

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES  
DE LA NATURE ET DE LA VIE

N°:.....



DOMAINE: SCIENCES DE LA NATURE  
ET DE LA VIE

FILIERE: SCIENCES BIOLOGIQUES

OPTION: BIODIVERSITE ET  
PHYSIOLOGIE VEGETALE

Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique

Par

LATRI Ouarda, NOUI Rabia  
et GUERGUEB Abla

Intitulé

**Métabolites secondaires et caractères  
médicinaux du genre *Foeniculum***

Soutenu le 13 Juin 2022 devant le jury composé de:

Dr. BENDIF Hamdi	MCA	Université de M'sila	Président
Dr. SMAILI Tahar	Pr	Université de M'sila	Rapporteur
Dr. MERNIZ Noureddine	MCB	Université de M'sila	Examineur

Année universitaire: 2021 / 2022



# Remerciement

Avant toute chose, nous remercions **ALLAH**, le tout puissant, pour nous avoir donnée la force et la patience pour réaliser ce mémoire.

Nous exprimons nos remerciements à Monsieur **SMAILI Tahar** l'encadreur de cette étude pour avoir dirigé ce travail, ses conseils, ses encouragements et à finir ce travail.

Nous adressons nos remerciements à Monsieur **BENDIF Hamdi** qui a bien voulu présider notre jury et pour sa précieuse aide, ses encouragements et ses conseils et pour l'aide compétente qu'il nous a apporté pour finir ce travail.

Nous tenons également à présenter nos plus vifs remerciements à Monsieur **MERNIZ Noureddine** pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions aussi tous les enseignants de département de **SNV** université de **M'sila** en particulier à Monsieur **BENMEHAIA Radhouane**.

Nous remercions tout particulièrement mes **familles** qui nous a toujours soutenu dans mes choix, et qui été présentent chaque fois que cela a été nécessaire.

Nous remercions toutes les **personnes** qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

**Ouarda, Rabia & Abla**



# Dédicace

♥ Avec mes sentiments de gratitudes les plus profonds, et avec un vaste cœur plein de joie, je tiens à dédier ce modeste **travail**:

♥ **A mon père** ( رحمه الله ) qui j'aurais bien voulu partager  
Avec lui ce moment important et solennel de ma vie

♥ **A ma très chère mère**  
Pour vos mains qui ont tant travaillées  
Pour votre cœur qui m'a tant donné  
Pour votre sourire qui m'a tant réchauffé

♥ **A mes chère sœurs** ♥

♥ **A mes professeurs en particulier YAHIAOUI Merzoug** ( رحمه الله )  
, **BENMEHAIA Radhouane** et **BENDIF Hamdi**

♥ **A toutes mes amies** ♥

♥ **A tout les étudiants** de Master BPV promotion 2022 ♥

♥ **A toute ma famille** ♥

♥ **A tous ceux qui m'aiment** ♥

♥ **A tous ceux que j'aime** ♥

♥ **A tous qui me connaisse de près ou de loin** ♥

♥ **Merci à tous** ♥

**Ouarda**





# Dédicace

- ♥ Avec mes sentiments de gratitudes les plus profonds, et avec un vaste cœur plein de joie, je tiens à dédier ce modeste **travail**:
  - ♥ **وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله و المؤمنون** ♥
- ♥ C'est grâce à **الله** qui m'a tracé le chemin de ma vie, que je suis arrivé à ce stade, j'ai pu réaliser ce travail et la patience d'aller jusqu'au bout du rêve...
- ♥ **A mon cher père** pour tout ce qu'il a fait pour moi, pour toute la confiance qu'il m'a toujours témoignée
  - ♥ **A ma chère mère** pour ses sacrifices, pour ses encouragements et ses prodigieux conseils
  - ♥ **A mes chers sœurs et frères** ♥
    - ♥ **A que j'aime** ♥
    - ♥ **A qui m'aime** ♥
- ♥ **A qui est présent dans mon cœur et absent entre mes lignes** ♥
- ♥ **A mes professeurs en particulier YAHIAOUI Merzoug (رحمه الله), BENMEHAIA Radhouane et BENDIF Hamdi**
  - ♥ **A toute ma famille** et à toutes mes **amies** ♥
  - ♥ **A tous mes amis** de la promotion de Master de BPV 2022 ♥
  - ♥ **A tous ceux qui ont pris place dans mon Cœur** et à tous ceux qui m'ont aidé de **près** ou de **loin**
    - ♥ **Merci à tous** ♥

**Rabia**

# Dédicace

- ♥ Avec mes sentiments de gratitude les plus profonds, et avec un vaste cœur plein de joie, je tiens à dédier ce modeste **travail**:
- ♥ A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, **ma mère**
- ♥ A l'école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années de mes études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner de l'aide et à me protéger, **mon père** ( رحمه الله )
- ♥ Aucune dédicace, ne saurait exprimer à sa juste valeur le profond amour que je vous porte, Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir, Puisse **Dieu**, vous procure santé, bonheur et longue vie
- ♥ A la personne qui m'as toujours accompagné dans ce travail, ta présence à mes côtés m'a permis de réussir et de donner toujours le meilleur de moi, Merci mon mari **Rachid**
- ♥ A mes chers **enfants**, cadeau de dieu pour moi et ma **fil**le unique que dieu les protège
- ♥ A mes très cher **frères** merci pour votre soutien et pour la confiance qui vous m'avez donné
- ♥ A mon **frère** mustafa ( رحمه الله ) ♥
- ♥ A mes très chère **sœur** merci pour vos encouragement et vos conseil ♥
- ♥ A mes chères **amies** et tous mes proches A toute ma famille **GUERGUEB** ♥



**Abla**

# Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction .....	01

## Chapitre I La famille des Apiaceae

I.	La famille des Apiaceae .....	03
I.1.	Généralité .....	03
I.2.	Répartition géographique .....	04
I.3.	Botanique et propriétés .....	06
I.3.1.	Appareil végétatif .....	06
I.3.1.1.	Tige .....	06
I.3.1.2.	Feuilles .....	06
I.3.2.	Appareil reproducteurs .....	07
I.3.2.1.	L'inflorescence ou ombelle .....	07
I.3.2.2.	Fleur .....	07
I.3.2.3.	Fruit .....	07
I.3.2.4.	Ovaire .....	08
I.4.	Systématique .....	08
I.5.	Utilisation .....	09
I.5.1.	Importance économique .....	09
I.5.2.	Utilisation en médecine traditionnelle .....	10
I.6.	Composition chimique et leur activité antioxydante .....	11

## Chapitre II Le genre *Foeniculum*

II.	Le genre <i>Foeniculum</i> .....	15
II.1.	Historique .....	15
II.2.	Description morphologique .....	15
II.3.	Classification .....	16
II.4.	Synonyme .....	16
II.5.	Noms vernaculaires .....	16

II.6.	Distribution géographique .....	17
II.7.	Utilisation .....	17
II.7.1.	Médecine traditionnelle .....	17
II.7.2.	Utilisations thérapeutiques .....	18
II.8.	Composition chimique et valeur nutritive .....	19
II.9.	Les sous- espèces de <i>Foeniculum vulgare</i> .....	22
II.9.1.	<i>F. vulgare</i> ssp. <i>Piperitum</i> .....	22
II.9.2.	<i>F. vulgare</i> ssp. <i>capillaceum</i> .....	23
II.9.2.1.	<i>F. vulgare</i> ssp. <i>capillaceum</i> var. <i>vulgare</i> (Mill.) Thell. ....	23
II.9.2.2.	<i>F. vulgare</i> ssp. <i>capillaceum</i> var. <i>dulce</i> (Mill.) Thell. ....	24
II.9.2.3.	<i>F. vulgare</i> ssp. <i>capillaceum</i> var. <i>azoricum</i> (Mill.) Thell. ....	25

### **Chapitre III** Métabolites secondaires et caractères médicinaux du genre *Foeniculum*

III.	Métabolites secondaires et caractères médicinaux du genre <i>Foeniculum</i> .....	27
III.1.	Métabolites secondaires .....	27
III.1.1.	Définition .....	27
III.1.2.	Classification .....	27
III.1.2.1.	Les composés phénoliques .....	27
III.1.2.2.	Les alcaloïdes .....	29
III.1.2.3.	Les terpénoïdes .....	30
III.2.	Les huiles essentielles .....	31
III.2.1.	Définition .....	31
III.2.2.	Localisation et stockage dans la matière végétale .....	32
III.2.3.	Composition chimique .....	33
III.2.3.1.	Les terpènes .....	33
III.2.3.2.	Les composés aromatiques .....	34
III.2.4.	Procédés d'extraction .....	35
III.2.5.	Domaines d'utilisation .....	37
III.2.6.	Rôle physiologique .....	38
III.3.	Métabolites secondaires du genre <i>Foeniculum</i> .....	39
III.3.1.	Les Huiles essentielles .....	40
III.3.2.	Composés phénoliques et Flavonoïdes .....	41
III.3.3.	Coumarines .....	44
III.3.4.	Acides gras .....	44

III.3.5.	Polyacétylènes .....	45
III.4.	Caractères médicinaux du genre <i>Foeniculum</i> .....	45
III.4.1.	Activité antibactérienne .....	45
III.4.2.	Activité antioxydante .....	46
III.4.3.	Activité antifongique .....	46
III.4.4.	Activité anti-inflammatoire .....	47
III.4.5.	Activité oestrogénique .....	47
III.4.6.	Activité de hépatoprotective .....	47
III.4.7.	Activité antidiabétique .....	47
III.4.8.	Activité antithrombotique .....	48
III.4.9.	Activité cardiovasculaire .....	48
III.4.10.	Activité anticancéreuse .....	49
III.4.11.	Activité protection de la mémoire .....	49
III.4.12.	Activité antivirale .....	49
	Conclusion .....	51

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

الملخص

Abstract

## Liste des figures

<b>Figure 01:</b>	Plante des Apiaceae .....	03
<b>Figure 02:</b>	Répartition géographique mondiale des Apiaceae .....	04
<b>Figure 03:</b>	Appareil végétatif des Apiaceae .....	06
<b>Figure 04:</b>	<b>A:</b> Ombelle simple, <b>B:</b> ombelle composée, <b>C:</b> structure d'une ombelle d'Apiaceae .....	07
<b>Figure 05:</b>	Appareil reproducteur des Apiaceae .....	08
<b>Figure 06:</b>	<b>A:</b> ( <i>Cuminum cyminum</i> L.), <b>B:</b> ( <i>Carum carvi</i> L.), <b>C:</b> ( <i>Foeniculum vulgare</i> Mill.), <b>D:</b> ( <i>Coriandrum sativum</i> L.), <b>E:</b> ( <i>Pimpinella anisum</i> L.), <b>F:</b> ( <i>Anethum graveolens</i> L.) et <b>G:</b> ( <i>Petroselinum crispum</i> L.) .....	11
<b>Figure 07:</b>	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. <b>(a)</b> dans son habitat naturel; <b>(b)</b> tige; <b>(c)</b> feuilles; <b>(d)</b> inflorescences et fleurs; <b>(e)</b> fruits; et <b>(f)</b> population de <i>F. vulgare</i> Mill. ....	15
<b>Figure 08:</b>	<i>Foeniculum vulgare</i> ssp. <i>piperitum</i> .....	22
<b>Figure 09:</b>	<i>Foeniculum vulgare</i> ssp. <i>capillaceum</i> .....	23
<b>Figure 10:</b>	<i>F. vulgare</i> ssp. <i>capillaceum</i> var. <i>vulgare</i> (Mill.) Thell. ....	24
<b>Figure 11:</b>	<i>F. vulgare</i> ssp. <i>capillaceum</i> var. <i>dulce</i> (Mill.) Thell. ....	25
<b>Figure 12:</b>	<i>F. vulgare</i> ssp. <i>capillaceum</i> var. <i>azoricum</i> (Mill.) Thell. ....	25
<b>Figure 13:</b>	Structure de certains composés phénoliques dans les plantes .....	29
<b>Figure 14:</b>	Classes et exemples d'alcaloïdes .....	30
<b>Figure 15:</b>	Quelques organes sécréteurs des huiles essentielles .....	32
<b>Figure 16:</b>	Diversité des structures de sécrétion des huiles essentielles <b>A:</b> Poil sécréteur <b>B:</b> Glande productrice d'huile essentielle .....	32
<b>Figure 17:</b>	Structure de molécule d'isoprène .....	33
<b>Figure 18:</b>	Structure de quelques composés des huiles essentielles (monoterpènes) .....	34
<b>Figure 19:</b>	Structure de quelques composés des huiles essentielles (sesquiterpènes) .....	34
<b>Figure 20:</b>	Exemples de quelques structures des composés aromatiques .....	35
<b>Figure 21:</b>	Montage d'extraction par Hydrodistillation .....	35
<b>Figure 22:</b>	Montage d'hydrodiffusion .....	36
<b>Figure 23:</b>	Montage d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau .....	36
<b>Figure 24:</b>	Extraction à froid .....	36
<b>Figure 25:</b>	Hydrodistillation assistée par micro-ondes .....	37
<b>Figure 26:</b>	Les structures moléculaires des principales composantes volatiles de l'huile essentielle de <i>F. vulgare</i> .....	41
<b>Figure 27:</b>	Structures moléculaires de certains phénols et glycosides phénoliques isolés de <i>Foeniculum vulgare</i> .....	43
<b>Figure 28:</b>	Structures moléculaires de certains aglycons flavonoïdes rapportées chez <i>Foeniculum vulgare</i> .....	44

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01:</b>	Répartition mondiale des genres d'Apiaceae .....	04
<b>Tableau 02:</b>	Les genres de la famille Apiaceae en Algérie .....	05
<b>Tableau 03:</b>	Utilisations ethno-médicinaux de quelques espèces d'Apiaceae .....	10
<b>Tableau 04:</b>	Composition chimique de certaines espèces d'Apiaceae .....	12
<b>Tableau 05:</b>	Teneur en flavonoïdes de certaines espèces d'Apiaceae .....	14
<b>Tableau 06:</b>	Classification taxonomique de <i>Foeniculum vulgare</i> .....	16
<b>Tableau 07:</b>	Production mondiale de fenouil .....	17
<b>Tableau 08:</b>	Nutriments trouvés dans le fenouil séché .....	19
<b>Tableau 09:</b>	Teneur en éléments de différentes parties de <i>Foeniculum vulgare</i> .....	20
<b>Tableau 10:</b>	Classification des composés phénoliques .....	28
<b>Tableau 11:</b>	Classification des terpénoïdes .....	31
<b>Tableau 12:</b>	Procédés d'extraction des huiles essentielles .....	35
<b>Tableau 13:</b>	Représentation des données de la composition chimique d'huiles essentielle dans différents cultivars de <i>F. vulgare</i> .....	39
<b>Tableau 14:</b>	Huile essentielle de fenouil composition (%) obtenue par GC-MS .....	40
<b>Tableau 15:</b>	Composés phénoliques dans le fenouil .....	42
<b>Tableau 16:</b>	Les mécanismes potentiels d'efficacité de certaines propriétés pharmacologiques de <i>Foeniculum vulgare</i> Mill. ....	50

## Liste des abréviations

<b>Abréviations / Symboles</b>	<b>Signification</b>
%	Pourcentage
ADN	Acide désoxyribonucléique
<i>A. foeniculum</i>	<i>Anethum foeniculum</i>
Afssaps	Agence française de sécurité sanitaire des aliments et des produits de santé
AGMI	Acides gras mono insaturés
AGPI	Acides gras polyinsaturés
AGS	Acides gras saturés
<i>A. rupestre</i>	<i>Anethum rupestre</i>
ALP	Alcaline phosphatase
ALT	Alanine aminotransférase
AST	Aspartate aminotransférase
C	Carbone
Ca	Calicium
<i>C. carvi</i>	<i>Carum carvi</i>
CCl <sub>4</sub>	tétrachlorure de carbone
<i>C. sativum</i>	<i>Coriandrum sativum</i>
CTGF	Facteur de Croissance du Tissu Conjonctif (connective tissue rowth factor)
DPPH	2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle
<i>F. capillaceum</i>	<i>Foeniculum capillaceum</i>
<i>F. dulce</i>	<i>Foeniculum dulce</i>
Fe	Fer
<i>F. foeniculum</i>	<i>Foeniculum Foeniculum</i>
FPP	Farnesil pyrophosphate
FRAP	Pouvoir Antioxydant de la Reduction du Fer
<i>F. vulgare</i>	<i>Foeniculum vulgare</i>
G	Gramme
GC-MS	chromatographie en phase gazeuse spectromètre de masse
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	peroxyde d'hydrogène
HDL	lipoprotéine de haute densité
HE	huile essentielle
HEs	huiles essentielles
HSV-1	virus Herpes simplex de type 1

<b>IV</b>	Intraveineux
<b>K</b>	Potassium
<b>Kcal</b>	Kilocalerie
<b>Kg</b>	Kilogramme
<b>LDL</b>	lipoproteine de basse densité
<b>M</b>	Mètre
<b>Mg</b>	Magnésium
<b>Mg</b>	Milligramme
<b>Mill</b>	Miller
<b>ml</b>	Millilitre
<b>Mm</b>	Millimètre
<b>N<sup>0</sup></b>	Numéro
<b>Na</b>	Sodium
<b>Nd</b>	non détecté
<b>NF-KB</b>	Facteur nucléaire kappa B
<b>P</b>	Phosphore
<i>P. anisum</i>	<i>Pinpinella anisum</i>
<i>P. crispum</i>	<i>Petroselinum crispum</i>
<i>S. olusatrum</i>	<i>Smyrniun olusatrum</i>
<b>Ssp</b>	Sous-espèce
<b>4T1</b>	est une lignée cellulaire de cancer du sein
<b>TAC</b>	Capacité antioxydante total
<b>Thell</b>	Thellung
<b>TNF</b>	Facteur de nécrose tumorale
<b>ug</b>	Microgramme
<b>USDA</b>	Département de l'Agriculture des Etats- Unis
<b>Var</b>	Variété
<b>Zn</b>	Zinc

# **Introduction**

### Introduction

Une plante aromatique est une « plante qui produit et exsude des substances aromatiques ». Ces substances sont utilisées pour leurs odeurs par les industries agroalimentaire, pharmaceutique ou encore cosmétique et de parfumerie (**Detry, 2017**).

Une plante médicinale est une plante contenant un certain nombre de composants actifs lui conférant des propriétés thérapeutiques. Elles sont dès lors utilisées par l'homme dans le cadre de la médecine ou de son bien être (**Daniel, 2006**).

L'évolution des plantes aromatiques et médicinales est liée au développement de la civilisation. Dans toutes les régions du monde, ces plantes jouent un rôle important dans la médecine traditionnelle et dans les préparations culinaires. Les chercheurs continuent d'explorer la valeur de l'utilisation de ces plantes comme sources de substances bioactives naturelles. Actuellement, entre 20 000 et 25 000 plantes sont utilisées en pharmacologie. La majorité de ces médicaments sont d'origine végétale et contiennent au moins une molécule active (**Tabac et al., 2022**).

Les plantes ont des milliers de substances actives dans leurs organes (feuilles, fleurs, racines...etc.) et selon des techniques chimiques (extraction, distillation...), les ingrédients actifs isolés pour la médecine peuvent être isolés. Ces remèdes naturels sont souvent très efficaces et ont moins d'effets secondaires reconnus que de nombreuses de médicaments de synthèse, mais peuvent toujours être mortels ou toxiques pour l'organisme lorsqu'ils sont mal utilisés (**Kissoum et Khalfaoui, 2015**).

Actuellement, le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques et la toxicité des antioxydants synthétiques ont conduit les chercheurs vers le monde végétal notamment les plantes médicinales et culinaires à la recherche de molécules naturelles efficaces et sans effets nocifs. De nombreuses études ont mis en évidence la présence de métabolites secondaires doués d'activités biologiques telles que les polyphénols, alcaloïdes, terpènes ...etc. (**Boudjouref, 2011**).

L'Algérie, la porte d'entrée de l'Afrique, par son climat très varié (la mer méditerranéenne au Nord et le Sahara dans le sud) et sa situation géographique particulière bénéficie d'une flore riche et diversifiée qui s'étend sur tout le territoire algérien. En effet, le Nord de l'Algérie présente un large éventail d'espèces endémiques adaptées au climat de la

## Introduction

---

région et appartenant à différentes familles: les Lamiaceae, les Asteraceae, les Apiaceae...etc. (Quézel et Santa, 1963).

Dans le cadre de l'exploitation et de la valorisation des substances naturelles des plantes de la flore algérienne, qui est particulièrement riche en plantes médicinales et aromatiques, nous sommes intéressés à l'étude phytochimique est la détermination de la composition chimique de métabolites secondaires du genre *Foeniculum* (*Foeniculum vulgare*) qui appartient de la famille des Apiacées provenant de différentes régions de l'Algérie ainsi que l'évaluation de caractères médicinaux (activités biologiques) de l'extrait de la plante.

Le présent travail de recherche est scindé en grande partie, sous forme d'une synthèse bibliographique, est composée de trois chapitres:

- **Le premier chapitre** est consacré à une présentation botanique de la famille des Apiaceae (Ombellifères), utilisation et la composition chimique de cette famille.

- **Le deuxième chapitre** est une présente une étude botanique du genre *Foeniculum*, ainsi que les compositions chimiques de ce genre et leur sous-espèce.

- **Le troisième chapitre** consiste deux titres

- Métabolites secondaires des plantes particulièrement du genre *Foeniculum*.
- Caractères médicinaux (activités biologiques) de ce genre.



**Chapitre I**  
**La famille des Apiaceae**

## I. La famille des Apiaceae

### I.1. Généralité

Les Apiaceae (Apiacées) anciennement appelées Ombellifères (reconnaisables par leur inflorescence en ombelle), est une famille de plantes dicotylédones, elle comprend de nombreuses espèces environ **3700** réparties en **469** genres se distribués dans toutes les régions tempérées mais surtout dans l'hémisphère Nord. C'est une famille très homogène (**Figure 01**) composées. Paradoxalement, les espèces de cette famille sont assez difficiles à différencier les unes des autres (**Filliat, 2012**). Beaucoup de membres de cette famille sont des espèces aromatiques et économiquement importantes, utilisées comme aliments, épices, condiments et plantes ornementales (**Flamini, 2013**).

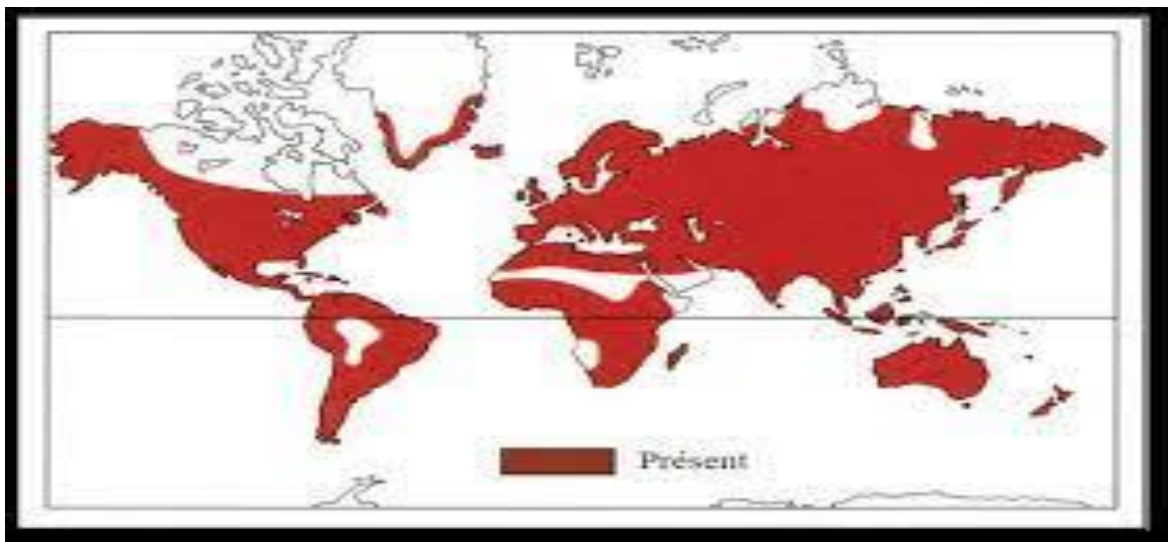
La famille des Apiaceae, ou famille des carottes, est l'une des familles les plus étudiées de plantes à fleurs, cette grande famille est un producteur bien connu d'huile essentielle dotée de propriétés thérapeutiques, à savoir les activités antibactériennes, antioxydantes et antifongiques, il est donc utilisé comme naturel conservateurs pour produits alimentaires (**Smaili et al., 2016**).



