repose sur des remèdes naturels est bien acceptée par l'organisme, et souvent associée aux traitements classiques. Elle connaît de nos jours un renouveau exceptionnel en occident, spécialement dans le traitement des maladies chroniques comme l'asthme ou l'arthrite [14].

## **I.2. Les plantes médicinales**

### **I.2.1- Introduction**

L'utilisation des plantes médicinales est en croissance dans la plupart des pays du monde. Cette utilisation est principalement fondée sur l'idée que les plantes sont un moyen naturel de traitement pauvre de tout risque [15]. A travers les siècles, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales. Si certaines pratiques médicales paraissent étranges et relèvent de la magie, d'autre au contraire semble plus fondée, plus efficaces. Pourtant, toutes ont pour objectif de vaincre la souffrance et d'améliorer la santé des humains.

Une plante médicinale est définie par la pharmacopée française note 1 comme une « drogue végétale au sens la pharmacopée européenne dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses ». Une « drogue végétale » est une plante ou une partie de plante, utilisées en l'état, soit le plus souvent sous forme desséchée soit à l'état frais [16].

### **I.2.2- Généralité**

Une plante est dite médicinale (ou officinale) lorsqu'un de ses organes possède des activités pharmacologiques, pouvant conduire à des emplois thérapeutiques. On utilise généralement qu'une partie de la plante : la racine, la feuille, la fleur, la graine, ... la plus riche en principe actif [17].

La définition d'une plante médicinale est très simple. En fait il s'agit d'une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux. Les plantes médicinales sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses [18].

Environ 35 000 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains.

Les plantes médicinales continuent de répondre à un besoin important malgré l'influence croissante du système sanitaire moderne [19].

Les plantes médicinales restent encore le premier réservoir de nouveaux médicaments, elles sont considérées comme source de matière première essentielle pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de futurs médicaments [3].

Cette matière végétale contient un grand nombre de molécules qui ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie alimentaire, en cosmétologie et en pharmacie ; Parmi ces composés on retrouve, les coumarines, les alcaloïdes, les acides phénoliques, les tannins, les terpènes et les flavonoïdes [4].

Aujourd'hui, l'Algérie constitue un importateur net de plantes aromatique et médicinales, elle importe presque la totalité de ses besoins en plantes aromatique, médicinales et huiles essentielles. Aussi, la matière brute de ces plantes est vendue à des prix dérisoires, par contre que le produit fini est importé à des prix exorbitants. C'est pour cela que l'Algérie devrait rendre le marché des plantes médicinales une filière à part entière profit de son riche potentiel, à l'instar des autres pays du Maghreb [20]. Quant à la grande diversité des plantes médicinales en Algérie et leur usage, une synthèse regroupant toutes ces informations à l'échelle nationale devrait être rapidement entreprise. De tout temps, les plantes médicinales ont eu une grande influence et occupé une place importante dans la vie quotidienne en Algérie, on peut observer cette influence même sur les timbres postaux [21].

### **I.2.3- Domaines d'application des plantes médicinales**

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

Il y a eu donc un réveil vers un intérêt progressif dans l'utilisation des plantes médicinales dans les pays développés comme les pays en voie de développement, parce que les herbes fines guérissent sans effet secondaire défavorable.

- Utilisation en médecine

Selon les estimations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), plus de 80 % de la Population mondiale, surtout dans les pays en voie de développement, ont recours aux

traitements traditionnels pour satisfaire leurs besoins en matière de santé et de soins primaires.

- Utilisation en alimentation

Assaisonnement des boissons, des colorants et des composés aromatiques, les épices et les herbes aromatiques utilisés dans l'alimentation sont considérés comme condimentes et aromates.

- Utilisation en cosmétique

Des produits de beauté, parfums et articles de toilette, produits d'hygiène...etc [22].

**Références bibliographiques :**

- [1] Richard H, Quelques épices et aromates et leurs huiles essentielles. Série synthèses bibliographiques. BNIST, CDIUPA, ENSIA. Ing. D. Davis, California. **1974, P 1-4**
- [2] Quezel P, Les forêts du pourtour méditerranéen, Université d'Aix-Marseille, MAB 2, Forêts et maquis méditerranéens : écologie, conservation et aménagement. UNESCO Paris. **1976, P 9-33**
- [3] Maurice N, L'herboristerie d'antan à la phytothérapie moléculaire du XXI<sup>e</sup> siècle. Ed. Tec et Doc, Paris. France. **1997. P 12-14**
- [4] Bahorun T, Gressier B, Trotin F, Brunet C, Dine T, Luyckx M, Vasseur J, Cazin M, Cazin J C, Pinkas M, Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arznei. Forschung.* Vol. (46), **1996. P 1086-1089**
- [5] Lamamra M, *Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de Tinguarrasicula (L.) Parl. et de Filipendula hexapetala Gibb.* Mémoire de magister en sciences biologiques, **2007. P 8-17**
- [6] Madoui S. Activités Biologiques Des Extraits De Cytisus Triflorus. Doctorat en sciences, Université Ferhat Abbas Sétif 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, **2018**
- [7] Khalil E.A, Afifi F.U. and Al-Hussaini M, Evaluation of the wound healing effect of some Jordanian traditional medicinal plants formulated in Pluronic F127 using mice (*Mus musculus*). *Journal of Ethnopharmacology.* **2007. 109. P 104-112**
- [8] Bruneton J, Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3<sup>ème</sup> édition, Ed. TEC et DOC, Paris. **1999**
- [9] Mkedder. N, Hakem. Y, Etude de l'utilisation de la phytothérapie chez l'enfant dans la région de Tlemcen (Algérie) [Diplôme de doctorat en pharmacie], Université Abou Bekr Belkaid, Faculté de médecine. **2018**
- [10] [https://www.iesv.org > wp-content > uploads > 2015/11 > YIESVLIP](https://www.iesv.org/wp-content/uploads/2015/11/YIESVLIP) Les plantes médicinales, **2015-2016**
- [11] Sebai M, Boudali. M, La phytothérapie entre la confiance et méfiance [Mémoire professionnel], Institut de formation paramédical Chettia. **2012**
- [12] Vernex-Lozet C. Les possibilités de la phytothérapie en Geriatrie canine. Thèse de doctorat Université de Lyon. **2011. P17**

- [13] Strang C, Larousse medical. Ed Larousse. **2006**
- [14] Iserin P, Larousse encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparation, soins. 2 London : Larousse. **2001 (P 335)**
- [15] Elyaagoubi S. Les intoxications par les médicaments traditionnelles chez le nouveau-né (à propos 11 cas ), thèse de doctorat en médecine. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah en Maroc, Faculté de médecine de pharmacie. **2016. P8**
- [16] Communiqué de l'Académie nationale de médecine (CANM), 6 décembre. **2006**
- [17] <http://plantesmedicinales.free.fr/introduction.htm>
- [18] Farnsworth N. R, Akerele O, Bingel A. S, Soejarto D. D. et Guo Z. Places des plantes médicinales dans la thérapeutique. Bulletin de l'organisation mondiale de la santé., 64 (2), **1986. P 159-164**
- [19] Elqaj M, Ahami A. et Belghyti D. 2. La phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antiparasitaires. Journée scientifique "ressources naturelles et antibiotiques". Maroc. **2007**
- [20] A.P. S (Algérie Press Service). Plantes aromatiques et médicinales en Algérie : une marche potentielle non structurée. Université Mohamed khider-Biskra Faculté des Sciences de la Nature et de la vie. Exactes et de la vie. Département des sciences Agronomique, Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région médicinales des Aurès. **2015**
- [21] <http://www.philalgerie.com>
- [22] Bahorun T, Substances naturelles actives, la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. Food and Agricultural Research. Conseil Mauritus, Amas. **1997**

# Chapitre **II**

## **Métabolites secondaires**

---

### **II.1- Introduction**

### **II.2- Les huiles essentielles**

### **II.3- Structure chimique de quelques métabolites secondaires**

---

## II.1- Introduction

Les plantes produisent un grand nombre de composés pour lequel on ne sait pas toujours le rôle qu'ils jouent exactement pour la plante. Ces composés ne sont pas directement synthétisés lors de la photosynthèse, mais résultent des réactions chimiques ultérieures, on les appelle donc des métabolites secondaires [1].

Les métabolites secondaires sont présents dans toutes les plantes supérieures, et ayant une répartition limitée dans l'organisme de la plante. Dont plus de 200.000 structures ont été définies et sont d'une variété structurale extraordinaire mais sont produits en faible quantité. Ces molécules marquent de manière originale, une espèce, une famille ou un genre de plante et permettent parfois d'établir une taxonomie chimique [2].

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées en petites quantités par les plantes autotrophes, [1] Ils représentent une variété très large de composés organiques sans fonctionner directement dans la croissance et développement des plantes [3]. Cependant, ils jouent d'autres rôles importants, dans : l'odorat la protection contre les insectes, les herbivores, comme ils ont aussi un rôle important dans les interactions de la plante avec son environnement.

Ils sont divisés principalement en deux catégories :

- **Les substances non volatiles** : alcaloïdes, anthocyanes, flavonoïdes, tannins connus pour leurs activités pharmacologiques ou leurs propriétés pigmentaires.
- **Les substances volatiles** : terpènes et composés aromatiques, qui constituent les huiles essentielles utilisées en parfumerie, aromathérapie, pharmacopée traditionnelle, pharmacie ou comme arômes alimentaires [4].

## II.2- Les huiles essentielles

### II.2.1- Définition

Selon la huitième édition de la pharmacopée française une huile essentielle, appelée également essence ou l'huile volatile est définie comme étant un produit de composition généralement assez complexe, renfermant les principes volatiles contenue dans les végétaux [5].

Ce sont des substances odorantes, huileuses, volatiles, incolores, ou jaunâtres, inflammables, s'altérant facilement à l'aire en se résinifiant.

Elles sont ordinairement liquides à la température ambiante, et n'ont pas le caractère gras et onctueux des huiles fixes, au toucher [6].

Selon Naves, aucun des définitions des huiles essentielles n'a le mérite de la clarté, ni celui de la précision. La meilleure et la plus générale est peut-être la suivante : « les huiles essentielles sont des mélanges de divers produits issus d'une espèce végétale, ces mélanges passant avec une certaine proportion d'eau lors d'une distillation effectuée dans un courant de vapeur d'eau » [7].

La norme AFNOR définit une huile essentielle comme étant un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, qui peut être obtenu par distillation, comme à titre d'exemple l'entraînement à la vapeur d'eau, et qui sera ensuite séparé de la phase aqueuse par des procédés physiques [8].

### II.2.3- Localisation des huiles essentielles dans les plantes

Les huiles essentielles sont largement répandues dans le règne végétal avec des familles à haute teneur en matières odorantes comme les conifères, les rutacées, les myrtacées, les ombellifères, les lamiacées, les géraniacées etc.

Les essences peuvent être localisées dans des cellules sécrétrices isolées (cas des lauracées et magnoliacées), mais on les trouve le plus souvent dans des organes sécréteurs spécialement différenciés et variables suivant les familles botaniques. On peut citer, par exemple, les poils sécréteurs des lamiacées, les poches sécrétrices des rutacées et les canaux sécréteurs des conifères. L'appareil sécréteur peut être externe, comme dans bon nombre de lamiacées, ou bien interne, comme c'est le cas pour les différents eucalyptus (myrtacées).

Elles peuvent être stockées dans divers organes végétaux :

- Les fleurs (ylang-ylang, bergamotier, rose...);
- Les sommités fleuries (tagète, lavande...);
- Les feuilles (citronnelle, eucalyptus, laurier, ...);
- Les racines (vétiver);
- Les rhizomes (gingembre, curcuma, ...);
- Les fruits (ainsi, badiane, ...);
- Les bois (bois de rose, santal, ...);
- Les graines (ambrette, muscade, ...) [9].



### II.2.4- Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont liquides ou solides à température ambiante, volatiles ce qui les différencie des huiles fixes, ce sont des liquides d'odeur et de saveur généralement fortes. Elles sont peu miscibles à l'eau, voire non miscible, En revanche, elles sont généralement assez solubles dans les solvants organiques. Rarement colorées ou de couleur jaune pâle à l'état liquide et à température ordinaire. Leur densité est le plus souvent inférieure à un à l'exception de quelques cas. Elles sont peu solubles dans l'eau, solubles dans les huiles végétales dans les alcools et dans la plupart des solvants organiques [10].

### II.2.5- Composition chimique des huiles essentielles

Comme toute substance, les huiles essentielles se caractérisent par une composition chimique analysable et très variable. Le nombre de composants isolés est d'environ des milliers et il en reste beaucoup à découvrir [11]. Ces constituants appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes (les composés terpéniques) et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, beaucoup moins fréquents. Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils [12].

### II.2.6-Domaine d'utilisation des huiles essentielles :

Ces produits naturels présentent un grand intérêt comme matière première destinée à différents secteurs d'activité tels que :

#### A-En pharmacie :

Les huiles essentielles peuvent être utilisées comme :

- Aromatisant des médicaments destinés à la voie orale [13].
- Pour leurs actions physiologiques (Menthes, Verveine, Camomille).

#### B - Dans l'industrie :

- Parfumerie et cosmétologie : De nombreux parfums sont toujours d'origine naturelle et certaines huiles essentielles constituent des bases de parfums.

Exemples : Rose, Jasmin, Vétiver, Ylang-ylang, etc.... [14]

- Alimentation : Les huiles essentielles (huile de citron, de menthe, de girofle) sont très utilisées dans l'aromatization des aliments (jus de fruits, pâtisserie) [13,14].

Quel que soit le secteur d'activité, l'analyse des huiles essentielles reste une étape importante qui, malgré les progrès constants des différentes techniques de séparation et d'identification,

demeure toujours une opération délicate qui nécessite la mise en œuvre simultanée ou successive de diverses techniques [15].

### **II.2.7- La toxicité des huiles essentielles**

Les huiles essentielles ne sont pas des produits qui peuvent être utilisés sans risque. Comme tous les produits naturels : "ce n'est pas parce que c'est naturel que c'est sans danger pour l'organisme" [16]. Par leur composition chimique riche, les huiles essentielles doivent être utilisées avec une extrême prudence, du fait qu'elles peuvent présenter de très graves dangers lors d'une utilisation aléatoire autonome, surtout que le consommateur est attiré par la facilité d'emploi de ces essences en absorption interne ou en application externe, en ignorant que certaines sont plus rapidement dangereuses que les autres. D'autres sont à éviter durant la grossesse, l'hypertension ou l'affections dermatologique.

L'automédication est dangereuse, souvent favorisée par le fait que bon nombre de ces produits sont distribués en dehors du secteur pharmaceutique [17].

### **II.2.8- Conservation des huiles essentielles :**

A cause de leur évaporation rapide, leur sensibilité à l'air et à la lumière, les huiles essentielles doivent être conservées dans des flacons opaques et fermés hermétiquement. [18,19] Une essence bien distillée se conserve trois ans au moins.

### **II.2.9- Méthodes d'extraction des huiles essentielles**

L'extraction des huiles essentielles de la matière végétale peut être réalisée au moyen de, nombreuses et diverses méthodes, basés sur plusieurs techniques :

#### **a. La distillation**

La distillation reste la méthode la plus prisée du fait qu'elle est facile à mettre en œuvre, il existé trois différents procédés utilisant le principe de la distillation : l'hydrodistillation, l'hydrodiffusion et distillation par entraînement à la vapeur d'eau.

#### **➤ Hydrodistillation**

La plante est mise en contact avec l'eau dans un ballon lors d'une extraction au laboratoire ou dans un alambic industriel. Le tout est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et les huiles essentielles se séparent de l'eau par différence de densité [20,21,22].

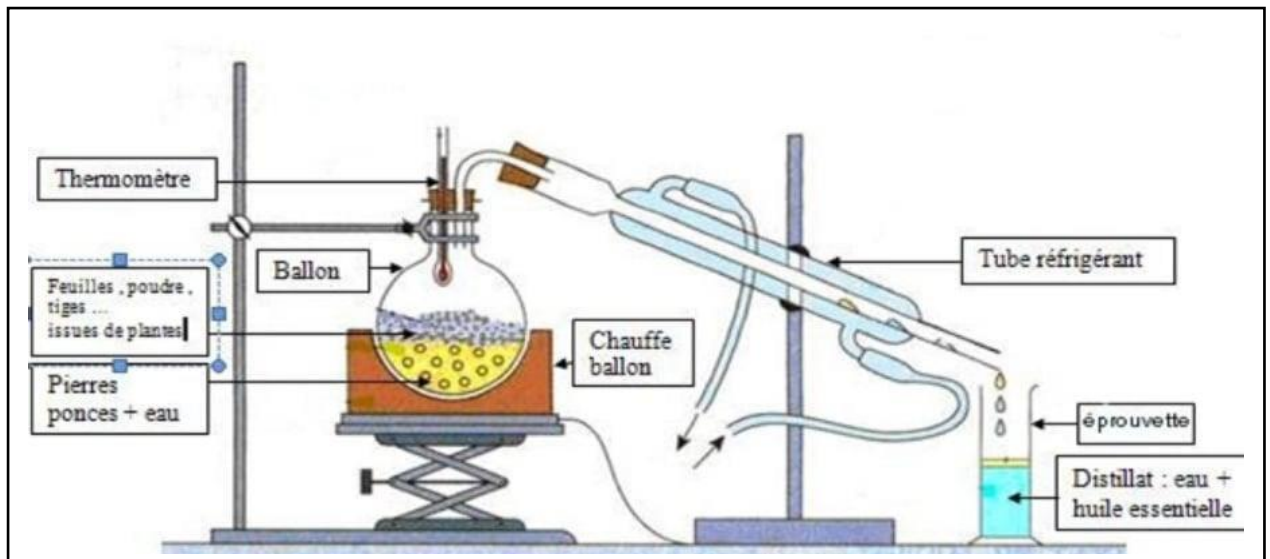


Figure (1) : Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation.

### ➤ Hydrodiffusion

Cette technique est relativement récente. Elle consiste à faire passer du haut vers le bas, et à pression réduite la vapeur d'eau à travers la matière végétale. L'avantage de cette méthode est d'être plus rapide donc moins de dommage pour les composés volatiles [23].

