

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret–

Faculté Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : génétiques moléculaire et amélioration des plantes

Présenté par :

HAMEURLAINE Imane

BARA Alia

KHELIFA Rachida Randa

Thème

**Étude comparative de l'activité biologie et du rendement en huile
essentielle de *Foeniculum vulgare* de deux sites Franda et Ain
Mesbah**

Soutenu publiquement le 20/06/2023

Jury:

Président: Mr. BOUBEKEUR M.A

Encadrant: Mr. MAGHNI B

Examineur: Mr. BOUFARES K

Grade

MAA

MCA

MCB

Année universitaire 2022-2023

REMERCIEMENTS

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 **Dr. MAGHNI Benchohra** l'encadrant de cette étude pour avoir dirigé ce travail, ses conseils,
Ses encouragements et à finir ce travail.

Nous tenons également à présenter nos plus vifs remerciements à Monsieur **BOUBEKEUR M.A** pour avoir accepté de présider le jury et à **Mr. BOUFARES K** d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nos remerciements s'adressent à tous les personnes du laboratoire de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie **BENHALIMA Ahmed, AOUALI Houari, REGHIOUI Bachir**, pour leurs conseils pratiques et pour nous avoir aidé à bien mener nos travaux de ce mémoire.

Nous remercions aussi tous les enseignants de département De **SNV** université de tiaret.

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

Imane, Alia & Randa



DÉDICACE

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

♥ C'est grâce à **Allah** 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 **soeurs** et **frères** ♥

Fatima khaira Nawel Amina

Mohamed kamel Abderazak

♥ **A** que j'**aime** ♥

♥ **A** qui m'**aime** ♥

♥ **A** qui est présent dans mon coeur et absent entre mes lignes

♥ **A** toute ma **famille** et à toutes mes **amies** ♥

♥ **A** tous mes **amies** de la promotion de Master génétique moléculaire et amélioration des plantes ♥

♥ **A** tous ceux qui ont pris place dans mon **Coeur** et à tous ceux qui m'ont aidé de **près** ou de **loin**

♥ ***Merci à tous*** ♥

♥ ***Imane*** ♥





Avec mes sentiments de gratitudes les plus profonds, et avec un
vaste
coeur 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 mon cher **père** pour tout ce qu'il a fait pour moi, pour toute la
confiance qu'il m'a toujours témoignée

♥ A mes chers **soeurs** et **frères** ♥

Nawal khaira Hakima salsabil Maroua

Djamal khaled youcef larbi Ibrahim Radouane amr abd alsamed

♥ A toute ma **famille** et à toutes mes **amies** ♥

♥ A qui est présent dans mon coeur et absent entre mes lignes ♥

♥ A tous ceux qui ont pris place dans mon **Coeur** et à tous ceux
qui m'ont aidé de **près** ou de **loin**

♥ **Merci à tous** ♥

♥ **Alia** ♥

DÉDICACE

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

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

♥ **A mon père « Mohamed »** qui j'aurais bien voulu partager Avec lui ce moment important et solennel de ma vie. ♥

♥ Voici la précieux bijou de la source pure qui essuyé mes larmes m'a nourrie, et m'a arrosée de sa main à ceux qui ont fait de sa poitrine une demeure pour moi et son œil qui me tenait à cœur après Dieu. Je dis pardon . **ma très chère mère « Dounia »** ♥

♥ À ma sœur, Fatima fariel que j'ai trouvée à côté de moi et qui m'a aidée. Merci. ♥

Je remercie mon ami Mohammed, qui m'a soutenu et encouragé dans ma carrière universitaire.

♥ **A toute ma famille** ♥

♥ **A tous ceux qui m'aiment** ♥

♥ **A tous ceux que j'aime** ♥

A tous qui me connaissent de près ou de loin ♥

♥ **Merci à tous** ♥

♥ **Randa** ♥



Résumé

L'étude présentée a pour objectif de faire l'extraction des polyphénols à partir de tiges et feuilles de *Foeniculum vulgare* et de tester le pouvoir inhibiteur bactérien de ces polyphénols. Les échantillons de fenouil provenant de deux sites Frenda et Ain Mesbah.

L'extraction par macération des extraits aqueux et acétoniques a permis de déterminer de rendements différents 12.055 % ,10.325 % des extraits aqueux et 11.205 % ,7.635 % des extraits aqueux et acétoniques respectivement pour nos deux sites Frenda et Ain Mesbah

Le résultat de l'activité antibactérienne des extraits aqueux de deux écotypes était nulle . Cependant que les extraits acétoniques de fenouil de Frenda ont généré des halots d'inhibitions de 14mm (*Echerichia coli*) et 17mm (*Staphylococcus aureus*), Alors que ceux de site de Ain Mesbah ont présenté 15mm et 23mm pour les deux mêmes espèces bactériennes utilisées . Cette étude nous a permis aussi de classer la souche *Echerichia coli* parmi les bactéries les bactéries très sensible. Par contre *Staphylococcus aureus* est défini comme extrêmement sensible.

Mots clés : *Foeniculum vulgare*, polyphénols, extrait acétonique, macération , activité antibactérienne.

Abstract

The aim of the study presented is to extract polyphenols from stems and leaves of *Foeniculum vulgare* and to test the bacterial inhibitory power of these polyphenols. Fennel samples from two sites Frenda and Ain Mesbah.

The extraction by maceration of the aqueous and acetic extracts made it possible to determine different yields 12.055%, 10.325% of the aqueous extracts and 11.205%, 7.635% of the aqueous and acetic extracts respectively for our two sites Frenda and Ain Mesbah

The result of the antibacterial activity of the aqueous extracts of two ecotypes was zero. However, the acetone extracts of fennel from Frenda generated inhibition halos of 14mm (*Echerichia coli*) and 17mm (*Staphylococcus aureus*), while those from the Ain Mesbah site presented 15mm and 23mm for the same two bacterial species used. This study also allows us to classify the *Echerichia coli* strain among the bacteria very sensitive bacteria. On the other hand *Staphylococcus aureus* is defined as extremely sensitive.

Key words: *Foeniculum vulgare*, polyphenols, acetone extract, maceration, antibacterial activity.

المخلص

الهدف من الدراسة هو استخراج البوليفينول من السيقان و الأوراق *Foeniculum vulgare* وإختبار القوة البيكتيرية المثبطة لهذا البوليفينول .عينات الشمر من موقعين في فرندة وعين مصباح .
يتيح الإستخراج الضخم للمستخلصات المائية و الأستونية تحديد العوائد المختلفة بنسبة 12,055 % و 10,325 % من المستخلصات المائية و 11,205 % و 7,635 % من المستخلصات المائية و الأستونية على التوالي لموقعي فرندة و عين مصباح.
كانت نتيجة النشاط المضاد للبكتريا للمستخلصات المائية لنمطين بيبيين صفرا . ومع ذلك ، فإن مستخلصات أستونيك الشمر لفرندة ولدت هالوات تثبيط 14مم (*Echerichia coli*) و 17مم (*Staphylococcus aureus*)، في حين أظهرت هالات موقع عين مصباح 15مم و 23مم لنفس النوعين البكتريين المستخدمين .
سمحت لنا هذه الدراسة أيضاً بتصنيف سلالة *Echerichia coli* بين البيكتريا الحساسة جدا . من ناحية أخرى ، يتم تعريف المكورات العنقودية الذهبية على انها حساسة للغاية.