**Figure 01:** Plante des Apiaceae (**Esseid, 2018**).

## I.2. Répartition géographique

La famille des Apiaceae est répartie sur la majeure partie du globe (**Figure 02**) (**Heywood et al., 1996**). Elle est plus diversifiée dans les zones climatiques tempérées, comme l'Eurasie et l'Amérique du Nord. Elle est assez rare dans les régions tropicales humides où elle est limitée aux hautes montagnes. Les conditions climatiques méditerranéennes et arides favorisent une forte diversification des espèces. Les Apiaceae sont présents dans presque tous les types d'habitats, du niveau de la mer aux zones alpines: biotopes aquatiques, prairies, pâturages, forêts compris leurs clairières et marges, falaises, éboulis, collines rocheuses, sols sablonneux et graveleux ouverts, steppes, champs cultivés, friches, bordures de route et terrains vagues (**Reduron, 2021**).



**Figure 02:** Répartition géographique mondiale des Apiaceae (**Pimenov et Leonov, 1993**).

Les genres se répartissent entre les divers continents (**Tableau 01**), avec une prédominance pour le continent asiatique (**Aliouche et Aouadj, 2019**).

**Tableau 01:** Répartition mondiale des genres d'Apiaceae (**Heywood et al., 1996; Pimenov et Leonov, 1993**).

Continent	Genres	Endémiques
Afrique	126 divers	50
Amérique	197	52
<b>Asie</b>	<b>265</b>	<b>159</b>
Australie	36	11
Europe	139	29

La famille des Apiaceae occupe une place importante dans la flore algérienne où elle est représentée par **55** genres (**Tableau 02**) **130** espèces (dont **24** endémiques) et **26** sous espèces (**Quézel et Santa, 1963**).

**Tableau 02:** Les genres de la famille Apiaceae en Algérie (**Quézel et Santa, 1963**).

N°	Le genre	Nombre d'espèces	N°	Le genre	Nombre d'espèces
1	<i>Ammi</i>	2	29	<i>Heracleum</i>	1
2	<i>Ammiopsis</i>	1	30	<i>Hippomarathrum</i>	1
3	<i>Ammodaucus</i>	1	31	<i>Hohenackeria</i>	2
4	<i>Ammoides</i>	2	32	<i>Hydrocotyle</i>	1
5	<i>Anethum</i>	1	33	<i>Kundmannia</i>	1
6	<i>Anthriscus</i>	2	34	<i>Magydaris</i>	2
7	<i>Apium</i>	1	35	<i>Malabaila</i>	1
8	<i>Balansaea</i>	1	36	<i>Margotia</i>	1
9	<i>Bifora</i>	1	37	<i>Oenanthe</i>	6
10	<i>Brachyapium</i>	2	38	<i>Orlaya</i>	3
11	<i>Bunium</i>	7	39	<i>Peucedanum</i>	3
12	<i>Bupleurum</i>	14	40	<i>Petroselinum</i>	1
13	<i>Capnophyllum</i>	1	41	<i>Physocaulos</i>	1
14	<i>Carum</i>	2	42	<i>Pimpinella</i>	2
15	<i>Caucalis</i>	4	43	<i>Pituranthos</i>	4
16	<i>Chaerophyllum</i>	1	44	<i>Reutera</i>	1
17	<i>Conium</i>	1	45	<i>Ridolfia</i>	1
18	<i>Conopodium</i>	1	46	<i>Sanicula</i>	1
19	<i>Coriandrum</i>	1	47	<i>Scandix</i>	3
20	<i>Crithmum</i>	1	48	<i>Seseli</i>	4
21	<i>Cuminum</i>	1	49	<i>Smyrniium</i>	2
22	<i>Daucus</i>	11	50	<i>Sison</i>	1
23	<i>Echinophora</i>	1	51	<i>Thapsia</i>	3
24	<i>Elaeoselinum</i>	2	52	<i>Tinguarra</i>	1
25	<i>Eryngium</i>	7	53	<i>Tordylium</i>	1
26	<i>Ferula</i>	5	54	<i>Torilis</i>	2
27	<i>Foeniculum</i>	1	55	<i>Turgenia</i>	1
28	<i>Helosciadium</i>	3			

Un simple regard du contenu de cette liste permet de constater la diversité génétique algérienne de cette famille. Les genres *Bupleurum* et *Daucus* sont les plus riches au niveau spécifique avec respectivement 14 et 11 espèces. D'autres genres renferment moins d'espèces; comme *Bunium* (7), *Eryngium* (7), ou *Oenanthe* (6), alors que la majorité des genres sont représentés par une seule espèce (Bouratoua, 2018).

Certains genres renferment des espèces endémiques: *Ammoides* (1), *Brachyapium* (1), *Bunium* (4), *Bupleurum* (5), *Caucalis* (1), *Daucus* (1), *Ferula* (2), *Peucedanum* (1), *Pimpinella* (1), *Pituranthos* (4), *Oenanthe* (1). D'autres genres ne sont représentés que par des espèces endémiques telles que *Ammiopsis*, *Balansaea* et *Carum* (Bouratoua, 2018).

### I.3. Botanique et propriétés

#### I.3.1. Appareil végétatif

La majorité des Apiaceae sont des plantes herbacées vivaces, rarement annuelles ou bisannuelles, aromatiques, quelques une toxiques, à racine pivotante, à racine fibreuses ou tubéreuses, (Figure 03), parfois à racine fasciculées, plantes hermaphrodites ou polygames, caulescentes ou parfois acaules (Payette, 2018).

##### I.3.1.1. Tige

La tige est souvent cannelée et creuse par résorption précoce de la moelle au cours de la croissance; elle est dite fistuleuse (Filliat, 2012).

##### I.3.1.2. Feuilles

Les feuilles sont alternes, sans stipules, pennées ou palmées et le plus souvent composées de folioles profondément découpées ou lobées, bien que d'autres espèces aient des feuilles entières (exemple *Bupleurum*), avec une nervation pennée à palmée. Les pétioles sont une sorte de faisceau généralement allongé à la base, élargissant la tige (Mahdi et al., 2021).

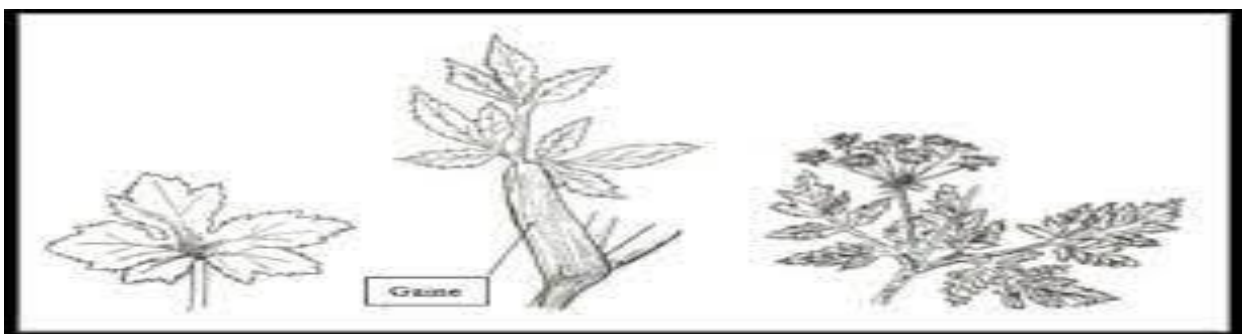
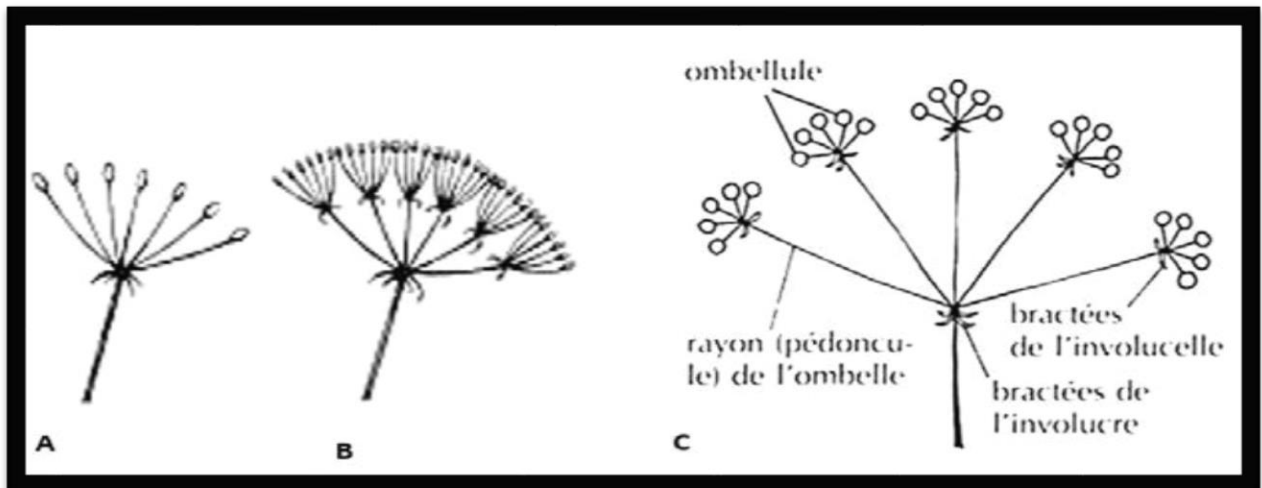


Figure 03: Appareil végétatif des Apiaceae (Filliat, 2012).

## I.3.2. Appareil reproducteurs

### I.3.2.1. L'inflorescence ou ombelle

L'ombelle (**Figure 04**) représente l'inflorescence typique des Apiaceae, anciennement appelées pour cette raison Umbellifères. Les ombelles peuvent être simples, munies à leur base d'un verticille de bractées formant un involucre. Les ombelles peuvent également être composées d'ombellules, pourvues à leur base de bractéoles disposées en involucelle (**Djarri, 2011**).



**Figure 04:** A: Ombelle simple, B: ombelle composée, C: structure d'une ombelle d'Apiaceae (**Sayed-Ahmad, 2018**).

### I.3.2.2. Fleur

Généralement les fleurs sont blanches et plus rarement jaunâtres, verdâtres ou rosées. Leur simplicité et leur régularité caractérisent les Apiaceae. Aussi, elle a toujours la même formule florale: le calice est constitué de cinq sépales, la corolle est constituée de cinq pétales libres de type actinomorphe. Androcée est composé de cinq étamines, gynécée ou pistil est composé de deux carpelles antéropostérieurs soudés à la coupe florale et formant un ovaire infère. Après la fécondation, l'ovaire infère devient un diakène ou double méricarpe (**Figure 05**) (**Aliouche et Aouadj, 2019**).

### I.3.2.3. Fruit

Les fruits sont formés de deux méricarpes accolés à un axe central (chaque méricarpe présente deux faces: commissurale (plane) et dorsale (convexe)). La face dorsale porte au moins cinq côtes séparées par quatre vallécules contenant des canaux sécréteurs courts (bandelettes) (**Coste et Flahault, 1998**).

### I.3.2.4. Ovaire

L'ovaire porte deux styles (un ovule se trouve dans chaque loge, soudés à la base) (Boussouf et Menna, 2020).

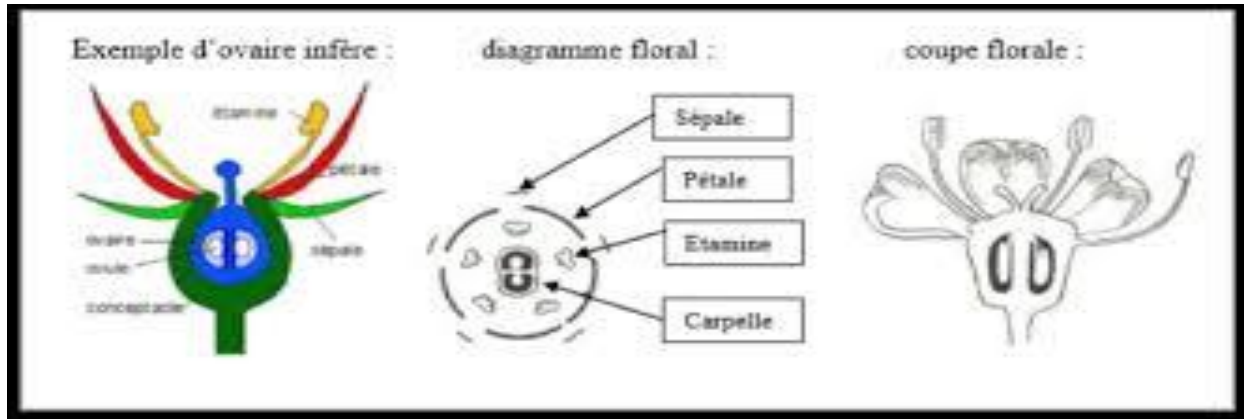


Figure 05: Appareil reproducteur des Apiaceae (Filliat, 2012).

## I.4. Systématique

Cette vaste famille a été créée par Antoine Laurent de Jussieu en 1789 sous le nom d'Umbelliferae, puis nommée Apiaceae par John Lindley en 1836. Selon la classification classique d'Arthur Cronquist (Cronquist, 1981-1988) basée sur des caractères morpho-anatomiques et chimiques, la famille appartient à la division des Magnoliophyta (encore appelées Angiospermes ou plantes à fleurs), classe des Magnoliopsida, sous-classe des Rosidae et ordre des Apiales. Cette position systématique a été adoptée par la communauté scientifique des Botanistes. Dans la systématique classique, et en suivant les travaux de Drude (1898), les Apiaceae se répartissent en trois sous-familles selon les caractères morphologiques des fruits: les Apioideae (sous-famille la plus vaste), les Hydrocotyloideae et les Saniculoideae (Boučekrit, 2018).

La position systématique de la famille selon la classification de Cronquist (1981) est la suivante:

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Sous règne</b>	Tracheobionta
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Sous-classe</b>	Rosidae
<b>Ordre</b>	Apiales
<b>Famille</b>	Apiaceae

## I.5. Utilisation

La diversité phytochimique des Apiaceae, que l'homme remarqua tôt par les odeurs et les saveurs, a conduit à un large éventail d'utilisations: aliments, boissons, arômes, remèdes et utilisations industrielles. Dans de nombreux pays, les plantes de la famille des carottes sont encore récoltées dans la nature. En revanche, les principales espèces utilitaires sont cultivées depuis longtemps et ont été améliorées pour les processus agronomiques (**Reduron, 2021**).

### I.5.1. Importance économique

Les légumes racines sont très importants car certains d'entre eux sont couramment consommés. Les plus connues sont les carottes (*Daucus carota*), le céleri-rave (*Apium graveolens*) et le panais (*Pastinaca sativa*). Les moins connues sont la racine de persil (*Petroselinum crispum* subsp. *tuberosum*), alexandres (*Smyrniolum olusatrum*), la grande noix de terre (*Bunium bulbocastanum*), (*Conopodium majus*), (*Sium sisarum*) et (*Chaerophyllum bulbosum*) en Eurasie. En Amérique du Nord, les gens mangent parfois les parties souterraines du dompte canadien (*Cryptotaenia canadensis*), du persil indien (*Lomatium* spp.) et de l'épos ou yampah (*Perideridia gairdneri*). En Amérique du Sud, les racines de l'arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) sont généralement cuites. Quelques légumes racines Apiaceae existent en Afrique, appartenant aux genres *Annesorrhiza* et *Chamarea*. Les parties foliaires sont couramment utilisées dans de nombreux pays, notamment les parties gonflées charnues que l'on trouve dans le céleri (*Anethum graveolens*) et le fenouil (*Foeniculum vulgare*). Plus nombreux sont les Apiaceae pour lesquels le feuillage est utilisé comme plante aromatique. Les principaux exemples sont: alexandres (*S. olusatrum*), angelica (*Angelica* spp.), cerfeuil (*Anthriscus cerefolium*), coriandre (*Coriandrum sativum*), aneth (*Anethum graveolens*), persil (*P. crispum*) et cicely doux (*Myrrhis odorata*). De nombreux Apiaceae produisent des fruits comestibles, généralement nommés à tort « graines » dans le marché. Les plus communs sont: ajowan (*Trachyspermum ammi*), anis (*Pimpinella anisum*), carvi (*Carum carvi*), céleri (*Anethum graveolens*), coriandre (*C. sativum*) cumin (*Cuminum cyminum*) et fenouil (*F. vulgare*) (**Reduron, 2021**).

Les espèces aromatisantes les plus connues utilisées pour les boissons, y compris les boissons alcoolisées, sont l'anis (*P. anisum*), qui donne la saveur anisée typique de l'anisette, ouzo et raki; carvi (*C. carvi*), en kümmel et akvavit; angélique de jardin (*Angelica archangelica*) à chartreuse et vermouth. Il faut garder à l'esprit que les origines géographiques de nombreux Apiaceae couramment utilisés ne sont pas ou seulement douteusement connus, c'est-à-dire où

leurs populations indigènes ont été localisées à leur première utilisation. C'est le cas pour ajowan, anis, coriandre, cumin, aneth, fenouil et persil. Ceux-ci ont été utilisés depuis les temps anciens, échangés, cultivés et commercialisés, de sorte qu'il est donc tout à fait impossible de les retracer. Par conséquent, les populations « sauvages » sont généralement composées de plantes échappées à la culture, puis naturalisées, devenant apparemment spontanées. La position de ces populations dans les habitats secondaires est généralement liée à un statut non indigène (Reduron, 2021).

### I.5.2. Utilisation en médecine traditionnelle

Apiaceae est l'un des plus grands taxons parmi les plantes supérieures (Figure 06):

**Cumin** (*Cuminum cyminum* L.), **Carvi** (*Carum carvi* L.), **Fenouil** (*Foeniculum vulgare* Mill.), **Coriandre** (*Coriandrum sativum* L.), **Anis** (*Pimpinella anisum* L.), **Aneth** (*Anethum graveolens* L.) et **Persil** (*Petroselinum crispum* L.) (Sayed-Ahmad et al., 2017).

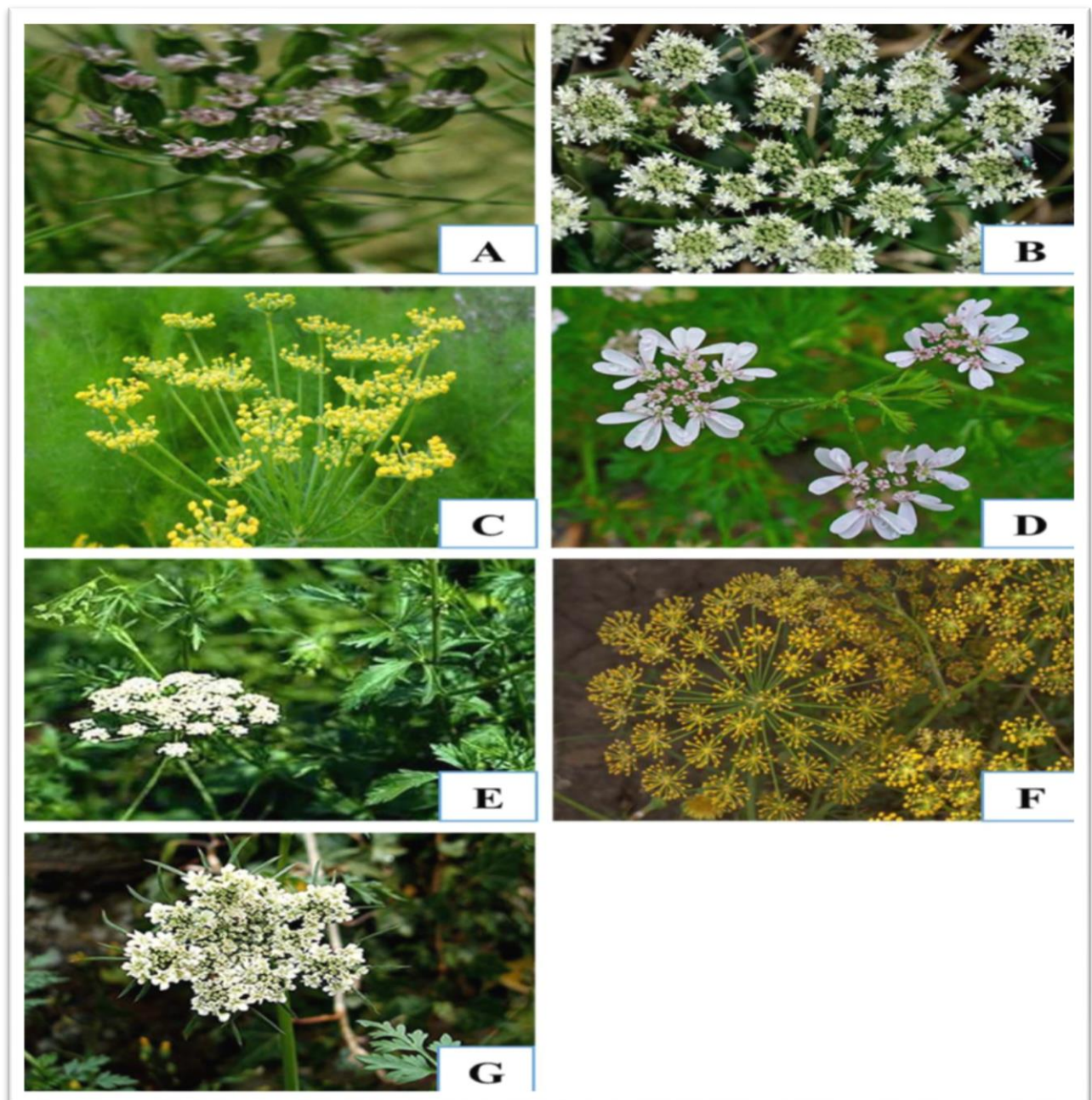
Sont les membres les plus cultivés de la famille, cultivés sur plus de 1,2 million d'hectares dans le monde, leur production annuelle est d'environ 25 millions de tonnes. Les plantes de la famille des Apiaceae présentent des propriétés médicinales et ont été utilisées dans la médecine traditionnelle (Tableau 03) depuis l'antiquité (Sayed-Ahmad et al., 2017).

**Tableau 03:** Utilisations ethno-médicinaux de quelques espèces d'Apiaceae (Sayed-Ahmad et al., 2017).

Espèces	Nom commun	Usages ethno-médicinaux
<i>Cuminum cyminum</i> L.	Cumin	- Antispasmodique, carminatif, traitement de diarrhée et de troubles digestifs et respiratoires, astringent.
<i>Carum carvi</i> L.	Carvi	- Galactoloque, carminatif, efficace dans le polissage des dents et dans le traitement de l'eczéma, pneumonie et troubles gastro-intestinaux.
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Fenouil	- Troubles gastro-intestinaux et neurologiques, calculs rénaux, vomissement, diarrhée, antispasmodique, antiseptique, propriétés carminatives et antiulcéreuses.
<i>Coriandrum sativum</i> L.	Coriandre	- Soulagement les spasmes, des troubles gastriques, bronchite, goutte, traiter les troubles gastro-intestinaux comme l'anorexie et la diarrhée.
<i>Pimpinella anisum</i> L.	Anis	- Augmenter les menstruations, urine, sécrétion de sueur, traitement de l'épilepsie, problèmes respiratoires et crises d'asthme bronchique.