### ➤ Entraînement à la vapeur d'eau

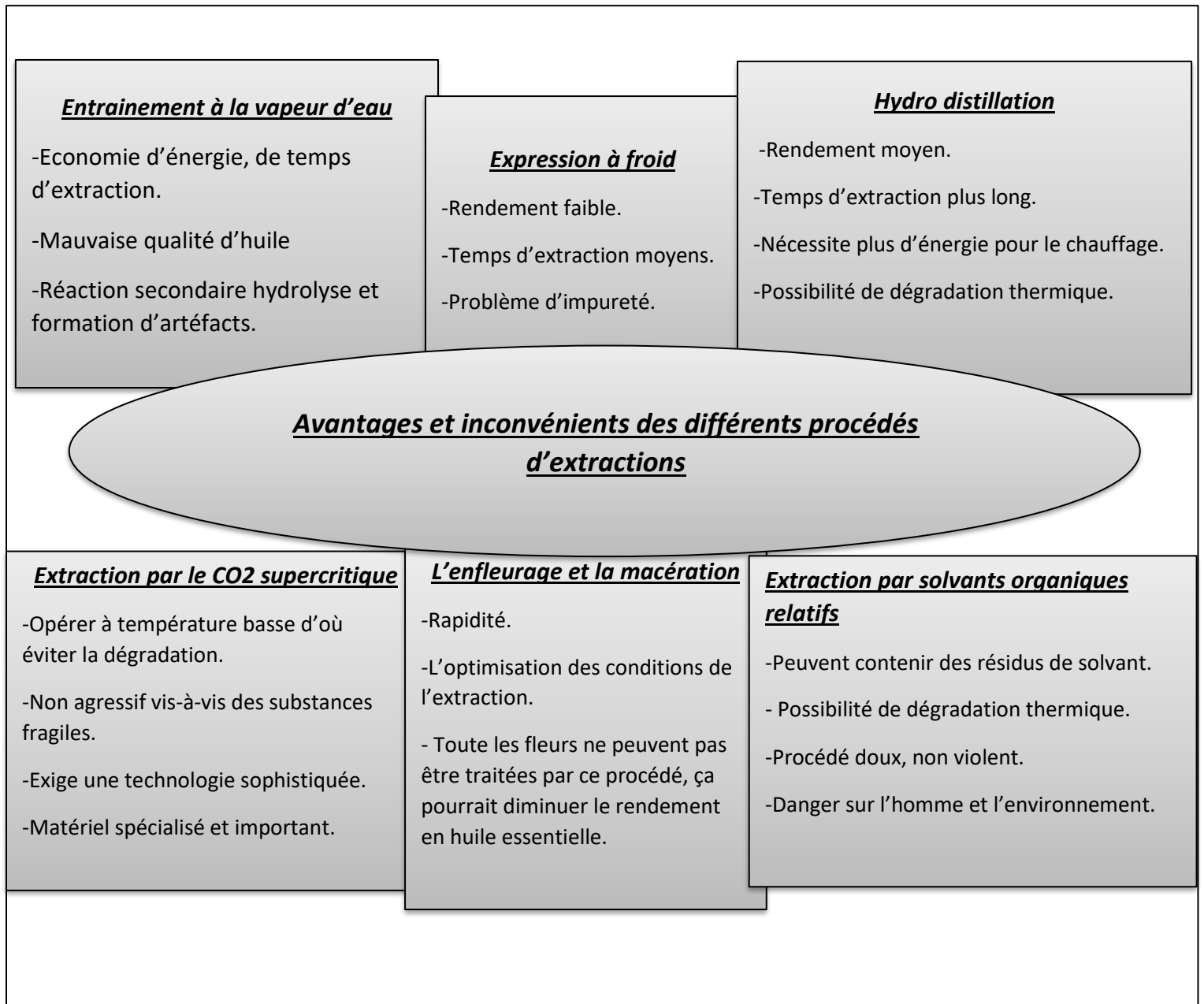
L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. A la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter [24]. Il est placé sur une grolle perforée au-dessus de la base de l'alambic. Les composés volatiles entraînés par la vapeur d'eau vont pouvoir être séparé par décantation du distillat refroidi [25].

### b. Extraction par dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>

La technique est fondée sur la solubilité des constituants dans le dioxyde de carbone à l'état supercritique. Grâce à cette propriété, le dioxyde de carbone permet l'extraction dans le domaine liquide (supercritique) et la séparation dans le domaine gazeux. Le dioxyde de carbone est liquéfié par refroidissement et comprimé à la pression d'extraction choisie. Il est ensuite injecté dans l'extracteur contenant le matériel végétal, puis le liquide se détend pour se convertir à l'état gazeux pour être conduit vers un séparateur où il sera séparé en extrait et en solvant [26].

### c. Expression à froid

L'extraction par expression est souvent utilisée pour extraire les huiles essentielles des agrumes comme l'orange, le citron, la mandarine, etc. Son principe consiste à briser mécaniquement les poches à essences. L'huile essentielle est séparée par centrifugation ou décantation. D'autres machines rompent les poches par dépression et recueillent immédiatement l'huile essentielle, ce qui évite les dégradations liées à l'action de l'eau [27].



**Figure (2) : Avantages et inconvénients de quelques procédés d'extraction.**

### **II.2.10- Procédé d'extraction des métabolites secondaires**

Il existe différentes méthodes d'extraction des métabolites secondaires [28,29]. L'une de ces méthodes est adoptée par notre laboratoire, est se fait selon les étapes suivantes :

#### **1-dessechement et broyage de la plante (feuilles et fleures)**

#### **2-La macération**

La macération est une méthode qui consiste à laisser la poudre de la plante en contact prolongé avec un solvant à température ambiante pendant 48h [30]. Le choix de solvant est orienté par les caractéristiques chimiques spécifiques pour chaque famille de métabolites secondaires [31].

Généralement les solvants les plus utilisées sont l'éthanol, le méthanol ou même l'eau. Dans ce travail on a utilisé un mélange hydroalcoolique, MeOH/eau (70 :30).

#### **3-Extraction de type (liquide-liquide) par des solvants de polarités croissante**

C'est une opération fondamentale de transfert de matière entre deux phases liquides non miscibles, sans transfert de chaleur.

Elle consiste à extraire un ou plusieurs constituants d'une solution par Dissolution au contact d'un solvant dans lesquels les corps sont solubles [32].

Les solvants qu'on a utilisés sont :

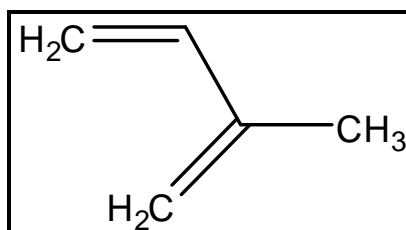
- Le chloroforme (CHCl<sub>3</sub>) : pour l'extraction des substances apolaires.
- L'acétate d'éthyle (ACOET) : extraction des molécules moyennement polaires.
- Le n-butanol (n-but-OH) : extraction des composés polaires.

## II.3- Structure chimique de quelques métabolites secondaires

### II.3.1- Les terpénoïdes

#### II.3.1.1- Définition

Les terpènes sont des hydrocarbures formés par assemblage de deux ou plusieurs unités isopréniques, ce sont des polymères de l'isoprène de formule brute  $C_5H_8$  (**figure 1**). Les huiles essentielles contiennent particulièrement des monoterpènes, des sesquiterpènes et peu souvent de diterpènes. Les terpènes sont de structures très diverses (acycliques, monocycliques, bicycliques...) et contiennent la plupart des fonctions chimiques des matières organiques.



**Figure (3) : Structure d'unité isoprène.**

#### II.3.1.2- Classification

Dans le règne végétal, les terpénoïdes sont classés dans la catégorie des métabolites secondaires (avec les flavonoïdes et les alcaloïdes). Leur classification est basée sur le nombre de répétitions de l'unité de base isopréniques penta carbonées  $(C_5)_n$  ramifiées, on peut les classer en : hémiterpènes ( $C_5$ ), monoterpènes ( $C_{10}$ ), sesquiterpènes ( $C_{15}$ ), diterpènes ( $C_{20}$ ), triterpènes ( $C_{30}$ ), tétraterpènes ( $C_{40}$ ) et polyterpènes [33].

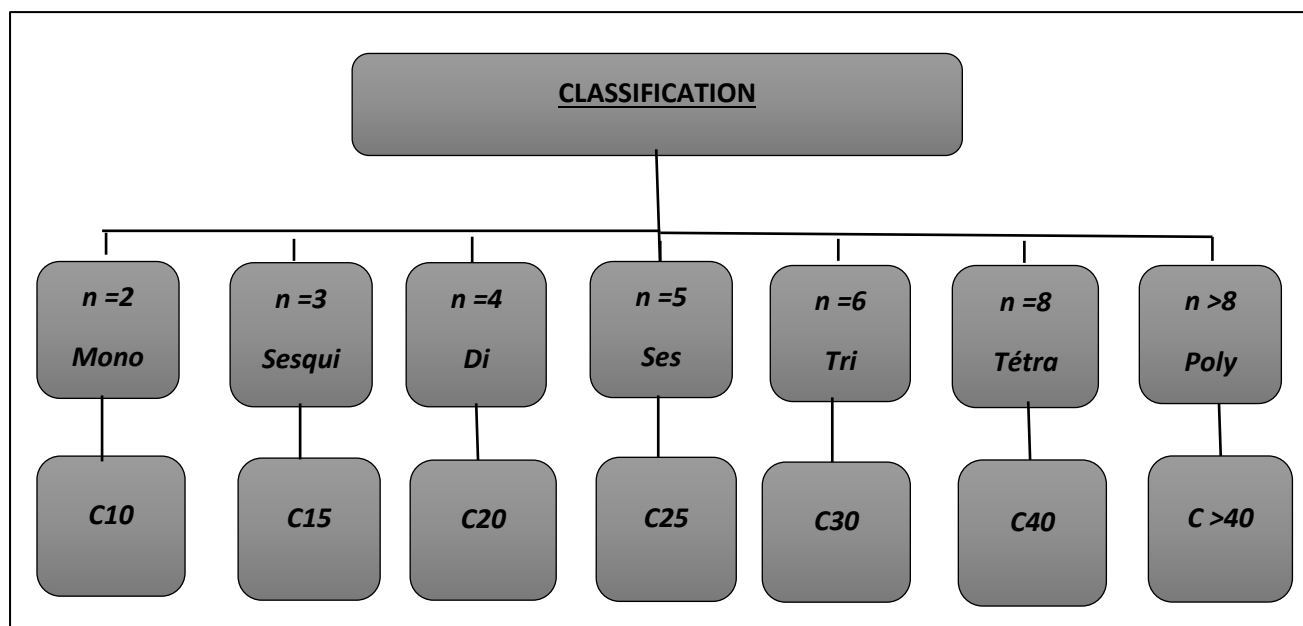


Figure (4): Classification des terpènes

#### h. Hémiterpènes

Les hémiterpènes se composent d'une unité d'isoprène unique. L'isoprène est lui-même considéré comme le seul hémiterpène, mais des dérivés oxygénés tels que préinol et acide isovalérique sont des hémiterpénoïdes. [34]

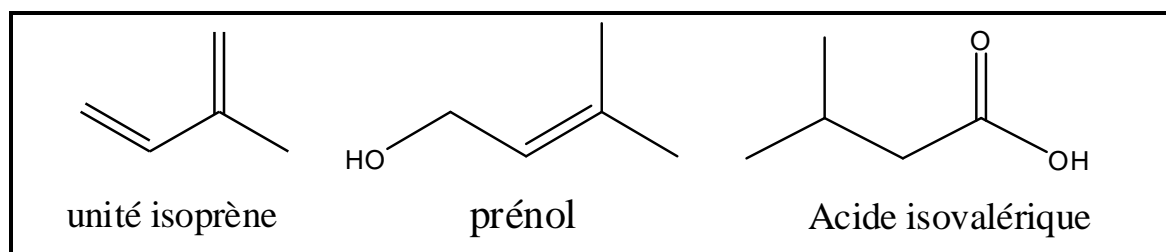


Figure (5) : Quelques exemples des hémiterpènes.

#### i. Monoterpènes :

Sont les constituants les plus simples de la série des terpènes, issus du couplage de deux unités isopréniques. Ces composés constituent souvent avec les sesquiterpènes, la plus grande partie des huiles essentielles, c'est leur point d'ébullition peu élevé qui détermine le caractère volatil de ces composés.

Les monoterpènes peuvent être acycliques ou cycliques qui sont à leur tour divisés en cinq groupes (groupe pinane; thujane; camphane; carane et fenchone) [35].

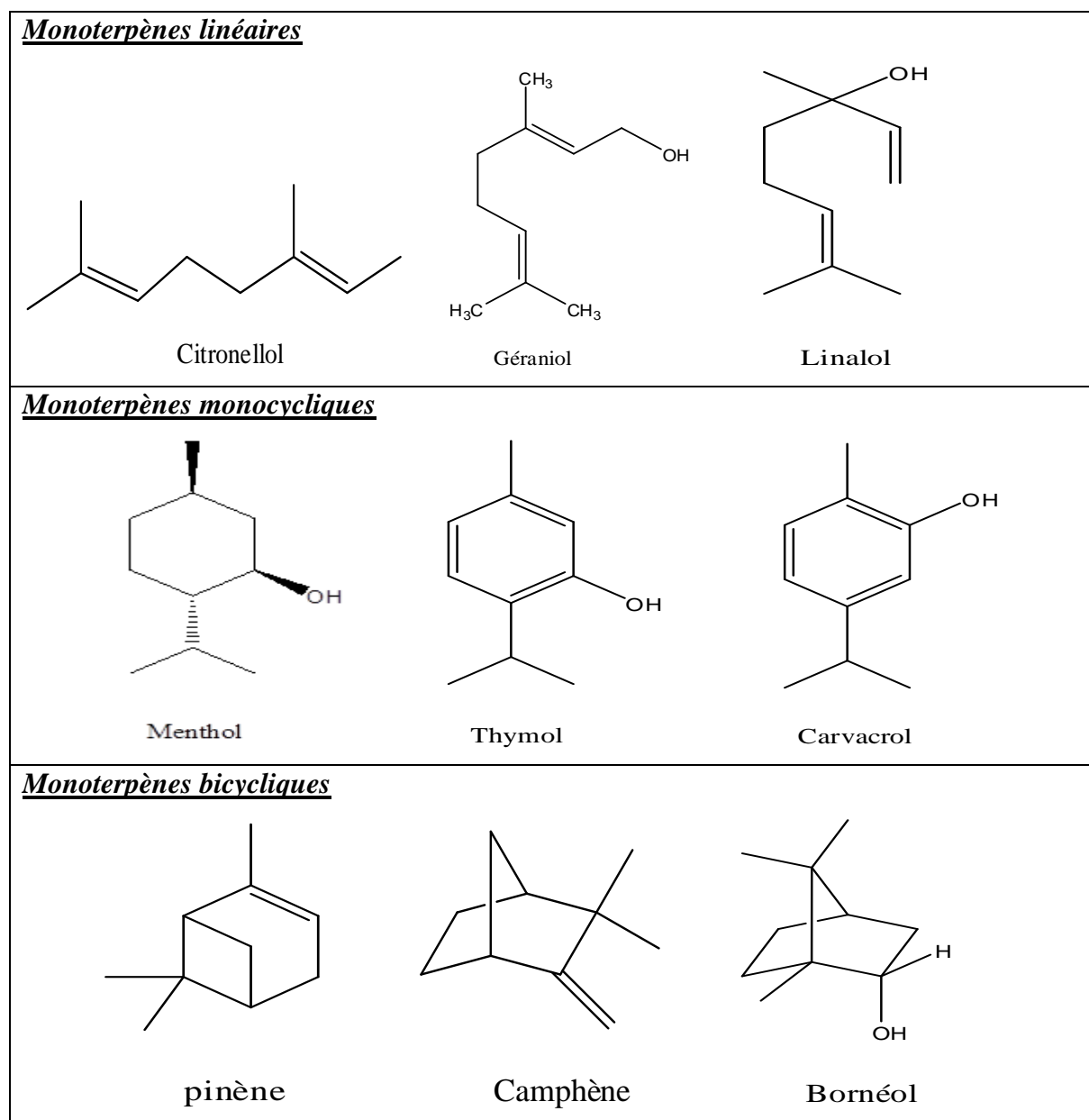


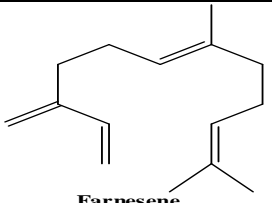
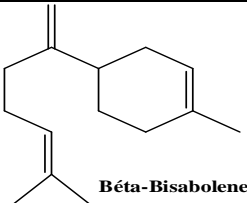
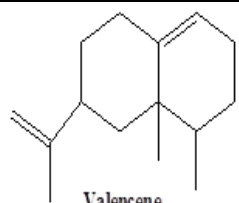
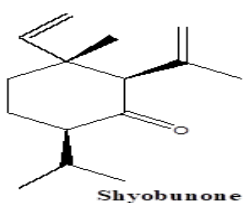
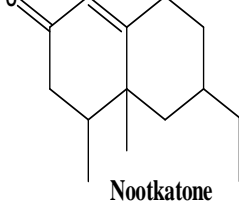
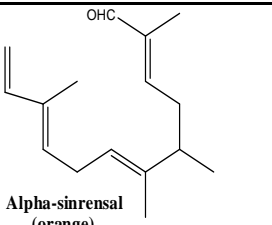
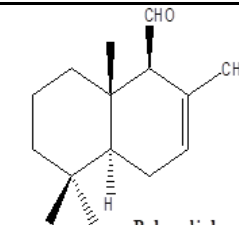
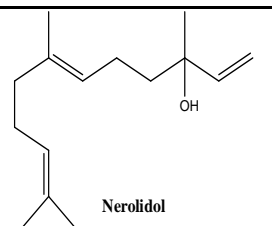
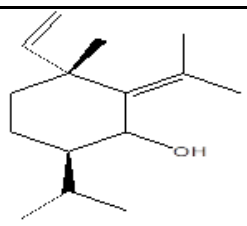
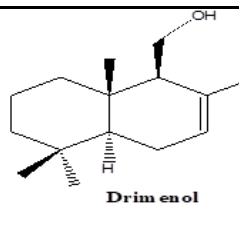
Figure (6) : Quelques exemples des composants monoterpéniques.

#### j. Sesquiterpènes

Ils comportent trois unités d'isoprène, leur formule est  $C_{15}H_{24}$  soit une fois et demie (sesqui) la molécule des terpènes [36]. Ils présentent une grande variété dans les structures conduisant à un nombre élevé de possibilités, ce qui a retardé l'élucidation de leurs structures [37]. Les sesquiterpènes peuvent être également, comme les monoterpènes, acycliques, monocycliques ou polycycliques. Ils renferment aussi des fonctions comme alcools, cétones, aldéhydes, esters [38,39].