الكلمات الرئيسية : *Foeniculum vulgare* البوليفينول، مستخلص الأستونيك،نقع،النشاط المضاد للبكتريا.

Liste des figures

Figure 1 : *Foeniculum vulgare*

Figure 2 : Graines de *Foeniculum vulgare*

Figure 3: *Foeniculum vulgare* . (a) dans son habitat naturel; (b) tige (c) feuilles; (d) inflorescences et fleurs; (e) fruits; et (f) population *F. vulgare*l.

Figure 4 : Structures de quelques composés rencontrés dans les huiles essentielles

Figure 5 : Extraction des huiles essentielles par Entraînement à la vapeur d'eau

Figure 6 : Extraction des huiles essentielles par hydro distillation

Figure 7 : Extraction par expression à froid

Figure 08 : Lieu de récolte des échantillons de *Foeniculum vulgare*

Figure 09 : Lieu de récolte des échantillons de *Foeniculum vulgare*

Figure 10 : *Foeniculum Vulgare* de la région de Ain mesbah .**B** ; *FoeniculumVulgare* de la region de frenda

Figure 11 : Séchage de *Foeniculum Vulgare*.

Figure 12 : Montage macération employé pour l'extraction de l'huile essentielle

Figure 13 : Schéma du protocole expérimental.

Figure 14 : Rendement en extraits aqueux de *Foeniculum vulgare* ; **S1** : site de Frenda; **S2**: site de Ain mesbah.

Figure 15 : Rendement en extraits acétonique de *Foeniculum vulgare* ; **S1** : site de Frenda; **S2**: site de Ain mesbah.

Figure 16: Extraits secs après séchage

Figure 17 : Diamètres des halos d'inhibition de *Echerichia coli* et *Staphylocoqus aureus* (*Foeniculum vulgare* de Ain masbah)

Figure 18 : Diamètres des halos d'inhibition de *Echerichia coli* et *Staphylocoqus Aureus* (*Foeniculum vulgare* de frenda).

Figure 29 : Diamètres des zones d'inhibition d'*Echerichia coli*.

Figure 20 : Diamètres des zones d'inhibitions de *Staphylococcus aureus*.

Liste des Tableaux

Tableau 01: Les caractéristiques organoleptiques de l'HE de *Foeniculum vulgare* de deux sites étudiée

Tableau 02: Diamètres des halos d'inhibition de *Echerichia coli* et *Staphylocoqus aureus* par l'effet des extraits aqueux de *Foeniculum vulgare*

Tableau 03: Diamètres des halos d'inhibition de *Echerichia coli* et *Staphylocoqus aureus* par l'effet des extraits acétoniques de *Foeniculum vulgare*

Liste d'abréviations

Abréviations / Symboles

Signification

DCF

Direction de Conservation des Forêts

E. coli

Escherichia coli

H.E

Huile essentielle

G-

Gram négatif

G+

Gram positif

MH

Mueller Hinton

S. Aureus

Staphylococcus Aureus

MI

Microlitre

F. vulgare

Foeniculum vulgare

Table de matières

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 01

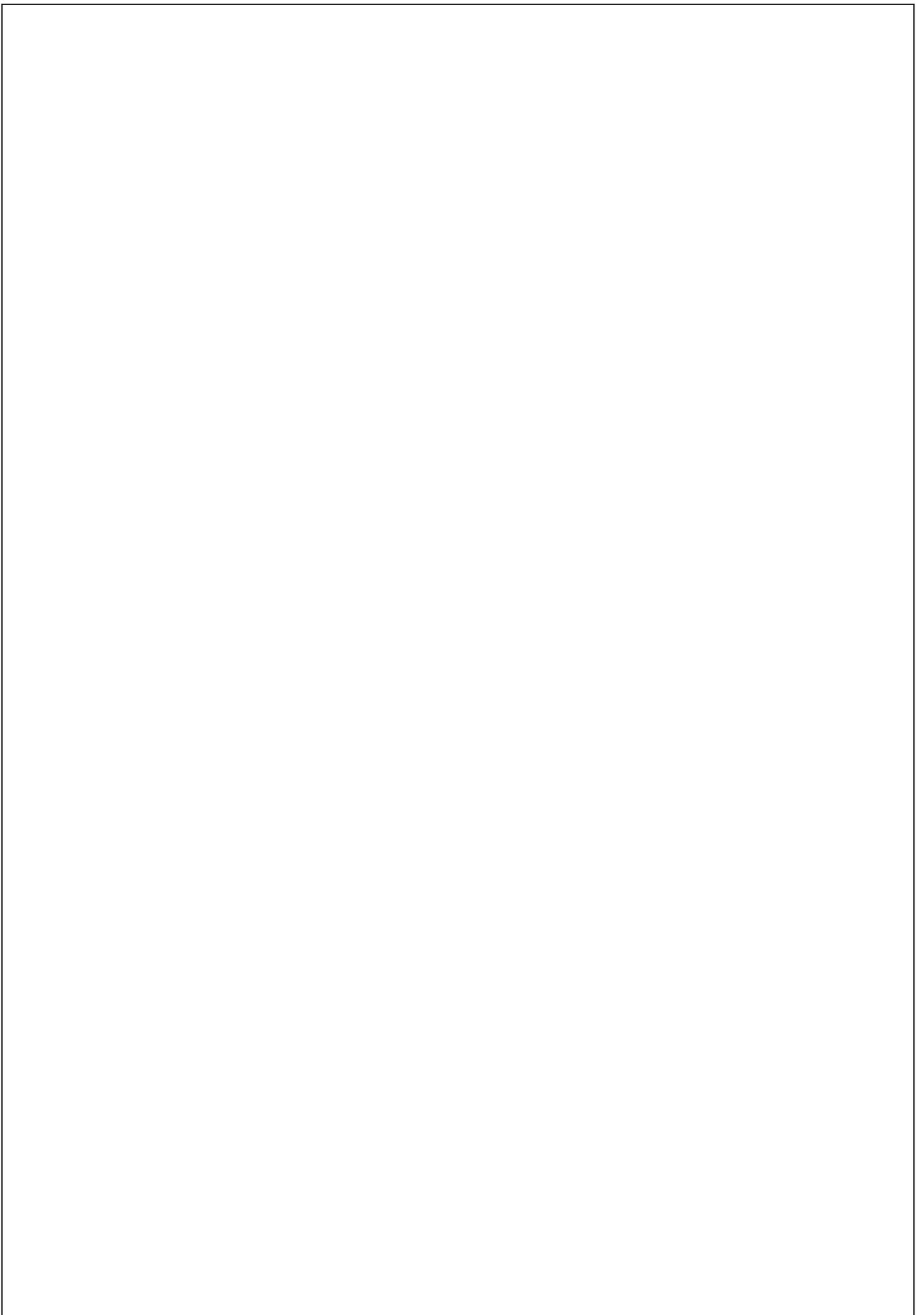
PARTIE I : Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Monographie de *foeniculum vulgare*