Tableau 03: Suite

Espèces	Nom commun	Usages ethno-médicinaux
<i>Anethum graveolens</i> L.	Aneth	- Carminatif, diurétique, galactologue, stimulant, stomachique, traitement les gripes chez les bébés et soulagement du hoquet et des coliques.
<i>Petroselinum crispum</i> Mill.	Persil	- Traitement de l'hypertension, des maladies cardiaque et urinaires, du diabète, maladie d'Alzheimer, thrombose et accident vasculaire cérébral.



**Figure 06:** A: (*Cuminum cyminum* L.), B: (*Carum carvi* L.), C: (*Foeniculum vulgare* Mill. ), D: (*Coriandrum sativum* L.), E: (*Pimpinella anisum* L. ), F: (*Anethum graveolens* L.) et G: (*Petroselinum crispum* L.) (Sayed-Ahmad et al., 2017).

## I.6. Composition chimique et leur activité antioxydante

Les antioxydantes peuvent être définis comme des substances qui, lorsqu'elles sont présentes à de faibles concentrations, retardent ou empêchent l'oxydation d'un substrat principalement par leur activité de balayage des radicaux libres. La capacité antioxydante naturelle des plantes, ou des épices et des herbes ou de leur extrait est principalement associé à la vaste gamme de composés biologiquement actifs qui comprend l'acide phénolique, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les caroténoïdes, les vitamines, les tocophérols, les acides ascorbiques, les tanins, les lignanes, les terpènes, les composants d'huiles essentielles, l'anthocyanes, les phospholipides, entre autres. Les résumés des composés biologiquement actifs présents dans la famille des Apiaceae (**Tableaux 04**) et les principaux antioxydants (**Tableaux 05**) (Thiviya et al., 2021).

**Tableau 04:** Composition chimique de certaines espèces d'Apiaceae (Thiviya et al., 2021).

Apiaceae	Pièce végétale utilisée	Usage	Constituants chimiques importants
Anis ( <i>Pimpinella anisum</i> )	Grains	Condiment ou arôme	Acides phénoliques, y compris l'acide anisique, les isomères de l'acide chlorogénique, l'acide caféoquinique, flavonoïdes, compris rutine, lutéoline-7-glucoside, apigénine-7-glucoside, désorientant, autres composants trans-anethole, estragole, anis cétone caryophyllène, anisaldéhyde, linalool, limonène, pinène, acétaldéhyde, p-crésol, créosote, hydroquinine, farnasène, camphène, eugénol, acétanisole.
Carvi ( <i>Carum carvi</i> L.)	Racine Feuilles Graines	Condiment ou arôme	Acides phénoliques, y compris chlorogènes, p-coumarique, caféique et férulique, flavonoïdes, compris kaempferol, quercétine, 3-glucuronide, isoquercitrine, composé volatil, compris limonène, carvone, sesquiterpène, aldéhydes aromatiques, esters terpéniques, terpénol, terpénol, terpénon, safranal, tanins.
Coriandre ( <i>Coriandrum sativum</i> )	Feuilles Graines	Condiment ou arôme Végétale	Acides phénoliques, y compris p-coumariques, féruliques, acide vanillique, chlorogénique, caféique et gallique, flavonoïdes, compris la quercétine, le kaempferol, acacétine, rutine autres linalool, bornéol, géraniol, terpinéol, cumène, pinène, $\gamma$ -terpinène, limonène myrcène, camphène, tocophérols, n-décylaldéhyde p-cymol pyrogallol acétique esters acides.

Tableau 04: Suite

Apiaceae	Pièce végétale utilisée	Usage	Constituants chimiques importants
Cumin ( <i>Cuminum cyminum</i> )	Graines	Condiment ou arôme Végétale	Acides phénoliques, y compris la quercétine, pp-coumarique, rosmarinique, vanillique et cinnamique acides, et acide trans-2-dihydrocinnamique autres cuminal, cuminaldéhyde, linalol, cymène et $\gamma$ -terpénoïdes, thymoquinone, 3-carene-10-al, $\gamma$ -terpinène, p-cymène et $\beta$ -pinène, pinocarveol, carotol, résorcinol, tannin.
Aneth ( <i>Anethum graveolens</i> )	Feuilles Graines	Condiment ou arôme Végétale	Acides phénoliques: acides chlorogéniques et benzoïques, nflavonoïdes : quercétine, kaempferol, myricetine, catéchines, isorhamnetine, autres carvone, limonène, géraniol, $\alpha$ -phélandrène, p-cymène.
Fenouil ( <i>Foeniculum vulgare</i> )	Feuilles Graines	Condiment ou arôme Végétale	Acides phénoliques: acide p-coumarique, férulique, quercétine rosmarinique, tannique, caféique, gallique, cinnamique, vanillique, ellagique, chlorogénique et acide, flavonoïdes : rutine, quercétine, kaempferol, autres vitamines C et E, oléorésines, $\beta$ -carotène, $\beta$ -sitostérol, campesterol, eugénol, carnosil, limonène, camphène, $\beta$ -pinène, alcool fenchyl, anisaldéhyde, myristicine, dillapiole.
Persil ( <i>Petroselinum crispum</i> )	Feuilles	Condiment ou arôme Végétale	Acides phénoliques: acide chlorogénique, p-coumarique acide, acide caféique, acide gallique, acide vanillique flavonoïdes: apigénine, lutéoline, kaempferol, myricetine, rutine, quercétine.

**Tableau 05:** Teneur en flavonoïdes de certaines espèces d'Apiaceae (Haytowitz et al., 2018).

Famille des Apiaceae	Teneur moyenne en flavonoïdes (mg par 100 g)
Carotte ( <i>Daucus carota</i> )	kaempferol (0,24), quercétine (0,21), lutéoline (0,11), myricétine (0,04) (brut).
Coriandre ( <i>Coriandrum sativum</i> )	Quercétine (52,90) (feuilles, crues).
Aneth ( <i>Anethum graveolens</i> )	Quercétine (55,15), isorhamnétine (43,50), kaempferol (13,33), myricétine (0,70) (frais).
<b>Fenouil</b> ( <i>Foeniculum vulgare</i> )	Eriodictyo (1,08), Quercetin (0,23) (ampoule) Quercétine (48,80), myricétine (19,80), isorhamnétine (9,30), kaempferol (6,50), lutéoline (0,10) (feuilles, crues).
Persil ( <i>Petroselinum crispum</i> )	Apigénine (4503,50), Isorhamnetine (331,24), Lutéoline (19,75) (séché). Apigénine (215,46), myricétine (14,84), kaempferol (1,49), lutéoline (1,09), quercétine (0,28) (frais).

La recherche a montré que les Apiaceae sont une excellente sources d'antioxydants riches en composés phénoliques, en particulier les acides phénoliques et les flavonoïdes. Une forte corrélation a été trouvée entre l'activité antioxydante et les composés phénoliques. Par conséquent, les composés phénoliques peuvent être les principaux contributeurs à sa capacité antioxydante. Les composés phénoliques largement présents dans les plantes comprennent les flavonoïdes, les flavanones, les flavonols et les isoflavonoïdes, les lignanes, les phénols et les acides phénoliques, les cétones phénoliques, les phénylpropanoïdes, les quinonoïdes, les stilbéoïdes, les anthocyanes, les anthochlorés, les benzofuranes, les chromones, coumarins, tanins et xanthonés (Thiviya et al., 2021).



## Chapitre II

### Le genre *Foeniculum*



## II. Le genre *Foeniculum*

### II.1. Historique

Le fenouil est une herbe avec une grande histoire d'utilisations médicinales et culinaire. Le nom de *Foeniculum* a été donné à cette plante par les Romains et est dérivé du mot latin foenum, c'est-à-dire herbe. Le fenouil est communément appelé "bisbas" par les populations locale (Bouguerra, 2012).

Le nom du genre vient du latin foenum (foin), ou funiculis (petit filet), en référence aux lanières des feuilles, vulgare indique une plante commune (Anonyme, 2012).

### II.2. Description morphologique

Le fenouil (*Foeniculum vulgare*) (Figure 07) est une plante en général vivaces (Quézel et Santa, 1963). à fleurs de la famille des carottes (Apiaceae), est une plante herbacée ramifiée (a) à feuillage tendre, plumeux, presque chevelu, qui pousse jusqu'à 2 m de hauteur. Cette plante ressemble à l'aneth. Il est généralement cultivé dans des jardins potagers et d'herbes (f) pour son feuillage et ses graines aromatisés à l'anis, qui sont tous deux couramment récoltés pour la cuisson. Il est dressé et cylindrique, vert vif, et lisse comme pour sembler poli, avec de multiples feuilles ramifiées coupées en segments les plus fins (c). Les feuilles sont finement disséquées, avec les segments filiformes ultimes (filiformes), d'environ 0,5 mm de large. Les fleurs jaunes dorées, produites en larges ombelles plates terminales, avec treize à vingt rayons, fleurissent en juillet et août (d). Les graines mûrissent de septembre à octobre. Cette plante peut se reproduire à partir de fragments de couronne ou de racine mais se reproduit librement à partir de graines (Meena et al., 2019).



**Figure 07:** *Foeniculum vulgare* Mill. (a) dans son habitat naturel; (b) tige; (c) feuilles; (d) inflorescences et fleurs; (e) fruits; et (f) population de *F. vulgare* Mill. (Meena et al., 2019).

### II.3. Classification

La classification (**Tableau 06**) de *Foeniculum vulgare* est comme suite:

**Tableau 06:** Classification taxonomique de *Foeniculum vulgare* (Naquibuddin et al., 2020).

Rang taxonomique	Nomenclature
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Superdivision	Spermatophytes
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Apiales
Famille	Apiaceae / Umbellifères
Genre	<i>Foeniculum</i>
Espèce	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.
Nom botanique	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.
Synonyme	<i>Foeniculum foeniculum</i> ( L.)

### II.4. Synonyme

Il existe différents synonymes de *Foeniculum vulgare*. Comme:

*Anethum foeniculum* clairv. , *A. foeniculum* L. , *A. rupestre* Salisb. , *Feniculum commune* Bubani. , *Foeniculum azoricum* Mill. ., *F. capillaceum* Gilib. , *F. dulce* DC. , *F. foeniculum* (L.) H. Karst. , *Foeniculum. officinale* (**Hakim et al., 2019; Kushwah et al., 2016**).

### - Caractéristiques morphologiques

Les caractéristiques morphologiques de *Foeniculum vulgare* sont:

- 1. Odeur** caractéristique, de nature aromatique.
- 2. Goût** doux à amer (**Jamwal et al., 2013**).

### II.5. Noms vernaculaires

Le nom de fenouil est connu par plus de 100 noms dans différentes langues:

**Afrique du Sud:** vinkel; **Allemagne:** Echter Fenchel, Garten- Fenchel, Gewürzfenchel, plus sauvage Fenchel; **Anglais:** fenouil commun, fenouil de Florence, Fenouil romain, fenouil doux, anis doux, anis; **Arabe:** shmar, shummar, bisbas, razianj, haba helwa; **Brésil:** Endro, erva-doce, funcho; **Chinois:** hui xiang; **Corée:** Sohoehyang; **Cuba:** hinojo común fenne; **Espagnol:** fonol,

hinojo, **Français:** aneth doux, fenouil, fenouil commun, fenueil doux; **Hindi:** Badi saunf, Moti saunf, Saunf, Saumph; **Indonésie:** adas, adas londo, hades; **Iran:** Razianeh; **Italie:** finocchio; **Japon:** ui-kyo; **Laos:** phak s'i; **Malaisie:** adas pedas; **Pakistan:** Sonef, saunf; **Pays-Bas:** venkel; **Philippines:** anis, haras; **Portugais:** funcho; **Suède:** faenkaal, fänkål; **Thaïlande:** phakchi-duanha, thian-klaep, yira (Al-Snafi, 2018; Shamkant et al., 2014).

## II.6. Distribution géographique

Le fenouil (*Foeniculum vulgare*) est une plante originaire du sud de l'Europe et de la région méditerranéenne. Il est largement cultivé dans une grande partie du monde ( les régions tempérées et tropicales) et est employé comme épice culinaire, plante médicinale ou huile essentielle ou comme végétal et est devenu naturalisé dans de nombreux endroits (**Tableau 07**). Aujourd'hui le fenouil est trouvé en **Afrique:** (Algérie, Égypte, Libye, Maroc, Tunisie, Afrique du Sud); **Asie:** (Géorgie, Afghanistan, Iran, Irak, Palestine, Jordan, Liban, Syrie, Turquie, Pakistan); **Europe:** (Ukraine, Albanie, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Croatie, Grèce, Italie, Monténégro, France, Portugal, Espagne, Royaume-Uni); **Australasie:** (Australie, Nouvelle-Zélande); **Amérique du Nord:** (Mexique; États-Unis); **Amérique du Sud:** (Brésil, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Venezuela, Argentine, Chili, Paraguay, Uruguay) (Al-Snafi, 2018).

**Tableau 07:** Production mondiale de fenouil (Mehra et al., 2021).

Pays	Production ( tonnes)
Inde	58,400
Chine	48,002
Bulgarie	36,500
Iran	32,771
Mexique	29,251
Syrie	27,668
Monde	970,404

## II.7. Utilisation

### II.7.1. Médecine traditionnelle

#### a) Feuilles

- La pâte des feuilles est utilisée dans le traitement d'ulcère buccal, douleurs hépatiques

et affections rénales.

- Les feuilles des arbres *Foeniculum vulgare* sont utilisées pour le séchage, Diabète (Shamkant et al., 2014).

#### b) Ecorce

- L'écorce est utilisée pour faire de la fièvre et du tonique.
- L'écorce d'arbre est utilisée pour les maladies liées au sang (Rather et al., 2012).

#### c) Racine

- La racine est utilisée pour les infections des voies urinaires et les calculs rénaux et glycosurie.
- La racine est utilisée dans les fièvres, les coliques, les douleurs musculaires (Avinash-Bharat et al., 2021).

#### d) Fleurs

- La pâte des fleurs *Foeniculum vulgare* spasmodique plaintes gastro-intestinales.
- ballonnements et flatulences. C'est aussi utilisé pour le catarrhe des voies respiratoires supérieures (Musharaf et Shahana, 2014).

#### e) Pièces aériennes

- Les parties aériennes sont également utilisées pour traiter l'amélioration le flux de lait Brest alimentation mère (Sing et al., 2019).

### II.7.2. Utilisations thérapeutiques

Le fenouil (*Foeniculum vulgare*) est une plante médicinale bien connue en raison de son huile volatile, qui est un stimulant, un aromatique et un carminative, qui comprend les analgésiques, les purgatifs, diurétique, emménagogue, galactogogue, expectorant, hallucinogène, stimulant, anti inflammatoire...etc. Son les graines sont utilisées pour leurs propriétés anti-inflammatoires, antispasmodiques, antimicrobiennes et leur action œstrogénique. Ils sont largement utilisés dans le traitement de l'anémie, ménorragie, dysménorrhée, fibromes, maux d'estomac, maux de gorge, toux, mauvaise haleine, maladies de la peau, yeux infections de poids excessif et une mauvaise sécrétion de lait dans allaitement des femmes, pour traiter le hoquet, les nausées et est un soutien à la santé pulmonaire. Le fenouil est également censé atténuer gastrite, acidité, goutte, crampes, coliques et spasmes; en tant qu'agent diurétique, il augmente le débit

d'urine. Il est très précieux pour le système digestif. Consommer graines de fenouil séchées immédiatement après avoir mangé pratique courante par la plupart des Indiens; graines, feuilles et les racines de fenouil sont précieux en médecine, mais les fruits sont la partie principalement impérative du fenouil car ils reportent huile essentielle, qui est utilisé dans le traitement de divers maladies de la peau, dans de nombreuses préparations médicinales pour usages domestiques. Traditionnellement, dans les cas de infectivité, thé de fenouil a été utilisé comme collyre (Yadav et Malik, 2015).

## II.8. Composition chimique et valeur nutritive

*Foeniculum vulgare* est largement cultivé pour ses fruits comestibles ou graines. Ceux-ci sont doux et secs, un spécimen entièrement mûr est un fruit exquis. Le fruit est souvent séché pour une utilisation ultérieure et ce fruit séché appelé fenouil est un élément majeur du commerce. Le (Tableau 08) présente la composition nutritive du fenouil (données de l'USDA). Les fenouils sont l'une des plus hautes sources végétales de potassium, sodium, phosphore et calcium. Selon les données de l'USDA pour la variété Mission, les fenouils sont les plus riches en fibres alimentaires, vitamines, par rapport aux besoins humains. Ils ont plus petites quantités de nombreux d'autres nutriments. Le (Tableau 09) résume la composition chimique et la valeur nutritive des différentes parties de fenouil (Shankant et al., 2014).

**Tableau 08:** Nutriments trouvés dans le fenouil séché (Manad et al., 2020).

Composition	Quantité ( pour 100 g )
<b>Proximales</b>	
Humidité	90 .21 g
Energie	31 kcal
Protéines	1.24 g
Lipides totaux ( lipides )	0.2 g
Glucides	7.3 g
Total des fibres alimentaires	3.1 g
Sucres	3.93 g
<b>Les minéraux</b>	
Calcium, Ca	49 mg
Fer, Fe	0.73 mg
Magnésium, Mg	17 mg
Phosphore, P	50 mg
Potassium, K	414 mg
Sodium, Na	52 mg
Zinc, Zn	0.2 mg

Tableau 08: Suite

Composition	Quantité ( pour 100 g )
<b>Des vitamins</b>	
Vitamine C	12 mg
Thiamine B-1	0.01 mg
Riboflavine B-2	0.032 mg
Niacine B-3	0.64 mg
Vitamine B-6	0.047 mg
Folate	27 µg
Vitamine A	48 µg
Vitamine E	0.58 mg
Vitamine K	62.8 µg
<b>Lipides</b>	
Acides gras, saturés totaux	0.09 g
Acides gras, mono insaturés totaux	0.068 g
Acides gras, polyinsaturés totaux	0.169 g
<b>Acides Aminés essentiels</b>	
Leucine	0.63 g
Isoleucine	0.73 g
Phénylalanine	0.45 g
Tryptophane	0.53 g
<b>Acide aminé non essential</b>	
Glycine	0.55 g
Proline	0.53 g

Quercetin-7- o glucoside (3,22%), acide férulique (3,55%), acide 1,5 dicafféoylquinique (4,10%), hespéridine (0,20%), acide cinnamique (0,13%), acide ros-marinique (14,99%), quercétine (17,09%) et apigénine (12,55%) (Roby et al., 2013).

Tableau 09: Teneur en éléments de différentes parties de *Foeniculum vulgare* (Manad et al., 2020).

Contenu de la Composition	Feuilles	Inflorescences	Tiges	Pousses
<b>Humidité</b>	76.36 ± 0.33	71.31 ± 4.01	77.46 ± 1.03	73.88 ± 0.83
<b>Ash</b>	3.43 ± 0.04	3.23 ± 0.02	1.62 ± 0.12	2.39 ± 0.02
<b>Gras</b>	0.61 ± 0.16	1.28 ± 0.28	0.45 ± 0.07	0.49 ± 0.05
<b>Protéine</b>	1.16 ± 0.03	1.37 ± 0.05	1.08 ± 0.00	1.33 ± 0.04
<b>Glucides</b>	18.44 ± 0.06	22.82 ± 3.06	19.39 ± 0.65	21.91 ± 0.55
<b>Fructose</b>	0.49 ± 0.05	1.10 ± 0.04	1.49 ± 0.04	1.51 ± 0.06
<b>Glucose</b>	0.76 ± 0.12	2.94 ± 0.11	3.43 ± 0.20	4.71 ± 0.15
<b>Sucrose</b>	0.04 ± 0.00	0.03 ± 0.00	Nd	0.35 ± 0.06
<b>Sucre réducteur</b>	0.72 ± 0.04	1.20 ± 0.19	1.49 ± 0.29	1.14 ± 0.10
<b>w3 acide gras</b>	43.72 ± 0.36	17.69 ± 0.01	23.04 ± 1.30	36.96 ± 0.51
<b>w6 acid gras</b>	23.25 ± 0.07	38.94 ± 0.23	38.22 ± 0.68	39.99 ± 0.68
<b>w6/w3</b>	0.53 ± 0.00	2.20 ± 0.01	1.66 ± 1.12	1.08 ± 0.03

Tableau 09: Suite

Contenu de la Composition	Feuilles	Inflorescences	Tiges	Pousses
<b>C6:0</b>	0.02 ± 0.00	0.41 ± 0.02	0.19 ± 0.01	0.06 ± 0.00
<b>C8:0</b>	0.08 ± 0.00	0.37 ± 0.01	0.48 ± 0.03	0.33 ± 0.00
<b>C10:0</b>	0.04 ± 0.00	0.09 ± 0.00	0.13 ± 0.01	0.06 ± 0.00
<b>C11:0</b>	0.25 ± 0.02	0.29 ± 0.01	0.04 ± 0.00	0.07 ± 0.00
<b>C12:0</b>	0.31 ± 0.02	0.43 ± 0.06	0.11 ± 0.01	0.21 ± 0.02
<b>C14:0</b>	1.43 ± 0.01	1.68 ± 0.10	0.49 ± 0.06	0.75 ± 0.03
<b>C14:1</b>	0.61 ± 0.04	0.28 ± 0.02	0.37 ± 0.04	0.17 ± 0.03
<b>C15:0</b>	0.17 ± 0.00	0.35 ± 0.03	0.41 ± 0.04	0.18 ± 0.00
<b>C16:0</b>	20.15 ± 0.09	23.89 ± 0.07	25.43 ± 0.00	12.78 ± 0.09
<b>C17:0</b>	0.74 ± 0.00	0.58 ± 0.02	0.61 ± 0.04	0.24 ± 0.02
<b>C18:0</b>	1.61 ± 0.08	2.62 ± 0.04	1.99 ± 0.06	1.53 ± 0.08
<b>C18:1n9c</b>	4.35 ± 0.37	5.05 ± 0.00	4.35 ± 0.52	2.55 ± 0.33
<b>C18:2n6c</b>	23.25 ± 0.07	38.94 ± 0.23	38.22 ± 0.68	39.99 ± 0.68
<b>C18:3n3</b>	43.55 ± 0.40	17.55 ± 0.0	22.86 ± 1.31	36.84 ± 0.52
<b>C20:0</b>	0.56 ± 0.00	1.78 ± 0.06	0.84 ± 0.03	1.06 ± 0.09
<b>C20:1c</b>	Nd	0.26 ± 0.03	0.06 ± 0.00	Nd
<b>C20:2c</b>	0.08 ± 0.01	0.31 ± 0.01	0.14 ± 0.00	0.38 ± 0.07
<b>C20:3n3 +C21:0</b>	0.16 ± 0.02	0.15 ± 0.01	0.19 ± 0.00	0.12 ± 0.01
<b>C22:0</b>	0.77 ± 0.04	1.52 ± 0.04	1.20 ± 0.03	1.12 ± 0.02
<b>C23:0</b>	0.82 ± 0.13	1.89 ± 0.11	0.68 ± 0.01	0.36 ± 0.15
<b>C24:0</b>	1.03 ± 0.04	1.58 ± 0.02	1.21 ± 0.02	1.20 ± 0.08
<b>Total AGS</b>	27.99 ± 0.02	37.47 ± 0.25	33.81 ± 0.06	19.95 ± 0.12
<b>Total AGMI</b>	4.96 ± 0.40	5.59 ± 0.13	4.78 ± 0.57	2.72 ± 0.36
<b>Total AGPI</b>	67.05 ± 0.42	56.94 ± 0.12	61.41 ± 0.62	77.33 ± 0.24
<b>Energie</b>	83.90 ± 1.4	108.23 ± 10.37	85.91 ± 3.02	97.37 ± 2.44

Une composition en nutriments (g/100g), w3 et w6 et teneur en acides gras (en pourcentage), et valeur énergétique (Kcal /100g) des différents parties du fenouil. Les valeurs sont exprimées en moyenne ± SD, n = 3 expériences dans chaque groupe.