Tableau (1) : Quelques exemples de différents types des sesquiterpènes

Sesquiterpènes			
Classe	Acyclique	Monocyclique	Bicyclique
<b>Carbure</b>	 Farnesene	 Béta-Bisabolene	 Valencene
<b>Cétone</b>	/	 Shyobunone	 Nootkatone
<b>Aldéhyde</b>	 Alpha-sinrensal (orange)	/	 Polygodial
<b>Alcool</b>	 Nerolidol	 Shybunol	 Drim enol

### k. Diterpènes

Ils sont biosynthétisés à la suite du couplage de quatre (4) unités isoprène [40], très répandus chez les végétaux supérieurs, ils sont surtout rencontrés dans les résines ainsi que dans les champignons. Ils sont aussi présents chez certains insectes et chez divers organismes marins [41]. Il existe environ 2700 diterpènes dans la nature dont la majorité est sous forme cyclique. Les diterpènes sont à la base d'une catégorie de molécules de grande importance biologique.

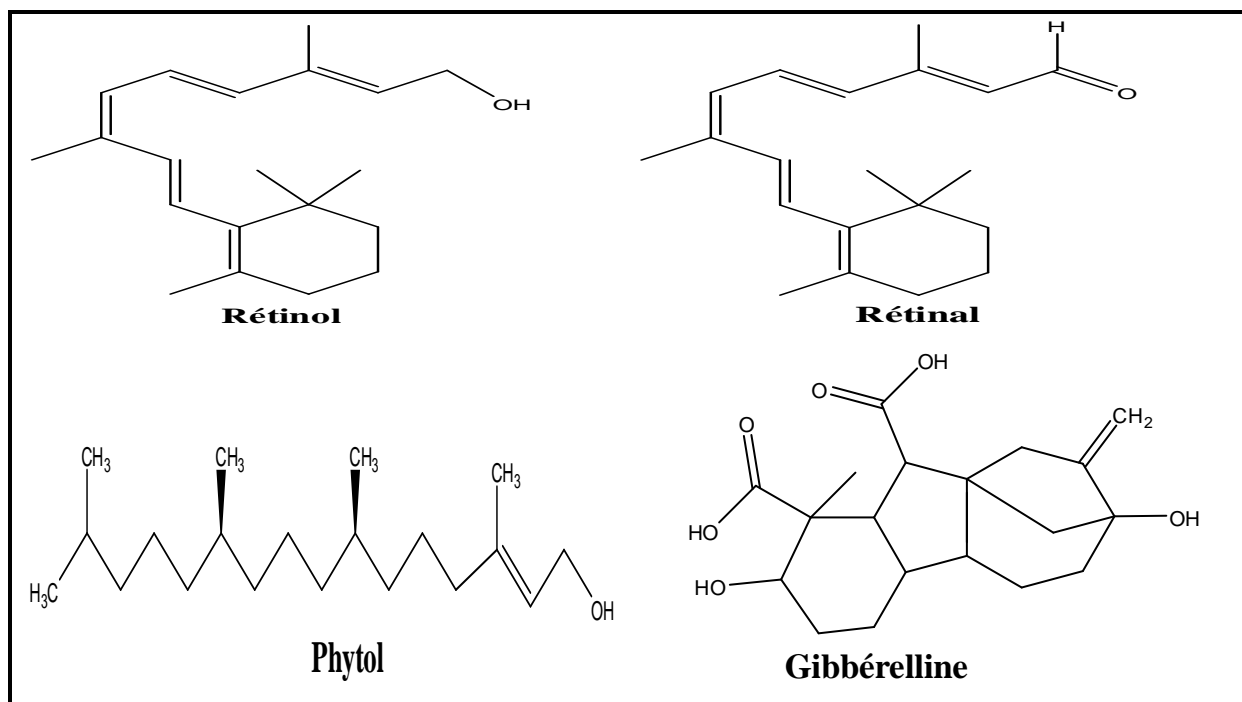


Figure (7) : Quelques exemples de diterpènes

### I. Triterpènes

Ces composés en C<sub>30</sub> sont très répandus, notamment dans les résines, à l'état libre, estérifié, ou sous forme hétérosidique. Cette famille regroupe des composés:

- Aliphatiques
- Tetracycliques
- Pentacycliques

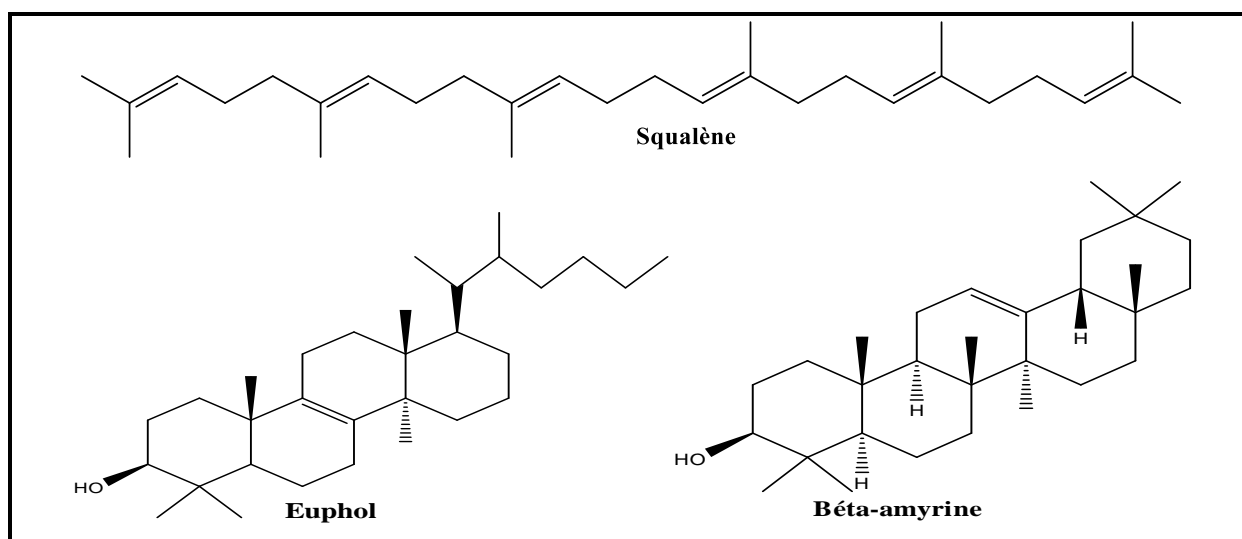
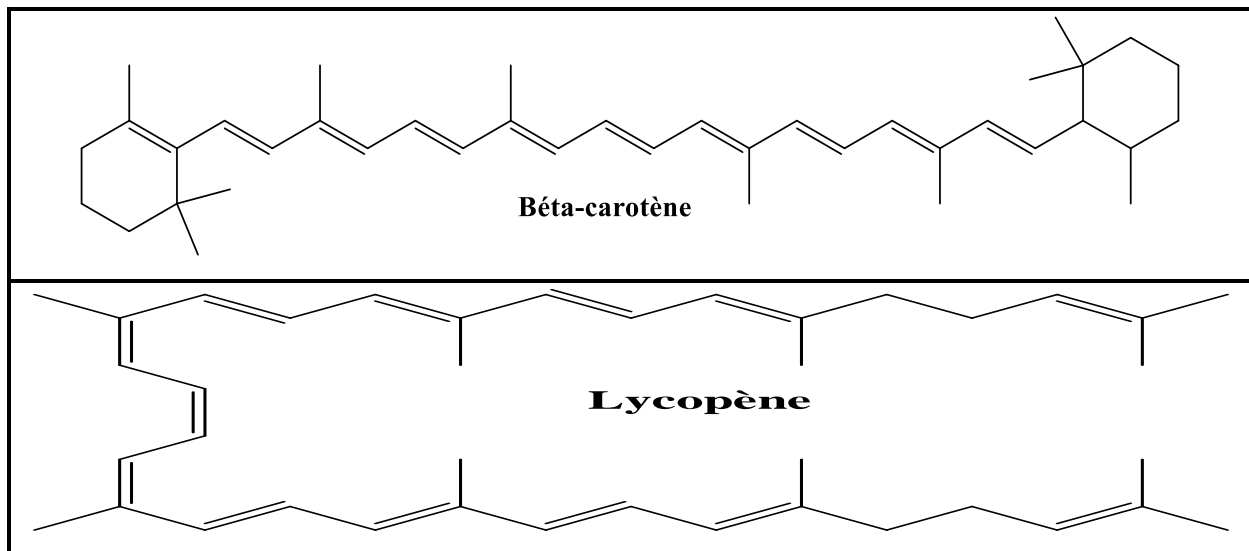


Figure (8) : Quelques formes de triterpènes

### m. Tétraterpènes

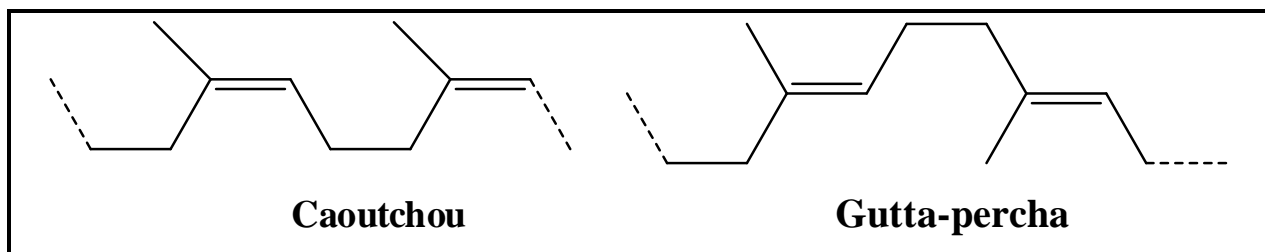
Cette famille de terpènes à 40 carbones (8 unités d'isoprène), compte en particulier les caroténoïdes, pigments jaunes très répandus chez les animaux et les végétaux dont un pigment photosynthétique majeur, le beta-carotène, mais également des pigments aux propriétés antioxydantes comme le lycopène de la tomate. Le lycopène et le  $\beta$ -carotène sont des exemples des caroténoïdes acycliques et cycliques respectivement [42].



**Figure (9) : Structures de caroténoïdes les plus réputées**

### n. Polyterpènes

Ce sont des macromolécules, composées d'un grand nombre d'unités d'isoprène (plus de 8 unités). Ces terpènes se trouvent souvent sous deux formes isomériques cis- et trans. Le cis polyisoprène se trouve dans le caoutchouc indien, alors que le trans-polyisoprène est la partie principale de la Gutta-percha [43]. Donc les polyterpènes sont des macromolécules de poids moléculaire très élevé. Sur le plan thérapeutique, ces composés n'ont pas d'activités biologiques reconnues [44].



**Figure (10) : Structure de caoutchouc et de Gutta-percha**

### II.3.1.3- Intérêt pharmacologique des terpènes

De façon générale, les terpénoïdes jouent un rôle fondamental dans les interactions entre les organismes vivants permettant par exemple à une plante d'attirer les pollinisateurs, ou les prédateurs ou les parasitoïdes des herbivores venant l'attaquer [45]. C'est en particulier ce dernier rôle qui donne toute son importance à une stratégie bioinspirée de recherche de composés antifongiques, antibactériens ou bioinsecticides, et en particulier les huiles essentielles [46].

### II.3.2- Les flavonoïdes

#### II.3.2.1-Introduction

Le terme flavonoïde provenant du latin "flavus", signifiant "jaune", désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols" [47].

Les flavonoïdes possèdent une large répartition dans le monde végétal, ils relèvent du métabolisme secondaire. Ils sont présents dans la plupart des plantes, ce sont des pigments polyphénoliques qui contribuent, entre autres, à colorer les fleurs et les fruits en jaune ou en blanc [48].

Certaines classes de flavonoïdes sont présentes exclusivement chez certains végétaux, on trouvera par exemple, les flavanones dans les agrumes, les isoflavones dans le soja, les anthocyanes et les flavonols ont une large distribution dans les fruits et les légumes tandis que les chalcones se retrouvent plus fréquemment dans les pétales des fleurs, sont considérés comme des pigments naturels au même titre que les chlorophylles et les caroténoïdes [49]. Structuralement les flavonoïdes ont un squelette de base commun constitué de 15 atomes de carbone assemblés en trois cycles nommés A, B et C [50]. Ils dérivent de l'enchaînement Benzo- $\gamma$ -pyrone, et peuvent être classés selon la nature des différents substituant présents sur les cycles de la molécule et du degré de saturation du squelette Benzo- $\gamma$ -pyrone.

La structure de la molécule est la suivante.

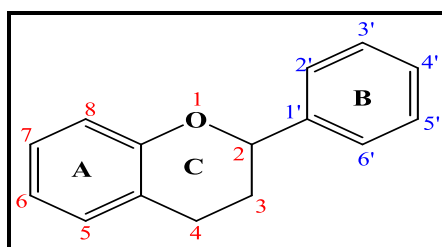
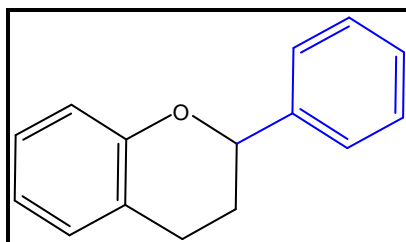


Figure (11) : Structure de base des flavonoïdes

### II.3.2.2- Classification des flavonoïdes

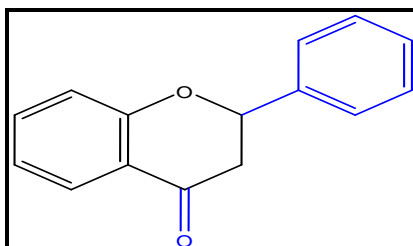
Tous les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune et de ce fait possèdent le même élément structural de base. Ils peuvent être regroupés en différentes classes selon le degré d'oxydation du noyau pyranique central, le noyau B relié à l'hétérocycle C dans les positions 2, 3 (**Figure 6**) [51].

- Dans la position 2, les flavonoïdes sont appelés flavanes.



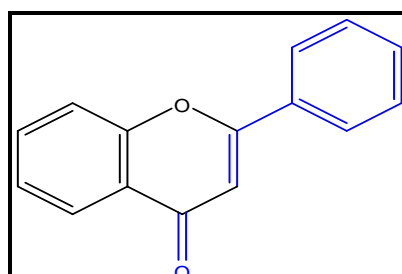
**Figure (12) : Structure de flavane**

- Si la position 4 de la flavane porte un groupement carbonyle, le flavonoïde est appelé **flavanone**.



**Figure (13) : Structure de Flavanone.**

- Si la liaison C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub> dans le squelette de flavanone est insaturée, le composé est nommé **flavone**.



**Figure (14) : Structure de Flavone.**

- Si ce dernier est substitué en position 3 par un groupement hydroxyle, il est désigné par le nom de **flavonol**.

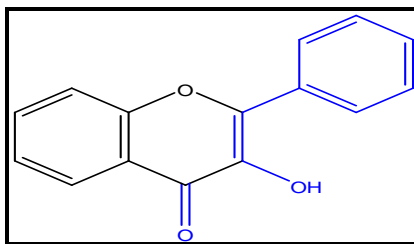


Figure (15) : Structure de Flavonol.

- Dans la position 3, le flavonoïde est désigné par le terme **isoflavane**.

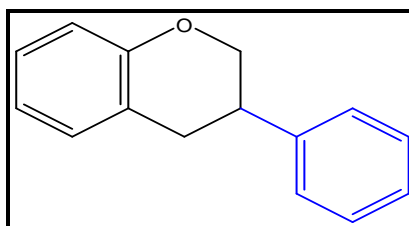


Figure (16) : Structure de Isoflavane.

- Si la position 4 de l'isoflavane porte un groupement hydroxyle, le composé est désigné par le nom **isoflavanol**.

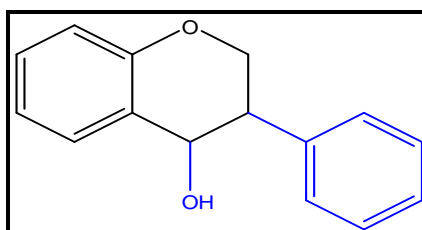


Figure (17) : Structure d'Isoflavanol.

- Si la position 4 de l'isoflavane porte un groupement carbonyle, le composé est appelé **isoflavanone**.

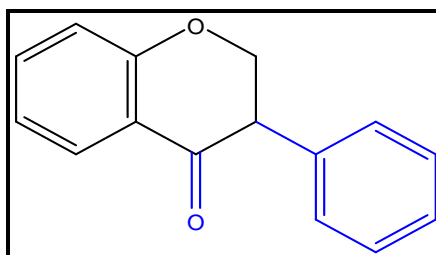
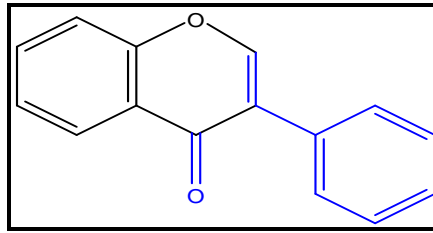


Figure (18) : Structure de isoflavanone.

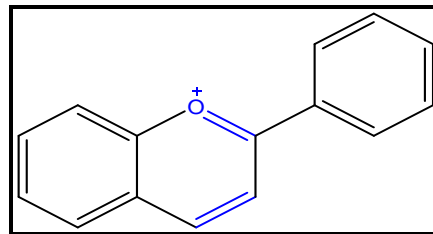
- Si la liaison C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub> dans le squelette d'isoflavanone est insaturée le composé est nommé **isoflavone**.



**Figure (19) : Structure de Isoflavone.**

➤ **Les anthocyanidines :**

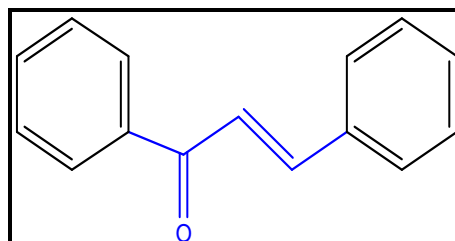
Les anthocyanidines sont basées sur de benzopyrylium (chromenylium). Elles constituent un grand groupe de colorant de polyméthine. En particulier les anthocyanidines sont des dérivés de sel du cation du phenylchromenylium 2, également connus sous le nom de cation de flavylium, avec une charge positive.