I.1 .Nomenclature	05
I.2. Systématique... ..	05
I.3. Répartition géographique de <i>foeniculum vulgare</i>	06
I.4. Caractères botaniques	07
I.4.1. La feuille... ..	07
I.4.2. La fleur	07
I.4.3. Le fruit.....	07
I.5. Caractères anatomiques.....	08
I.6. Caractères écologiques	09
I.7. Intérêts et utilisations	09

Chapitre II : Généralités sur les huiles essentielles

II.1.Définition d'huiles essentielles.....	12
II.5.Localisation des huiles essentielles	12
II.3. propriétés physique des huiles essentielles.....	12
II.4. composition chimique.....	13
II.5. Toxicité des huiles essentielles.....	14
II.6. Classification des huiles essentielles	15
II.7. Rôles des huiles essentielles	15
II.8. Propriétés et activités biologiques des huiles essentielles.....	15
II.9. Domaine d'application des huiles essentielles	16
II.9.1. Industries agroalimentaires	17
II.9.2. Alimentation	17
II.9.3. Parfumerie et cosmétologie	17
II.10. Méthodes d'extraction des huiles essentielles	18
II.10.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau	18
II.10.2. Hydro distillation	19



II.10.3. Expression à froid	20
II.10.4. Extraction par fluide à l'état supercritique	21
II.10.5. Macération	21
II.11. Conservation des huiles essentielles	22

Partie II: Partie expérimentale

Chapitre III: matériel et méthodes

III.1. Présentation des sites d'études	25
III.1.1. Situation géographique.....	25
III.1.1.2. Caractéristiques édaphiques et topographiques.....	26
III.1.1.3. Caractéristiques Climatiques.....	26
III.2. Matériel Végétal	27
III.2.1. préparation de la matière végétal	27
III.3. Méthode d'extraction d'huile essentielle	27
III.4. Conservation d'huile essentielle.....	29
III.5. Calcul du rendement en huile essentielle	30
III.6. Étude d'activité antibactérienne	31
III.6.1. Souches bactériennes étudiées.....	31
III.6.2. Méthode de diffusion en milieu gélosé	31
III.6.3. Préparation de l'inoculum	32
III.6.1. Test du pouvoir inhibiteur bactérien	32
III.6.1. Mesuré de halos d'inhibitions	32

Chapitre IV: Résultats et discussion

IV.1. Calcul de Rendement d'extraction.....	34
IV.1.1. Rendement en extraits aqueux	34
IV.1.2. Rendement en extraits acétoniques	34
IV.2. Comparaison des caractéristiques organoleptiques.....	36
IV.3. L'activité antibactérienne des huiles essentielles.....	37

Conclusion

Référence bibliographique

Introduction

Introduction

Les plantes aromatiques sont prometteuses comme procédé de conservation des aliments et constituent une grande source d'antioxydants et d'antibactériens naturels pour l'industrie agroalimentaire. En effet, l'oxydation des lipides dans les produits alimentaires induit non seulement une diminution de la valeur nutritive de l'aliment, mais aussi des effets reconnus nuisibles pour le consommateur et qui peuvent être associés à des risques de cancer chez l'homme. La présence d'antioxydants dans l'alimentation est devenue essentielle pour la qualité et la sécurité de l'aliment. Les effets négatifs des antioxydants synthétiques encouragent à leur substitution par des agents naturels (**Ferhat et al., 2018**).

Selon **Bruneton(1999)** les polyphénols sont en effet doués de multiples vertus thérapeutiques, ils jouent un rôle très important, principalement, dans la lutte contre les cancers, les maladies cardiovasculaires et la peroxydation lipidique. Expliquant de ce fait leur grande utilisation dans la fabrication des médicaments. Ils interviennent aussi dans la protection des plantes contre les différentes attaques microbiennes (surtout fongiques) risquant de causer la perte d'une grande quantité de végétation.

Malgré les progrès de la pharmacologie, l'usage thérapeutique des plantes médicinales est très présent dans certains pays du monde et surtout les pays en voie de développement (**Tabuti et al., 2003**). Les plantes médicinales constituent des ressources précieuses pour la majorité des populations rurale et urbaine en Afrique et représentent le principal moyen par lequel les individus se soignent (**Badiaga, 2011**).

En Algérie, la flore médicinale reste méconnue jusqu'à nos jours, car sur les quelques milliers d'espèces végétales, seules 146 sont dénombrées comme médicinales (**Baba Aissa, 1999**).

Foeniculum vulgare compte parmi les plantes médicinale et aromatique de l'algerie et qui se trouve dans la région de Tiaret. Cette plante est beaucoup utilisée en phytothérapie par la population de la région .

F. vulgare est cultivé dans tous les pays environnants la mer Méditerranée en raison de sa saveur(**Muckensturm et al., 1997; Özcan et al., 2006**). Plusieurs parties du fenouil sont comestibles (bulbes, feuilles, tiges et fruits). la plante est utilisée en médecine comme expectorant sécrétomoteur, sécrétolytique , antiseptique et spasmolytique.