Acide caproïque (C6:0); Acide caprylique (C8:0); Acide capricique (C10:0); Acide non canoïque (C11:0); Acide laurique (C12:0); Acide myristique (C14:0); Acide myristoléique (C14:1); Acide pentadécanoïque (C15:0); Acide palmitique (C16:0); Acide heptadécanoïque (C17:0); Acide stéarique (C18:0); Acide oléique (C18:1n9c); Acide linoléique (C18:2n6c); Acide a-linolénique (C18:3n3); Acide arachidique (C20:0); Acide eicosanoïque (C20:1); Acide cis-11,14-eicosadienoïque (C20:2c); Acide cis-11,14,17-eicosatrienoïque (C20:3n3 þ C21:0); Acide béhénique (C22:0); Acide tricosanoïque (C23:0); Acide lignocerique (C24:0).

Acides gras saturés (AGS), Acides gras mono insaturés (AGMI), Acides gras polyinsaturés (AGPI) (Barros et al., 2010).

## II.9. Les sous espèces de *Foeniculum vulgare*

Le genre *Foeniculum* est très polymorphe et représenté seulement par cette espèce (une seule race), est une annuelle, biennale ou plante herbacée vivace, selon la variété, qui pousse dans de bons sols de régions climatiques ensoleillées et douces. Dont on distingue deux sous-espèces sont connues:

- *F. vulgare* Mill. ssp. *piperitum*
- *F. vulgare* Mill. ssp. *capillaceum*

Le sous-espèce *capillaceum* comprend trois variétés:

- Variété *vulgare* (Mill.) Thell. (fenouil amer)
- Variété *Dulce* (Mill.) Thell. (fenouil doux)
- Variété *azoricum* (Mill.) Thell. (fenouil de Florence) (Miguel et al., 2010).

### II.9.1. *F. vulgare* Mill. ssp. *piperitum*

Plante vivace élancée, relativement grêle, nettement glauque, à odeur peu ou non anisée au froissement. Tiges souvent ascendantes, toujours pleines. Ombelles de taille faible à moyenne (diamètre 3-8 cm), de contour plutôt irrégulier (elliptique à polygonal) et généralement peu fournies (3-12 (20) rayons (moyenne: 6-8)). Feuilles ± charnues, ± aromatiques (parfois faiblement), découpées en segments linéaires ou lancéolés-linéaires, rapprochés, courts et acuminés (2-6 (20) mm), leur conférant parfois l'aspect général de celles d'*Asparagus officinalis* L; jeunes feuilles très glauques, bleuâtres; gaines des feuilles stériles écartées de la tige. Fruit souvent prumineux violacé, à goût citronné, puis peu agréable et piquant. Fleurs d'un jaune généralement soutenu, parfois ocres ou à pétales ± rougeâtres (Figure 08) (Reduron, 2007).



**Figure 08:** *Foeniculum vulgare* ssp. *piperitum* (Jdid, 2015).

**II.9.2. *F. vulgare* Mill. ssp. *capillaceum***

Plante vivace ou bisannuelle (Quézel et Santa, 1963), à vie courte ou monocarpique, le plus souvent robuste, vert foncé, peu glauque, à odeur le plus souvent vivement anisée (pastis) au froissement. Tiges dressées, pleines ou creuses. Ombelles souvent grandes, de contour circulaire, formées de (7) 12-30 (50) rayons (moyenne: 20) (pour les var. *dulce* et var. *azoricum*, moyenne tombant à 7-10, mais plantes bien distinctes de la subsp. *piperitum* par les fruits à saveur sucrée ou la présence d'un « bulbe »). Feuilles molles, très aromatiques, découpées en segments linéaires capillaires, écartés, normalement très allongés ((10) 20-50 mm); jeunes feuilles de teinte variable, plutôt vertes ; gaines des feuilles stériles ± appliquées sur la tige. Fruit souvent de couleur claire, à saveur variable, parfois douce et sucrée, ou âcre et amère. Fleurs d'un jaune généralement clair, citron ou jaune d'or (Figure 09) (Reduron, 2007).



**Figure 09:** *Foeniculum vulgare* ssp. *capillaceum* (Jdid, 2015).

**II.9.2.1. *F. vulgare* ssp. *capillaceum* var. *vulgare* (Mill.) Thell.**

**La variété vulgaire** (Miller) Thellung (fenouil amer) (Figure 10) comprend un groupe de plantes vivaces avec des fruits assez longs ayant un goût plus ou moins amer (Bajaj, 1989). Est cultivé principalement en Russie, en Hongrie, en Allemagne, en France, en Italie, en Inde, en Japon, en Argentine et aux États-Unis (Jodral, 2004).



**Figure10:** *F. vulgare ssp. capillaceum var. vulgare* (Mill.) Thell.  
(<http://www.henriettes-herb.com>)

#### II.9.2.2. *F. vulgare ssp. capillaceum var. dulce* (Mill.) Thell.

La variété *dulce* (Miller) Thellung = *Foeniculum panmorium* DC. (fenouil doux) (Figure 11), plante annuelle à tige fistuleuses renflées à la base, variété cultivée (Quézel et Santa, 1963). Avec des fruits plus petits, dont le goût sucré est le résultat de la faible teneur en fenchone dans l'huile essentielle (Bajaj, 1989). Le fenouil doux est vert pâle ou brun jaunâtre pâle. Le fruit du fenouil est un cremocarpe de forme presque cylindrique avec une base arrondie et un sommet rétréci couronné d'un grand stylopede. Il mesure généralement de 3 à 12 mm de long et de 3 à 4 mm de large. Les méricarpes, habituellement libres, sont glabres. Chacun porte cinq crêtes proéminentes légèrement carénées. Lorsque coupé transversalement, quatre vittae sur la surface dorsale et deux sur la surface commissurale peuvent être vus avec une lentille, cette variété est cultivé en la France, l'Italie et la Macédoine se limitent à l'Europe du Sud (Jodral, 2004).



**Figure 11:** *F. vulgare ssp. capillaceum var. dulce* (Mill.) Thell.  
(<http://www.henriettes-herb.com>)

### II.9.2.3. *F. vulgare ssp. capillaceum var. azoricum* (Mill.) Thell.

La variété *azoricum* (Miller) Thellung (fenouil italien, fenouil de Florence) (**Figure 12**), probablement issue de l'une des variétés ci-dessus par sélection horticole, se compose également de plantes annuelles produisant de petits fruits sucrés. Chez ces plantes, cependant, les jeunes feuilles de la rosette ont des gerbes hypertrophiées et épaisses qui forment un "bulbe" semblable à celui du céleri (**Bajaj, 1989**).



**Figure 12:** *F. vulgare ssp. capillaceum var. azoricum* (Mill.) Thell.  
(<http://www.henriettes-herb.com>)

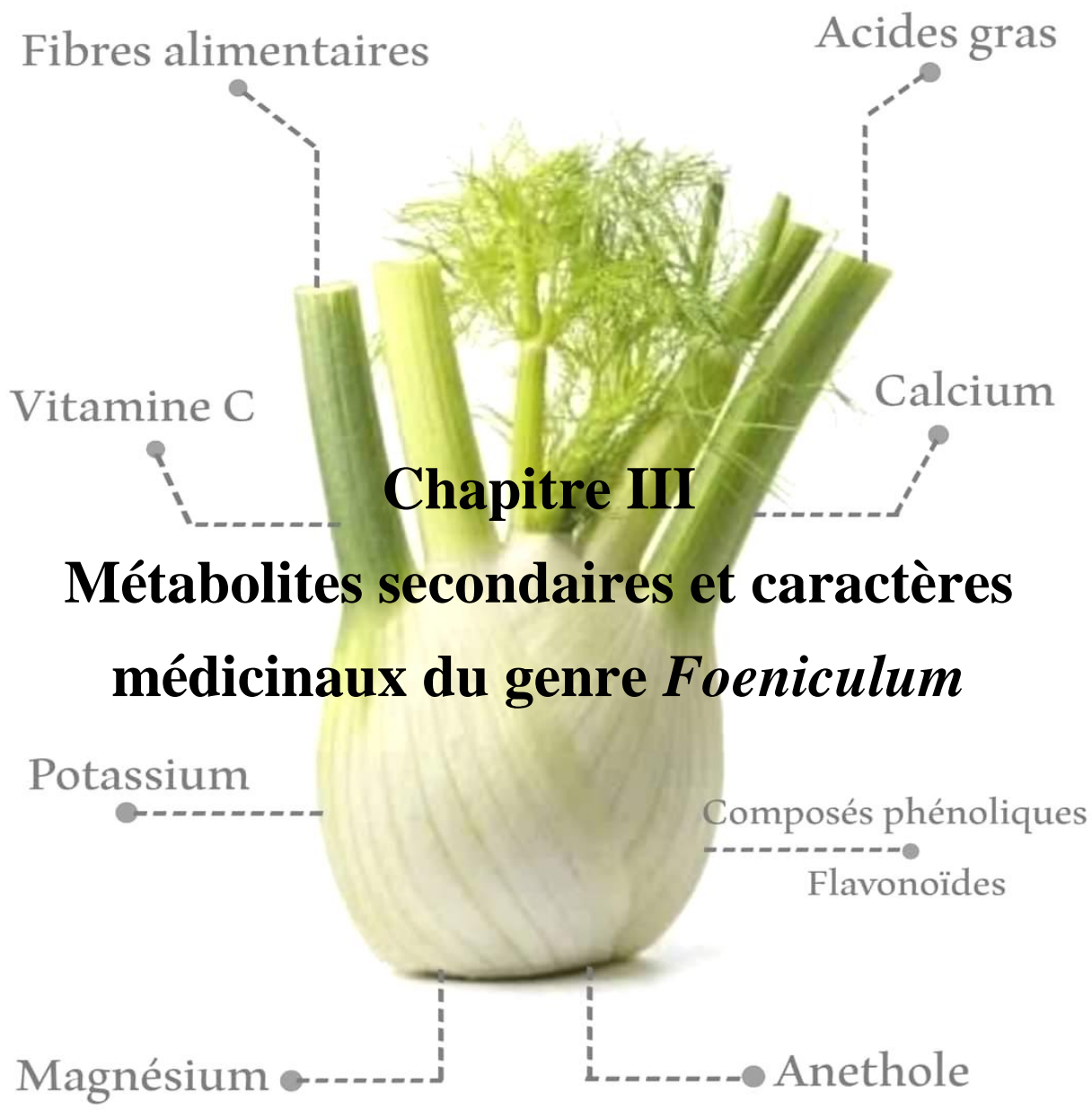
### Aspects économiques

Les trois variétés de ssp. *capillaceum* sont cultivées, chacune dans le but d'obtenir un produit différent.

**La variété *vulgare*** est une plante produite industriellement dont l'essence, extraite du fruit, produit, après raffinage, un anéthole pur utilisé comme produit primaire aromatique dans l'industrie alimentaire et parfumerie.

**La variété *dulce*** est essentiellement une plante condimentaire dont graines aromatiques sont utilisés pour aromatiser les aliments, les extraits ayant également des propriétés médicinales.

Enfin, **la variété *azoricum*** est un produit de jardin maraîcher dont les bulbes sont utilisés comme légume, comme ceux du céleri (**Bajaj, 1989**).



**Chapitre III**  
**Métabolites secondaires et caractères**  
**médicinaux du genre *Foeniculum***

### III. Métabolites secondaires et caractères médicinaux du genre *Foeniculum*

#### III.1. Métabolites secondaires

##### III.1.1. Définition

Les métabolites secondaires sont des composés de faible masse moléculaire qui ne jouent pas un rôle fondamental chez les plantes comme les métabolites primaires, mais ils interviennent dans l'adaptation des plantes à leur environnement, notamment dans les interactions biotiques (**Ramakrishna et Ravishankar, 2011**).

Les plantes supérieures synthétisent plusieurs de métabolites secondaires à partir des métabolites primaires (tels que carbohydrates, lipides et acide aminés) et sont le résultat d'une co-évolution entre les plantes et leur environnement biotique. Comme être connus principes actifs pour la fabrication de produits pharmaceutiques, d'additifs alimentaires et d'arômes, ou de parfums, qui contribuent notamment à la formation des odeurs et des couleurs chez les plantes. Leur rôle dans la croissance et le développement des plantes est de plus en plus étudié, notamment afin d'améliorer les techniques de culture. Ils pourraient par exemple fournir aux plantes des avantages dans la survie en les protégeant des stress biotiques ou abiotiques, en améliorant la disponibilité des éléments nutritifs, en agissant comme mécanisme de défense métabolique, ou en améliorant les interactions compétitives avec d'autres organismes (**Pham, 2017**).

Les métabolites secondaires constituent un groupe de produits naturels avec des propriétés très diverses: antioxydante, antimicrobienne, anti-inflammatoire, anticancéreuse ...etc. (**Epifano et al., 2007**).

##### III.1.2. Classification

Chez les plantes il y a trois classes principales de métabolites secondaires: les **composés phénoliques**, les **alcaloïdes** et les **terpènes** (**Lutge et al., 2002**). Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités en biologie humaine. Ils présentent une énorme valeur économique (en particulier pour l'industrie pharmaceutique et la cosmétique) (**Behih et Ben Amrouche, 2017**).

##### III.1.2.1. Les composés phénoliques

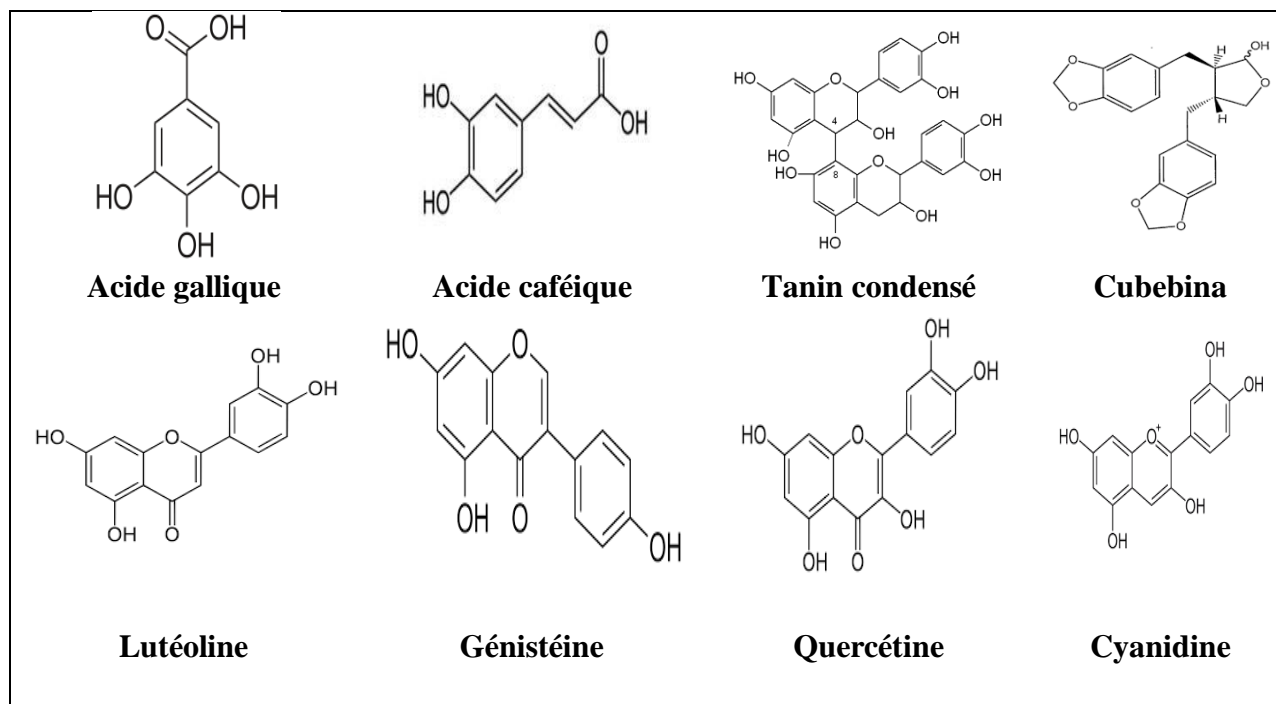
Les composés phénoliques (les polyphénols) forment un très vaste ensemble de substances qu'il est difficile de définir simplement. L'élément structural fondamental qui les

caractérise est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction tel que: éther, ester, hétéroside... etc. (Bruneton, 2009).

Le terme phénolique couvre un groupe très large et diversifié de produits chimiques. Ces composés (Figure 13) peuvent être classés de plusieurs catégories en fonction de leurs structures chimique telles que les acides phénoliques, flavonoïdes, coumarines et les tanins (Tableau 10) ont classé ces composés en groupes basé sur le nombre de carbones dans la molécule (Vermerris et Nicholson, 2006).

**Tableau 10:** Classification des composés phénoliques (Vermerris et Nicholson, 2006).

Structure	Classe
C <sub>6</sub>	phénols simples
C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>	Acides benzoïques et composés voisins
C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub>	Acétophénones et acides phénylacétiques
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	Acides cinnamiques et composés voisins
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	Coumarines, isocoumarines et chromones
C <sub>15</sub>	Chalcones, aurones, dihydrochalcones
C <sub>15</sub>	Flavanes
C <sub>15</sub>	Flavones
C <sub>15</sub>	Flavanones
C <sub>15</sub>	Flavanols
C <sub>15</sub>	Anthocyanidines
C <sub>15</sub>	Anthocyanines
C <sub>30</sub>	Biflavonyles
C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub> -C <sub>6</sub> , C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub>	Benzophénones, xanthones, stiblènes
C <sub>6</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>14</sub>	Quinines
C <sub>18</sub>	Betacyanines
<b>Lignanes, neolignanes</b>	dimères ou oligomères
<b>Lignines</b>	Polymers
<b>Tanins</b>	oligomères ou polymers
<b>Phlobaphènes</b>	Polymers



**Figure 13:** Structure de certains composés phénoliques dans les plantes (Sayed-Ahmad, 2018).

### III.1.2.2. Les alcaloïdes

Un alcaloïde est un composé d'origine naturelle (le plus souvent végétal), azoté plus ou moins basique, à diffusion restreinte et doué, à faible dose. L'appartenance aux alcaloïdes est confirmé par les réactions communes de précipitations avec les réactifs généraux des alcaloïdes (ex: réactif de Draguendorff) (Djermane, 2014).

Les alcaloïdes sont l'un des principes actifs les plus importants en pharmacologie et en médecine. L'intérêt qu'on leur porte reposait traditionnellement sur leur action physiologique et psychologique et particulièrement violente chez l'homme (William, 2003).

On distingue :

- **Les pseudo-alcaloïdes:** ne comportent pas d'azote intra cyclique et l'incorporation de l'azote dans la structure se fait en phase finale: exemple la coniine.
- **Les proto-alcaloïdes:** l'azote n'est pas inclus dans un système hétérocyclique. Ils sont élaborés à partir d'acides aminés: exemples mescaline, hordénine, colchicine.
- **Les alcaloïdes vrais:** classés selon leur cycle. L'atome d'azote est inclus dans un hétérocycle; formés par biosynthèse d'acides aminés; possèdent une activité pharmacologique marquée (Figure 14) (Djermane, 2014).

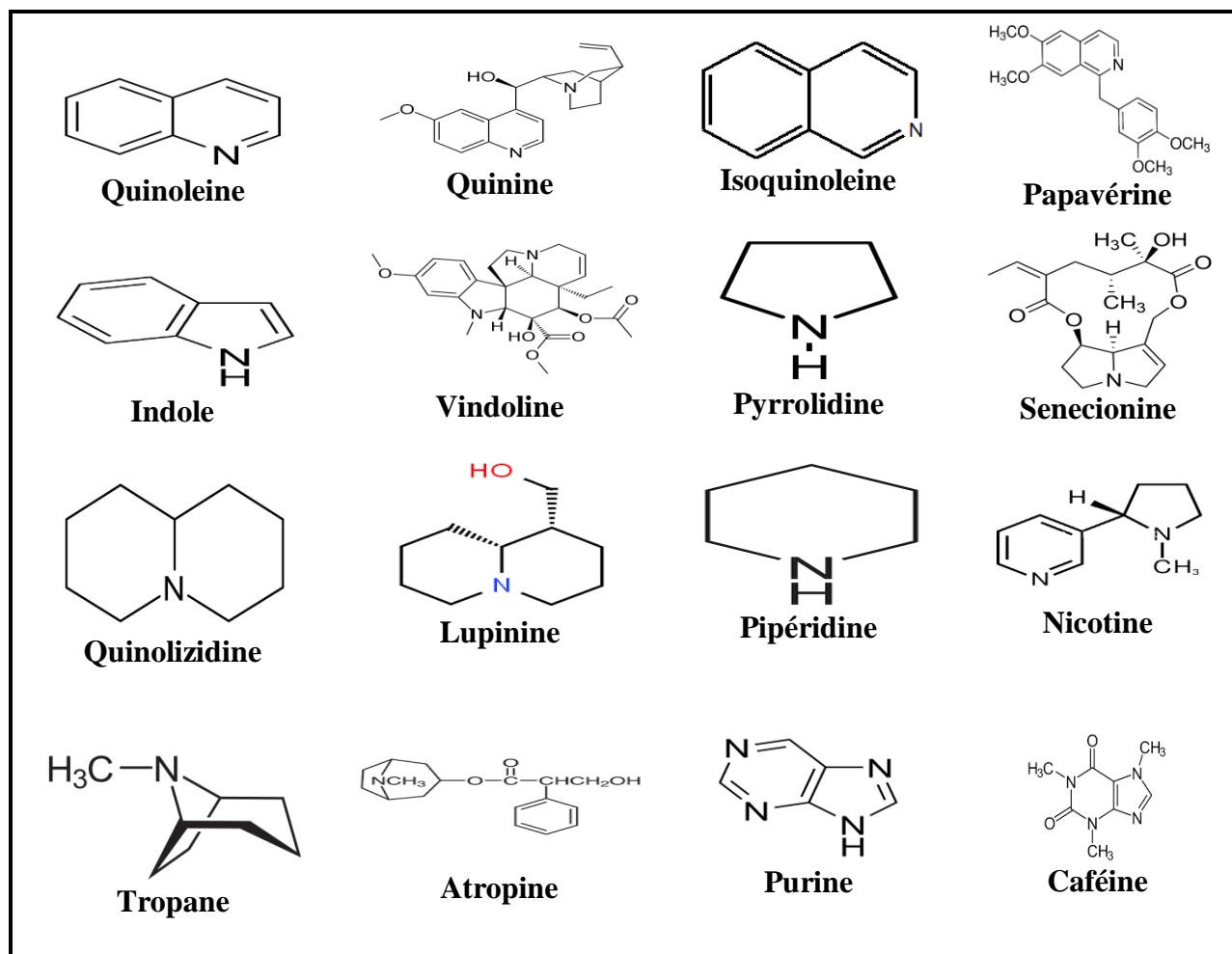


Figure 14: Classes et exemples d'alcaloïdes (Djermane, 2014).

### III.1.2.3. Les terpénoïdes

Dérivé des mêmes précurseurs, et formés à partir de l'assemblage d'unités à 5 carbones ramifiées, dérivées du 2-méthylbutadiène (polymères de l'isoprène), les terpénoïdes et les stéroïdes constituent probablement la plus large classe de composés secondaires. Comme les dérivés des acides gras, telles les acétogénines, les terpènes ont de source biosynthétique l'acétyl CoA ou le malonyl CoA. Néanmoins, ils ne sont pas spécifiques aux végétaux puisque le squalène, le cholestérol ou encore des sesquiterpènes et des diterpènes se rencontrent chez les animaux. Cependant, l'extrême diversité des terpénoïdes chez les végétaux contraste avec le petit nombre détecté chez les animaux (Krief, 2003).

La classification des terpénoïdes (Tableau 11) est basée sur le nombre de répétitions de l'unité de base isoprène en donnant des hémiterpènes (C5), monoterpènes (C10), sesquiterpènes (C15), diterpènes (C20), sesterpènes (C25), triterpènes (C30), tetraterpènes (C40) et polyterpènes. Les terpènes simples en C10 et C15 sont certainement apparus tardivement au

cours de l'évolution et caractérisent les plantes vasculaires ayant développé des appareils sécréteurs (Harchaoui, 2019; Krief, 2003).