**Figure (20) : Structure de Anthocyanidine (cations flavylium).**

➤ **Chalcones :**

Les chalcones sont des énones aromatiques, qui appartiennent à la famille des flavonoïdes, elles peuvent exister sous forme de deux stéréoisomères Z et E , dont les stéréoisomère E sont les plus abondantes, Les chalcones ont des propriétés biologique importantes telles que les activités :antibactérienne, fongicide, antitumorale et anti-inflammatoire, De plus elle sont des précurseurs dans la synthèse des flavonoïdes comme indiqué dans la figure ci-dessus :



**Figure (21) : Structure de la Chalcones**

➤ **Aurones :**

Les aurones sont des isomères structuraux des flavones. Ces molécules dérivent de chalcone. En effet les aurones sont caractérisées par une structure de 2-benzylidène coumaranone. [52,53]

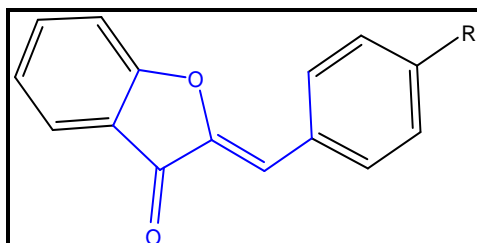
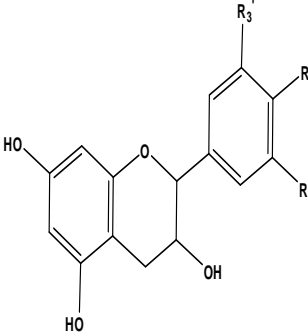
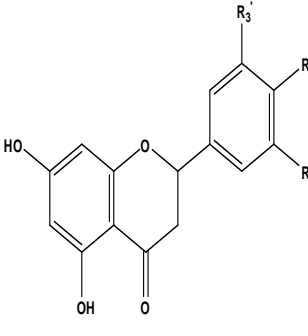
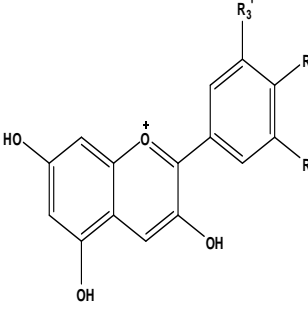
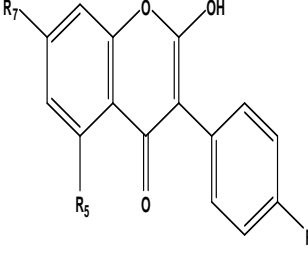


Figure (22) : Structure des Aurones

Tableau (2) : Représentation de quelques classes des flavonoïdes et leur caractéristique

Flavonoïdes	Aliments	R3'	R4'	R5'	Exemples	Caractéristiques
<p><b>Flavones</b></p>	<b>Persil, céleri.</b>	H	OH	H	<b>Apigénine</b>	<b>Le groupe le plus abondant des composés phénoliques, les flavones se diffèrent des flavonols seulement par le manque d'un OH libre en C3, ce qui affecte ainsi leur absorption aux UV, mobilité chromatographi- que et les réactions de coloration</b>
		OH	OH	H	<b>Lutéoline</b>	
		OH	OCH3	H	<b>Diosmétine</b>	
<p><b>Flavonols</b></p>	<b>Oignon, poireau, brocolis, pommes, chou frisé vin rouge, thé.</b>	H	OH	H	<b>Kaempférol</b>	<b>Le groupe le plus abondant des composés phénoliques</b>
		OH	OH	H	<b>Quercétine</b>	
		OH	OH	OH	<b>Myrecétine</b>	



 <p><b>Flavanols</b></p>	<p><b>Vin rouge, thé noire, thé vert, cacao, chocolat.</b></p>	<p><b>OH</b></p>	<p><b>OH</b></p>	<p><b>H</b></p>	<p><b>Catéchine</b></p>	<p><b>Impliqués dans la biosynthèse de proanthocyanidines (tanins condensés) par des condensations enzymatiques et chimiques</b></p>
 <p><b>Flavanones</b></p>	<p><b>Fruits du genre Citrus.</b></p>	<p><b>H</b></p>	<p><b>OH</b></p>	<p><b>H</b></p>	<p><b>Naringénine</b></p>	<p><b>Sont caractérisés par l'absence de la double liaison C2-C3, le flavanone le plus abondant est la naringénine, isolée pour la première fois à partir des écorces de citrus</b></p>
		<p><b>OH</b></p>	<p><b>OH</b></p>	<p><b>H</b></p>	<p><b>Eriodictyol</b></p>	
 <p><b>Anthocyanidines</b></p>	<p><b>Raisins, vin rouge, certaines variétés de céréales.</b></p>	<p><b>H</b></p>	<p><b>OH</b></p>	<p><b>H</b></p>	<p><b>Pelargonidine</b></p>	<p><b>Représentent le groupe le plus important des substances colorées, ces pigments hydrosolubles contribuent à la coloration des angiospermes.</b></p>
		<p><b>OH</b></p>	<p><b>OH</b></p>	<p><b>H</b></p>	<p><b>Cyanidine</b></p>	
		<p><b>OH</b></p>	<p><b>OH</b></p>	<p><b>OH</b></p>	<p><b>Delphénidine</b></p>	
 <p><b>Isoflavones</b></p>	<p><b>Graines de soja et produits qui en dérivent.</b></p>	<p><b>OH</b></p>	<p><b>OH</b></p>	<p><b>OH</b></p>	<p><b>Genisteine</b></p>	<p><b>Caractérisés par leur variabilité structurale dont l'attachement du cycle B se fait en C3. Ils sont présents dans les plantes sous forme libre ou glycosylée</b></p>
		<p><b>H</b></p>	<p><b>O-Glu</b></p>	<p><b>OH</b></p>	<p><b>Daidezine</b></p>	

### II.3.2.3- Propriétés des flavonoïdes :

- ✓ Les flavonoïdes sont largement rencontrés dans le règne végétal. Ils sont

Ce pendant rares chez les végétaux inférieurs. Par contre, on les trouve en abondance dans d'autres familles : polygonacées, astéracées, rutacées, légumineuses... etc.

- ✓ De plus, leur localisation au sein de la plante est caractéristique. En effet, les flavonoïdes se répartissent volontiers dans les organes aériens (feuilles et fleurs) où ils sont localisés dans les tissus superficiels. Ils se répartissent aussi volontiers dans les racines [54].

- ✓ Les flavonoïdes lipophiles des tissus superficiels des feuilles sont directement extraits par des solvants moyennement polaires (dichlororméthane, acétate d'éthyle...) [55].

### II.3.2.4- Rôle des flavonoïdes :

#### a. Chez l'homme :

De nos jours, les propriétés thérapeutiques des flavonoïdes sont largement étudiées dans le domaine médical ou on leur reconnaît des activités biologiques et pharmaceutiques. Ils sont notamment :

- ✓ Anti-allergiques
- ✓ Anti-inflammatoires
- ✓ Antivirales
- ✓ Antihypertenseurs
- ✓ Anti-influenzas
- ✓ Antifongiques
- ✓ Antiulcéreux
- ✓ Antiradicalaires [56]

#### b. Chez les plantes :

Les flavonoïdes sont pigments colorés des fleurs, la variation de couleurs des fleurs est due à l'accumulation dans les cellules de pigment capables d'absorber sélectivement la lumière visible. Dans d'autres cas, les pigments végétaux peuvent jouer un rôle répulsif vis-à-vis de pollinisateurs, par exemple les abeilles préfèrent les fleurs bleues et jaunes, les papillons préfèrent le rose et le blanc. De ce fait, ils jouent un rôle important dans les interactions avec les insectes [57]. Ils disposent d'un système de défense efficace contre toute agression

parasitique ou abiotique [58]. Ces molécules présentent une zone d'absorption dans l'UV et font écran à ces rayons qui endommagent l'ADN, molécule support du patrimoine génétique [59]. De plus ils sont impliqués dans la photosensibilisation et les transferts d'énergie, la morphogénèse, la photosynthèse et la régulation des hormones de croissance des plantes [60,61].

### **II.3.3- Les alcaloïdes**

#### **II.3.3.1- Définition**

Les alcaloïdes sont des composés organiques hétérocycliques d'origine naturelle, azoté, plus ou moins basique [62]. Ils constituent une classe présentant une grande diversité structurale [63]. Ils se produisent normalement dans les plantes sous forme de sels ou de bases libres ou en combinaison [64,65].

Le nom des alcaloïdes est souvent dérivé du nom de la plante dont ils sont issus et comporte presque toujours la terminaison « ine » (cocaïne, feuille de coca, quinine, écorce de quinquina...)

Malgré leur structure très souvent complexe, ils sont facilement disponibles et jouent un rôle important à cause de leur action physiologique marquée, toxique ou curative. Comme ils sont presque toujours optiquement actifs, ils servent aussi en chimie pour la résolution des acides racémiques, surtout la brucine et la quinine [66].

#### **II.3.3.2- Distribution**

Les alcaloïdes ont longtemps été considérés comme caractéristiques du règne végétal, plus spécialement des plantes supérieures, jusqu'à ce qu'on en découvre également dans la peau de certains batraciens « venimeux ». Ils répondent parmi les végétaux qu'on a tout naturellement été amené à rechercher le rôle qu'ils pouvaient bien jouer chez la plante, [67] les alcaloïdes sont présents dans les feuilles, les jeunes pousses, les fleurs, les fruits, les racines (un lieu de synthèse), ou bien ils sont stockés dans les canaux lactifères de certaines plantes opiacées, [68] et surtout dans les familles suivantes : Amaryllidaceae, Rutaceae, Fabaceae, Loganiaceae, Apocynaceae, Solanaceae, Rubiaceae [69].

### II.3.3.3- Classification des alcaloïdes

#### a. Classification biosynthétique

La classification des alcaloïdes a été rapportée par où les alcaloïdes ont été divisés en trois grandes classes en fonction des précurseurs et la structure finale :

- **Alcaloïdes vrais** : ils sont des dérivés des acide aminés, basique et contiennent l'azote dans l'hétérocycle, par exemple la nicotine (**figure 2**) et l'atropine.

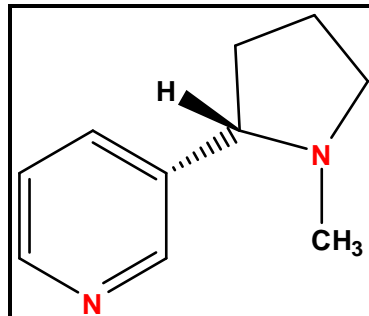


Figure (23) : Structure chimique de la nicotine

- **Pseudo-alcaloïdes** : ils représentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais, ils sont basiques mais ne sont pas dérivés des acides aminés, par exemple caféine (**figure 3**) et solanidine.

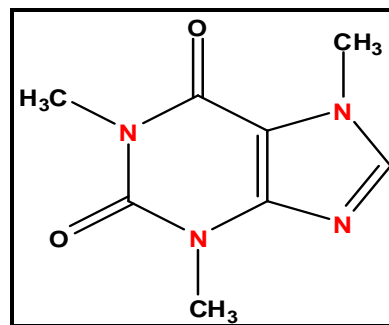


Figure (24) : Structure chimique de la caféine

- **Proto-alcaloïdes** : sont des amines simples dont l'azote n'est pas inclus dans un système hétérocyclique, ils ont un caractère basique et sont élaborés in vivo à partir d'acides aminés [70].

## b. Classification structurale

Les alcaloïdes sont généralement classés en fonction de la nature du cycle qui prédomine dans la molécule. Cependant malgré leur structure extrêmement variée, les alcaloïdes proviennent d'un petit nombre de précurseurs simples [71].

Tableau (3) : Classification des alcaloïdes.

Classe d'alcaloïde	Exemple	Autre composés
Quinoléine	Quinine	/
Isoquinoléine	Papavérine	Morpholine, codéine, berbérine
Indole	Vindoline	Vinbalastine, réseprine, strychnine
Purrolizidine	Sénécionine	Rétrosine
Quinolizidine	Lupinine	Cytizine
Tropane	Atropine	Scopolamine, cocaïne
Pipéridine	Nicotine	Coniine
Purine	Caféine	/

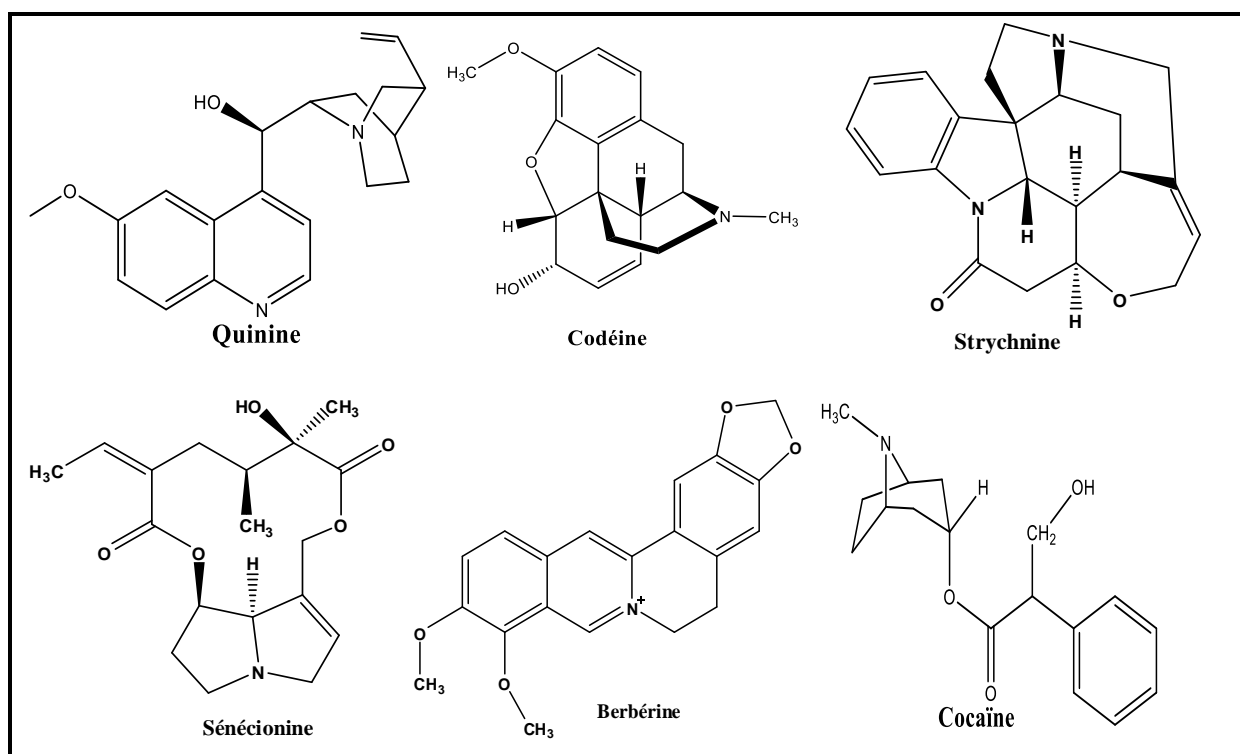


Figure (25) : Quelques exemples des alcaloïdes

#### II.3.3.4- Propriétés physico-chimiques

- Les alcaloïdes sont des corps de masses moléculaires faibles et de fonction basique [72]. Cette dernière est un facteur d'instabilité pour ces molécules qui à l'état de base et en solution, sont sensibles à la chaleur, à la lumière et à l'oxygène [73].
- Les alcaloïdes non oxygénés (nicotine), sont des liquides huileux volatils, fréquemment odorants, par contre les alcaloïdes oxygénés sont en général solides, cristallisés, inodores et de saveur amère.
- Ils peuvent être fixés sur certains agents adsorbants tels que les charbons actifs ou les argiles du type bentonite [74].
- Ils se combinent avec les acides et forment des sels, généralement solubles dans l'eau [75].
- La solubilité des alcaloïdes dans les solvants organiques tels que : l'alcool, l'éther, le benzène et le chloroforme est en général élevée par rapport à la solubilité dans l'eau, puisque la plupart de ces substances sont insolubles ou peu solubles dans l'eau [76].

#### II.3.3.5- Rôle des alcaloïdes

##### II.3.3.5.1- Effet pharmacologique des alcaloïdes

Les alcaloïdes sont utilisés dans plusieurs médicaments, ils affectent chez l'être humain le système nerveux particulièrement les transmetteurs chimiques tels l'acétyl choline, norepinephrine , acide  $\gamma$ -aminobutyrique (GABA), dopamine et la serotonine. D'autres effets pharmacologiques sont attribués également aux alcaloïdes telles que l'effet analgésique (cocaïne), anti-cholinergique (atropine), anti-malaria (quinine), anti-hypertensive (réserpine), antitussive (codéine), stimulant centrale (caféine), dépressant cardiaque et diurétique narcotique (morphine), anti-tumeur et sympathomimétique (éphédrine) [77].

##### II.3.3.5.2. Effet sur la plante

Les alcaloïdes tout d'abord, ont des effets bénéfiques sur la plante synthétisante, parmi ces effets, selon Da Conceicao en (2010) : Ils Régulent la croissance et le métabolisme interne des végétaux, ils désintoxiquent et transforment les substances nocives au végétal, ils protègent la plante contre les rayons ultraviolets comme ils ont des effets contre les herbivores [78].

### II.3.4- Les composés phénoliques

Les composants phénoliques sont des métabolismes secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec des glucides. Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, grains et bois) [79].

Les composés phénoliques (acides phénoliques, flavonoïdes simples et proanthocyanidins) forment le groupe des composés phytochimiques le plus important des plantes ; sont des molécules biologiquement actives.

#### II.3.4.1- Classification

Ils constituent le groupe le plus largement distribué dans les végétaux, avec plus de 8000 structures phénoliques connus [80]. Ces composés peuvent être groupés dans plusieurs classes, comme le montre le tableau 4.

**Tableau 4** : Classes de polyphénols [81]

Classe	Structure de base
Acides phénoliques	C6-C1/C6-C3
Coumarines	C6-C3
Chromons	C6-C3
Flavonoïdes	C6-C3-C6
Stilbènes	C6-C2-C6
Lignanes	(C6-C3) <sub>2</sub>
Lignines	(C6-C3) <sub>n</sub>
Tanins	(C6-C3-C6) <sub>n</sub>

#### II.3.4.2- Rôle des polyphénols

Les composés phénoliques jouent un rôle essentiel dans la structure et la protection des plantes [82,83]. Ils offrent également, pour la santé humaine, une protection contre certaines maladies impliquant un stress oxydatif, comme les cancers et les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives [84].

### II.3.5- Les tanins

Les tanins sont des composés polyphénoliques, solubles dans l'eau, capables de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et les autres protéines [85].

#### II.3.5.1- Classification

Les tanins sont divisés en deux groupes principaux d'après leurs structures et leurs propriétés :

**Les tanins hydrolysables** : qui sont des oligo- ou des polyesters d'un sucre et d'un nombre variable d'acide phénol. Le sucre est généralement le D-glucose et l'acide phénol est soit l'acide gallique dans le cas des gallotannins, ou ellagique dans le cas des tanins dénommés ellagitannins (figure 26) [86, 87].