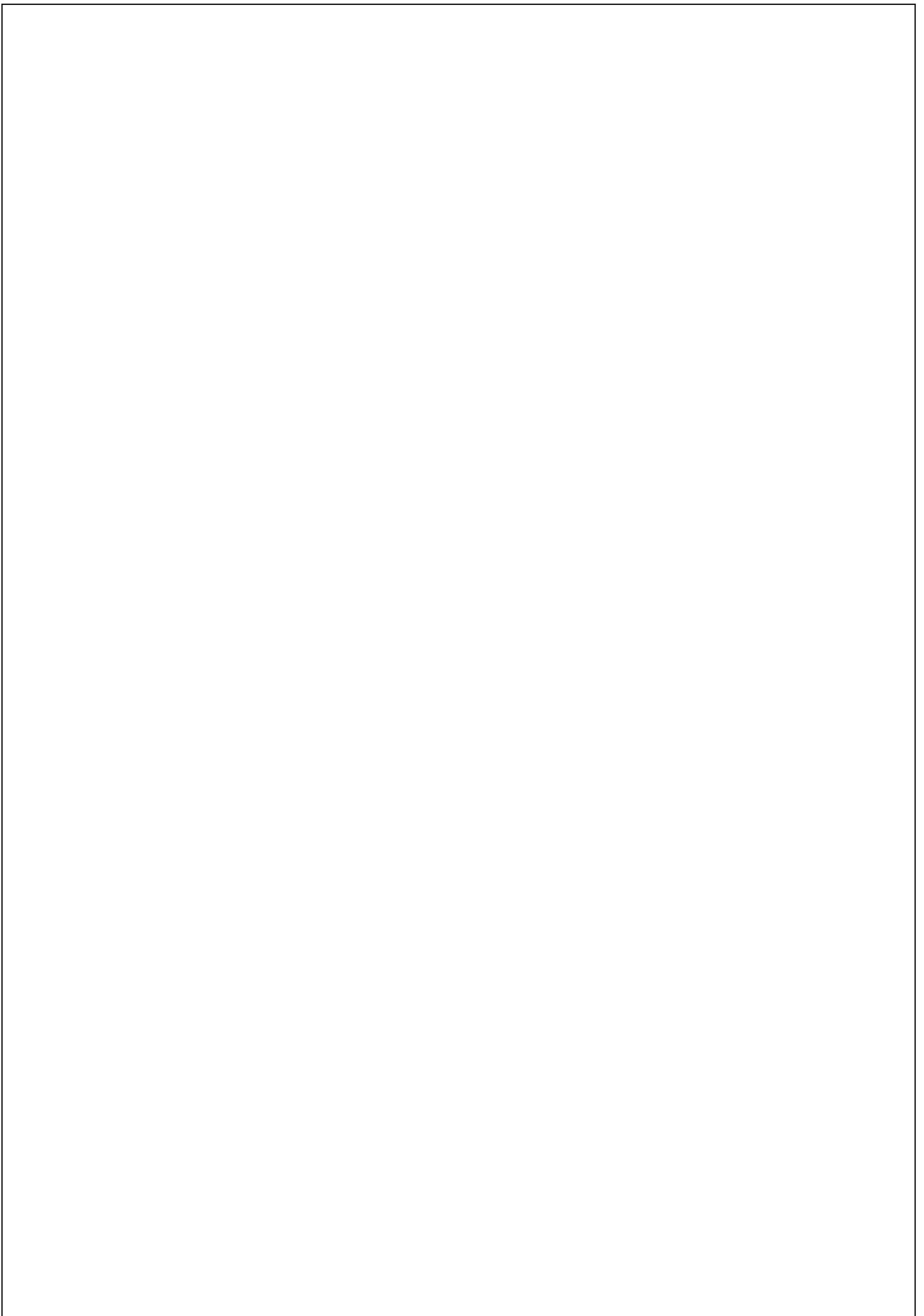
Les huiles essentielles de leurs leurs, sont utilisées pour la production de sauces et de liqueurs, ainsi qu'un ingrédient de produits cosmétiques et pharmaceutiques des produits. Les infusions de fenouil sont le thé classique pour allaiter les bébés pour prévenir les flatulences et

les spasmes(Oktay et *al.*, 2003; Mímica-Dukić et *al.*, 2003) .Les parties aériennes séchées et les fruits du fenouil sont vendus en herboristerie les commerces à usage domestique, comme les thés ou à condimenter nourriture. Il est donc extrêmement important que la sécurité, la qualité et l'efficacité de ces produits à base de plantes sont évaluées, à savoir lorsque certains de ses constituants sont suspectés être nocif

La valorisation de cette espèce exige des études profondes sur ses huiles essentielles et leurs utilisations. Ainsi, le présent travail a pour objectif de faire l'extraction des polyphénols de la partie végétative aérienne de fenouil de deux sites Ain mesbah et de Frenda. La détermination de rendement est suivie par un test du pouvoir inhibiteur bactérien des extraits aqueux et cétonique.

Première Partie :
Synthèse
Bibliographique

Chapitre I :
Monographie de
Foeniculum
Vulgare



I.1 .Nomenclature

Le fenouil est l'une des herbes les plus importantes du monde entier et son histoire remonte à l'Antiquité. Le fenouil tire son nom de Marathon (qui signifie "lieu du fenouil") - un site de bataille entre les Perses et les Athéniens, généralement les Athéniens avaient l'habitude de gagner la bataille et renonçaient aux tiges de fenouil comme symbole objectif de la victoire, il n'y a toujours pas preuves à l'appui que le fenouil y était cultivé. Désormais, tout Pheidippide qui a couru à Athènes depuis Marathon et a apporté la nouvelle de la victoire contre la bataille entre Perses a été récompensé par du fenouil (Arzoo,2017) « Originaire de la région méditerranéenne, le fenouil est actuellement cultivé dans des zones calmes du monde entier. Les graines sont Dioscoride, au 1er siècle de notre ère, exprime que "le jus, lorsqu'il est mis dans l'œil, aide la vision, et dans l'oreille, tue les vers (par exemple les bactéries) (Andrew, 2016) qui s'y développent." (Hamiduddin et al., 2020).

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).



Figure 01. *Foeniculum vulgare* (Photo Hameurlaine, Bara et Khelifa ,2023)

I.2. Systématique

Le fenouil (*Foeniculum vulgare*) appartenant à la famille des Apiacées (Umbelliferae), est originaire des régions méditerranéennes (Zahid et al., 2009).

Classification scientifique/taxonomique :

Royaume: Plantes

Sous-royaume : Tracheobionte

Superdivision : Spermatophytes

Division : Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Sous-classe : Rosales

Commande: Apiales

Famille : Apiaceae /umbellifères

Genre: *Foeniculum*

Espèces: *Foeniculum vulgare* Mill.

Nom botanique : *Foeniculum vulgare* Mill.

Synonyme : *Foeniculum foeniculum* (L.)

(Hamiduddin et al,2020).

Classification APG III :

Règne : Archéplastides

Clade : Angiospermes

Clade : Dicotylédones vraies

Clade : Noyau Dicotylédones vraies

Clade : Astéridées

Ordre : Apiales

Famille : Apiacées

Sous Famille : Apoïdées

Genre : *foeniculum*

Espece : *Vulgare*

(Christopher ,2009)

I.3. Répartition géographique de *Foeniculum vulgare*

Il est probablement originaire du sud de l'Europe et de la région méditerranéenne. C'est cultivé dans une grande partie du monde comme épice, plante médicinale ou huile essentielle, ou comme légume, et s'est naturalisé dans de nombreux endroits. Maintenant, il est enregistré en Afrique : (Algérie, Egypte, Libye, Maroc, Tunisie, Afrique du Sud) ; Asie :

(Géorgie, Afghanistan, Iran, Amérique : (Mexique ; États-Unis)); Amérique du Sud : (Brésil, Costa Rica, El Irak, Palestine, Jordanie, Liban, Syrie, Turquie, Pakistan) ; Europe : (Ukraine, Albanie, Bosnie, Herzégovine, Bulgarie, Croatie, Grèce, Italie, Monténégro, France, Portugal, Espagne, Royaume-Uni) ; Australasie : (Australie, Nouvelle-Zélande) ; Nord Salvador, Guatemala, Honduras, Venezuela, Argentine, Chili, Paraguay, Uruguay). (**Al-Snafi, 2018**).