**Tableau 11:** Classification des terpénoïdes (Ksouri, 2017).

Classe	Valeur de n	Nombre d'atome de carbone
Monoterpénoïdes (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> )	2	10
Sesquiterpénoïdes (C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> )	3	15
Diterpénoïdes (C <sub>20</sub> H <sub>32</sub> )	4	20
Sesterpénoïdes (C <sub>25</sub> H <sub>40</sub> )	5	25
Triterpénoïdes (C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> )	6	30
Tétraterpénoïdes (C <sub>40</sub> H <sub>64</sub> )	8	40
Polyterpénoïdes (C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> ) <sub>n</sub>	>8	>40

## III.2. Les huiles essentielles

### III.2.1. Définition

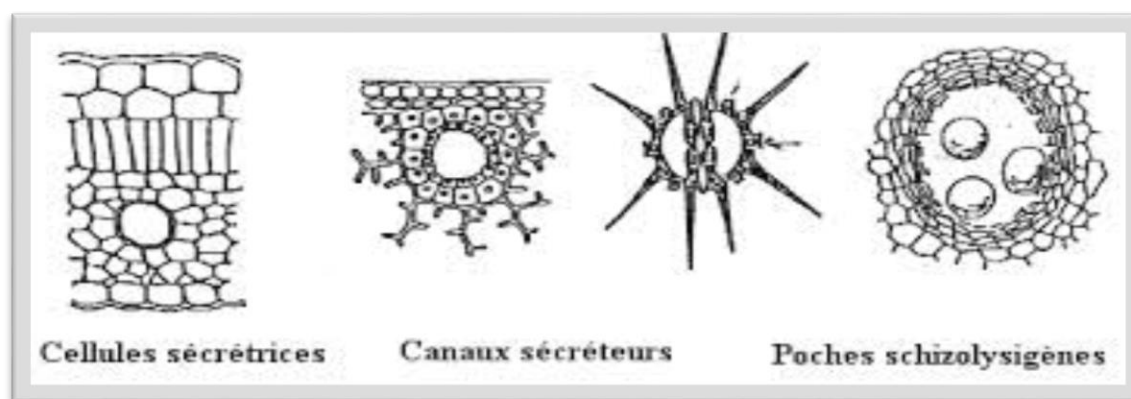
Le nom « huile essentielle » a été conçu sur la base de l'expérience. Le mot « huile » souligne le caractère visqueux et hydrophobe de ces substances. Cependant, le mot «essentielle» fait référence au parfum, qui désigne une odeur plus ou moins intense émise par la plante (Kerdjidj et al., 2020).

Une huile essentielle (HE) est un mélange très complexe de produits chimiques, liquide à température ambiante, la volatilité de leurs constituants lui confère souvent un parfum très odorant. Les composés constitutifs sont formés en tant que produits des métabolisme secondaire dans de nombreuses plantes. Elles diffèrent des huiles grasses, par leurs propriétés physiques et leur composition, car ils se volatilisent à des températures élevées et leurs taches sur le papier sont temporaires. Les huiles essentielles occupé une place importante dans la vie quotidienne humaine à tout moment et les gens les utilisant souvent pour se parfumer, aromatiser les aliments et même se soigner (Yaacoub et Tlidjane, 2018).

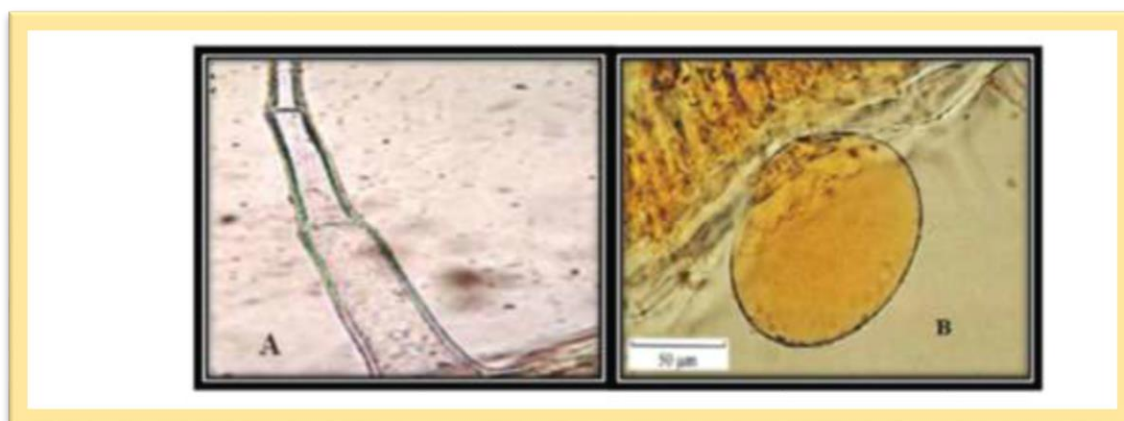
Les huiles essentielles, également appelés essences, sont des mélanges de substances aromatiques produites par de nombreuses plantes, présentes en minuscules gouttelettes sur les feuilles, les écorces des fruits, les résines, les bois. Elles sont présentes en faible quantités par rapport à la masse de la plante (Bouderhem, 2015).

### III.2.2. Localisation et stockage dans la matière végétale

Les HEs se présentent dans tout le règne végétal. Elles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices (**Figure 15**) par accumulation sous forme de microgouttelettes dans les glandes végétal (**Figure 16 B**), généralement dans des cellules glandulaires spécialisées, situées à la surface des cellules et recouvertes d'une cuticule. Ces huiles sont ensuite stockées dans des cellules appelées cellules à huiles essentielles (Lauraceae, Zingiberaceae), dans des canaux sécréteurs (Apiaceae ou Asteraceae), dans des poches sécrétrices (Myrtaceae ou Rutaceae) ou dans des poils sécréteurs (Lamiaceae) (**Figure 16 A**) (**Bahria et Rekia, 2018**).



**Figure 15:** Quelques organes sécréteurs des huiles essentielles  
(**Bahria et Rekia, 2018**).



**Figure 16:** Diversité des structures de sécrétion des huiles essentielles  
**A:** Poil sécréteur **B:** Glande productrice d'huile essentielle  
(**Bahria et Rekia, 2018**).

Les huiles essentielles peuvent être localisées dans tous les organes végétaux. Cette localisation dans la plante varie selon les espèces d'où elles sont extraites. Elles peuvent être localisés dans les rhizomes et les racines (gingembre et valériane), l'écorce et le bois (cannelier et

cèdre), la feuille et les branches (eucalyptus et lemon-grass, et la fleur et le fruit (citron, orange, poivre et piment) (Zoubiri, 2012).

### III.2.3. Composition chimique

Les huiles essentielles sont un mélange naturel très complexe contenant plusieurs centaines de composés présents à des concentrations variables (Zoubiri, 2012). Ces composés appartiennent presque exclusivement, à deux groupes aux caractéristiques distinctes d'origine biogénétique: **terpènes** (terpénoïdes) (isopréniques, monoterpènes, les sesquiterpènes, les diterpènes et les triterpènes) d'une part, et le groupe des **composés aromatiques** dérivés du phenylpropane d'autre part. Elles peuvent également contenir des constituants non volatils issus de processus de dégradation en plus des hydrocarbures (terpènes et sesquiterpènes) et des composés oxygénés (les alcools, les esters, les éthers, les aldéhydes, les cétones, les phénols et les éthers de phénol) (Bakkali et al., 2008).

#### III.2.3.1. Les terpènes

Les composés de type terpénique sont largement rencontrés dans les HEs, ils sont formés à partir de multiple pair ou impair d'unités de 2-méthylbuta-1,3-diène ou également connus sous nom d'isoprène ( $C_5H_8$ ) (Figure 17). Ainsi on distingue selon le nombre d'entités isoprènes le groupe des monoterpènes ( $C_{10}H_{16}$ ), les sesquiterpènes ( $C_{15}H_{24}$ ), les diterpènes ( $C_{20}H_{32}$ ), les tétraterpènes de huit isoprènes qui conduisent aux caroténoïdes et les polyterpènes ( $C_5H_8$ ) $_n$  ou  $n$  peut-être de 9 à 30. Les terpènes sont dérivées des isoprènes, également appelés isoprénoïdes ou terpénoïdes (Boucekrit, 2018).

Les terpènes les plus rencontrés dans les HEs sont les terpènes les plus volatils, ceux qui ont une masse moléculaire moindre, comme les monoterpènes et les sesquiterpènes. De plus la synthèse des terpènes n'est pas propre aux végétaux. Le squalène, comme son nom l'indique, est un terpène abondant chez les requins, tandis que les sesquiterpènes et des diterpènes se trouvent également dans les spongiaires et les cœlentérés (Guignard, 2000).

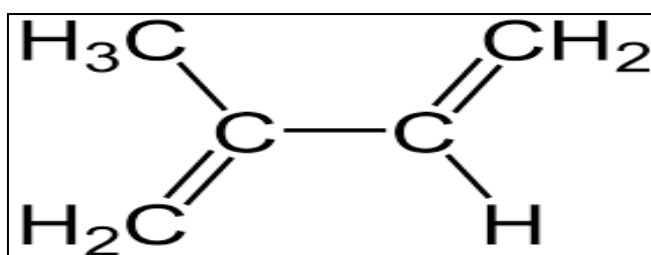
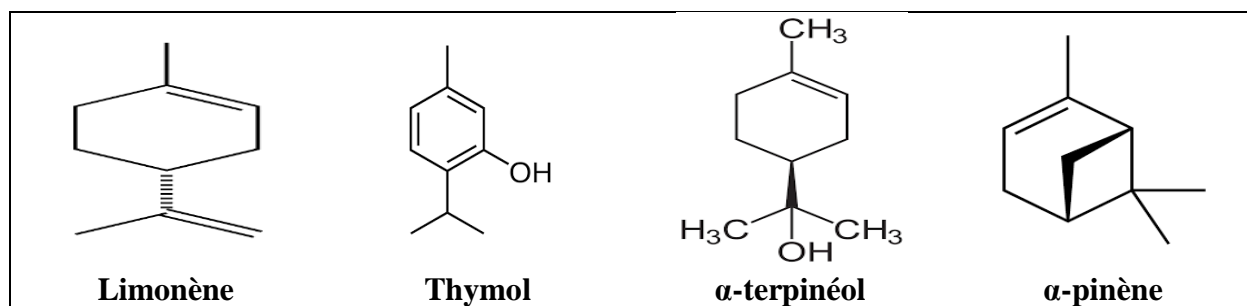


Figure 17: Structure de molécule d'isoprène (Latreche et Mansor, 2021).

### • Monoterpènes

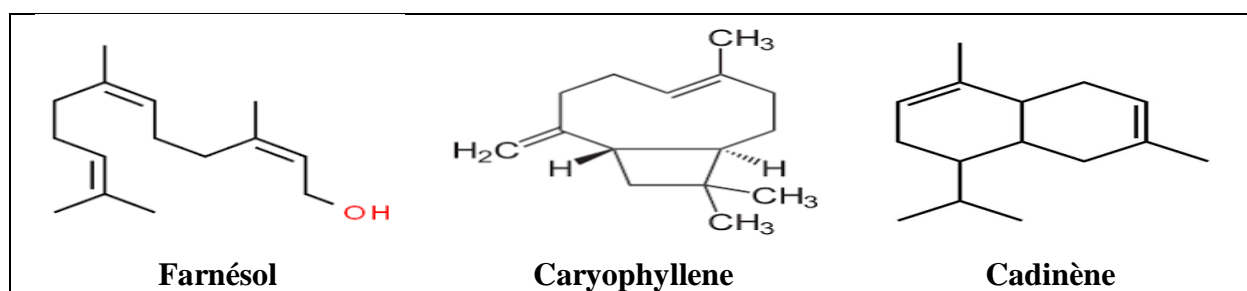
Les monoterpènes sont des molécules à 10 atomes de carbone, qui existent sous la forme d'hydrocarbures simples, soit acycliques (myrcène, ocimène), monocycliques ( $\rho$ -cymène,  $\alpha$  terpinène), ou bicycliques (camphène, pinène). Outre les hydrocarbures, il existe divers dérivés oxygénés: des aldéhydes (linalal, géranial...), alcools (citronellol, géranol...) et acides (acide linalique...) voire des esters (acétate de linalyle...) (**Figure 18**) (**Menaceur, 2015**).



**Figure 18:** Structure de quelques composés des huiles essentielles (monoterpènes) (**Latreche et Mansor, 2021**).

### • Sesquiterpènes

Les Sesquiterpènes sont des molécules à 15 atomes de carbone constituées de trois unités isopréniques et dérivant du FPP. Ils forment un sous groupe d'environ 5000 composés terpéniques qui se répartissent de la même manière que les monoterpènes; les sesquiterpénoides acycliques, les sesquiterpénoides monocycliques et les sesquiterpénoides bicycliques (**Figure 19**) (**Ksouri, 2017**).



**Figure 19:** Structure de quelques composés des huiles essentielles (sesquiterpènes) (**Bakkali et al., 2008; Ksouri, 2017**).

#### III.2.3.2. Les composés aromatiques

Les composés aromatiques sont dérivés du phénylpropane (C6-C3). Qui ne sont pas aussi courants que les terpènes. Cette classe comprend des composés odorants bien connus (**Figure**

20) tels que la vanilline, l'eugénoï, l'anéthol, l'estragol et bien d'autres. On les retrouve plus couramment dans les huiles essentielles de la famille des Apiaceae (persil, anis, fenouil...etc.) et sont caractéristiques des HEs comme clou de girofle, de la vanille, de la cannelle du basilic, de l'estragon...etc. (Laib et Megag, 2020).

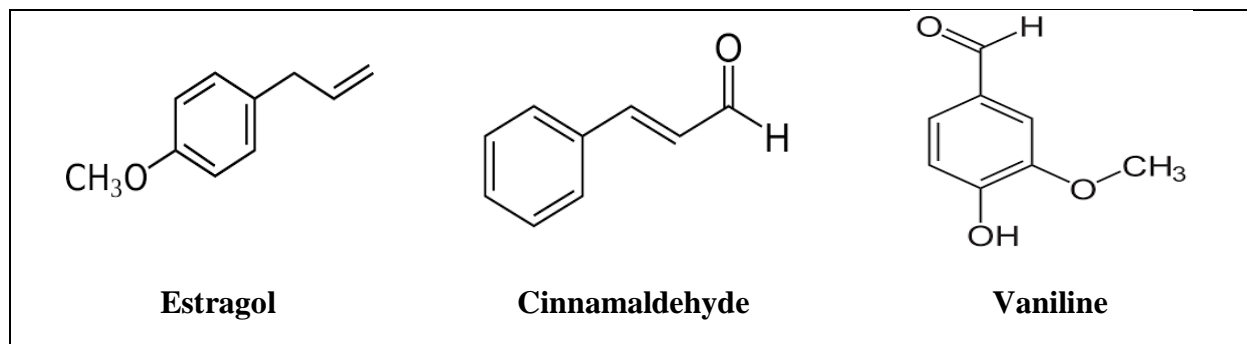


Figure 20: Exemples de quelques structures des composés aromatiques (Laib et Megag, 2020).

### III.2.4. Procédés d'extraction

Depuis longtemps, on cherchait des moyens de séparer les éléments huileux des produits aromatiques. Ils ont réussi à soumettre la matière à la chaleur. Les substances aromatiques se transforment en vapeur; il suffit de les recueillir et de les refroidir pour les obtenir sous forme liquide. Ce processus se fait sur une flamme nue et s'appelle distillation (Behria et Rekia., 2018). Il existe d'autres procédés d'extraction dont certaines sont résumées dans le (Tableau 12).

Tableau 12: Procédés d'extraction des huiles essentielles

Méthodes	Principes
Hydrodistillation	<p>Il s'agit d'immerger la biomasse végétale dans un alambic rempli d'eau, puis de la faire bouillir. La vapeur d'eau et l'essence dégagées par la matière végétale forment un mélange non miscible. Les composants d'un tel mélange se comportent comme s'ils étaient séparés à la température du mélange, c'est à dire que la pression de la vapeur partielle d'un composant est égale à la pression de vapeur de la substance pure. Cette méthode est simple dans son principe et ne nécessite pas de matériel coûteux (Daroui-Mokaddem, 2012).</p> <p>The diagram shows a laboratory setup for hydrodistillation. A round-bottom flask containing water and plant material is placed on a heating mantle. A thermometer is inserted into the neck of the flask. A Liebig condenser is attached to the side arm of the flask, with water flowing through it from top to bottom. The condenser is supported by a stand. The end of the condenser is connected to a graduated test tube that is partially submerged in a beaker of water. The test tube contains two distinct liquid layers: a top layer of essential oil and a bottom layer of aqueous phase.</p>

Figure 21: Montage d'extraction par Hydrodistillation

Tableau 12: Suite

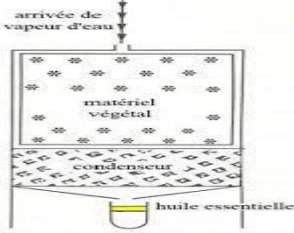
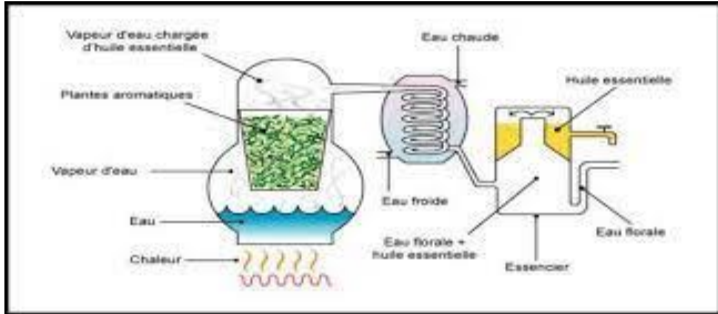

Méthodes	Principes
<p><b>Hydrodiffusion</b></p>	<p>Par conséquent la technologie utilise l'osmose de la vapeur d'eau. Le principe de cette méthode est d'utiliser la gravité pour libérer et condenser le mélange «vapeur d'eau-huile essentielle» dispersé dans le matériel végétale. Comme pour l'entraînement à la vapeur d'eau, l'hydrodiffusion présente l'avantage de ne pas mettre en contact le matériel végétal avec de l'eau (Bouderdara, 2013).</p>  <p><b>Figure 22:</b> Montage d'hydrodiffusion</p>
<p><b>Entraînement à la vapeur d'eau</b></p>	<p>Dans ce type de distillation, les plantes sont passées dans un courant de vapeurs d'eau, qui entraîne les substances volatiles hydrophobes. Après la séparation par condensation est réalisée par décantation. Cette méthode apporte une amélioration à la qualité de l'HE en minimisant les altérations hydrolytiques (Ouis, 2015).</p>  <p><b>Figure 23:</b> Montage d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau</p>
<p><b>Extraction à froid</b></p>	<p>Cette technique est réservée à l'extraction des essences volatiles contenues dans les péricarpes d'agrumes en les déchirant par un traitement mécanique. Il s'agit de casser ou déchiqueter les parois des sacs oléifères contenus dans le mésocarpe situé juste sous l'écorce du fruit, l'épicarpe, pour permet d'en recueillir le contenu sans aucune modification (Boukhatem et al., 2019).</p>  <p><b>Figure 24:</b> Extraction à froid</p>

Tableau 12: Suite

Méthodes	Principes
<p><b>Hydrodistillation assistée par micro-ondes</b></p>	<p>La méthode est très rapide, avec une faible consommation d'énergie (température plus basse) et une meilleure qualité que l'hydrodistillation traditionnelle. Il consiste à chauffer sélectivement des installations par un rayonnement micro-ondes dans une enceinte à pressions successivement décroissantes; l'HE est ensuite entraînée dans un mélange azéotropique formé par la vapeur d'eau de la plante traitée (pas d'ajout d'eau pour le produit fraîchement traité) (Attou, 2018).</p> <div data-bbox="593 607 1305 857" style="text-align: center;"> </div> <p><b>Figure 25:</b> Hydrodistillation assistée par micro-ondes</p>

### III.2.5. Domaines d'utilisation

De par ses diverses propriétés, les huiles essentielles sont devenues un matériau d'une importance économique considérable et d'un marché en croissance. En effet, ils sont commercialisés et d'un grand intérêt dans divers domaines industriels, tels que l'efficacité en pharmacie, par leurs pouvoirs, antispasmodique, antidiabétique, analgésique, apéritif, antiseptique..., activité antioxydante en aliments et effets aromatisants, en parfumerie et en cosmétique par leur propriété odoriférante (Baffi et Omari, 2020).

#### ● Aromathérapie

L'aromathérapie est une branche particulière de la phytothérapie. Le terme est composé de deux parties: aroma signifiant parfum, et thérapie méthode visant à soigner les maladies. En médecine traditionnelle, les huiles essentielles sont utilisées pour aider à la désinfecter, cicatriser ou traitement des traumatismes et également en complément d'un traitement médical chronique (Khebri, 2011).

#### ● Industries agro-alimentaires

Certains produits sont utilisés dans la nature (épices et aromates), d'autres sont présentés sous forme d'huiles essentielles ou de rétinoïdes dispersés, encapsulés ou complexés. Si la réfrigération et d'autres méthodes de conservation ont remplacé les épices pour la conservation des aliments, le développement de nouvelles pratiques culinaires (plats préparés,

surgelés), le goût pour les saveurs exotiques et les qualités gustatives conduisent à une augmentation rapide de la consommation de ces produits. Nous avons remarqué leur intégration dans; les boissons non alcoolisées, les confiseries, les produits laitiers ou carnés, les soupes, les sauces, les snacks, les boulangeries et aussi la nutrition animale (Couderc, 2001).

### ● Parfumerie et industrie cosmétique

Les huiles essentielles sont des ingrédients appréciés dans le domaine des parfums et des cosmétiques. Après que les conservateurs d'origine synthétique aient été soupçonnés d'être toxiques pour la santé, l'utilisation des HEs comme conservateurs a commencé à prendre de l'ampleur en raison de leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes, qui pourraient prolonger la durée de conservation des produits. De plus, leurs propriétés odorantes en font un ingrédient largement utilisé dans les formulations de produits. Cependant, leur utilisation peut être contre indiquée; des concentrations supérieures au pourcentage recommandé peuvent produire une odeur très prononcée ou provoquer des réactions cutanées telles que des allergies. Le comité scientifique des produits de consommation contrôle leur utilisation car parmi les vingt-six substances classées comme allergènes, dix-sept peuvent être retrouvées dans les HEs (eugénol, linalol, cinnamaldéhyde, géraniol, citral...etc.) (Mnayer, 2014). Le septième amendement de la directive cosmétique impose un étiquetage s'ils sont présents dans les produits à rincer à plus de 0,0001% (savons, shampoings...etc.) et les produits sans rinçage à plus de 0,01% (crèmes, lotions) (Afssaps, 2008). Les huiles essentielles couramment utilisées comme parfums et ingrédients cosmétiques sont; la citronnelle, le bois de cèdre, de lavande, de patchouli, de thym, d'origan et bien d'autres (Mnayer, 2014).

### ● Pharmacologie

L'Homme utilise les huiles essentielles depuis des milliers d'années et plus généralement plantes aromatiques pour la guérison. Aujourd'hui, les médecines dites naturelles rencontrent de plus en plus de succès auprès du grand public. Il est important de bien distinguer les usages traditionnels des huiles essentielles, puisqu'elles sont utilisées à des fins thérapeutiques; des applications dans l'industrie pharmaceutique (Deschepper, 2017).

#### III.2.6. Rôle physiologique

Les huiles essentielles peuvent jouer plusieurs effets importants sur les plantes: repousser ou au contraire attirer les insectes pour favoriser la pollinisation, agir comme source d'énergie, favoriser certaines réactions chimiques, maintenir l'humidité dans les plantes du désert, réduction de la compétition des autres espèces végétales en inhibant chimiquement la

germination des graines, par la protection contre la microflore infectieuse, par le goût et les effets néfastes sur la répulsion des prédateurs (Bakkali et al., 2008).