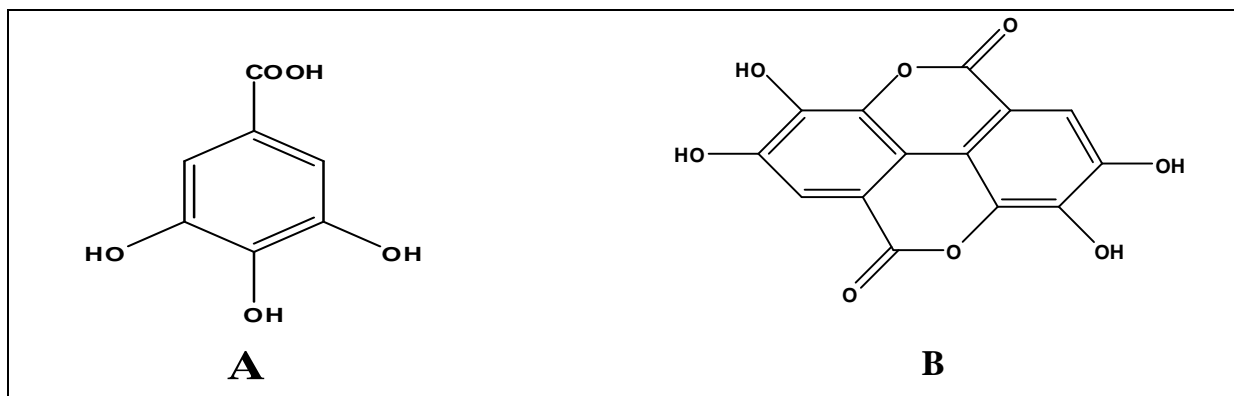


Figure 26 : structure des acides gallique (A) et ellagique (B)

**Les tanins condensés** : appelés aussi proanthocyanidine, sont largement répandus dans l'alimentation humaine. Ces tanins sont des oligomères ou polymères de flavan-3ols qui ont la propriété de libérer des anthocyanes en milieu acide à chaud par rupture de la liaison inter monomérique. [88]

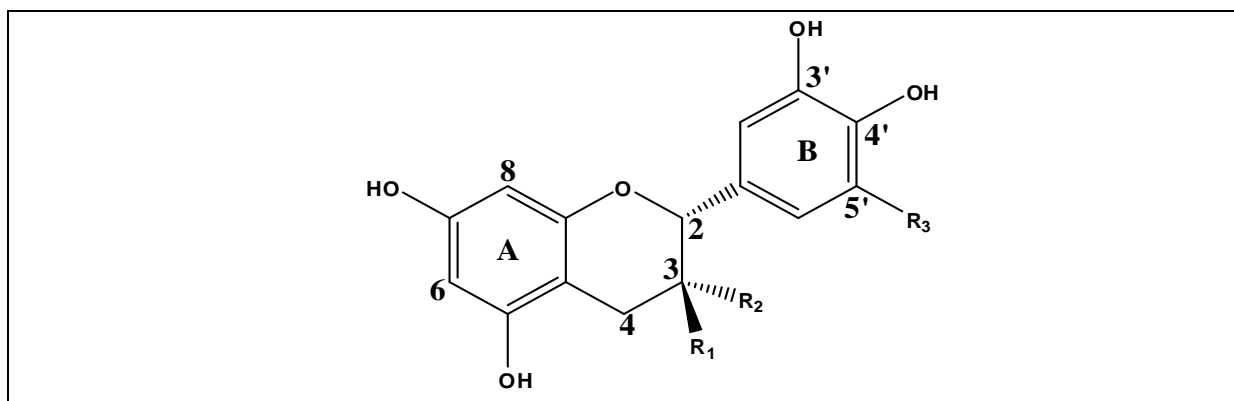


Figure 27 : Structure des tanins condensés.



**Références bibliographiques**

- [1] Lutge U, Kluge M., Bauer G. Technique et documentation. Ed 3ème Botanique Lavoisier Paris. **2002. P 211**
- [2] Hartmann T, From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*.**2007. P68, 2831–2846**
- [3] Amlan K. Patra J.S. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methano-genesis in the rumen, *Phytochemistry*. **2010. 71. P 1198-1222**
- [4] Calsamiglia S, Busquet M, Cardozo P.W, Castillejos L, Ferret A. Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, **2007. 90. P 2580-2595**
- [5] Pharmacopée Française, Codex Français, Ed : Maisn Neuve. **1965**
- [6] Durvelle J P, chimie des parfums, Ed : Librairie centrale des sciences de forages, Girard & Cie, Paris, **1930**
- [7] Mane Claude, Martini Monique Seiller coordonnateurs, Actif et Additif en cosmétologie, Ed Tec&Doc, Lavoisier, Paris **1992. P 1-10**
- [8] AFNOR NF 175 NFT100, 111, 113, 101, 006. **1990**
- [9] Bitam R, Sahraoui R, ressources médicinales et aromatiques dans la région djirma-parc national de Belezma Batna [master 2 de biodiversité et changement global biologie de la conservation], Algérie, Université Hadj lakhdar Batna, Faculté des sciences, Département de biologie, **2012**
- [10] Budavari S, O'Neil M.J, Smith. A, et al-The Merck Index-Twelfth edition, Whitehouse Station: Merck and Co,INC, **1996. P 2350**
- [11] Boelens Aroma Chemical information Service (BACIS) (1999) - ESO 2000, the complete Database of Essential Oils. Leffingwell and Associates publisher, Georgia, USA.
- [12] Bruneton J. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition, Ed. TEC et DOC, Paris. **1999**
- [13] J.Q. Cu, Extraction de compositions odorantes végétales par divers solvants organiques. Thèse de l'Institut National Polytechnique. Toulouse, France. **1990**

- [14] M Paris, Hurabielle M. Abrégé de Matière Médicale (Pharmacognosie), Tome 1 Paris. **1980**
- [15] Cavalli J F, Caractérisation par CPG/IK, CPG/SMet RMN du carbone-13 d'huiles essentielles de Madagascar, Thèse université de Corse Pascal Paoli. **2002**
- [16] Attou A, Détermination de la Composition Chimique des Huiles Essentielles de Quatre Plantes Aromatiques de l'Ouest Algérien (Région d'Ain Témouchent) Etude de Leurs Activités Antioxydante et Antimicrobienne [Thèse de Doctorat en Biologie], Algérie, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, **2017**
- [17] Atittallah N, extraction et bioactivités des huiles essentielles de deux plantes aromatiques algériennes [Master académique], Algérie, Université de M'sila, Faculté des sciences, **2013**
- [18] Valnet J, Aromathérapie. Traitement des maladies par les essences des plantes. Małoine S.A. éditeur. Paris. **1984. P 544**
- [19] Salle J.L et Pelletier J, Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie. Ed. Frison-Roche, **1991, P 19-45**
- [20] Peyron L. et richard. Hubert. L'extraction des épices et herbes aromatique et les différents type d'extraits. Epices et aromates. Tec et doc – Ed. Lavoisier, APRA, Paris. **1992. P 340**
- [21] Bruneton J. Pharmacognosie phytochimie plantent médicinales 3eme édition, tec et Doc et E.Minter, **1999. P 1120**
- [22] Swisseo N. plantes aromatiques et médicinales, cahier spécial emphasis on genetic aspects. VOL. 3, **2005. P 612**
- [23] Lurof et Brillou et J.M. L of volatile compound of sixcitrus somatic allotetraploid hybrids orinoting from varrious combinations of lime, lemon, sweet, orangeandy rape fruit. Journal of agricultural and Food chemistry, 53, **2005. P 2224-2230**
- [24] Benouli DJ, Extraction et identification des huiles essentielles [Master 2 contrôle de qualité], Algérie, Université mohamed boudiaf des sciences et de la technologie d'Oran, Faculté de chimie, **2016**
- [25] Swisseo N, Plantes aromatiques et médicinales, cahier spécial emphasis on genetic aspects. VOL. 3, **2005. P 612**

- [26] M. T. Tena and M Valcarcel, Supercritical Fluid Extraction of Natural Antioxidants from Rosemary: Comparison with Liquid Solvent Sonication, *Anal. Chem*,69, **1997. P 521- 526**
- [27] Dorman HJD et Deans SG, Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*.88, **2000. P 308-316**
- [28] Silou M, Maland M, Loubaki L, optimisation de l'extraction de l'huile essentielle de cymobopon citrates grâce à un plan factoriel complet 2. *Journal of Food engineering*, vol 65  
**P 219-233.**
- [29] Bekhchi C, Atik-Bekkara F, Abdelouahid D.E, composition et activité antibactérienne des huiles essentielles d'origanum glandulosum d'algerie-phétothérapie. **P 153-159**
- [30] La ginika L, Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelle isolée de béninoise thèse de doctorat en science pharmaceutique. Université Lonis Pasteur Strasbourg.  
**2005. P 267**
- [31] Rispaill, Robert N. Jodithk, Secondary metabolite profiling. **2005. P341-384**
- [32] René Rhode, « Extraction liquide-liquide », Cours, Lycée Pradeau La Sède Tarbes, **1998.**
- [33] Allen K G, Banthorpe D, Chalwood B, V, *Phytochemistry*.**1997. P 79-83**
- [34] Allen K.G, Banthorpe D. V, Charlwood B.V. Metabolic pools associated with monoterpene biosynthesis in higher plants. *Phytochemistry*, 16, **1977. P 79-83**
- [35] Harborn J.B and William, C.A. *Natural Product Report*, **1995. P 639**
- [36] Belaiche P, *Traité de phytothérapie et d'aromathérapie*. Tome 1 : l'aromatogramme. Ed. Maloine. Paris. **1979**
- [37] Rahal S, *chimie des produits naturelles et des êtres vivants*. O.P.U. Edition. **P 25**
- [38] Bruneton J, *pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 3<sup>ème</sup> édition, Ed. TEC et DOC, Pris. **1999**
- [39] Laouer H, *Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de sétif, de Bejaia, de Msila et de Djelfa, composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'ammoides pusilla et de Magydaris pastinacea*. Thèse de Doctorat d'état, Département de Biologie, Faculté des science, UFA de Sétif. **2004**
- [40] Langenheim J H. *Plant resins*. *Am. Scientist*, 78, **1990 , P 16-24**

- [41] Bruneton J. Pharmacognosie, phytochimie des plantes médicinales. 2eme édition Tec et Doc (Ed). Paris, **1993. P 389-617**
- [42] Britton G. Structure and properties of carotenoids in relation to function. FASEB Journal, **1995. P 1551–1558**
- [43] Dubois P. Plastiques modernes, To meI, Massonet Cle Editeurs, Paris, **1968. P 421**
- [44] Buchanan R.A., Swanson C.L., Weisleder D., Cull I.M. Phytochemistry, 18. **1979. P 1069-1071**
- [45] Gersherzou J, Dudarrevva N, "The function of terpen naturel products in the Natural world". Natural chemistry and biology vol .3(7). **2007, P 407-414**
- [46] De Figueredo A.C, Barroco J.C, Pedro L.G et Scheffer J.C. Factors affecting Secondary metabolites production in plants :volatile components and essential oils. flavour Fragrance Journal vol 23. **2008. P 213-226**
- [47] Seyoum A, Asres K, and El-Fiky F.K, Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. Phytochemistry". 67. **2006. P 2058-2070**
- [48] Harborne.J.B, Swain T, "Perspectives in Phytochemistry", Academic Press, London, New York. **1969**
- [49] Lahouel M, « Interaction flavonoides-mitochondrie et rôle de la propolis dans la prévention de l'apoptose induite par certains médicaments anticancéreux » Thèse de doctorat de l'université Mentouri de Constantine : Piquemal G. **2005**
- [50] Graham T.L, "Flavonoid and flavonal glycoside metabolism in arabidopsis ». Plant physiol and biochem, 36(1-2).**1998. P 135-144**
- [51] Massot M.N. Bertran et TAdzet, plante Med phytotherapie,**1979. P 41**
- [52] AOUADHI S, « Atlas des risques de la phytothérapie traditionnelle ». Etude de 57 plantes recommandées par les herboristes, Faculté de médecine de Tunis - Master spécialisé en toxicologie **2010.**
- [53] Paul I, "Encyclopédie des plantes médicinales", 2nd Edition Larousse, Paris. **2001.**
- [54] Harborne J.B, The flavonoids advances in research since **1980, 1988**
- [55] N Dohou, K Yamni, S Tahrouch, I hassini, N Gmira, Screening phytochimique d'une endémique ibéro marocaine, thymelaea lythroïdes, Bull, soc Pharm, Bordeaux, **P 142,61-78.**
- [56] Azzouzi D, Investigation phytochimique et recherche d'activité biologique de deux espèces du genre Centaurea (Asteraceae). These de doctorat troisième cycle (LMD). Université Freres Mentouri Constantine 1. Faculté des sciences exactes.**2017. P 36**

- [57] Harborne J. B, Mabry T.J. Mabry H, the flavonoids, tome I, II, Ed Chapman and Hall. **1975**
- [58] Torel J et al, antioxidant activity of flavonoids and reactivity with peroxy radical, *Phytochemistry* 25, **1986. P 383- 386**
- [59] Schmelzer E et al, insitu localisation of light induced chalcone synthase and flavonoids end products in epidermal cells of parsley leaves, *Proc. Natl. Sci. USA* 85, **1988. P 2989- 2993**
- [60] Di Carlo G. Mascolo N, Izzo A.A and Capasso F, Flavonoids: Old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Sciences* 65(4). **1999. P 337-353**
- [61] Pietta P, Flavonoids as Antioxidants. *Journal of Natural Products* 63(7), **2000. P 1035-1042**
- [62] Ameyaw Y, Duker-Eshun G, The alkaloid contents of the ethno-plant organs of three antimalarial medicinal plant species in the eastern region of Ghana. *Int J Chem Sci.* 7, 4858. **2009**
- [63] Muniz MN, Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs : la (+) -anatoxine-a et la (±) camptothécine, Thèse de doctorat en chimie. Université Joseph Fourier – Grenoble I. **2006. P17**
- [64] Bruneton J. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3<sup>ème</sup> Edition Technique et documentation Lavoisier. **1999. P 784-873**
- [65] Kashani HH, Hoseini ES, Nikzad H et Aarabi MH. Pharmacological properties of medicinal herbs by focus on secondary metabolites. *Life Science Journal.* **2012. 9, P 509-520**
- [66] Rahal S, chimie des produits naturels et des êtres vivants. O.P.U. Edition. **P 63**
- [67] Guillaume J, Ils ont domestiqué plantes et animaux prébude à la civilisation. Edition Quae. **2010**
- [68] Pierre Jost J, Chim Jost, Stratégie de défense des plantes contre les maladies et les parasites (et quelques applications pratiques), Ed connaissances et savoirs. **2016**
- [69] Bruneton J. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales ,4<sup>ème</sup> Ed. Lavoisier, Revue et Augmentée. **2009**
- [70] Bennett RN, Wallsgrove RM, Secondary metabolites in plant defense mechanisms. *Tansley Review No. 72 .new Phytol.* 127, **1994. P 622-623**
- [71] Hopkins WG, Physiologies végétales. Edition de Boeck . **2003. P 283**

- [72] Facchini P.J.-St-Pierre B, Synthesis and trafficking of alkaloid biosynthetic enzymes. *Current Opinion in Plant Biology*, 8,2005. **P 657–666**
- [73] Bruneton J. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition. Edition tec & doc, Paris,1999. **P 783-823**
- [74] Fabre R. Truhaut R, Précis de toxicologie. Tome 2. Société d'édition d'enseignement supérieur, Paris,1961. **P 379-454**
- [75] Badiaga M, Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* Smith une plante médicinale africaine récoltée au Mali. Thèse de docteur d'université, Mali. **2012**
- [76] Merghem R. Elément de biochimie végétale, 1ère édition. Edition Bahaeddine,2009. **P 149-158**
- [77] Badiaga M. Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea Latifolia* Smith une plante médicinale africaine récoltée au Mali, thèse de doctorat, université de Bamako,2011. **P 10**
- [78] Mauro N M, Synthèse d'alkaloïdes biologiquement actifs : la (+)-anatoxine-a et la (±)camptothécine, thèse doctorat, l'université Joseph Fourier Grenoble,2006. **P 13, 16-28**
- [79] Djemai Z, Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de *Zizyphus lotus* L, mémoire magister, Université -El Hadj Lakhder –Batna. **2008**
- [80] Lugasi A, Hovari J, Sagi K. Biro L, The role of antioxydant phytonutrients in the prevention of diseases.J .Acta. biologica.szegediensis ; 47(1-4),2003. **P 119-125**
- [81] Nagendran B, Kalyana S. Samir S, Phenolic compounds in plantsand agriindustrial by-products: Antioxydant activity, occurrence, and potential uses. *Foodchemistry*; 99,2006. **P 191-203**
- [82] Naczk M and Shahidi F, Phenolics in food and nutraceuticals. Boca Raton, FL: CRC Press. **2003**
- [83] Stalikas C.D, Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids andflavonoids. *J. Sep. Sci.* 30,2007. **P 3268–3295**
- [84] Sun L, Zhang J, Lu X, Zhang L and Zhang Y, Evaluation to the antioxidant activity of total flavonoids extract from persimmon (*Diospyros kaki* L.) leaves. *Food Chem Toxicol.* 49,2011. **P 2689-2696**

[85] Vermerris W, Nicholson R, Phenolic Compound Biochemistry. USA: Springer. Nueva York, EEUU; 3(16),**2006. P 151-153**

[86] Bruneton J. Pharmacognosie : phytchimie, plantes médicinales. Technique et documentation. Lavoisier 2<sup>ème</sup> édition;**1993. P 268-277.**

[87] Cowan MM. Plant Products as antimicrobial Agents. Clin. Microbiol Re ; 12(4),**1999. P 564-582**

[88] Sarni-Manchachado, cheynier V. Les polyphénols en agroalimentaire, laivoisier, Editions Tec & Doc,**2006. P 398**

# Chapitre III

## Aperçu botanique sur l'espèce *Cytisus triflorus*

---

### III.1- Généralité

### III.2- Présentation de la famille des fabaceae

### III.3- Présentation de l'espèce

### III.4- Travaux antérieurs sur la famille des Fabacées

### III.5- Travaux antérieurs sur le genre *Cytisus*

---



### III.1- Généralité

*Cytisus* est un genre de plantes de la famille des Fabaceae (Légumineuses). Ses espèces sont généralement appelées « genêts » ou « cytises ».[1]Le mot cytise constitue l'emprunt du latin *cytissus*, l'origine du nom d'une espèce de trèfle ou de luzerne très répandue sur l'île grecque de Kythnos, puis devient un nom générique pour un grand nombre de légumineuses.[2]Le genre *Cytisus* est important et diversifié de plantes dicotylédones comprenant environ 50 espèces de plantes à fleurs de la famille des Fabacées, particulièrement abondantes autour de la mer Méditerranée, mais également se trouve dans des régions géographiques distinctes comme le nord et le sud de l'Afrique, l'Europe occidentale et centrale, la mer Noire et la Turquie. [3]