I.4. Caractères botaniques

F. vulgare est une plante annuelle, bisannuelle ou vivace à tiges dressées et ramifiées. A maturité, la hauteur des plants de fenouil est en général comprise entre 50 et 200 cm (**Kaurand, 2010**). Il a 2 cotylédons allongés étroits, de petites fleurs jaunes (**Wahbaet al., 2018**). Sa première feuille est divisée en bandes étroites (**Bonnier, 1920**) ; tandis que ses feuilles très divisées sont en bandes filiformes (**Dheebisha et Vishwanath, 2020**). Les feuilles sont ternes ou brillantes, foncées ou claires. Les feuilles de la variété douce sont vert bleuté glaucescent. La végétation est plus abondante pour la variété vulgare que pour la variété douce (**Desmarest, 1978**) ce qui implique une durée de végétation différente entre les deux variétés. Généralement, la période de végétation peut durer de 160 à 190 jours pour la variété douce (**Chingova, 1967**). La floraison du fenouil bulbeux (var azoricum) est plus précoce que celle de la variété vulgare, tandis que le fenouil amer (var vulgare) fleurirait 6 semaines plus tard (**Desmarest, 1978**).

I.4.1. Feuilles

Les Feuilles intermittentes, souvent combinées avec du vert foncé duveteuses avec un limbe divisé en morceaux minces, pétiole à gaine. (**Kooti et al., 2014**)

I.4.2. Fleurs

Les fleurs jaunes et graines aromatiques. Les fleurs sont bisexuées, actinomorphes et s'ouvrent centripètement . (**Meena, 2019**)

I.4.3. Fruits

Le fruit est vert clair à brun foncé, schizocarpe en forme de lentille, oblong-ovale à elliptique de 2-3 mm avec un long pédicelle et un stylopode court. Un fruit entièrement développé est de 4 à 8 mm de long (**Meena, 2019**).



Figure 02 . Graines de *Foeniculum vulgare*. (Hamiduddin *et al.*, 2020).

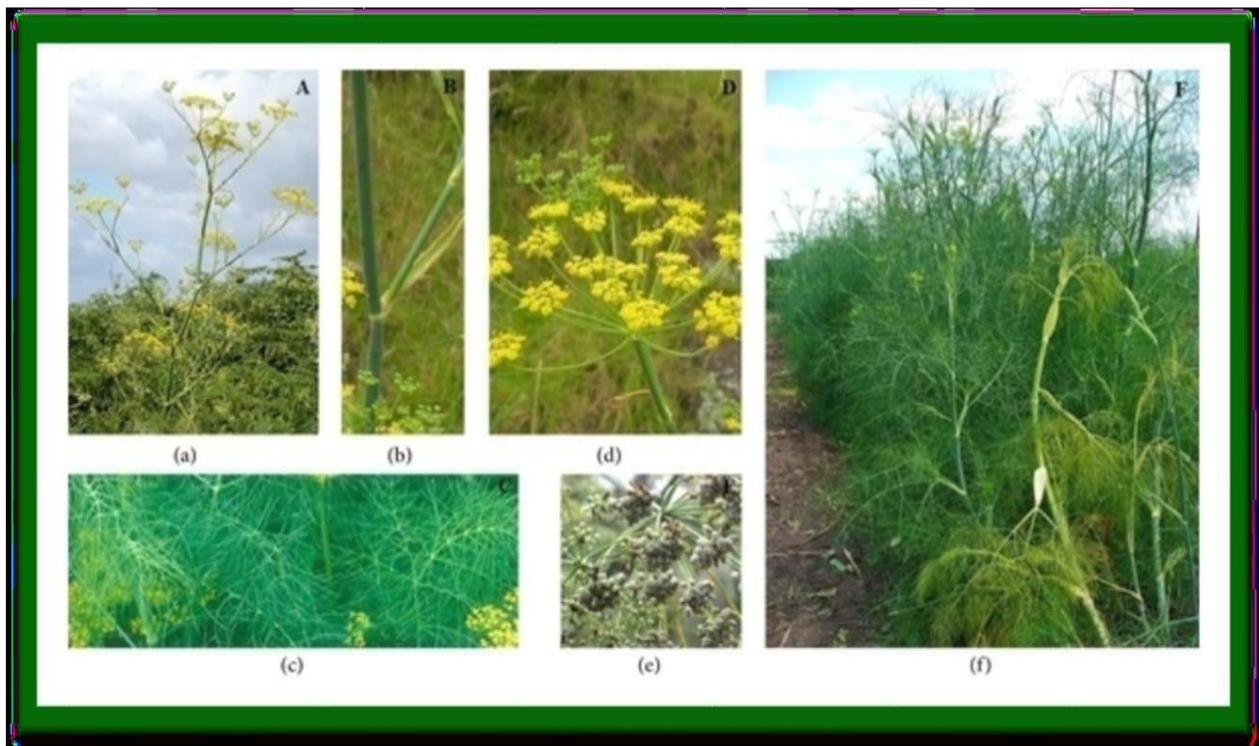


Figure 03 : *Foeniculum vulgare* . (a) dans son habitat naturel; (b) tige (c) feuilles; (d) inflorescences et fleurs; (e) fruits; et (f) population *F. vulgare*. (Meena *et al.*, 2019).

I.5. Caractères anatomiques

Foeniculum vulgare est une herbe bisannuelle, aromatique et médicinale. Il mesure jusqu'à 2 mètres de haut et porte des feuilles alternatives, des tiges ramifiées et des folioles rétrécies. Les feuilles de cette plante portent des gaines plus longues que les limbes. Les

fruits du fenouil sont de couleur verdâtre et ont un cremocarpe oblong. Les fruits ont une longueur de 6 à 10 mm et un diamètre de 1 à 4 mm. Les fruits ont un méricarpe glabre comprimé dorsalement et de forme semi-cylindrique. Les fleurs de fenouil sont de couleur jaune et les graines sont de forme concave. (Jamwal et al., 2013).