### III.3. Métabolites secondaires du genre *Foeniculum*

Les composés phytochimiques sont les composés produits par les plantes et ils ont une activité biologique (Mehra et al., 2021).

Les graines de fenouil sont utilisées comme épices et condiments. L'analyse nutritive du fenouil est donnée dans le (Tableau 13). Les constituants chimiques du fenouil comprennent l'huile essentielle, les acides gras, les phénylpropanoïdes, les monoterpénides, les sesquiterpènes et les coumarines. Il contient également des triterpénoïdes, des tanins, des flavonoïdes, des glycosides cardiaques, des saponines et d'autres types de composés (Grover et al., 2013).

**Tableau 13:** Représentation des données de la composition chimique d'huiles essentielles dans différents cultivars de *F. vulgare* (Shahat et al., 2011).

N°	Nom du composé	<i>F. vulgare</i>		
		<i>Azoricum</i>	<i>Dulce</i>	<i>Vulgare</i>
1	$\alpha$ -Pinene	1,65	3,26	3,61
2	Camphène	0,08	0,30	0,19
3	Sabinène	0,39	0,27	0,56
4	$\beta$ -Pinene	0,12	0,14	0,21
5	Myrcène	0,18	0,66	0,32
6	a-Phellandrene	0,11	0,18	0,11
7	o-Cymène	0,46	0,38	0,71
8	Limonène	12,53	27,78	20,64
9	Eucalyptol	2,05	0,90	1,93
10	g-Terpinène	0,24	0,06	0,38
11	Fenchone	7,99	12,77	7,22
12	Linalool	0,29	0,09	0,11
13	Camphre	0,13	0,18	0,29
14	Estragol	11,99	6,24	57,94
15	acétate de Fenchyle	0,13	6,34	0,21
16	aldéhyde Cumique	0,18	0,06	0
17	p-Anisaldéhyde	0,40	0,11	0,26
18	trans-Anethole	61,11	46,26	4,99

### III.3.1. Huiles essentielles

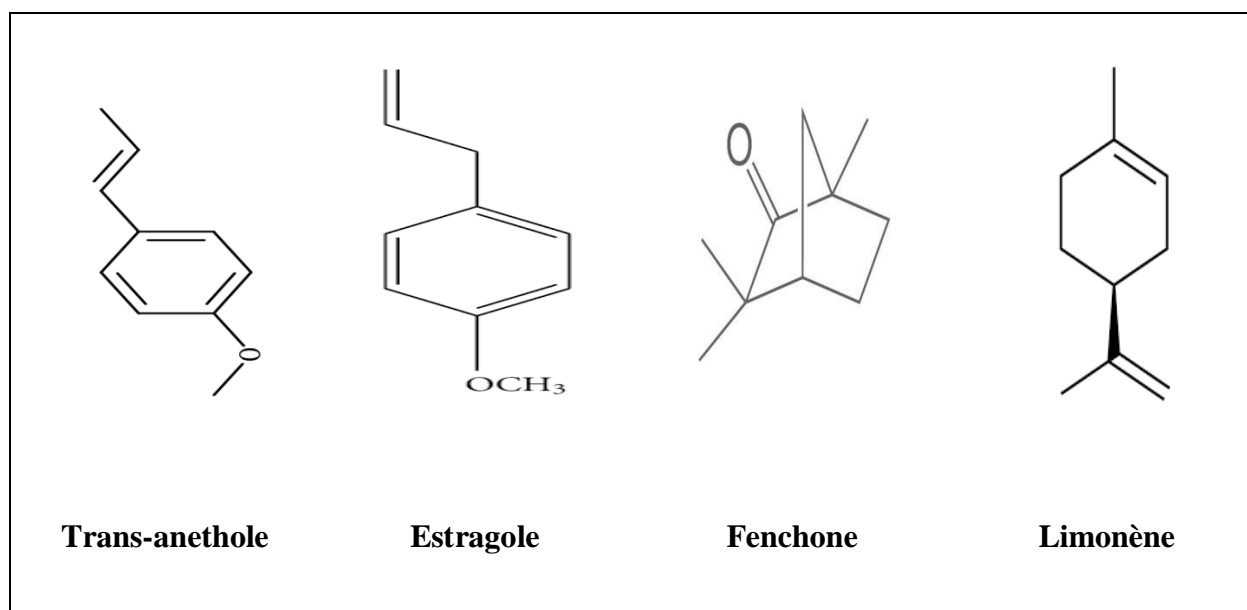
Le (Tableau 14) résume les composés volatils présents dans l'huile essentielle de *F. vulgare*. L'anis odeur de *F. vulgare* est due à sa teneur en huile essentielle. Il fait un excellent agent aromatisant dans divers types d'aliments et de produits alimentaires connexes. L'huile essentielle de fenouil contient plus de 87 composés volatils. L'accumulation de ces composés volatils à l'intérieur de la plante est variable, apparaissant pratiquement dans n'importe laquelle de ses parties, à savoir les racines, les tiges, les pousses, les fleurs et les fruits. Les structures moléculaires des principales composantes volatiles de l'huile essentielle de *F. vulgare* ont été illustrées à la (Figure 26) (Shamkant et al., 2014).

**Tableau 14:** Huile essentielle de fenouil composition (%) obtenue par GC-MS (Ozturk et Hakeem, 2019).

Composé	Composition (%)
<b>Monoterpènes hydrocarbures</b>	
Limonène	5.10 ± 0.10
β-Myrcène	0.87 ± 0.10
(z) -β-Ocimene	0.60 ± 0.02
α-Pinene	0.55 ± 0.02
Sabinène	0.19 ± 0.04
α-Phellandrene	0.19 ± 0.02
γ-Terpinène	0.16 ± 0.02
Camphène	0.13 ± 0.03
β-Pinene	0.09 ± 0.02
(z) -β-Ocimene	Trace (<0.05%)
p-Cymène	Trace (<0.05%)
<b>Monoterpènes oxygénés</b>	
Trans-anéthole	69.87 ± 0.65
Fenchone	10.23 ± 0.20
Estragole	5.45 ± 0.20
Acétate de fenchyl (exo)	0.54 ± 0.10
Alcohole de Fenchyl	0.40 ± 0.04
Cis-anéthole	0.27 ± 0.03
1,8-Cinéol	0.23 ± 0.02
p-Anisaldéhyde	0.19 ± 0.01
Acétate de fenchyl (endo)	0.12 ± 0.03
<b>Sesquiterpènes hydrocarbures</b>	
β-Caryophyllène	0.26 ± 0.00
Germacrène D	0.09 ± 0.00

Trans-anethole, estragole (méthyl chavicol), fenchone et limonène sont les principaux éléments essentiels les composants huileux du fenouil avec le pourcentage respectif de 1,2 à **88,4 %**, 0,2 à **59,1 %**, 1,1 à **14,7 %** et 5,3 à **15,7 %** (Bahmani et al., 2016).

L'anéthole est le composé le plus étudié du fenouil. C'est un composé aromatique présent dans l'huile essentielle de fenouil. Environ 70 à 80% de l'huile essentielle de fenouil est composé d'anéthol. Il est clair, liquide incolore avec très faible solubilité dans l'eau facilement soluble dans l'éthanol. Il est 13 fois plus sucré que le sucre ayant un goût d'anis sucré (Marinov et Kuzmanova, 2015).



**Figure 26:** Les structures moléculaires des principales composantes volatiles de l'huile essentielle de *F. vulgare* (Ozturk et Hakeem, 2019).

### III.3.2. Composés phénoliques et Flavonoïdes

Il existe un intérêt croissant pour les composés phénolique dans les fruits et légumes, qui peuvent favoriser la santé humaine ou la réduction du risque de maladie. Extrait aqueux de fruit de fenouil est riches en composés phénoliques (Figure 27). Beaucoup d'entre eux ont des activités antioxydantes, tels que 3-acide 4-caféo-quinique, 1,5- O- dicaffeoylquinacide, acide rosmarinique, ériodictyol-7-O rutinoside, quercétine-3-O-galactoside, kaempferol-3-O-rutinoside et kaempferol-3-O glucoside. En outre, ces composés, du fenouil contenant de l'hydroxyle-dérivés de l'acide cinnamique, glycosides flavonoïdes et aglycones flavonoïdes (Figure 28) (Parejo et al., 2004).

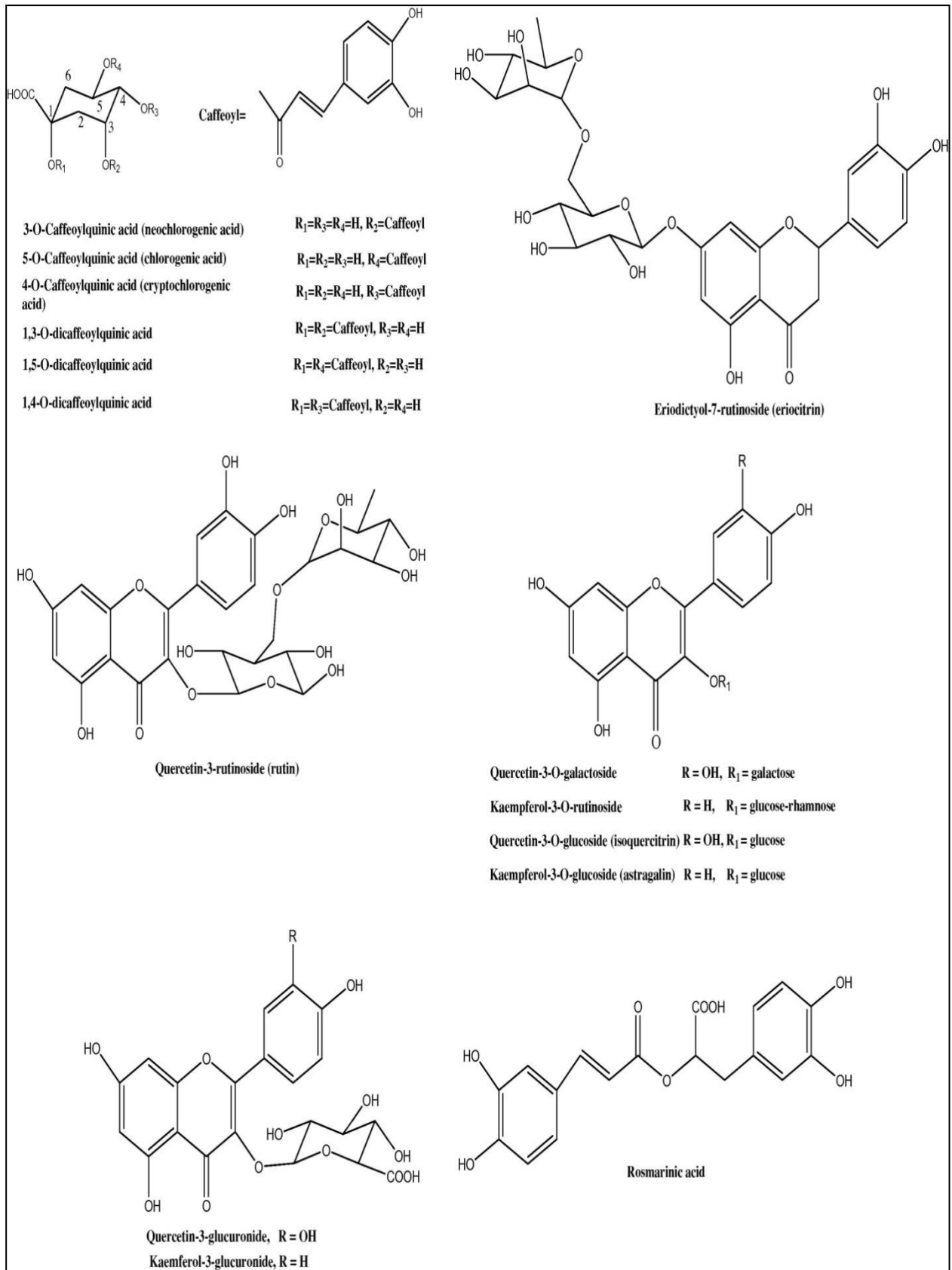
Les flavonoïdes étaient généralement considérés comme une catégorie importante d'antioxydantes dans l'alimentation humaine. Flavonoïdes étaient riches en plantes de la famille

des Apiaceae. Il a été signalé que la présence de glycosides de flavonol dans les espèces de fenouil était liée à leur hétérogénéité morphologique et variation, et certains flavonoïdes comme la quercétine arabinoside ont été identifiés à partir de *F. vulgare*. La teneur totale en flavonoïdes des extraits hydroalcooliques était d'environ  $12,3 \pm 0,18$  mg/g. Les flavonoïdes tels que la quercétine, la rutine et l'isoquercitrine ont été signalés pour avoir les activités immunomodulatrices (He et Huang, 2011).

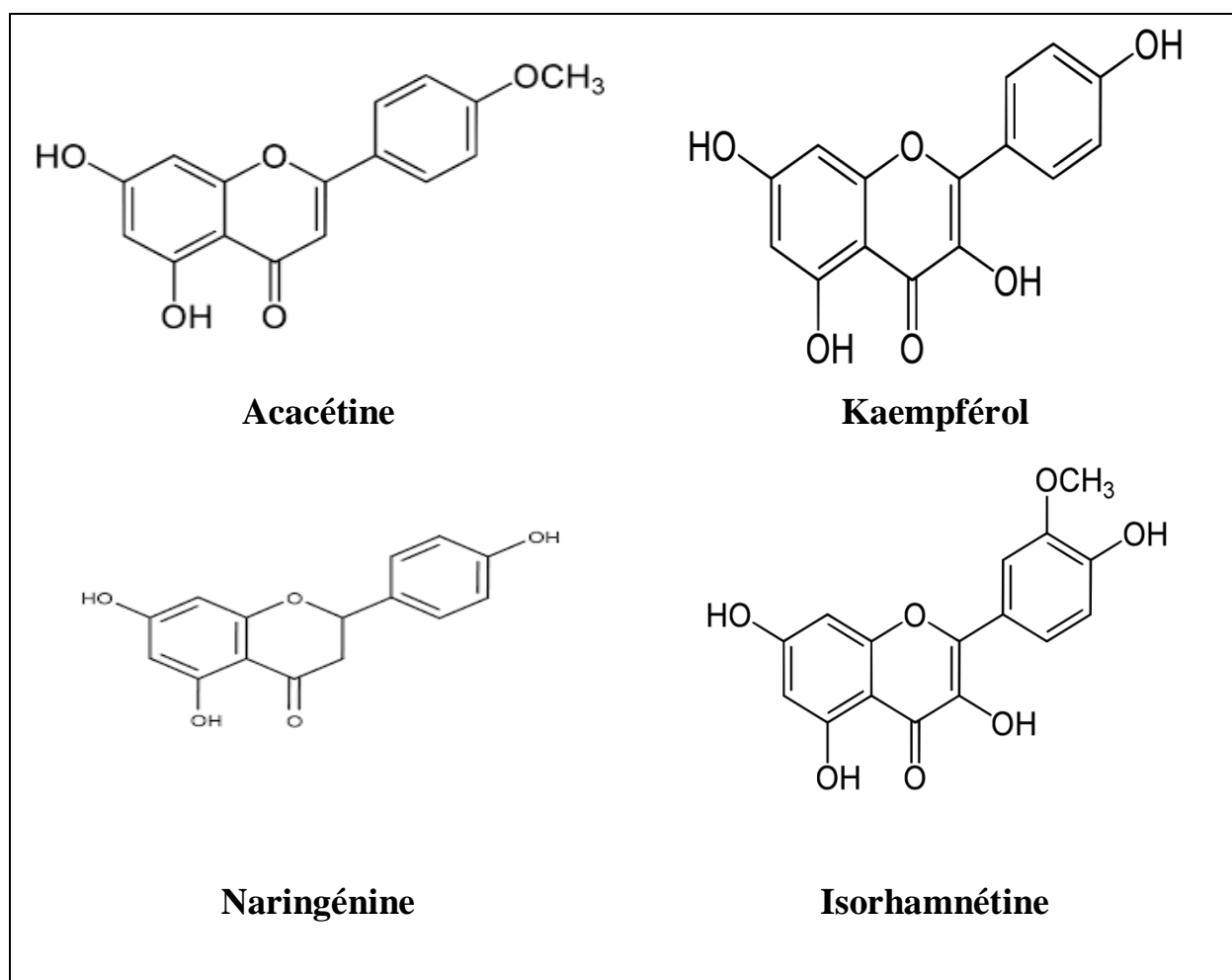
En raison de leur importance pharmacologique, divers flavonoïdes et phénols sont isolé du fenouil (Tableau 15).

**Tableau 15:** Composés phénoliques dans le fenouil (Ozturk et Hakeem, 2019).

N°	Composé phénolique	N°	Composé phénolique
1	Acide p-hydroxybenzoïque-O-glucoside	22	Acide 3-caféo-1-quinique (acide néochlorogène)
2	5-Acide cafféoylquinique ( acide chlorogénique )	23	Esculetin-O-glucoside (esculine)
3	Acide 1-Caffeoylquinique	24	Acide 3-feruloylquinique
4	4-Acide cafféoylquinique (acide cryptochlorogénique)	25	Isorhamnetine-O-dihexoside
5	Isorhamnetine-O-dihexoside	26	6, 8-C-dihexosylapigénine
6	4-Acide coumaroylquinique	27	5-Acide coumaroylquinique
7	5-Acide feruloylquinique	28	Quercétine-O-dihexoside
8	Acide 1-feruloylquinique	29	Quercétine-O-dihexoside
9	4-Acide feruloylquinique	30	Quercétine-3-O-rutinoside (rutine)
10	Eriodictyol-7-O-rutinoside (ériocitrine)	31	Lutéoline-7-O-rutinoside
11	Quercétine-3-O-galactoside (hyperoside)	32	Naringerin-7-O-rutinoside (narirutine)
12	Quercétine-3-O-glucoside (isoquercitrine)	33	Kaempferol-3-O-rutinoside
13	Kaempferol-3-O-glucoside	34	Isorhamnetine-3-O-rutinoside
14	Quercétine-3-O-glucuronide (miquelianine)	35	Lutéoline-7-O-glucuronide
15	Isorhamnetine-3-O-galactoside	36	Isorhamnetine-3-O-glucoside
16	Acide 1,3-dicaffeoylquinique	37	Acide dicaffeoylquinique
17	Acide 1,5-dicaffeoylquinique	38	Kaempferol-3-O-glucuronide
18	Isorhamnetine-3-O-glucuronide	39	Acide rosmarinique
19	Apigénine-7-O-glucuronide	40	Acacetin-7-O-rutinoside
20	Acacétine	41	Kaempférol
21	Naringénine	42	Isorhamnétine



**Figure 27:** Structures moléculaires de certains phénols et glycosides phénoliques isolés de *Foeniculum vulgare* (Rather et al., 2012).



**Figure 28:** Structures moléculaires de certains aglycons flavonoïdes rapportées chez *Foeniculum vulgare* (Rather et al., 2016).

### III.3.3. Coumarines

De nombreuses coumarines et produits dérivés ont été détectés dans les fruits: ombelliférone, xanthotoxine, xanthotoxol, impérorine, bergaptène, marmésine, columbianétine, osthérol, psoralène, 5-méthoxy-psoralène, scoparone, scopolétol et séséline. Ont identifié le bergaptène, l'impérorine, le psoralène et la scopolétine dans les tiges (Reduron, 2007).

### III.3.4. Acides gras

Les fruits du fenouil contiennent environ 20 % d'acides gras et l'acide pétroselinique est un acide gras caractéristique de l'huile de fenouil. Le taux d'acide pétroselinique pourrait atteindre 70 à 80 %. Le fenouil doux (variété *Dulce*) et le fenouil amer (variété *vulgare*) n'ont montré aucune différence évidente dans la teneur en huile et la composition en acides gras. L'analyse chimique de l'extrait d'acétone de fenouil a montré que l'acide linoléique (54,9 %),

l'acide palmitique (5,4 %) et l'acide oléique (5,4 %) étaient les principaux composants de l'extrait d'acétone (He et Huang, 2011).

### III.3.5. polyacétylènes

Les polyacétylènes étaient des marqueurs chimiosystématiques composés pour Apiaceae et potentiel exposé des bioactivités nuisibles pour le consommateur humain. Le falcarindiol et le falcarinol sont contenus dans le fenouil en quantités infimes (moins de 0,3 mg/g) (Christian et al., 2005). Les bulbes de fenouil contiennent également des polyacétylènes, notamment: falcarinol, falcarindiol et falcarindiol-3-acétate. Le traitement thermique a eu un effet sur ces composants. Comparativement aux bulbes de fenouil crus non transformés, l'ébullition a entraîné une diminution significative des polyacétylènes et la torréfaction a diminution du falcarindiol, du falcarindiol-3-acétate et le falcarinol par 81,78 et 66 %, respectivement (Rawson et al., 2011).

## III.4. Caractères médicinaux du genre *Foeniculum*

C'est une herbe traditionnelle et populaire avec une longue histoire d'utilisation comme médicament. Une série d'études ont montré que *F. vulgare* contrôle efficacement de nombreux troubles infectieux d'origine bactérienne, fongique, virale, mycobactérienne et protozoaire. Il a des activités antioxydantes, antitumorales, chimiopréventives, cytoprotectrices, hépatoprotectrices, hypoglycémiques, hypolipidémique, anti-inflammatoires, antimutagènes, antihirustisme, antinociceptif, antipyrétique, antispasmodique, antithrombotique, apoptotique, cardiovasculaire, amélioration de la mémoire et oestrogéniques. Aujourd'hui, les différentes parties de l'usine sont utilisées dans traitement de nombreuses maladies, en particulier la douleur dans le système digestif. Il est également très utile dans le traitement du diabète, de la bronchite, de la toux chronique, des calculs rénaux et de plusieurs utilisations thérapeutiques (Miraj et Kiani, 2016). Etudes les éléments jugés importants sont les suivants:

### III.4.1. Activité antibactérienne

L'huile essentielle extraite des fruits de *F. vulgare* a présenté un effet antibactérien contre la transmission alimentaire pathogènes tels que *Escherichia coli*, *Bacillus megaterium* et *Staphylococcus aureus* (Mohsenzadeh, 2007). Des extraits aqueux et organiques de *F. vulgare* ont été signalés pour montrer activité antibactérienne contre certaines souches bactériennes (Kaur et Arora, 2008). L'huile essentielle de *F. vulgare* possède également une activité antibactérienne contre certaines bactéries pathogènes humaines. L'éthanol et les extraits d'eau de

*F. vulgare* ont montré une activité contre *Campylobacter jejuni* et *Helicobacter pylori*. Une autre étude a montré que l'huile essentielle de *F. vulgare* présentait un potentiel de contrôle des infections à *Acinetobacter baumannii* multirésistantes. Certains constituants chimiques de *F. vulgare* ont été identifiés comme des principes antimicrobiens actifs, comme un dérivé phénylpropanoïde – Dillapional s'est avéré être le principe antimicrobien actif de la tige de *F. vulgare*. Une autre molécule – la scopolétine, un dérivé de la coumarine, a été isolée de *F. vulgare* et a été signalée comme ayant un effet antimicrobien marginal (Anka et al., 2020).

### III.4.2. Activité antioxydante

Le fenouil est connu comme une excellente source d'antioxydants naturels. Cette plante peut inhiber les radicaux libres en raison de la teneur élevée en polyphénols et flavonoïdes. Les composés phénoliques de cette plante tels que l'acide cafééoylquinique, l'acide rosmarinique, l'ériodictyol-7-orutinoside, la quercétine-3-O-galactoside et le kaempferol-3-O-glucoside ont montré une activité antioxydante. L'huile volatile de fenouil a également une forte activité antioxydante. Les extraits éthyliques et aqueux des plantes par rapport à leur essence ont moins d'activité antioxydante. Dans une recherche aqueuse et des extraits méthanoliques de graines de fenouil pour la capacité antioxydante totale (TAC) et la détermination des composés phénoliques totaux ont été étudiés. Le TAC a été mesuré à l'aide du DPPH, du H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, du FRAP et des composés phénoliques à l'aide du réactif Folin-ciocalteu. Cette étude a montré que les extraits de fenouil pouvaient inhiber les radicaux libres et agir comme antioxydant primaire (Parejo et al., 2004; Scalbert et al., 2005). L'huile essentielle des graines du fenouil peut être considérée comme un agent conservateur très prometteur pour l'industrie alimentaire capable d'empêcher l'oxydation des aliments (Bouguerra, 2012).