Plusieurs espèces du genre *Cytisus* utilisées en médecine traditionnelle présentent des activités antioxydantes, cryoprotectrices, diurétiques, hypnotiques, anxiolytique, sédatives, hépato protectrices, antispasmodiques, hypotensives, antiparasitaires, antidiabétiques et oestrogéniques.[4-5-6-7-8-9] En outre, plusieurs espèces du genre *Cytisus* sont utilisées comme plantes ornementales ainsi que pour l'alimentation des animaux dans le domaine de l'agriculture. Leur pollen est utilisé en apiculture et dans la fertilisation du sol.[10-11-12] *Cytisus triflorus* (synonyme : *cytissusvillosus*) a été utilisée par les populations rurales comme remède efficace contre les plaies.[13]

### III.2- Présentation de la famille des fabaceae

#### III.2.1- Définition

La grande famille de Fabaceae (de faba, la fève) doit son unité à son fruit, appelé gousse ou légume, d'où l'autre dénomination de Légumineuses sous laquelle cette famille est plus connue. Les Fabaceae constituent une des plus grandes familles des plantes à fleurs, avec plus de 730 genres et 19 400 espèces, réparties aussi bien en milieu tempéré que tropical. Les formes arborescentes prédominent dans les pays chauds et les formes herbacées dans les régions tempérées.[14] Leur emploi est très développé dans divers secteurs économiques, pharmaceutiques, agricoles, agroalimentaires, paysagers et horticoles.[15]

Les fabaceae sont caractérisées par :

- ✓ Les racines sont généralement pivotantes et laissent apparaître des nodosités à *Rhizobium* qui se forment si le sol est pauvre en azote.
- ✓ Les feuilles sont généralement alternes, pennées ou trifoliolées et stipulées.[14]

- ✓ Les fleurs sont solitaires ou rassemblées en panicules, en fascicules, en racèmes, en épis ou en têtes axillaires et terminales ou opposées aux feuilles.
- ✓ Le fruit est un légume charnu ou non, déhiscent ou plus rarement indéhiscent.[16]

### III.2.2- Aspect botanique

On peut définir la systématique de famille des Fabaceae du point de vue botanique selon les divisions dans le tableau (4) :

**Tableau (5) : Taxonomie de la famille des Fabaceae**

<b>Règne</b>	Plantae (Végétale)
<b>Sous-règne</b>	Tracheobionta
<b>Embranchement</b>	Magnoliophyta
<b>Sous-embranchement</b>	Rosophytina
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Sous-classe</b>	Rosidae
<b>Ordre</b>	Fabales
<b>Famille</b>	Fabaceae (Leguminosea,papilionaceae)
<b>Sous famille</b>	Faboideae

### III.2.3- Classification des Fabacées

Selon la classification précédente APGIII des angiospermes, les Fabacées ont été placés dans l'ordre des Fabales. Ils comportent trois sous-familles : Faboideae (Papilionoideae), Caesalpinioideae et Mimosoideae. La nouvelle classification selon APG de la famille Fabaceae montre leur division en six sous-familles: Cercidoideae avec 12 genres et 335 espèces, Detarioideae avec 84 genres et 760 espèces, Duparquetioideae avec 1 genre et 1 espèce, Dialioideae avec 17 genres et 85 espèces, Caesalpinioideae avec 148 genres et 4400 espèces et Papilionoidea avec 503 genres et 14000 espèces. [17]

### III.3- Présentation de l'espèce

#### III.3.1- Description botanique de l'espèce *Cytisus triflorus*

*Cytisus triflorus* L'Hérit, connue en Algérie sous le nom de illougui ou tellouguit. Cette espèce est répartie dans la région méditerranéenne, elle est très répandue dans les frontières montagneuses entre Jijel, Bejaia et Tizi Ouzou. Elle est utilisée en médecine traditionnelle algérienne pour traiter les douleurs abdominales, la cicatrisation des plaies et comme hémostatique et antifongique. En outre, les feuilles sont utilisées comme "henné" pour traiter et teindre les cheveux. A notre connaissance, il existe peu de précédents travaux sur les activités biologiques de cette espèce. [18]

*Cytisus triflorus* est un arbuste non épineux, rameux, atteignant plus de 2 m de haut. Feuilles pétiolées, très soyeuses, composées de 3 folioles, de forme ovale-elliptique, la médiane, plus grande, pouvant mesurer jusqu'à 3 cm. La floraison a lieu en mars-mai. Fleurs, dépassant 1,5 cm de long, pédicellées, généralement groupées par 3 à l'aisselle des feuilles supérieures. Petit calice à dents très courtes, souvent bordé de noir. Corolle jaune, à 5 pétales - dont l'étendard, dressé. Les fruits sont gousses étroites, velues, devenant noirâtres. [19]



Figure (28) : Photos de la plante *Cytisus triflorus*, (A) : les fleurs , (B): les feuilles.

**III.3.2- Synonymes latins**

- *Cytisus vilosus* Pourr
- *Cytisus hirsutus*
- *Cytisus mollis*
- *Cytisus barcinonensis* [20]

**III.3.3- Classification systématique****Tableau (6) : Place de l'espèce *Cytisus triflorus* dans la systématique**

<i>Cytisus triflorus</i> L'Hérit.	
<b>Règne</b>	plantae
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Ordre</b>	Fabales
<b>Famille</b>	Fabaceae
<b>Sous-famille</b>	Faboideae
<b>Genre</b>	<i>Cytisus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Cytisus triflorus</i> L'Hérit. (Syn. <i>Cytisus villosus</i> Pourr.)
<b>Nom commun</b>	Broom, Cytise à trois fleurs

**III.3.4- Quelques espèces du genre *Cytisus***

Le genre *Cytisus* (Genêt), comprend environ 60 espèces originaires d'Afrique du Nord, des îles Canaries, d'Europe, d'Asie de l'Ouest. [21]

La liste suivante représente quelques exemples des espèces du genre *Cytisus* et pourrait inclure des synonymes :

- ✓ *Cytisus acutangulus*
- ✓ *Cytisus albidus*

- ✓ *Cytisus arboreus*
- ✓ *Cytisus austriacus*
- ✓ *Cytisus balansae*
- ✓ *Cytisus blockianus*
- ✓ *Cytisus cantabricus*
- ✓ *Cytisus cassius*
- ✓ *Cytisus creticus*
- ✓ *Cytisus emeriflorus*
- ✓ *Cytisus filipes*
- ✓ *Cytisus fontanesii*
- ✓ *Cytisus linifolius*
- ✓ *Cytisus monspessulanus*
- ✓ *Cytisus orientalis*
- ✓ *Cytisus purgans*
- ✓ *Cytisus reverchonii*
- ✓ *Cytisus scoparius* (Genêt à balais)
- ✓ *Cytisus triangularis*
- ✓ *Cytisus triflorus*
- ✓ *Cytisus villosus*. [22]

#### III.4- Travaux antérieurs sur la famille des Fabacées

L'espèce de la famille de fabacées possède plusieurs composés chimiques, mais les composés chimiques les plus présentent sont les : flavonoïdes, alcaloïdes, tannins, l'huile essentielle, les saponines, les terpénoïdes, coumarines et les quinones. Les parties aériennes sont les organes les plus utilisées.[23]

La famille des Fabaceae est extrêmement riche en flavonoïdes, et celle des papilionacées est caractérisée par la présence d'isoflavones, de rétinolides d'anthocyanines et de flavonol glycosylés. [24]

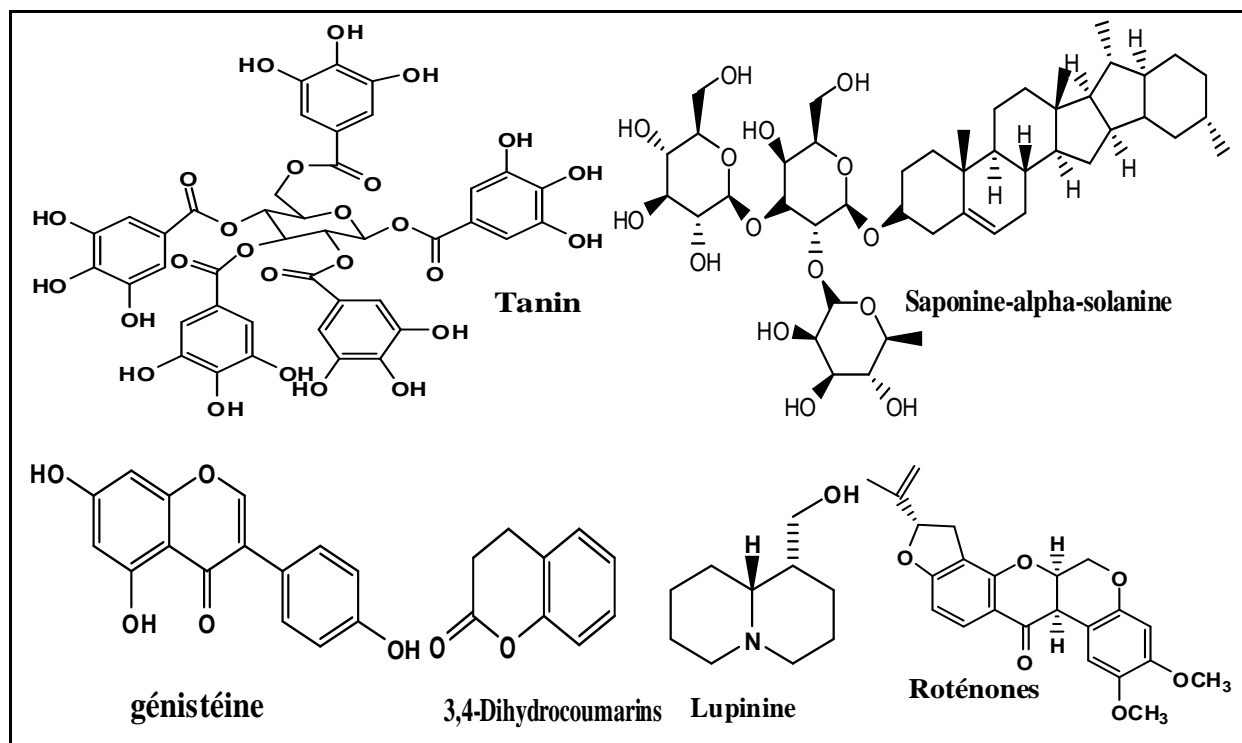


Figure (29) : Quelques exemples des produits obtenus à partir de la famille des fabacées

### III.5- Travaux antérieurs sur le genre *Cytisus*

*Cytisus triflorus* l'Her, est une plante médicinale riche en alcaloïdes, en polyphénols, en Flavonoïdes, en sucres totaux et en protéines. Elle est utilisée traditionnellement comme plante médicinale cicatrisante.[25]

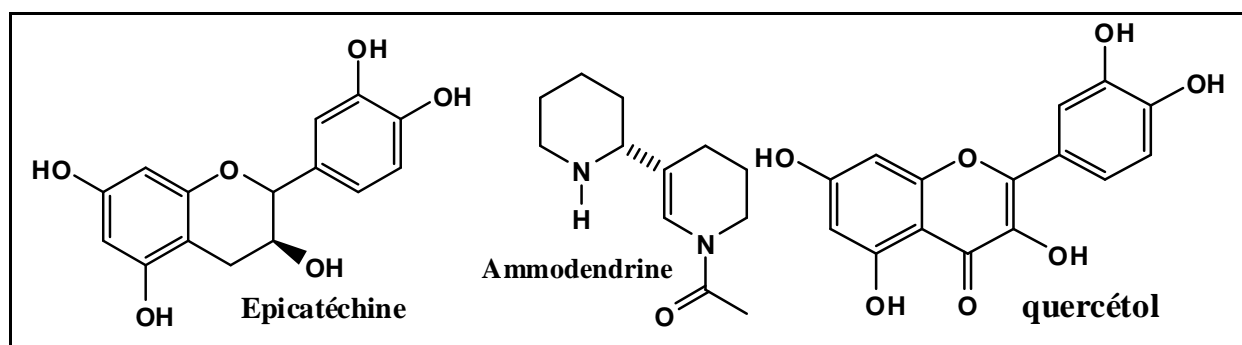


Figure (30) : Quelques exemples des produits obtenus à partir du genre *Cytisus*

**Références bibliographiques :**

- [1] François Couplan, Les plantes et leurs noms : Histoires insolite, Éditions Quae, P 65. **2012**
- [2] Alain Rey (sous la direction d'), Dictionnaire historique de la langue française, Dictionnaires Le Robert, Paris, 2e édition, **1998. P 983b**
- [3] Andriamparan J.N, Brinkmann K, Jeannoda V, Buerkert A, Effects of socio-economic household characteristics on traditional knowledge and usage of wild yams and medicinal plants in the Mahafaly region of south-western Madagascar. Journal of ethnobiology and ethnomedicine. 10, **2014. P 61-69**
- [4] Sundararajan R. Haja N.A. Venkatesan K. Mukherjee. K, Saha B.P, Bandyopadhyay A. and Mukherjee P.K. Cytisusscoparius link-A natural antioxidant. BMC Complementary and Alternative Medicine. 6(8), **2006. P 1-7**
- [5] Di Giorgio C. Delmas. F. Tueni M. Cheble E. Khalil T. Balansard G. Alternative and complementary antileishmanial treatments: assessment of the antileishmanial activity of 27 Lebanese plants, including 11 endemic species. The Journal of Alternative and Complementary Medicine. 14(2), **2008. P 157-162**
- [6] Nirmal J. Babu C.S Harisudhan T. Ramanathan M, Evaluation of behavioural and antioxidant activity of Cytisusscoparius Link in rats exposed to chronic unpredictable mild stress. BMC complementary and alternative medicine. 8(15), **2008. P 45-56**
- [7] Barros L. Dueñas M. Carvalho A.M. Ferreira I.C and Santos-Buelga C, Characterization of phenolic compounds in flowers of wild medicinal plants from Northeastern Portugal. Food and Chemical Toxicology. 50, **2012. P 1576-1582**
- [8] González N. Ribeiro D. Fernandes E. Nogueira D.R. Conde E. Moure A. Vinardell M.P. Mitjans M. Domínguez H, Potential use of Cytisusscoparius extracts in topical applications for skin protection against oxidative damage. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 125, **2013. P 83-89**
- [9] Jalili J. Askeroglu U. Alleyne B. Guyuron B, Herbal products that may contribute to hypertension. Plastic and reconstructive surgery. 131, **2013. P 168-173**
- [10] Rodríguez-Riaño T. Ortega-Olivencia. Adevesa J, Reproductive biology in Cytisus multiflorus (Fabaceae). Annales Botanici Fennici. 5, **2004. P 179-188**
- [11] Rodríguez-Riaño T. VALTUEÑA F.J. Ortega-Olivencia A, Megasporogenesis, megagametogenesis and ontogeny of the aril in Cytisus striatus and C. multiflorus (Leguminosae: Papilionoideae). Annals of botany. 98(4), **2006. P 777-791**

- [12] Pinela J. Barros. L, Carvalho A.M. Ferreira I.C, Influence of the drying method in the antioxidant potential and chemical composition of four shrubby flowering plants from the tribe Genisteae (Fabaceae). Food and chemical toxicology. 49(11),**2011. P 2983-2989**
- [13] Ait-Kaci Aourahoun. K .Fazouane F .Benayache S, Pharmacological potential of *Cytisustriflorus* l'Hérit. Extracts as antioxidant and anti-inflammatory agent. Der Pharmacia Lettre. 7(5),**2015. P 104- 110**
- [14] Moral S, Etude phytochimique et évaluation biologique de *derris ferrugineabenth*, (Fabaceae) université d'Angers.**2011. Page 25-27**
- [15] Woyengo T.A, Ramprasath.V.R .Jones.P.J.H , Anticancer effects of phytosterols European Journal of Clinical Nutrition, 63,**2009. P 813-820**
- [16] Vasudeva A. Kalarickal V.D. Pradeep K.M. Ponnuraj K. Chittalakkottu S, Madathilkovilakathu.H. Anti-Inflammatory Property of n-Hexadecanoic Acid. Structural Evidence and Kinetic Assessment. Chemical biology & drug design, 80,**2012. P 434- 439**
- [17] Boumaza O. Mekkiou R. Seghiri R. Sarri D. Benayache S. Garcia P.V. Bermejo J and Benayache F, Flavonoids and isoflavonoids from *Genistatricuspidata*. Chemistry of Natural Compounds, 42,**2006. P 730-731**
- [18] Madoui S, Activités Biologiques Des Extraits De *Cytisus Triflorus*. Doctorat en sciences, Université Ferhat Abbas Sétif 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, **2018**
- [19] Nt.ws beniston, fleurs d'algerie. Entre pise nationale du livre alger,**1984. P 153**
- [20] <https://quelle-est-cette-fleur.com/Fiches-botaniques/cytise-velu.php>
- [21] <https://www.truffaut.com>
- [22] <https://www.quelleestcetteplante.fr/genres.php?genre=Cytisus>
- [23] Chebli B. Hassani M L. Hmamouchi M, Acides gras et polyphénols des graines d'*Ononis natrix* L. (Fabaceae) de la région d'Agadir, Maroc. Acta. Bot. Gallica. 148 (4), **2001. P 333-340**
- [24] Mokhtari M, Etude phytochimique de la plante *calycotomespinosa*. link, Magister en chimie organique, Université El- Hadj Lakhder Batna, Faculté des sciences. **2012**
- [25] Dejidel A. Daghbouche S. Benrima A. Djazouli Z, Evaluation de l'activité insecticide de l'extrait aquaux brut de la fabaceae *cytisus triflorus* l'her à l'égard *detribolium castanium*



(Herbst, 1797) (coleoptera : tenebrionidae), Université de Blida 1, Faculté des sciences de la nature et de la vie, **2018**



**Deuxième partie**

**Partie**  
**Expérimentale**



*Matériel et méthodes*

---

**1. Introduction**

**2. Etude chimique des métabolites secondaires**

**3. Etude chimique des huiles essentielles**

---

La partie expérimentale a été réalisée dans le laboratoire de chimie organique du département de chimie à l'université de Jijel, notre travail repose sur l'étude de la composition chimique des métabolites secondaires et des huiles essentielles extraites à partir de l'espèce *Cytisus triflorus* qui est une plante médicinale appartenant à la famille des fabacées.

### **1. Etude chimique des métabolites secondaires**

#### **1.1- Matière végétale**

##### **1.1.1- Récolte de la plante**

L'espèce *Cytisus triflorus* a été récoltée de la région d'oudjana daïra de Taher, Wilaya de Jijel.

##### **1.1.2- Conservation**

Les feuilles de la plante (la partie aérienne) sont bien nettoyées et séchées à l'air libre et à l'abri de la lumière.