I.6. Caractères écologiques

Espèce vivace, pluriannuelle ou par fois bisannuelle notamment pour les plantes issues de culture ; le caractère vivace est dominant dans le cadre d'hybridations intervariétales (Badoc et al.,1995). La plante apprécie des sols secs, à teneur moyenne en bases, azote, humus, souvent plus pauvres pour les populations méditerranéennes, formés d'éléments fins plus ou moins bien aérés. A l'intérieur des terres, elle est calcicole préférante, mais s'yrencontre aussi sur porphyres ; sur le littoral, elle s'accommode très bien des sols très sableux. Elle prospère en pleine lumière et apprécie les situations chaudes, bien exposées ou protégées. Elle préfère les plaines et les collines, et peut exceptionnellement s'élever jusqu'à 1900 m (Badoc,1988)]. Ses milieux naturels, primaires, ne sont pas connus. En France, elle ne se rencontre que dans des situations secondaires : rocailles, friches, vignes, vergers, abords des voies de circulation, espaces sublittoraux, forêts claires de conifère. (Bulletin, 2007)

I.7. Intérêts et utilisations

Foeniculum vulgare . Plante aromatique, spontanée et répandue en Algérie est très utilisée par les populations locales pour ses vertus médicinales. Nos échantillons, provenant de l'ouest algérien, ont montré que les teneurs des principaux composés issus du métabolisme primaire et pour chacune des parties de la plante (graines, tiges et racines) sont intéressantes pour les protéines (17,5 %) et les lipides (12 %) et relativement faible pour les glucides (13 %). La présence de constituants toxiques provenant du métabolisme secondaire notamment les coumarines et les tanins, composés reconnus comme inhibant la digestibilité des protéines, influent sur l'évolution de la masse pondérale de l'animal (rat » Wistar «). Les saponosides, flavonoïdes, stérols et stéroïdes, tanins, coumarines, alcaloïdes, anthracénosides, anthocyanosides et émodols peu ou pas présents n'ont que peu d'influence sur les qualités de digestibilité de la plante. Le taux en huile essentielle de 2,7 % pour la plante en floraison est intéressant et conforme à ceux obtenus par la littérature. (Lazouni et al., 2006)

La famille des Apiacées, appelées anciennement Ombellifères, comprend plusieurs plantes alimentaires qu'on consomme quotidiennement (carotte, fenouil, cumin, coriandre, etc.). Le fenouil (*Foeniculum vulgare* Mill.), originaire de la région méditerranéenne, est l'une des plus anciennes plantes appartenant à cette famille. C'est une plante médicinale et aromatique employée en médecine traditionnelle pour un large éventail de désordres liés aux

systèmes digestifs, endocriniens, reproducteurs et respiratoires (**Badgujar et al., 2014**). Elle a des propriétés pharmacologiques comme les propriétés anti-inflammatoires, antimutagènes, cardiovasculaires et antitumorales (**Yaldiz et Camlica, 2019**). Le fenouil est principalement cultivé pour ses graines qui représentent la partie la plus exploitée. Ces graines de fenouil sont utilisées pour aromatiser des produits alimentaires tels que les cornichons, les pains, les pâtisseries et les fromages (**Zoubiri et al., 2014**). En outre, ces graines constituent une source naturelle de plusieurs éléments nutritifs, tels que les éléments minéraux et les vitamines comme le calcium, le potassium, le sodium, le fer, le phosphore, la thiamine, la riboflavine et la vitamine C (**Bakhru, 1990**).

Foeniculum vulgare communément appelé fenouil a été utilisé en médecine traditionnelle pour un large éventail d'affections liées aux systèmes digestif, endocrinien, reproducteur et respiratoire. De plus, il est également utilisé comme agent galactagogue pour les mères allaitantes. La revue vise à rassembler les informations fragmentées disponibles dans la littérature concernant la morphologie, les applications ethnométriques, la phytochimie, la pharmacologie et la toxicologie de *Foeniculum vulgare*. Il compile également les preuves scientifiques disponibles pour les revendications ethnobotaniques et pour identifier les lacunes à combler par de futures recherches. Les résultats basés sur leurs utilisations traditionnelles et l'évaluation scientifique indiquent que *Foeniculum vulgare* reste la plante herbacée la plus largement utilisée. Il a été utilisé pour plus de quarante types de troubles. Des études phytochimiques ont montré la présence de nombreux composés précieux, tels que des composés volatils, des flavonoïdes, des composés phénoliques, des acides gras et des acides aminés. Les données compilées indiquent leur efficacité dans plusieurs propriétés pharmacologiques in vitro et in vivo telles que antimicrobiennes, antivirales, anti-inflammatoires, antimutagènes, antinociceptives, antipyrétiques, antispasmodiques, antithrombotiques, apoptotiques, cardiovasculaires, chimiomodulatrices, antitumorales, hépatoprotectrices, hypoglycémiantes, hypolipémiantes, et propriété d'amélioration de la mémoire. *Foeniculum vulgare* est devenu une bonne source de médecine traditionnelle fournit une base remarquable en biologie pharmaceutique pour le développement/la formulation de nouveaux médicaments et de futures utilisations cliniques. (**Badgujar et al., 2014**)

Chapitre II :

Généralités sur les

Huiles Essentielles

II.1. Définition d'huiles essentielles

Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition. (**Marie-Laure, 2021**)

II.2. Localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, presque toutes les familles des plantes participent à leur production, en particulier les Labiées qui en fournissent le plus (**Durvelle, 1930**).

Elles se rencontrent dans toutes les parties de la plante : fleurs (bergamotier, tubéreuse.), mais aussi feuilles (citronnelle, eucalyptus, laurier,..) et moins dans les écorces (cannelier), les bois (bois de rose, santal...), les racines (vétiver), les rhizomes (curcuma, gingembre...), les fruits (toutes-épices, anis..), les grains (muscade..). L'huile est souvent localisée sur ou à proximité de la surface de la plante : cellules à huiles essentielles des Lauracées ou de Zingiberacées, poils sécréteurs des Labiées, poche sécrétrice des Myrtacées ou de Rutacées, canaux sécréteurs des Apiacées ou des Astracées. La composition de l'huile essentielle peut varier selon sa localisation dans les organes d'une même espèce, (**bruneton, 1993**)

II.3. Propriétés physiques des huiles essentielles

Deux paramètres physiques ont été déterminés : l'indice de réfraction et la densité. L'indice de réfraction a été mesuré au laboratoire de chimie analytique de l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA) de Dakar à l'aide d'un réfractomètre de type Erma 1537 à la température de 25 °C. La densité a été déterminée à l'aide d'une balance Sartorius de type TP. 120, par le rapport entre la masse d'un volume d'échantillon d'huile essentielle sur celle du même volume d'eau. Les huiles essentielles ont été étudiées par chromatographie en phase gazeuse (CPG) et chromatographie en phase gazeuse couplée avec la spectrométrie de masse (CPG/SM). L'analyse en CPG a été effectuée à l'aide d'un chromatographe équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) et de deux colonnes capillaires de polarités différentes de type OV. 101 (25 m x 0,22 mm x 0,25 µm) et Carbowax 20 M (25 m x 0,22 mm x 0,25 µm). Le gaz vecteur est l'hélium avec un débit de 0,8 ml/mn et la température de programmation du four est comprise entre 50 et 200 °C avec un gradient de 5°C/mn. Le couplage CPG/SM a été réalisé sur colonne capillaire en silice fondue de type DB1 (25 m x

0,23 mm x 0,25 µm) avec de l'hélium comme gaz vecteur et une programmation de température identique à celle du CPG (**Saliou, 2012**).

II.4. composition chimique

Les huiles essentielles sont des mélanges de composition chimique très variable et complexe, en effet, elles peuvent renfermer jusqu'à plusieurs centaines de molécules différentes, chacune ayant des propriétés particulières. Ces molécules appartiennent généralement à deux grandes familles chimiques.