De plus, l'activité antioxydante de l'éthanol et des extraits aqueux de fenouil a montré que 100 mg d'éthanol et d'extraits aqueux avaient respectivement 99,1% et 77,5 % d'activité antioxydante, ce qui était supérieur aux propriétés antioxydantes de l'alpha-tocophérol (36,1 %) à la même dose (Shahat et al., 2011).

### III.4.3. Activité antifongique

Produits naturels, l'un ou l'autre composé pur peut être utilisé en toute sécurité et des agents antibactériens efficaces. Activité antifongique de l'huile essentielle de graines de fenouil dépend sa composition chimique, l'huile essentielle de *F. vulgare* possède une grande quantité d'estragole et deux composés importants pour la peau sont le limonène et fenchone. Ce dernier

est reconnu comme agent antifongique contre les espèces de *Candida albicans* et *Aspergillus*. L'extrait de graines de fenouil peut combiner une préparation antifongique à large spectre et efficace pour plusieurs maladies de surface (peau, cheveux et ongles) causées par des infections fongiques (Belabdelli, 2020).

#### III.4.4. Activité anti-inflammatoire

L'activité anti-inflammatoire peut être noté. Il a également augmenté significativement les niveaux plasmatiques de cholestérol de lipoprotéine de haute densité (HDL). En revanche, il a considérablement réduit le niveau de malondialdéhyde comme mesure de la per oxydation lipidique. Ces résultats indiquent que l'élimination du méthanol des fruits de fenouil est efficace pour réduire l'inflammation, étudié que l'administration orale d'extrait méthanolique de fruits *F. vulgare* montre les effets inhibiteurs contre les maladies inflammatoires aiguës et subaiguës et les réactions allergiques de type IV. La recherche a montré que l'extrait de méthanol de fenouil a effets anti-inflammatoires du fenouil. Les résultats montrent qu'en enlevant le méthanol des graines de fenouil, il est gonflé par les voies cyclooxygénase et lipoxygénase (Singh, 2019).

#### III.4.5. Activité oestrogénique

*F. vulgare* a été utilisé comme un agent oestrogénique pendant des siècles. Il a été signalé pour augmenter la sécrétion de lait, promouvoir menstruation, faciliter l'accouchement, atténuer les symptômes de l'orgasme masculin et augmenter la libido. Le principal constituant de l'huile essentielle de fenouil, l'anéthole a été considéré comme l'agent oestrogénique actif. D'autres études ont suggéré que les agents pharmacologiquement actifs réels sont des polymères de l'anéthole, tels que le dianéthole et le photoanethole (Albert-puleo, 1980).

#### III.4.6. Activité de hepatoprotective

L'huile essentielle de fenouil pourrait inhiber l'hépatotoxicité aiguë induite par le CCl<sub>4</sub> en diminuant les concentrations sériques d'aminotransférase aspartate (AST), d'alanine aminotransférase (ALT), phosphatase alcaline (ALP) et bilirubine. D-limonène et  $\beta$ -myrcène de l'huile pourraient être les candidats potentiels (Ozbek et al., 2003).

#### III.4.7. Activité antidiabétique

L'étude indique que puisque les fruits ombellifères (carvi, coriandre, cumin, aneth et fenouil) sont utilisés dans la préparation des aliments, ils peuvent être utiles dans le contrôle de l'augmentation postprandiale de la glycémie, en particulier chez les personnes atteintes de

diabète. De plus, leur utilisation quotidienne aide à réduire les complications associées au diabète chronique (Sushruta et al., 2006).

Pour évaluer l'effet du fenouil sur la réduction de la glycémie, une étude a été menée sur des rats diabétiques de streptozotocine. Les résultats ont montré que l'extrait de fenouil améliore l'hyperglycémie chez les rats diabétiques dont une partie est liée à l'effet des herbes sur l'oxydation /système restauré. Par conséquent, cette plante peut être utilisée dans l'industrie pharmaceutique pour la fabrication de médicaments antidiabétiques (Abou El-Soud et al., 2011). De plus, l'extrait de méthanol de fruits de fenouil a réduit la glycémie et les triglycérides et a entraîné des niveaux plus élevés de glycogène hépatique et musculaire (Dongare et al., 2010).

#### III.4.8. Activité antithrombotique

Le *Foeniculum vulgare* possède des propriétés antiplaquettaires. Le principal composant de l'huile, l'anéthole, testé dans le plasma de cobaye était aussi puissant que l'huile de fenouil pour inhiber l'acide arachidonique. Il est également utile pour prévenir la rétraction du caillot induite par la thrombine à des concentrations semblables à celles de l'huile de fenouil. L'huile essentielle / anethole de *F. vulgare* a montré une activité antithrombotique significative chez la souris qui prévient la paralysie induite par injection intraveineuse de collagène-épinéphrine. L'huile essentielle et l'anéthole de *F. vulgare* (administration orale de 100 mg/kg) montrent des résultats significatifs vers des lésions gastriques induites par l'éthanol chez le rat. En conclusion, ces résultats indiquent que l'huile essentielle de *F. vulgare* et son principal composant anéthole a été utilisé comme agent antithrombotique (Jamwal et al., 2013).

#### III.4.9. Activité cardiovasculaire

Un extrait aqueux de feuilles de *F. vulgare* possède une action cardiovasculaire potentielle. Cette effet a été étudié en utilisant pentobarbital-anesthésié rats albinos mâles Sprague-Dawley. Une intraveineuse administration de l'extrait d'eau bouillie lyophilisée. Les feuilles ont produit une réduction importante de la pression artérielle liée à la dose, sans affecter la fréquence cardiaque ou respiratoire. D'autre part, l'extrait aqueux non bouilli a montré très peu d'activité hypotensive. L'effet hypotenseur de l'extrait d'eau bouillante ne semblait pas être induit par des récepteurs adrénergiques, muscariniques, ganglionnaires ou sérotoninergiques; cependant, les antagonistes histaminiques ont inhibé l'effet hypotenseur dans une manière liée à la dose (Abdul-Ghani et Amin, 1988).

### III.4.10. Activité anticancéreuse

Il a été démontré que les réponses dépendantes du TNF- $\alpha$  sont impliquées dans l'inflammation et le cancer. Il a été constaté que l'anéthole dans les graines de fenouil a un effet inhibiteur sur l'activation du TNF- $\alpha$  par le facteur de transcription NF-KB. Les résultats ont montré que l'anéthole inhibait les réponses cellulaires induites par ces cytokines, ce qui pourrait expliquer son rôle dans la suppression du cancer. Il a également précisé que le fenouil avec ses mécanismes antiangiogéniques inhibent la tumeur de la prostate xénotransplantée (Garga *et al.*, 2009).

L'activité antitumorale du fenouil, peut diminuer l'activité de prolifération de la lignée cellulaire 4T1 *in vitro*. Les résultats suggèrent que le fenouil, induit l'apoptose et inhibe la prolifération cellulaire *in vitro* et le fenouil a eu le meilleur effet antiproliférant (Mansourabadi *et al.*, 2015).

L'étude de l'activité anticancéreuse de l'anéthole induite chez des souris tumorales albinos suisses. L'huile de fenouil/anéthole peut réduire le stress oxydatif et protéger les cellules de souris contre les dommages causés par les espèces réactives d'oxygène. Il pourrait également être utilisé comme une source sûre, efficace et facilement accessible d'antioxydants naturels (Rivai *et al.*, 2021).

### III.4.11. Activité protection de la mémoire

On croit que certaines plantes, y compris les herbes de fenouil, sont utilisées pour améliorer la mémoire et l'intelligence. Par conséquent, l'effet de l'extrait de fenouil sur la mémoire chez les rats amnésiques a été examiné. Les résultats ont montré que cet extrait avait une propriété d'amélioration de la mémoire. Dans une étude de Joshi *et al.* (2006). L'effet de l'extrait de fenouil comme facteur neurotrope et de la cholinestérase anti-acétylique chez la souris a été étudié. Les résultats de cette étude ont montré que l'extrait de fenouil inhibait significativement l'acétylcholinestérase. Selon cette étude, on peut en déduire que le fenouil pourrait être utilisé dans le traitement de troubles cognitifs tels que la démence et la maladie d'Alzheimer (Verma *et al.*, 2021).

### III.4.12. Activité antivirale

Naim *et al.* (2015). Ont signalé l'activité antivirale de l'huile essentielle d'un échantillon de fruits de *Foeniculum vulgare* contre le virus de l'ADN Herpes simplex type-1. La plupart des

huiles et des composés ont montré de forts effets antiviraux contre le virus de l'herpès simplex-1 (HSV-1), variant entre 0,8 et 0,025 µg/ml (Singh, 2019).

Selon la littérature, certains mécanismes potentiels de les effets de la plante de *Foeniculum* ont été présentés au (Tableau 16).

**Tableau 16:** Les mécanismes potentiels d'efficacité de certaines propriétés pharmacologiques de *Foeniculum vulgare* Mill. (Kooti et al., 2015).

Effets pharmacologiques	Mécanismes possibles d'efficacité
Activité antimicrobienne	Présence de composés actifs ayant une activité antimicrobienne comme l'acide oléique et la coumarine dans l'extrait aqueux et alcoolique.
Activité antioxydantes	Présence de composés antioxydants tels que les flavonoïdes et les phénols dans l'extrait aqueux et éthylique.
Activité anti-inflammatoire	Les effets préventifs de l'extrait de méthanol contre les maladies aiguës et subaiguës, les réactions allergiques de type 4 par cyclooxygénase et inhibition de la lipoxygénase.
Activité gastro-protectrice	Régulation des mouvements musculaires intestinaux, traitement des spasmes gastro-intestinaux et des colites chroniques, effet protecteur sur les ulcères gastriques et réduction de la muqueuse de l'estomac.
Activité oestrogénique	Présence de composés tels que l'effet anatomique sur l'augmentation de la sécrétion de lait réduire les douleurs menstruelles, facilite la naissance, la dysménorrhée primaire et l'infertilité.
Activité lipidique	Effets hypolipidémiques en réduisant le triglycéride plasmatique, le cholestérol total, en abaissant la LDL, en diminuant l'apolipoprotéine B, en augmentant la HDL et en augmentant l'apolipoprotéine A-1.
Activité cardiovasculaire	Diminution de la pression artérielle systolique, diminution de l'excrétion de sodium, de potassium et d'eau.
Activité antidiabétique	L'hypoglycémie agit en abaissant la glycémie, en augmentant l'activité du peroxyde de glutamine, en augmentant les niveaux de foie et de glycogène musculaire.
Activité anticancéreuse	Présence de composés actifs comme l'anéthole, effet inhibiteur sur l'activation du TNF- $\alpha$ , effets antiangiogéniques, apoptotiques et antitumoraux.
Activité hépatoprotectrice	Diminution des taux d'AST, d'ALT, d'ALP et de bilirubine, réduction des cytokines proinflammatoires comme le TNF- $\alpha$ et le CTGF dans la fibrose.
Activité protectrice de la mémoire	Effet inhibiteur sur l'enzyme acétylcholinestérase.



### Conclusion

Depuis les temps anciens, les plantes ont été utilisées comme remèdes à base de plantes pour le traitement de diverses maladies et troubles. De nombreux médicaments traditionnels et plantes médicinales ont été utilisés comme agents thérapeutiques pour le maintien de la santé de la population. *Foeniculum vulgare* est l'une des plantes médicinales utilisées pour le traitement de diverses maladies.

Le but principal de notre travail de recherche on a effectué de l'évaluation phytochimique des métabolites et l'étude de caractères médicinaux d'une genre de la famille des Apiaceae: *Foeniculum* appartenant à la flore algérienne.

Le *Foeniculum vulgare* est une plante médicinale et aromatique à spectre pharmacologique varié et ayant une importance considérable en particulier pour l'industrie alimentaire. Son arôme actif comme l'anéthole, l'estragole, fenchone et le P-anisaldéhyde ont été reconnus comme les molécules biologiquement actives.

Le *Foeniculum vulgare* contenait des saponines, des flavonoïdes, des glycosides cardiaques, des stérols, des triterpènes, des coumarines, des protéines, des huiles volatiles, des oligo-éléments et des vitamines...etc.

Les recherches disponibles ont montré que les extraits de fenouil possèdent différentes propriétés pharmacologiques telles que: antibactérienne, antioxydante, antifongique, anti-inflammatoire, anti oestrogénique, hépatoprotective, antidiabétique, antithrombotique, cardiovasculaire, anticancéreux, protection de la mémoire et de nombreux autres effets pharmacologiques. Cette étude a été conçue pour mettre en évidence les constituants chimiques et les effets pharmacologiques de *Foeniculum vulgare*. Les propriétés médicinales de la plante sont dues à ses différents composés chimiques.

Les molécules bioactives de fenouil peuvent être utilisées pour la production de médicaments différents et jouent un rôle important dans la santé humaine.



# **Références bibliographiques**

### Références bibliographiques

#### A

- Abdul-Ghani A. S. & Amin R., (1988).** The vascular action of aqueous extracts of *Foeniculum vulgare* leaves, Journal of Ethnopharmacology. vol. 24: pp. 213–218.
- Abou El-Soud N., El-Laithy N., El-Saeed G., Wahby M., Khalil M., Morsy F. & Shaffie N., (2011).** Antidiabetic activities of *Foeniculum vulgare* Mill. essential oil in streptozotocin-induced diabetic rats, Maced J Med Sci. 4(2): pp.139-146.
- Afssaps., (2008).** Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles, France. p.4.
- Albert-Puleo M., (1980).** Fennel and anise as estrogen agents, J. Ethnopharmacol. 2: 337–344.
- Aliouche G. & Aouadj S., (2019).** Dosage biochimique et étude de l'activité anticoagulante des extraits hydro-alcoolique d'une plante médicinale. Mémoire de Master, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila. p.4.
- Al-Snafi A.E., (2018).** The chemical constituents and pharmacological effects of *Foeniculum vulgare* - A review, IOSR Journal Of Pharmacy [www.iosrphr.org](http://www.iosrphr.org), Volume 8 Issue 5 Version I .pp.81-108.
- Anka Z.M., Gimba S.N., Nanda A. & Salisu L., (2020).** Phytochemistry and Pharmacological Activities of *Foeniculum vulgare*. IOSR Journal of Pharmacy. Volume 10, Issue 1 Series. I pp.01-10.
- Anonyme, ( 2012).** Guide illustré de la flore algérienne .Wilaya d'Alger. N° ISBN: 978-2-7466-4242- 3.
- Attou A., (2018).** 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, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen. p.10.
- Avinach-Bharat G., Shaikh P.H., Awale C.R. & Budhe V.J., (2021).** Pharmacognostic Studies on *Foeniculum Vulgare*, International Journal of Pharmaceutical Science Invention.vol 10: pp. 07-13.

#### B

- Baffi B. & Omari A., (2020).** Etude bibliographique des huiles essentielles des graines de fenouil (*Foeniculum vulgare*).Mémoire de Master, Université Akli Mohand Oulhafj – Bouira .p.21.
- Bahmani K., Izadi-Darbandi A., Faleh-Alfekaiki D. & Sticklen M., (2016).** Phytochemical diversity of fennel landraces from various growth types and origins, Agronomy Research. 14(5): pp.1530–1547.
- Bahria N. & Reikia F., (2018).** Contribution à l'étude de l'activité biocide des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de la famille des *Apiaceae* (*Foeniculum vulgare* et *Carum carvi*)

## Références bibliographiques

---

vis-à-vis du puceron farineux de pêcher (*Hyalopterus amygdali*) inféodé aux arbres fruitiers à. Mémoire de Master, Université Djillali Bounaama - Khemis Miliana, p. 6, 12.

**Bajaj Y.P.S., (1989).** Medicinal and Aromatic Plants II. Biotechnology in Agriculture and Forestry, 7: p.185-186.

**Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D. & Idaomar M., (2008).** Biological Effects of Essential Oils - A Review, Food Chem Toxicol. 46 (2): 446-475.

**Barros L., Carvalho A.M. & Ferreira-Isabel C.F.R., (2010).** The nutritional composition of fennel (*Foeniculum vulgare*): Shoots, leaves, stems and inflorescences, LWT - Food Science and Technology 43.pp. 814–818.

**Belabdelli F., Piras A., Bekhti N., Falconieri D., Belmokhtar Z. & Merad Y., (2020).** Chemical composition and antifungal activity of *Foeniculum vulgare* . Chemistry Africa

**Behih Y. B. & Ben Amrouche S., (2017).** Screening phytochimique et analyse pédologique de la plante « *Pinus halpensis* mill. » récolté de trois régions (Ghilassa, Ksour, Ouacif). Mémoire de Master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. p.12.

**Bouhekrit M., (2018).** Etude de la composition chimique et de l'activité biologique des huiles essentielles de deux Apiacea *Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol. et *Margotia gummifera* (Desf.) Lange. Thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas Sétif 1. p.7,8,17.

**Bouderdara N., ( 2013).** Séparation et détermination de structures des métabolites secondaires de *Cachrys libanotis* L. Thèse de Doctorat, Université Mentouri de Constantine. p. 89.

**Bouderhem A., (2015).** Effet des huiles essentielles de la plante *Laurus nobilis* sur l'aspect Toxicologique et morphométrique des larves des moustiques (*Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*). Mémoire de Master, Université Echahid Hamma Lakhdar d'EL-Oued, p, 19.

**Boudjouref M., (2011).** Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'Artemisia campestris L. Mémoire de Magister En Biochimie. Université Ferhat Abbas, Setif. p.1.

**Bouguerra M. A., (2012).** Étude des activités biologiques de l'huile essentielle extraite des graines de *Foeniculum vulgare* Mill. En vue de son utilisation comme conservateur alimentaire. Mémoire De Magister Université Mentouri Constantine. p.27, 76.

**Boukhatem M.N., Ferhat A. & Kameli A., (2019).** Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles: Revue de Littérature. Revue Agrobiologia. 9(2): pp. 1653-1659.

**Bouratoua A., ( 2018).** Etude phytochimique et évaluation des activités biologiques des espèces algériennes *Athamanta sicula* L. et *Ferula longipes* Coss ex Bonnier et Maury (Apiaceae). Thèse de Doctorat en chimie pharmaceutique, Université des frères Mentouri – Constantine 1. p.5.

**Boussouf M. & Menna C., (2020).** Etude des activités biologiques de la plante médicinale *pituranthos chloranthus* « Guzzah ». Mémoire de Master Univ Oum el bouaghi; p,2.

**Bruneton J., (2009).** Pharmacognosie, Phytochimie Plantes médicinales ,4 édition, TEC et DOC. Paris. p.261.

## Références bibliographiques

---

### C

**Christian Z., Karin J., Markus G., Birthe S., Elisabeth MS., Judith M., Richard G., Ernst PE. & Hermann S., (2005).** Polyacetylenes from the Apiaceae vegetables carrot, celery, fennel, parsley, and parsnip and their cytotoxic activities. *J. Agric. Food Chem*, 53:pp. 2518-2523.

**Coste H. & Flahault CH., (1998).** Flore Description et illustrée de la France de la Corse et des contrées limitrophes. Tome II: (Librairie scientifique et technique, Paris).p. 144.

**Couderc V. L., (2001).** Toxicité des huiles essentielles. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse. p. 12.

**Cronquist A., (1981).** An Integrated System of Classification of flowering plants, Columbia university press, New York.

### D

**Daniel M., (2006).** Medicinal Plants Chemistry and Properties, Sciences publishers. p.1.

**Daroui M.H., (2012).** Etude phytochimique et biologique des espèces *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Smyrniium olusatrum* (Apiaceae), *Asteriscus maritimus* et *Chrysanthemum trifurcatum* (Asteraceae). Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba. p. 11.

**Deschepper R., (2017).** Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Thèse de docteur en pharmacie ,Université d'Aix-Marseille.p.14.

**Detry P., (2017).** Etude biochimique des fractions lipidiques de graines de la famille des Apiaceae obtenues par différentes méthodes d'extraction. Master en bioingénieur: chimie et bioindustries, LIEGE Université de Gembloux Agro-Bio Tech. p.1.

**Djarri I., (2011).** Contribution à l'étude des huiles essentielles et des métabolites secondaires de trois plantes algériennes de la famille des Apiaceae *Daucus reboudii* Coss. ex Batt.et Trab ., *Kundmannia sicula*(L.) DC.,et *Elaeoselinum thapsioides* Maire.Thèse de doctorat en sciences. Université Mentouri de Constantine. p.9.

**Djermane N., (2014).** Extraction des métabolites secondaires de plantes médicinales: *Pulicaria arabica* (L.) Cass. et *Rhanterium adpressum* Coss. & Durieu. et évaluation de leurs propriétés bioactives. Mémoire de Magister En Biochimie appliquée, Université Larbi Ben M'hidi -Oum El Bouaghi. p. 14,15.

**Dongare V.R., Arvindekar A.U. & Magadam C.S., (2010).** Hypoglycemic effect of *Foeniculum vulgare* Mill. fruit on dexamethasone induced insulin resistance rats, *Res J Pharmacogn Phytochem*. 2(2): pp.163-165.

### E

**Epifano F., Genovese S., Menghini L. & Curini M., (2007).** Chemistry and pharmacology of oxygenated secondary plant metabolites. *Phytochemistry*. 68(7): pp. 939-953.

**Esseid C., (2018).** Isolement et détermination structurale de métabolites secondaires de plantes sahariennes - activités biologiques. Thèse de doctorat. Université frères Mentouri Constantine 1. p.8,12.

## Références bibliographiques

---

### F

**Filliat P., (2012).** Les plantes de la famille des Apiacées dans les troubles digestifs. Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier. p.14,15,17.

**Flamini G., Smaili T., Zellagui A., Gherraf N. & Luigi-Cioni P., (2013).** Effect of Growth Stage on Essential-Oil Yield and Composition of *Daucus sahariensis*, Chemistry & Biosiversity. Vol.:10. pp. 2014-2020.

### G

**Garga C., Khan S., Ansari S., Suman A. & Garg M., (2009).** Chemical composition, therapeutic potential and perspectives of *Foeniculum vulgare*, Pharmacogn Rev 3(6): pp. 346-352.

**Grover S., Malik C. P., Hora A. & Kushwaha H. B., (2013).** Botany, Cultivation, Chemical Constituents and Genetic Diversity in Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill): A Review, LS - An International Journal of Life Sciences. 2(2): pp,128-139.

**Guignard, J. L., (2000).** Biochimie Végétale. 2ème Ed. De l'abrégé Dunod, Paris, p.274 .

### H

**Hakim Md., Osman G., Obydul-Hoq Md. & Tahmina T., (2019).** Pharmacological and phytochemical analysis of *Foeniculum vulgare* Mill: A review, International Journal of Unani and Integrative Medicine,3(2):.pp.13-18.

**Harchaoui L., (2019).** Etude biotechnologique, biochimique de *Deverra scoparia*, plante endémique de Tamanrasset. Recherche de quelques activités biologiques. Thèse de Doctorat, USTHB/Alger.p.29.

**Haytowitz D.B., Wu X. & Bhagwat S., (2018).** USDA Database for the Flavonoid Content of Selected Foods Release 3.3; U.S, Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Nutrient Data Laboratory: Beltsville, MD, USA, p. 17.

**He W. & Huang B., (2011).** A review of chemistry and bioactivities of a medicinal spice: *Foeniculum vulgare*, Journal of Medicinal Plants Research Vol 5(16): pp. 3595-3600,

**Heywood V. H., Moore D. M., Richardson I. B. K. & Stearn W. T., (1996).** Les Plantes à Fleurs: 306 Familles de la Flore Mondiale. 1 ère Edition. Nathan (Fernand), Paris, France. p. 335

<http://www.henriettes-herb.com>

### J

**Jamwal N. S., Kumar S. & Rana A. C., (2013).** Phytochemical and pharmacological Review on *Foeniculum vulgare*, Pharma Science Monitor an International Journal of Pharmaceutical Sciences . pp.327-341.