#### **1.2- Etude chimique**

##### **1.2.1- Extraction**

Cette étape consiste à extraire le maximum de métabolites secondaires contenus dans les feuilles de la plante séchée, en utilisant des solvants organiques volatils adéquats, qui augmentent le rendement d'extraction.

##### **1.2.2- Séparation liquide- liquide**

Cette étape repose sur la spécificité, la différence de polarité et la densité, entre les solvants organiques utilisés et les métabolites secondaires extraits, ce qui permet la séparation des métabolites secondaires en trois types de familles de composés : composés apolaires, moyennement polaires et polaires.

##### **1.2.3- Protocole d'extraction**

Après séchage, les feuilles de l'espèce *Cytisus triflorus* (**300 g**) ; ont été soumises à une macération à la température ambiante dans un milieu hydro-alcoolique (mélange Ethanol/Eau ; 70/ 30) pendant 24 heures, puis faire la filtration et séchage du filtrat à sec, cette opération a été répétée trois fois.

Après la filtration et concentration de la solution, on ajoute 500 ml de l'eau distillée et on procède à des extractions successives (épuisement par des solvants), dans une ampoule à

décanter de 1000 ml, en utilisant des solvants de polarité croissante : le chloroforme, l'acétate d'éthyle et ensuite le n-butanol, en utilisant a chaque fois 250 ml de chaque solvant, l'opération est répétée deux fois.

- épuisement par le chloroforme ( $\text{CHCl}_3$ ) : obtention de la phase chloroformique.
- épuisement par l'acétate d'éthyle ( $\text{AcOEt}$ ) : obtention de la phase acétate.
- épuisement par le n-butanol: obtention de la phase n-butanolique.

Les 03 extraits sont évaporés à sec et pesés, donnant les résultats cités dans le tableau (7) :

**Tableau (7) : Résultats obtenus des extraits**

Matière végétale	Extrait	Masse	Rendement
300 g	Chloroformique	2,06 g	0,68 %
	Acétate d'éthyle	8,98 g	2,99 %
	n-butanol	14,76 g	4,92 %



**Figure (31) : Extraction par solvant (décantation)**



**Figure (32) : Evaporation des trois phases**



**Figure (33) : Les trois extraits obtenus après épuisement par des solvants**

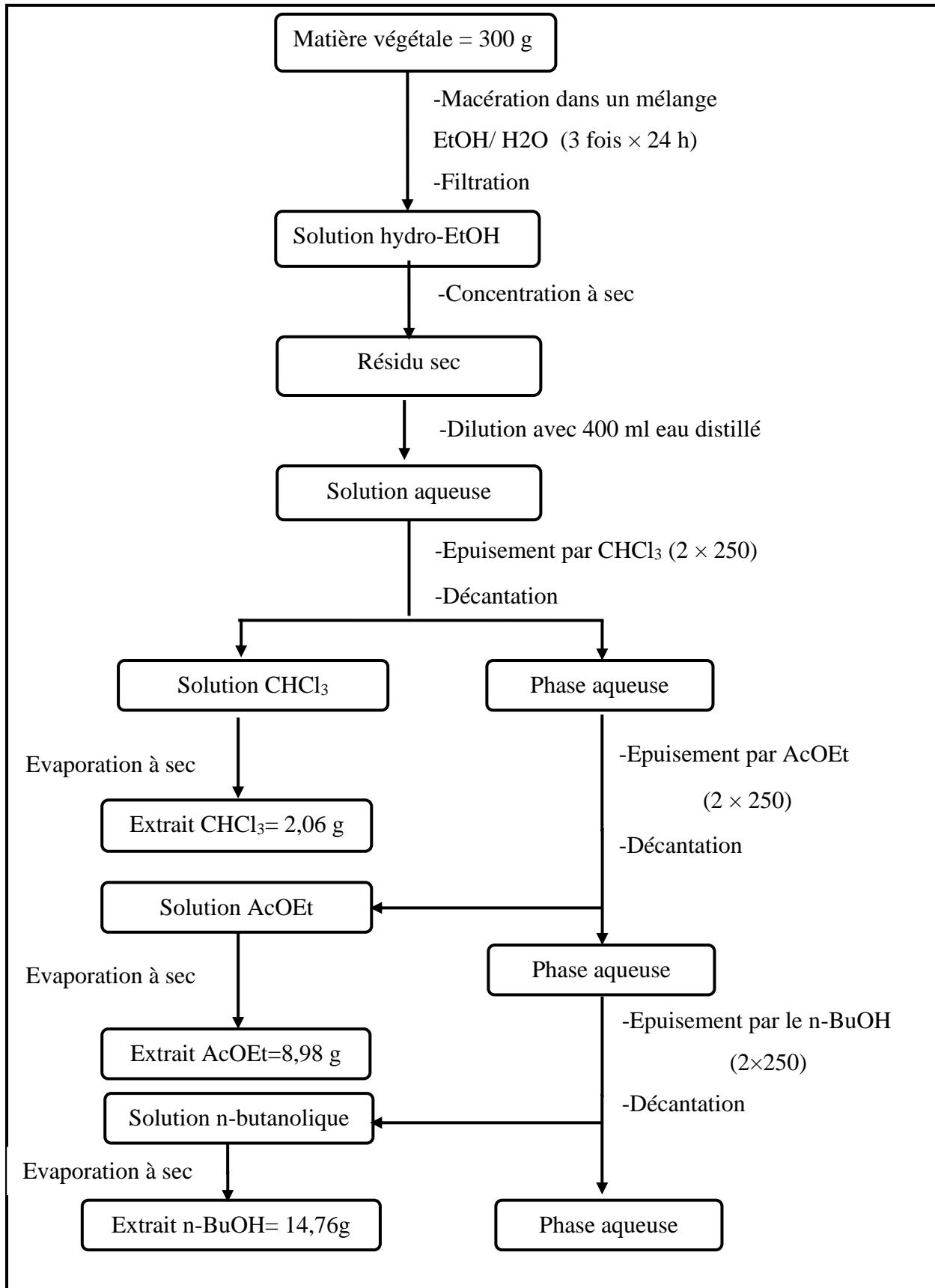


Figure (34) : Protocole d'extraction des métabolites secondaires

La figure (34) représente les différentes étapes de l'extraction des parties aériennes de la plante *Cytisus triflorus*.

## 2. Etude chimique des huiles essentielles

### 2.1- Matière végétale

La plante « *Cytisus triflorus* » a été récolté durant le mois de juin de l'année 2018 de la région d'oudjana, séchée à température ambiante à l'ombre. Ensuite les feuilles sont découpées, ce qui permet de minimiser la perte en quantité d'huiles essentielles.

### 2.2- Procédé d'extraction des huiles essentielles

Pour l'extraction des huiles essentielles de la plante *Cytisus triflorus* nous avons choisis la méthode d'hydrodistillation, car elle est la méthode la plus utilisée grâce à sa simplicité et son coût.

Pour cela 70g de matière végétale mélangée avec 500ml d'eau distillé sont introduites dans un ballon rond de 1000ml, le mélange est chauffé jusqu'à ébullition pendant 3h. Les vapeurs chargées d'huiles se condensent en traversant un réfrigérant, et le condensat obtenu est récupérée dans une ampoule à décanter, sachant que l'eau et l'huile se séparent par différence de densité. Les huiles essentielles sont conservés dans un flacon en verre opaque à 4°C à l'abri de la lumière.

La masse de l'huile essentielle récupérée du *Cytisus triflorus* est de **1,53g** avec un rendement de **2,18%**



**Figure (35) : Montage d'hydrodistillation**



### 2.3- Calcul du rendement

Le rendement en huile essentielle est le rapport en pourcentage (%) de la masse de l'huile essentielle récupérée sur et la masse de la matière végétale sèche utilisée. Le rendement est exprimé en pourcentage (R %) et il est calculé par la formule suivante :  $R (\%) = \frac{m_1}{m_0} \times 100$

Où R : rendement d'huile essentielle en (%)

$m_1$  : C'est la masse de l'huile essentielle récupérée en (g).

$m_0$  : C'est la masse de la matière végétale utilisée en (g).

### 2.4- Analyse chromatographique de la composition chimique des huiles essentielles

#### 2.4.1-Principe

Le couplage de la chromatographie en phase gazeuse avec la spectrométrie de masse (CPG/SM) est une méthode d'analyse par séparation qui s'applique aux composés gazeux ou susceptibles d'être vaporisé par chauffage sans décomposition. [1] La chromatographie en phase gazeuse (CPG), sépare et identifie des composés dans des mélanges complexes, et la spectrométrie de masse (SM), détermine le poids moléculaire et les composants ioniques des composés individuels.

Un système GC-MS comprend une alimentation en gaz porteur, une entrée pour l'introduction des échantillons, une colonne capillaire recouverte d'un liquide stationnaire ou solide, et une sortie pour le système de détection, dans ce cas un spectromètre de masse. Il existe différents types de détecteurs mais le spectromètre de masse est l'un des meilleurs à fournir des informations structurales sur les composés séparés par chromatographie. [2]

Le couplage CG-MS est plus utilisée dans le domaine des huiles essentielles, car elle permet d'effectuer l'individualisation des constituants et le calcul de leur indice de rétention (Ir), puis analyser par la spectrométrie de masse (MS).

L'identification est ensuite réalisée par comparaison des indices de rétentions et des données spectrales (MS), des constituants individualisés avec les caractéristiques de produits de référence contenus dans des bibliothèques de données.

#### 2.4.2-Condition opératoire :

CG-MS Shimadzu QP2010 de type EI70ev quadripôle

Colonne OV1701 (25m)

Gaz vecteur : Hélium

Volume injecté : 1  $\mu$ l

Température de la colonne : 70°C

Température d'injection : split

**Remarque :**

Nous tenons à signaler que l'analyse de la composition chimique de l'huile essentielle de notre plante *Cytisus triflorus* n'a pas été réalisé, du fait que notre université a fermée ses portes par mesure de précaution depuis la mi-mars 2020, suite à l'apparition de la pandémie de corona virus (covid19) dans notre pays, et d'ailleurs a l'égard de tous les pays du monde.



## **Résultats et discussions**

---

### **1. Extraction des métabolites secondaires**

### **2. Les huiles essentielles**

---

## 1- Extraction des métabolites secondaires

### 1.1- Séparation liquide-liquide

Cette étape repose sur la spécificité et la polarité des solvants organiques utilisés :

- Épuisement par le chloroforme : qui est un solvant organique apolaire, entraîne souvent les composés apolaires.
- Épuisement par l'acétate d'éthyle : qui est un solvant moyennement polaire, extrait généralement les molécules moyennement polaires.
- Épuisement par le n-butanol : qui est un solvant polaire, entraîne essentiellement les composés polaires.

### 1.2- Le rendement des extraits des trois phases :

Les trois extraits récupérés après évaporation à sec, ont été pesés pour déterminer la masse sèche obtenue, les résultats sont donnés dans la figure (34) :

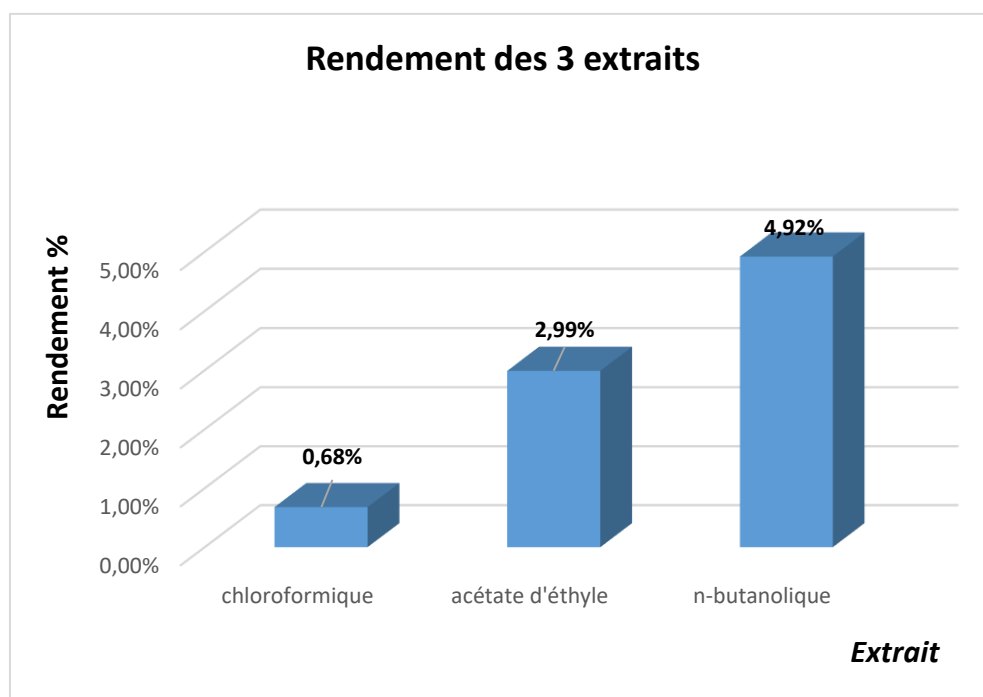


Figure (36) : Graphique représentatif du rendement des trois extraits

Il est difficile de comparer les résultats de chaque phase, car le rendement dépend de la richesse de la plante et aussi le moment de la récolte, ainsi que les conditions opératoires de l'extraction effectuée.

D'après les résultats obtenus, on constate que l'extrait n-butanolique présente le rendement le plus élevé, donc il est le plus riche en métabolites secondaires, puis l'extrait d'acétate avec une différence de 1,93%, et enfin l'extrait chloroformique est le moins riche.

## 2. Les huiles essentielles

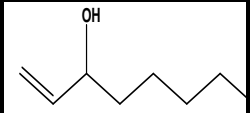
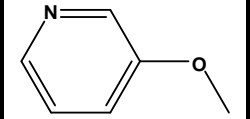
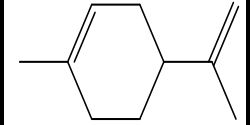
On s'est intéressé dans cette partie à l'étude phytochimique de l'espèce *Cytisus triflorus*, ainsi qu'à l'extraction des huiles essentielles et la détermination de la composition chimique de ces derniers, la recherche bibliographique effectuée a montré la richesse de cette plante en huiles essentielles.

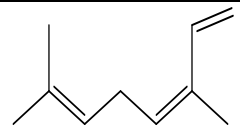
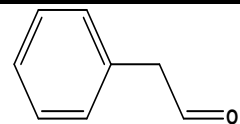
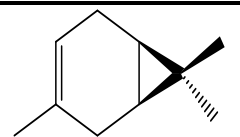
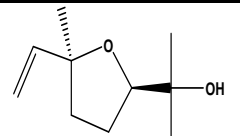
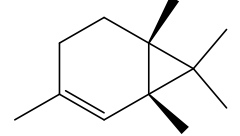
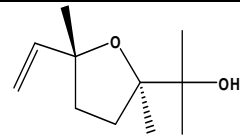
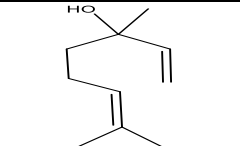

### 2.1- Rendement des huiles essentielles

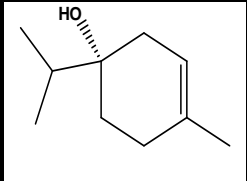
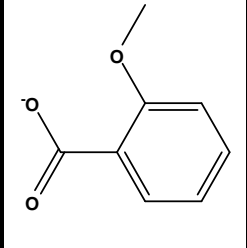
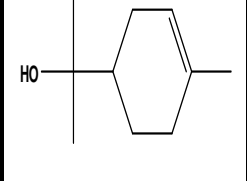
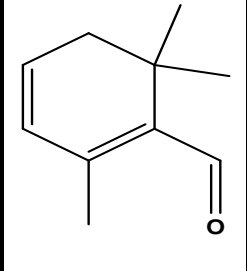
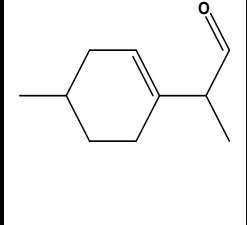
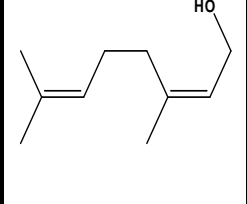
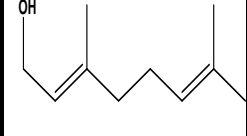
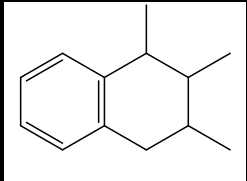
La masse de l'huile essentielle récupérée de l'espèce *Cytisus triflorus* est de 1,53g, et la masse de la plante sèche est de 70g ; et comme le rendement étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle récupérée sur la masse utilisée de la plante que multiplie par cent, alors le rendement est : (R = 2,18 %). Ce qui confirme la richesse de la plante *Cytisus triflorus* en métabolites secondaires.