Les terpènes : sont construits à partir de plusieurs entités isopréniques, constituant une famille très diversifiée tant au niveau structural que fonctionnel. On rencontre dans les huiles essentielles principalement des mono et des sesquiterpène (possèdent respectivement 10 et 15 atomes de carbone) plus rarement des di terpènes (20 atomes de carbone) ainsi que leurs dérivés oxygénés.

Les composés aromatiques dérivés du Phényl-propane tel que l'eugénol(huile essentielle de girofle), l'anéthol et l'aldéhyde ainsi que (huile essentielle de Badiane et d'anis), le carvacrol (huile essentielle d'origan),l'acide et l'aldéhyde cinnamiques. Ceux-ci constituent les principaux membres de cette famille.

Les huiles essentielles peuvent contenir des composés aliphatiques plus ou moins fonctionnalisés.

A noter que pour une même espèce botanique, en fonction de différentes conditions (sol, ensoleillement, saison, partie de plante) peut fournir des huiles essentielles de compositions différentes, ces variations génèrent la notion de chémotype (**BRUNETON, 1999**), donc il est indispensable d'établir des contrôles systématiques des huiles essentielles avec des techniques modernes avant l'emploi de ces produits.

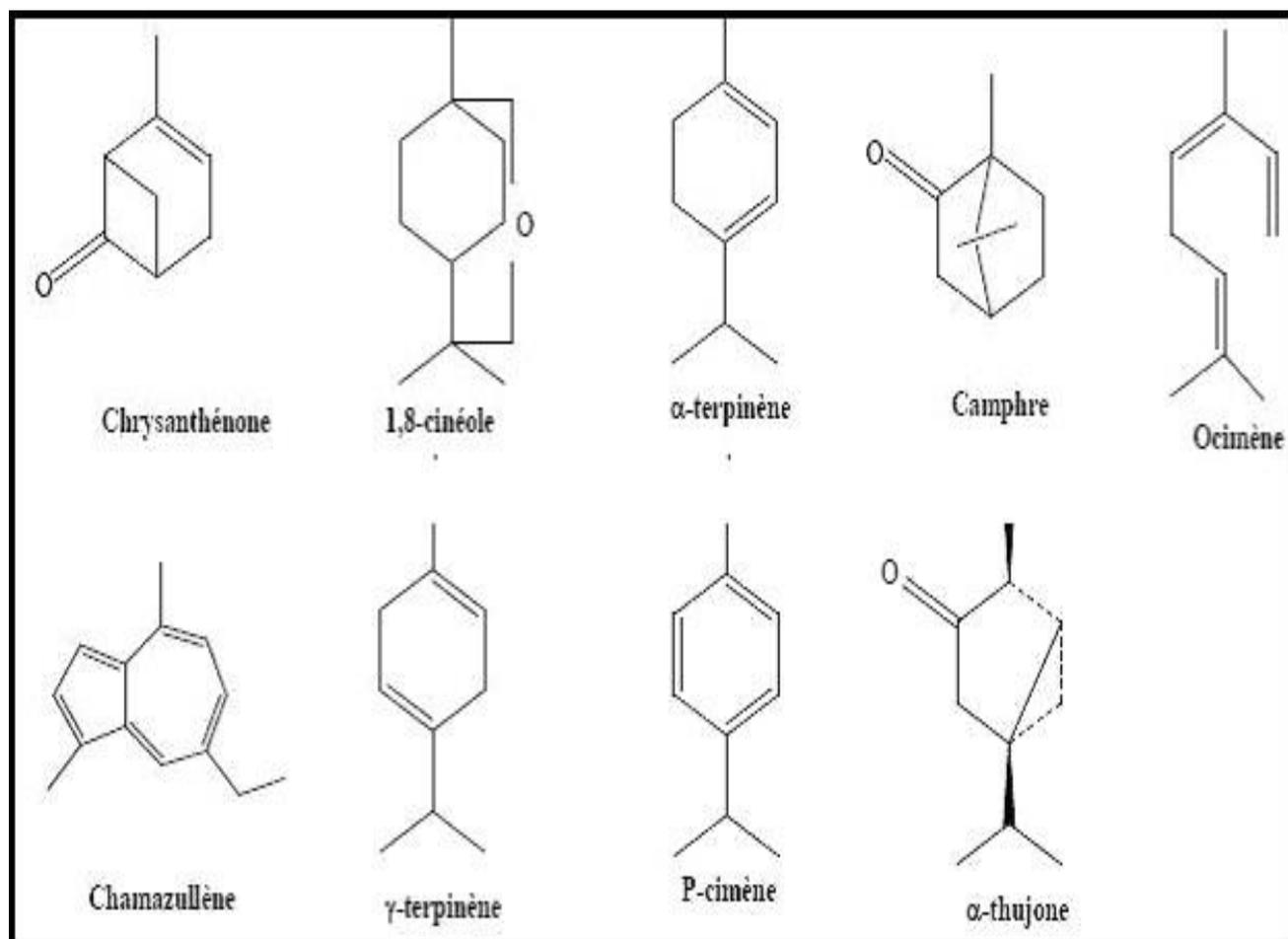


Figure 04 : Structures de quelques composés rencontrés dans les huiles essentielles
(Bruneton.1999).

II.5. Toxicité des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des substances puissantes et très actives. Elles représentent une source inépuisable de remèdes naturels. Néanmoins, il est important de souligner que l'automédication fréquente et abusive surtout en ce qui concerne le dosage ainsi que le mode d'application interne ou externe par les essences est nocif. Elle engendre des effets secondaires plus ou moins néfastes dans l'organisme (allergies, coma, épilepsie, etc...) Principalement chez les populations sensibles (enfants, femmes enceintes et allaitantes, personnes âgées ou allergiques) (Ouis, 2015).

II.6. Classification des huiles essentielles

Selon le pouvoir spécifique sur les germes microbiens et grâce à l'indice aromatique obtenu par des aromagramme, les huiles essentielles sont classées en groupes.

Les huiles majeures

Les huiles médiums

Les huiles terrains

(**Chakou et Bassou , 2007**)

II.7.Rôles des huiles essentielles

Les huiles essentielles possèdent un rôle écologique lors des interactions végétales, comme agents allélopathiques, c'est-à-dire inhibiteur de la germination mais lors des interactions végétal-animal, il s'agit aussi comme agent de protection contre les prédateurs tels que les insectes. Ils interviennent également, par leurs odeurs caractéristiques, dans l'attraction des pollinisateurs. Prouvées par la recherche scientifique moderne, les huiles essentielles (HE) ont des propriétés médicinales nombreuses et variées. Elles agissent quasiment dans tous les domaines de la santé et de la maladie. D'autres considèrent l'huile comme source énergétique, facilitant certaines réactions chimiques (**Jamal Eddine, 2010**).