**Jdid I., (2015).** Etude phytochimique et activités biologiques des extraits et des huiles essentielles de *Foeniculum vulgare* Mill. Diplôme National d'Ingénieur Institut national agronomique de Tunisie.p.20.

## Références bibliographiques

---

**Jodral M.M., (2004).** *Illicium, Pimpinella* and *Foeniculum* (Medicinal and Aromatic Plants), Industrial Profiles.p.181, 225.

**Josi H. & Parle M., (2006).** Cholinergic basis of memory strengthening effect of *Foeniculum vulgare* Linn.J. Med. Food. 9(3): pp. 413-417.

### K

**Kaur G.J. & Arora D.S., (2008).** In-vitro antibacterial activity of three plants belonging to the family Umbelliferae, Int. J. Antimicrob. Agents 31,pp. 393–395.

**Kerdjidj S., Benharkat N. & Nacef F., (2020).** Extraction et activité psychotrope de l'huile essentielle de la lavande papillon (*Lavandula stoechas* L.). Mémoire de Master, Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana. p.6.

**Khebri S., (2011).** Etudes chimique et biologique des huiles essentielles de trois *Artemesia*, Mémoire de Magister.Université El –Hadj Lakhdar Batna. p.12.

**Kissoum A. & Khalfaoui K., (2015).** Evaluation phytochimique et étude des activités biologiques d'une plante médicinale Algérienne (*Foeniculum vulgare*), Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master. Université des Frères Mentouri Constantine.p.!.

**Kooti W., Moradi M., Ali-Akbari S., Sharafi-Ahvazi N., Asadi-Samani M. & Ashtary-Larky D., (2015).** Therapeutic and pharmacological potential of *Foeniculum vulgare* Mill: a review, Journal of Herb Med Pharmacology. 4(1): pp.1-9.

**Krief S., (2003).** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Thèse de Doctorat, Muséum National D'histoire Naturelle.p. 26.

**Ksouri A., (2017).** Extraction, identification et étude de quelques effets biologiques des huiles essentielles et des extraits polyphénoliques de deux plantes médicinales *Anethum graveolens* L., *Pituranthos scoparius* (Coss et Dur.) Benth et hook. Thèse de Doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari- Boumediene.p.14.

**Kushwah P., Patel R., Midda A. & Kayande N., (2016).**Pharmacological review on *foeniculum vulgare*, International Journal of Advanced Scientific Research.Vol 1 Issue 7: pp.40-42.

### L

**Laib N., Megag B., (2020).** Etude des propriétés biologiques des métabolites secondaires de quelques espèces végétales de la famille Astéracées. Mémoire de Master, Université Mohamed Seddik Ben Yahia Jijel. p.33.

**Latreche W. & Mansor N., (2021).** Les huiles essentielles, activités biologique d'une plante aromatique. Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf - M'sila.p. 24,25.

**Lutge U., Kluge M. & bauer G., (2002).** Botanique 3éme Ed:Technique et documentation. Lavoisier. Paris.p.211.

## Références bibliographiques

---

### M

**Mahdi A., Aimer R. & Bendjedou W., (2021).** Etude de l'activité antibactérienne et antifongique des huiles essentielles de quelque plantes de la famille des Apiaceae. Mémoire de Master .Univ.Msila; p.7.

**Malhotra S.K., (2012).** Fennel and fennel seed. Indian Council of Agricultural Research, India. pp.275-302.

**Manad I., Nabi K. & Bensaifia H., (2020).** Etude de l'activité antiarthritique des extraits des graines de *Foeniculum vulgare* Mill in vitro. Mémoire de Master.Univ. Djilali Bounaama de Khemis Miliana. p. 6.

**Mansourabadi A.H., Shams A., Mansouri1 R. & Najafi A., (2015).** Effects of fennel, asafetida and ginseng ethanolic extracts on growth and proliferation of mouse breast cancer 4T1 cell lines Advanced Herbal Medicine. 1(2): pp.34-39.

**Marinov V. & Kuzmanovan S .V., (2015).** Reviez on the pharmacological activités of Anethole, Scripta Scientifica Pharmaceutica. 2(2): pp.14-19.

**Meena M., Sharma M., Dhakar A., Singh C., Sharma L. & Prasad -Purvia R., (2019).** Role of *Foeniculum vulgare* in PCOS – a Review article, World Journal of Pharmaceutical Research. Volume 8, Issue 10, pp.344-350.

**Mehra N.,Tamta G. & Nand V., (2021).** A review on nutritional value, phytochemical and pharmacological attributes of *Foeniculum vulgare* Mill, Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.10(2): pp.1255-1263.

**Menaceur F., (2015).** Contribution à l'étude phytochimique et biologique de l'érigeron, du fenouil commun, de la lavande et du genévrier.Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrache –Alger.p.20.

**Miguel M.G., Cruz C., Faleiro L., Simões M.T.F., Figueiredo A.C., Barroso J .G. & Pedro L.G., (2010).** *Foeniculum vulgare* Essential Oils: Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activities, Natural Product Communications. Vol. 5 (2): pp.319-328.

**Miraj S. & kiani S., (2016).** Study of antibacterial, antimycobacterial, antifungal, and antioxidant activities of *Foeniculum vulgare*: A review, Scholars Research Library Der Pharmacia Lettre. 8(9): pp. 200-205.

**Mnayer D., (2014).** Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens.Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse France.p.35,

**Mohsenzadeh M., (2007).** Evaluation of antibacterial activity of selected Iranian essential oils against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in nutrient broth medium,Pak. J. Biol. Sci. 10, pp.3693–3697.

**Musharaf K. & Shahana M., (2014).** *Foeniculum vulgare* Mill., A Medicinal Herb 4(6): pp.46–54.

## Références bibliographiques

---

### N

**Naquibuddin Md., H. & Reyaz Z., (2020).** Badiyan (*Foeniculum vulgare* MILL.): an Important drug of unani system of Médecine, European Journal of pharmaceutical and Médicinal Research. 7(6): pp.307-312.

### O

**Ouis N., (2015).** Etude chimique et biologique des huilles essentielles de Coriandre , de Fenouil et de Persil. Thèse de Doctorat, Université d'Oran 1. p .7.

**Ozbek H., Ugras S., Dulger H., Bayram I., Tuncer I., Ozturk G. & Öztürk A., (2003).** Hepatoprotective effect of *F. vulgare* essential oil. Fitoterapia. 74: pp. 317-319.

**Ozturk M. & Hakeem K. R., (2019).** Plant and Human Health, Volume 3 Pharmacology and Therapeutic Uses, King Abdulaziz University Jeddah, Saudi Arabia. Springer Nature Switzerland AG.p.1-373.

### P

**Parejo I., Jauregui O ., Sánchez-Rabaneda F., Viladomat F., Bastida J. & Codina C., (2004).** Separation and characterization of phenolic compounds in fennel (*Foeniculum vulgare*) using liquid chromatography-negative electrospray ionization tandem mass spectrometry. J Agric Food Chem. 52(12): pp.3679-3687.

**Parejo I., Viladomat F., Bastida J., Schmeda-Hirschman G., Burillo J. & Codina C., (2004).** Bioguided isolation and identification of the nonvolatile antioxidant compounds from fennel (*F. vulgare* Mill.) waste. J. Agric. Food Chem. 52: pp. 1890-1897.

**Payette S., (2018).** Flore nordique du Québec et du Labrador. Tome 3: p,537,

**Pham Hoang-Nam., (2017).** Impact des métabolites secondaires de plantes sur des bactéries pathogènes de la rhizosphère: existe-t-il un lien entre la résistance sur métaux et la modulation de résistance aux antibiotiques, Thèse de Doctorat de l'université de Toulouse .p.24.

**Pimenov M. G. & Leonov M. V. E., (1993).** The genera of the Umbelliferae. a nomenclator. Royal Botanic Gardens, Kew, United Kingdom,. p.156.

### Q

**Quezel P. & Santa S., (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome II: Edition Centre National de la Recherche Scientifique,, Paris. p. 643, 672.

### R

**Ramakrishna A. & Ravishankar G.A., (2011).** Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants, Plant Signal Behav. 6: pp.1720–1731.

**Rather M. A., Dar B. A., Sofi S. N., Bhat B. A. & Qurishi M. A., (2012).** *Foeniculum vulgare*: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety, Arabian Journal of Chemistry, 9, S1574-S1583

## Références bibliographiques

---

**Rawson A., Hossain MB., Patras A., Tuohy M. & Brunton N., (2011).** Effect of boiling and roasting on the polyacetylene and polyphenol content of fennel (*Foeniculum vulgare*) bulb, Food Res. Int, 50: pp.513-518.

**Reduron J-P., (2007).** Opmbéllifères de France *Foeniculum* Mill. Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest - Nouvelle Série - Numéro spécial - 28 - Tome 3: pp.1301-1333.

**Reduron J-P., (2021).** Taxonomy, origin and importance of the Apiaceae family, ©CAB International . *Carrots and Related Apiaceae Crops, 2nd Edition*.pp.1-8. .

**Rivai H., Ningsih R.S.R. & Asra R., (2021).** Overview of traditional use, phytochemical and pharmacological activities of fennel (*Foeniculum vulgare*), International Journal of Modern Pharmaceutical Research. 5(1): pp. 01-09.

**Roby M. H. H., Sarhan M. A., Selim K. A. & Khalel K. I., (2013).** Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.), Industrial Crops and Products, vol 44: pp. 437–445,

### S

**Sayed-Ahmad B., (2018).** Etude de l'agroraffinage de graines d'Apiaceae, Lamiaceae et Chenopodiaceae pour la production de molécules biosourcées en vue d'application en industrie cosmétique: Thèse de doctorat de l'université de Toulouse. .p.25.

**Sayed-Ahmad B., Talou T., Saad Z., Hijazi A. & Merah O., (2017).** The Apiaceae: Ethnomedicinal family as source for industrial uses, Industrial Crops and Products..pp.661-671.

**Scalbert A., Manach C., Morand C., Rémésy C. & JiménezL., (2005).** Dietary polyphenols and the prevention of diseases. Crit Rev Food Sci Nutr; 45(4): pp. 287-306.

**Shahat A.A., Ibrahim A.Y., Hendawy S.F., Omer E.A., Hammouda F.M., Abdel-Rahman, F.H. Sa. & leh M.A., (2011).** Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Essential Oils from Organically Cultivated fennel cultivars. Molecules.16: pp.1366-1377.

**Shamkant B. B., Vainav V. P. & Atmaram H. B., (2014).** *Foeniculum vulgare* Mill: A Review of Its Botany, Phytochemistry, Pharmacology, Contemporary Application, and Toxicology, BioMed Research International. pp.1-32.

**Singh S. P., (2019).** A Comprehensive Review on Pharmacological Activity of *Foeniculum vulgare*, Research Scholar, School of Pharmacy, Monad University, India.pp.01-05.

**Smaili T., Rebbas K., Flamini G. & Belkassam A., (2016).** Chemical composition of the essential oil of *Brachyapium dichotomum* (L.) Maire, Scholars Research Library.8(10): pp,32-36.

**Sushruta K., Satyanarayana S., Srinivas S. & Sekhar JR., (2006).** Evaluation of the blood-glucose reducing effects of aqueous extracts of the selected umbelliferous fruits used in culinary practices, Trop J Pharm Res, 5(2): 613-617.

### T

**Tabak S., Bendif H., Miara H-D., Mediouni R-M. & Blake P., (2022).** Physico-Chemical analysis of some medicinal plants growing in Algeria: *Allium sativum*, *Allium cepa* and *Foeniculum vulgare*. Genetics and Biodiversity Journal. 6 (1): pp. 149-166.

## Références bibliographiques

---

**Thiviya P., Gamage A., Piumali D., Merah O. & Madhujith T., (2021).** Apiaceae as an Important Source of Antioxidants and Their Applications. *Cosmetics*, 8, 111. <https://doi.org/10.3390/cosmetics8040111>.

### V

**Verma N.K., Islam M., Srivastava A. & amp-Kumar S., (2021).** Chemical and pharmacological properties of *Foeniculu vulgqre* MILL: Review . *World Journal of Pharmaceutical and Life Science*. Vol 7, Issue 3.pp. 48-56.

**Vermerris W. & Nicholson R. L., (2006).** Phenolic compound biochemistry. Published by Springer, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands. p. 2.

### W

**William G.H., ( 2003).** Physiologie végétale ,Éditeur, De Boeck Supérieur, p.282.

### Y

**Yaacoub R. & Tlidjane I., (2018).** Caractérisation physico-chimiques et analyses biologiques de l'huile essentielle des grains de *Cuminum cyminum* L. et de *Foeniculum vulgare* Mill. extraite par hydrodistillation et CO<sub>2</sub> supercritique :Etude comparative. Mémoire de Master, Université Larbi Ben M'hidi Oum El Boughi. p.8.

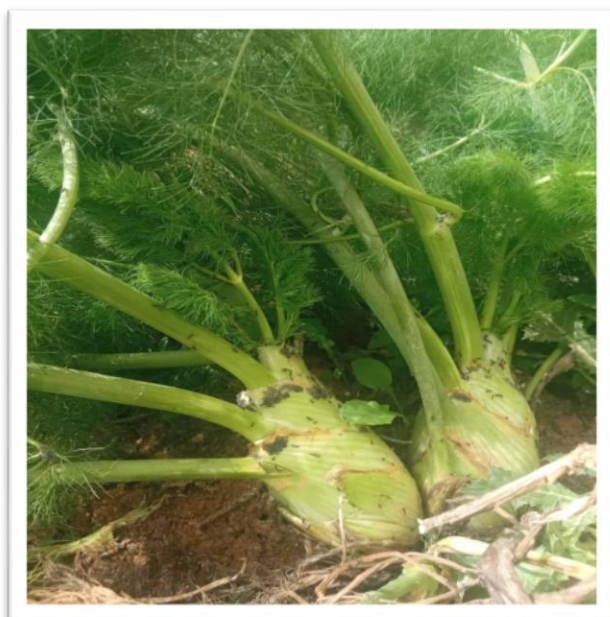
**Yadav C. & Malik C.P., (2015).** Botany, Chemical Constituents and Genetic Diversity in Fennel (*Foeniculum Vulgare* Mill): Revisited- A Review. *LS - An International Journal of Life Sciences*..Vol. 4, Issue 1, pp.18–32..

### Z

**Zoubiri S., (2012).** Etude de la Composition Chimique et des Propriétés Biopesticides de Quelques Plantes Aromatiques Poussant en Algérie.Thèse de Doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari- Boumediene.p.9.

# **Annexes**

**Annexe 01:** Le fenouil cultivé (*Foeniculum vulgare* Mill.)



**Famille**

Apiaceae

**Genre**

*Foeniculum*

**Espèce**

*Foeniculum vulgare* Mill.

**Nom vernaculaire** Bisbas, Shumar

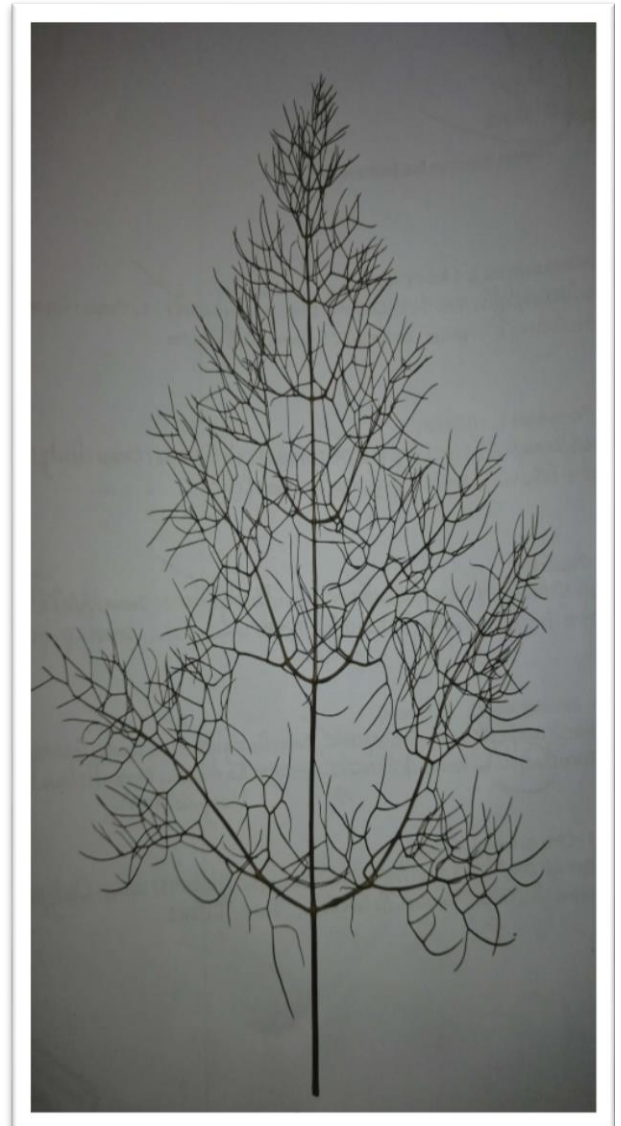
**Lieu de récolte**

Commune Guellal wilaya de Sétif

**Date de récolte**

27/03/2022

**Annexe 02:** Le fenouil sauvage (*F. vulgare* Mill. ssp. *capillaceum*)



<b>Famille</b>	Apiaceae
<b>Genre</b>	<i>Foeniculum</i>
<b>Espèce</b>	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.
<b>Sous espèce</b>	<i>F. vulgare</i> Mill. ssp. <i>capillaceum</i>

**Nom vernaculaire:** Bisbas, Shumar

**Lieu de récolte:** Commune Magra wilaya de Msila

**Date de récolte:** 16/04/2022

**Annexe 03:** Graines sèches de *Foeniculum vulgare* Mill. (cultivé en Algérie)  
(Originale, 2022)



**Annexe 04:** Graines sèches de *Foeniculum vulgare* Mill. (cultivé en Inde)  
(Originale, 2022)



**Annexe 05: Préparations clés du fenouil et leur application en médecine  
( Malhotra, 2012).**

<b>Préparation</b>	<b>Dose</b>	<b>propriétés comme médecine</b>
Capsule de gélatine dure à enrobage entérique contenant 0,2 ml d'huile de menthe poivrée et 0,1 ml d'huile de fenouil	1 capsule à prendre 3 fois par jour, prise 30 - 60 minutes avant les aliments; la dose peut être augmentée à 2 capsules de gravité	Antiflatulent, pour le traitement de l'inconfort, des coliques abdominales et de la distension
1 cuillère.à thé de graines dans 300 ml d'eau qui est juste à ébullition	Prendre une tasse de thé 2 - 3 fois par jour	Carminatifet anticolique
1,5- 4 cuillères à thé de fruits ou de graines broyés dans 1 tasse d'eau pour infusion et passer à traners la passoire à thé après 10 minutes	Prendre une tasse de thé 3 fois par jour	Pour le traitement de la congestion respiratoire et détend également de muscle lisse doublant de tube digestif, contrôle de l'appétit
Verser 1 tasse d'eau bouillante sur le sachet à thé ou d'herbe de fenouil biologique séchée	Tasse de thé par jour	Syndrome de l'intestin irritable
Graines de carvi (1 partie) Graines de fenouil (1 partie) Feuilles de menthe (1 partie) Feuilles de camomille (1 partie) Racines de valériane (1 partie) Mélangez-les tous et faire bouillir dans l'eau à des fins de perfusion et passer à travers la passoire à thé après 10 minutes	3 fois par jour pendant 2-3 semaines	Carminative, pour le traitement des problèmes de gaz, ballonnements, éruption ou remplissage lourd, pour le fonctionnement du foie et problème de la vésicule biliaire
Charbon végétal (242 g) et graines de fenouil (162 g) – mélange WPC ( concentré phyto complexe entier de 8 herbes) (ce quantité est pour 2 capsules)	2 capsules par jour	Réduit les ballonnements, les gaz et la lourdeur, absorbe les gaz et les toxines
Teinture de fenouil	1-2 ml de teinture 3 fois par jour	Antiflatulent

## Résumé

L'objectif principal de ce travail est l'étude des métabolites secondaires et des caractéristiques médicinales d'un genre de la famille des Apiaceae: *Foeniculum* connue localement sous le nom de «Bisbas».

Une recherche théorique bibliographique sur du *Foeniculum* qui est une plante médicinale et aromatique bien connue et importante largement utilisée comme: carminative, calculs rénaux, diurétique et dans le traitement des troubles respiratoires et gastro-intestinaux...etc.

Des études phytochimiques ont montré la présence de nombreux composés comme: composés volatils, flavonoïdes, composés phénoliques, acides gras, coumarines et acides aminés...etc.

Les données compilées indiquent leur efficacité dans plusieurs caractéristiques médicinales telles que: antimicrobienne, antifongique, antioxydante, antibactérienne, anti-inflammatoire, antithrombotique, cardiovasculaire et les propriétés améliorant la mémoire...etc.

Le *Foeniculum vulgare* est devenu une bonne source de médecine traditionnelle et il fournit une base remarquable en biologie pharmaceutique pour le développement: la formulation de nouveaux médicaments et usages cliniques dans l'avenir.

**Mots clés:** métabolites secondaires, *Foeniculum*, composés volatils, flavonoïdes, antioxydante, caractéristiques médicinales.

## المخلص

الهدف الأساسي من هذا العمل هو دراسة الأيضيات الثانوية والخصائص الطبية لجنس من العائلة الخيمية: الشمر *Foeniculum* المعروف محليا بالبسباس.

البحث النظري الجيولوجرافي حول الشمر *Foeniculum* الذي هو نبات طبي وعطري معروف ومهم يستخدم على نطاق واسع: طارد للغازات، حصى الكلى، مدر للبول وفي علاج الاضطرابات التنفسية والجهاز الهضمي...إلخ. بينت الدراسات للمواد الكيميائية النباتية وجود العديد من المركبات مثل: المركبات الطيارة، فلافونويدات، المركبات الفينولية، الأحماض الدهنية، الكومارينات والأحماض الأمينية...إلخ. تشير البيانات المجمعة إلى فعاليته في الكثير من الخصائص الطبية مثل: مضاد للميكروبات، مضاد للفطريات، مضاد للأكسدة، مضاد للبكتيريا، مضاد للالتهاب، مضاد لتجلط الدم، القلب والأوعية الدموية وخصائص تعزيز الذاكرة...إلخ. أصبح الشمر *Foeniculum vulgare* مصدرا جيدا للطب التقليدي ويوفر أساسا رائعا في علم الأحياء الصيدلاني لأجل تطوير تركيبات دوائية جديدة واستخدامات سريرية في المستقبل.

**الكلمات المفتاحية:** الأيضيات الثانوية، الشمر، المركبات الطيارة، فلافونويدات، مضاد للأكسدة، الخصائص الطبية.

## Abstract

The main objective of this work is to study the secondary metabolites and medicinal characteristics of a genus of the Apiaceae family: Fennel (*Foeniculum*) which is known locally as «Bisbas».

Bibliographical theoretical research on Fennel *Foeniculum*, which is a well-known and important medicinal and aromatic plant that is widely used: carminative, kidney stones, diuretic and in the treatment of respiratory and digestive disorders...etc.

Phytochemical studies have shown the presence of numerous valuable compounds, such as volatile compounds, flavonoids, phenolic compounds, fatty acids, coumarins and amino acids...etc.

The compiled data indicate its effectiveness in many medicinal characteristics such as: antimicrobial, antifungal, antioxidant, antibacterial, anti-inflammatory, anti-coagulant and cardiovascular and memory enhancing characteristics...etc.

*Foeniculum vulgare* has become as a good source of traditional medicine and it provides a noteworthy basis in pharmaceutical biology for the development of new drug formulations and future clinical uses.

**Key words:** secondary metabolites, fennel, volatile compounds, flavonoids, antioxidant, medicinal characteristics.