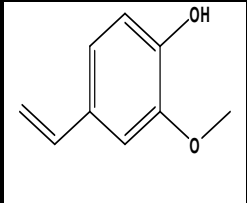
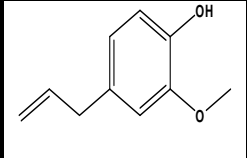
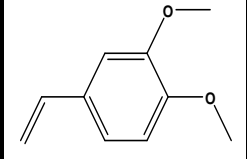
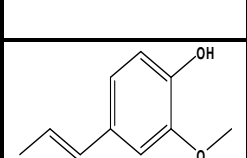
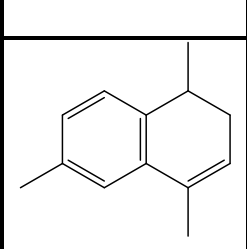
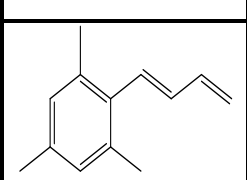
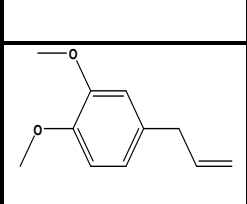
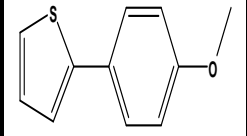
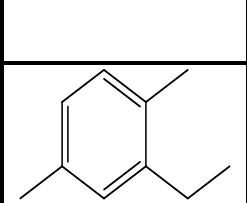
### 2.2- Compositions chimique des huiles essentielles

Tableau (8) : Composition chimique des HE de l'espèce *Cytisus triflorus*. [3]

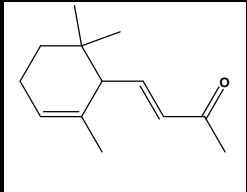
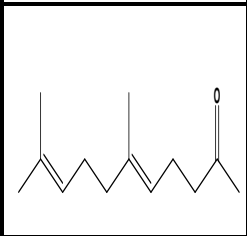
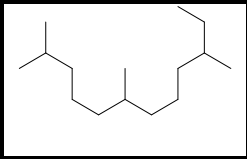
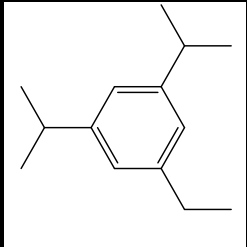
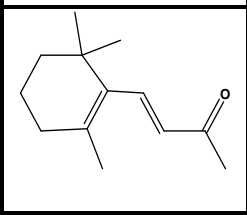
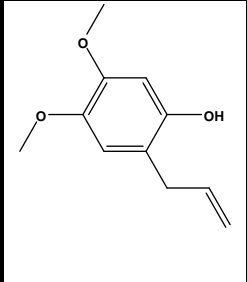
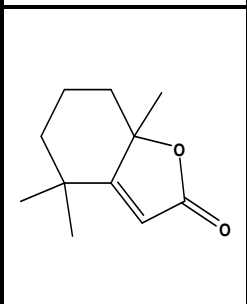
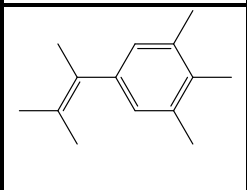
N° pic	Composé	Nom systématique	Structure	Aire %	RI
1	1-Octen-3-ol (CAS)	Oct-1-en-3-ol		0.2	979
2	3-Methoxypyridine	3-Methoxypyridine		1.9	995
3	Limonene	1-methyl-4-(prop-1-en-2-yl)cyclohex-1-ene		0.5	1028

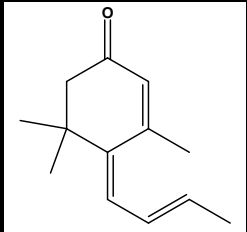
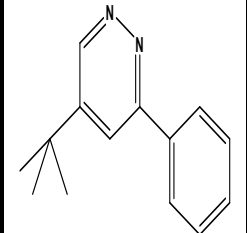

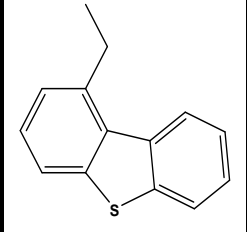
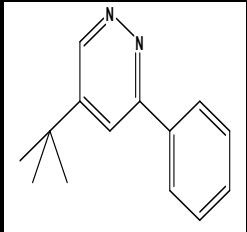
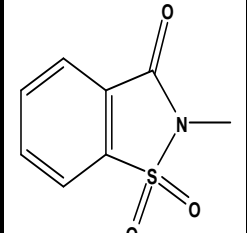
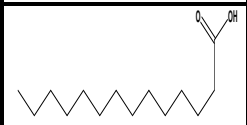

4	(Z)- $\beta$ -Ocimene	(Z)-3,7-dimethylocta-1,3,6-triene		0.2	1035
5	Phenylacetaldehyde	2-Phenylacetaldehyde		0.8	1043
6	$\Delta^3$ -carene	(1S,6R)-3,7,7-trimethylbicyclo[4.1.0]hept-3-ene		0.1	1046
7	cis-Linalool oxide	2-((2R,5S)-5-methyl-5-vinyltetrahydrofuran-2-yl)propan-2-ol		1.3	1070
8	$\Delta^2$ -carene	(1S,6R)-3,7,7-trimethylbicyclo[4.1.0]hept-2-ene		0.2	1084
9	trans-Linalool oxide	2-((2R,5R)-2,5-dimethyl-5-vinyltetrahydrofuran-2-yl)propan-2-ol		0.3	1085
10	Linalol	3,7-diméthylocta-1,6-dièn-3-ol		20.9	1096
11	Nonanaldehyde	Nonanal		0.1	1103

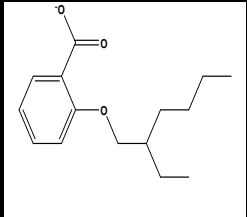
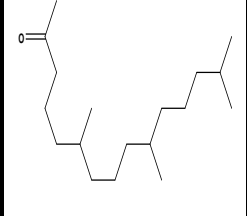
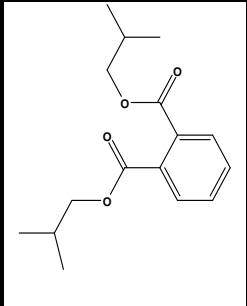
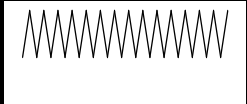
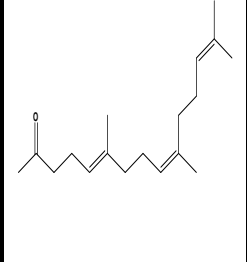
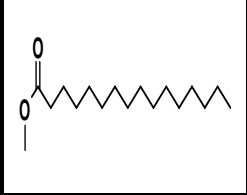
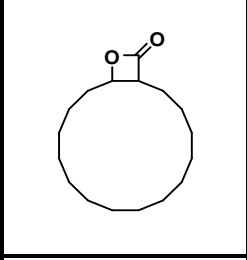
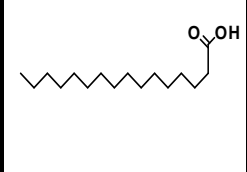
12	Terpinen-4-ol	4-méthyl-1-(propan-2-yl)cyclohex-3-én-1-ol		0.1	1183
13	Methyl-salicylate	2-methoxybenzoate		0.2	1189
14	$\alpha$ -Terpineol	2-(4-méthyl-1-cyclohex-3-ényl)propan-2-ol		6.4	1198
15	Safranal	2,6,6-triméthyl-1,3-cyclohexadiène-1-carboxaldéhyde		0.3	1201
16	para-Menthen-9-al	2-(4-méthylcyclohex-1-enyl)propanal		0.2	1222
17	Nerol	(Z)-3,7-diméthyl-2,6-octadién-1-ol		1.2	1226
18	Geraniol	(2E)-3,7-diméthyl-2,6-dién-1-ol		6.5	1252
19	triméthyl-tetrahydronaphthalene	1,2,3-triméthyl-1,2,3,4-tetrahydronaphthalene		0.3	1257


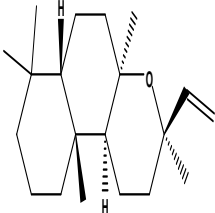

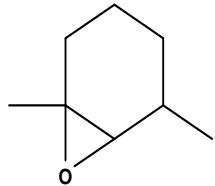
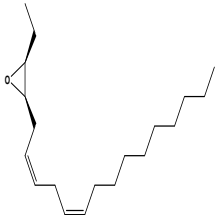
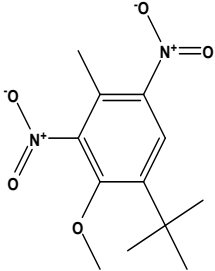
20	4-vinyl-2-methoxyphenol	4-Ethenyl-2-methoxyphenol		3.5	1311
21	Eugenol	2-méthoxy-4-(2-propènyl)-phénol		1.7	1353
22	3,4-dimethoxystyrene	1,2-dimethoxy-4-vinylbenzene		4.3	1366
23	(E)- Isoeugenol	(E)-2-methoxy-4-(prop-1-enyl)phenol		0.1	1369
24	1,4,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphtalene	1,2-Dihydro-1,1,6-trimethylnaphtalene		0.2	1393
25	1-Mesityl-buta-1,3-diene	(E)-2-(buta-1,3-dienyl)-1,3,5-trimethylbenzene		0.1	1397
26	Methyleugenol	1,2-diméthoxy-4-prop-2-én-1-ylbenzène		0.1	1400
27	2-(4-Methoxyphenyl)thiophene	2-(4-Methoxyphenyl)thiophene		1.6	1408
28	2-Ethyl-1,4-dimethylbenzene	2-Ethyl-1,4-dimethylbenzene		1.5	1411





29	(E)- $\alpha$ -ionone	(E)-4-(2,6,6-trimethylcyclohex-2-en-1-yl)but-3-en-2-one		0.3	1424
30	Geranylacetone	(E)-6,10-dimethylundeca-5,9-dien-2-one		1.6	1448
31	2,6,10-Trimethyl-dodecane	2,6,10-Trimethyl-dodecane		0.2	1461
32	1-Ethyl-3,5-diisopropylbenzene	1-ethyl-3,5-di(isopropyl)benzene		0.6	1478
33	(E)- $\beta$ -Ionone	(E)-4-(2,6,6-trimethylcyclohex-1-enyl)but-3-en-2-one		1.6	1480
34	4,5-Dimethoxy-2-(2-propenyl)phenol	2-allyl-4,5-dimethoxyphenol		0.7	1509
35	4,5,7,7a-Tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-2(6H)benzofuran-one	4,4,7a-trimethyl-5,6,7,7a-tetrahydrobenzofuran-2(4H)-one		0.3	1532
36	2-methyl-3-(3,4,5-trimethylphenyl)-2-butene	1,2,3-trimethyl-5-(3-methylbut-2-en-2-yl)benzene		1.2	1548

37	Megastigmatrien- one	(4Z)-4-[(E)-but-2- enylidene]-3,5,5- trimethylcyclohex-2-en- 1-one		0.3	1579
38	3-Phenyl-5-t- butylpyridazine	5-tert-butyl-3- phenylpyridazine		0.5	1669
39	Heptadecane	Heptadecane		0.2	1700
40	1-Ethyldibenzo- thiophene	1-ethyldibenzo[b,d] thiophene		1.1	1716
41	3-Phenyl-5-t- butylpyridazine	5-tert-butyl-3- phenylpyridazine		0.7	1722
42	N-Methylsaccharin	2-methyl-1,1-dioxo-1,2- benzothiazol-3-one		0.3	1727
43	Tetradecanoic acid	acide tétradécanoïque		2.5	1758
44	Hexacosane	Hexacosane		0.3	1799

45	2-Ethylhexyl - salicylate	2-(2-ethylhexyloxy)benzoate		0.2	1806
46	6,10,14-trimethyl- 2-pentadecanone	6,10,14-trimethylpentadecan-2-one		7.6	1841
47	Diisobutylphthalate	diisobutyl phthalate		2.8	1858
48	Triacontane	Triacontane		0.2	1899
49	E, Z - Farnesylacetone	(5E,9Z)-6,10,14-trimethylpentadeca-5,9,13-trien-2-one		1.1	1909
50	Hexadecanoic acid, methyl ester	methyl hexadecanoate		0.1	1923
51	Cyclohexa- decanolide	17-oxabicyclo [14.2.0] octadecan-18-one		0.2	1932
52	Acide hexadécanoïque	Acide hexadécanoïque		5.6	1958

53	Eicosane	Eicosane		0.3	1999
54	Manoyl oxide	(3 <i>R</i> ,4 <i>aR</i> ,6 <i>aS</i> ,10 <i>aS</i> ,10 <i>bR</i> )-3-ethenyl-3,4 <i>a</i> ,7,7,10 <i>a</i> -pentamethyl-2,5,6,6 <i>a</i> ,8,9,10,10 <i>b</i> -octahydro-1 <i>H</i> -benzo[ <i>f</i> ]chromene		0.3	2021
55	Heneicosane	Heneicosane		1.9	2097
56	1,5-Dimethyl 7-oxabicyclo [4.1.0] heptane	1,5-dimethyl-7-oxabicyclo[4.1.0] heptane		1.4	2106
57	( <i>Z</i> , <i>Z</i> )-6,9-cis-3,4-epoxy-nonadecadiene	(2 <i>S</i> ,3 <i>R</i> )-2-ethyl-3-((2 <i>Z</i> ,5 <i>Z</i> )-pentadeca-2,5-dienyl) oxirane		0.2	2135
58	Musk ambrette	1- <i>tert</i> -butyl-2-methoxy-4-methyl-3,5-dinitrobenzene		2.3	2145

59	Tricosane	Tricosane		2.1	2295
60	n- C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	n- pentacosane		0.2	2395
			<b>Total</b>	92.7	

60 composés ont été déterminés de l'huile essentielle du *Cytisus triflorus* représentant 92.7% du contenu total de l'huile.

Les principaux constituants de l'huile sont : linalool (20.9%),  $\alpha$ -terpineol (6.4%), nerol (1.2%), géraniol (6.5%), 4 vinyl-2 éthoxy phénol (3.5%), ugenol (1.7%), 3,4diméthoxy-styrène (4.3%), 6,10,14-triméthyl-2 penta décanone (7.6%), acide tétradécénoïque (2.5%), geranyl acétone (1.6%), heneicosane (1.9%), tricosane (2.1%), acide hexadécanoïque (5.6%), Musk ambrette (2.3%).

L'huile essentielle de *Cytisus triflorus* semble être plus riche en composés terpéniques oxygénés que les autres espèces décrites précédemment telles que *Cytisus species* (*C.sessilifolius* et *C.scoparius*)[4-5]. Puisque ça constitue la fraction la plus importante 64%. La fraction d'hydrocarbure de laquelle heneicosane (1.9%) et tricosane (2.1%) sont les composés les plus abondants, mais ne sont pas importants (10.7%).

La fraction d'acide gras et l'ester méthylique d'acide gras (8.2%), de laquelle l'acide hexadécanoïque (5.6%) était le constituant majeure, mais était aussi moins important que dans les autres huiles. Il semble que c'est le premier rapport qui a été cité sur la composition chimique de l'huile essentielles de *Cytisus triflorus*.

Hélas ça aurait été une très bonne chose si on avait pu réaliser l'analyse de notre huile de *Cytisus triflorus* pour faire la comparaison avec la composition chimique de notre huile essentielle et voir si on aurait obtenu les mêmes produits majoritaires, et selon notre expérience dans ce domaine, nous sommes entièrement convaincu qu'on allait trouver des

différences car cette plante a été récolté d'une région montagneuse (Iarabaa., Oudjana) à de très haute altitude et en plus de ça bien exposé au soleil et un sol très fertile.

## Références bibliographiques

- [1] Garnero J, Les huiles essentielles. Techniques de l'ingénieur, Paris, **1996, P 345**
- [2] Bouchonnet S. Libong D, Le couplage chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie +de masse. Ecole Polytechnique Palaiseau, Cours, **2000**
- [3] Aourahoum K. Aissaoui M. Fazouane F. Larit F. Chalard P. Chalchat J.C. Figueredo G. Benayache F and Benayache S, Essential oil of *Cytisus triflorus* L' Her, Scholars Research Library, Der Pharmacia Lettre, **2013, P 276-279.**
- [4] Kurihara T and Kikuchi M. Yakugaku Zasshi, Studies on the constituents of flowers. XIII. On the components of the flower of *Cytisus scoparius* Link. 100(10): 1054-7; via C.A.**1980. P 93: 2351183**
- [5]Amel A. Zama D. Boubekri N. Benaissa O. Meraihi Z. Benayache F. Benayache S and Bettuzzi S , The protective effect of *Chrysanthemum fantanesii* extract, vitamin E and C on sodium valproate-induced embryotoxicity in pregnant mice. Journal of Medicinal Plants Vol.6(19). **2012, P3535-3544**





*Conclusión  
générale*

### Conclusion générale

Ce travail a été pour nous une très bonne expérience, ainsi qu'une bonne initiation à la recherche scientifique et ceci grâce au travail de laboratoire et la recherche bibliographique réalisé sur le genre *Cytisus* et l'espèce *Cytisus triflorus*.

Notre travail expérimental a été repartit en deux grandes étapes :

La première étape consiste à l'extraction du matériel végétale, suivi d'affrontement par les solvants organiques de polarité croissante, ce qui a conduit à l'obtention de trois phases, à savoir la phase chloroformique, la phase acétate d'éthyle et la phase n-butanolique.

Les tests que nous devons réaliser sur les différentes phases n'ont pas été réalisés, vu la conjoncture que nous traversons.

En deuxième étape, on s'est intéressé particulièrement à l'extraction de l'huile essentielle de la plante *Cytisus triflorus* grâce à une méthode très simple et très pratique, qui est l'hydrodistillation.

Malheureusement la détermination de la composition chimique de l'huile essentielle de *Cytisus triflorus* par l'usage de l'appareil de chromatographique en phase gazeuse couplé à la masse, n'est pas été effectuée pour les mêmes raisons cités précédemment.

## Résumé

Ce mémoire s'est déroulé dans un contexte sanitaire particulier, vu l'apparition du corona virus covid 19 dans notre pays et son expansion rapide. Pour cela les objectifs fixés au paravent ont été détournés, alors on s'est contenté d'un travail beaucoup plus théorique que pratique en réalisant une bonne recherche bibliographique sur la plante choisie : *Cytisus triflorus*, à laquelle on a fait une macération hydroalcoolique (70%, 30%), l'extrait obtenu a subi un épuisement par 3 solvants de polarité croissante, ce qui nous a permis l'obtention de 3 phases à savoir la phase chloroformique, la phase acétate d'éthyle et la phase n-butanolique

L'obtention de l'extrait des huiles essentielles de *Cytisus triflorus* a été obtenue par la méthode d'hydrodistillation avec un rendement de 2.18%

Il est regrettable qu'on a pas pu passer notre extrait des huiles essentielles dans l'appareil

CG-MS pour l'obtention de sa composition chimique, et qu'on n'a pas effectué les tests d'activités antibactérienne, et antioxydante pour nos extraits, comme on le faisait dans les années passées.

**Mots clés :** *Cytisus triflorus*, huile essentielle, CG-MS.

## المخلص

ان هذه المذكرة تمت في ظرف صحي خاص نظرا لظهور وباء فيروس كورونا في بلادنا و انتشارها السريع لهذا فان الأهداف التي كانت مسيطرة قد تم تحويلها و عليه اكتفينا بعمل اكثر منه نظري كتجريبي و هذا بإجراء بحث بيبلوغرافي معمق حول النبتة المختارة *Cytisus triflorus* و التي خضعت الى استخلاص هيدروكولي (70%، 30%)، المستخلص المتحصل عليه تم معالجته بثلاث مذيبات ذات القطبية المتزايدة. مما مكننا من الحصول على ثلاثة أطوار هي : الطور الكوروفورمي ، الطورالاستات الاتيل و الطور ن-بوتول.

تحصيل مستخلص الزيوت الأساسية ل *Cytisus triflorus* تم باستعمال طريقة التقطير المائي كانت المرودية 2,18%.

نتحصر لعدم تمكننا من تمرير مستخلص الزيوت في جهاز CG-MS لنتحصل على التركيبة الكيميائية لها، و كذلك عدم إجراء الاختبارات للنشاط البكتيري و النشاط المضاد للأكسدة لمستخلصاتنا، كما كنا نعمله في السنوات الماضية.

**الكلمات المفتاحية:** *Cytisus triflorus* ، الزيوت الأساسية ، CG-MS.