II.8. Propriétés et activités biologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles possèdent des activités biologiques d'intérêt médical et pharmaceutique.

II.8.1. Activité antibactérienne

Les micro-organismes tels que les bactéries, les champignons, les virus et les protozoaires sont les agents étiologiques de nombreuses maladies infectieuses, et les composés ayant une activité spécifique contre ces micro-organismes, c'est-à-dire une activité antimicrobienne, sont notre meilleure arme pour traiter ces maladies. Même avant que le rôle des micro-organismes dans la pathogenèse de la maladie ne soit apprécié ou compris, les tentatives de traitement de ces maladies utilisaient souvent des médicaments à base de plantes contenant des composés à activité antimicrobienne (**Carson et Hammer, 2011**).

II.8.2. Activité antivirale

Les huiles essentielles et leurs composants présentent également une activité contre les champignons, activité de mieux en mieux décrite. Un large éventail de champignons humains, animaux et agricoles. Il a été démontré que les agents pathogènes in vitro sont inhibés et/ou tués par les huiles essentielles, ce qui accroît l'intérêt pour leur application thérapeutique ou industrielle. Entre l'humain et l'animal

les pathogènes d'intérêt, les levures du genre *Candida* et les dermatophytes *Epidermophyton*, (Carson et Hammer, 2011).

II.8.3. Activité antiprotozoaire

Comme pour les études portant sur les propriétés antivirales des huiles essentielles et de leurs composants, les données sur l'activité des huiles essentielles contre les parasites tels que les protozoaires sont devenues de plus en plus disponibles au cours de la dernière décennie. Les protozoaires sont des micro-organismes eucaryotes unicellulaires et de nombreuses huiles ont maintenant été évaluées comme agents antiprotozoaires en vue d'applications dans les soins de santé humaine et animale. Le cycle de vie plus complexe des protozoaires par rapport à bactéries et champignons complique la détermination de leur sensibilité et la plupart des méthodes évaluent la sensibilité d'un ou deux stades du cycle de vie, tels que les promastigotes et amastigotes de protozoaires trypanosomiens (Carson et Hammer, 2011).

II.8.4. Activité antifongique

L'activité antifongique des huiles essentielles de pin est étudiée par la méthode de contact direct sur milieu PDA sur les souches suivantes : *Fusarium avenaceum*, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea* et *Bipolaris sorokiniana*, champignons phytopathogènes de différentes espèces cultivées. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque essai (Cakir et al., 2004).

II.8.5. Activité antioxydant

Les antioxydants peuvent agir comme des barrières physiques pour empêcher la génération de ROS ou l'accès des ROS à des sites biologiques importants (filtres UV, membranes cellulaires) ; des pièges/puits chimiques qui "absorbent" l'énergie et les électrons, éteignant les ROS (caroténoïdes, anthocyanidines) ; les systèmes catalytiques qui neutralisent ou détournent les ROS [enzymes antioxydantes SOD (superoxyde dismutase), catalase et glutathion peroxydase] ; liaison/inactivation des ions métalliques pour empêcher la génération de ROS (ferritine, céruloplasmine, catéchines) ; et des antioxydants briseurs de chaîne qui récupèrent et détruisent les ROS (acide ascorbique, tocophérols, acide urique, glutathion, flavonoïdes) (Maria, 2010).

II.9. Domaine d'application des huiles essentielles

II.9.1. Industries agroalimentaires

Plusieurs segments alimentaires utilisent, à degrés divers, les HE qui leur offrent un formidable potentiel de leurs notes aromatiques dans un registre infiniment varié. On les retrouve presque dans tous les secteurs alimentaires: boissons non alcoolisées, confiseries, produits laitiers, soupes, sauces, produits de boulangerie, produits carnés...etc. (**Richard, 1992**).

Cependant, c'est seulement récemment que beaucoup d'attention a été donnée à l'application potentielle d'HE comme conservateurs et ceci est dû à la présence dans ces dernières de composés ayant des propriétés antimicrobiennes et antioxydantes (**Smith-Palmer et al.,1998**).

La part des HE dans l'aromatation ne cesse de croître au dépend des composés aromatiques de synthèse, à côté de dérivés de transformation de fruits, les HE ont vraisemblablement encore une progression pour leur marché (**Bruneton, 1993**).

II.9.2. Alimentation

La plus grande utilisation d'OE dans l'Union européenne (UE) se trouve dans les aliments (comme arômes), les parfums (fragrances et après-rasage) et pharmaceutiques (pour leur fonction propriétés) (**Bauer et Garbe, 1985 ; Van Welie, 1997 ; Van de Braak et Leijten, 1999**). L'usage bien connu d'HE en aromathérapie constitue un peu plus de 2% du marché total (**Van de Braak et Leijten, 1999**). Les composants individuels des HE sont également utilisés comme aliments arômes, soit extraits de matériel végétal, soit fabriqués synthétiquement (**Oosterhaven et al., 1995**).

Les propriétés des huiles essentielles et de leurs composants sont exploitées dans des produits commerciaux aussi divers que les scellants de canal radiculaire dentaire (**Manabe et al., 1987**), les antiseptique (**Bauer et Garbe, 1985; Cox et al., 2000**) et les compléments alimentaires pour les femmes allaitantes .truies et porcelets sevrés (**Van Krimpen et Binnendijk, 2001; Ilsley et al., 2002**).

II.9.3. Parfumerie et cosmétologie

Partout dans le monde les huiles essentielles sont utilisées pour leur parfum. L'exemple le plus notable est celui de l'eau de Cologne dont la formule, mise au point par Jean-Marie Farina au début du 18ème siècle, comportait principalement des huiles

essentielles d'agrumes (fleur d'oranger, cédrat, bergamote) et d'aromates (romarin, thym) complétées par des extraits de fleurs (huiles essentielles de lavande et de rose double, eau de mélisse et extrait de jasmin).

Les huiles essentielles, matières premières par excellence des parfumeurs, sont classées en fonction de leurs odeurs. Ainsi les huiles essentielles de citron, de bergamote ou encore de lavande constitueront la note la plus éphémère, dite note de tête. Des essences fleuries comme celles de rose ou de néroli participeront à l'élaboration de la note de cœur. Enfin, la note de fond, la plus durable des trois, comportera plutôt des essences boisées ou épicées comme le santal ou la cannelle . **(Fernandez, 2012)**.

II. 10.Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Plusieurs méthodes existent pour extraire les huiles essentielles. Elles sont basées principalement sur l'entraînement à la vapeur, l'expression, la solubilité et la volatilité. Le choix de la méthode la mieux adaptée se fait en fonction de plusieurs paramètres tels que la nature de la matière végétale à traiter, des caractéristiques physico-chimiques de l'essence à extraire, et l'usage de l'extrait et l'arôme du départ au cours de l'extraction. Il existe plusieurs méthodes de distillation dont voici les principales :

II.10.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

C'est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des HE (Figure01) Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable. Les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées dans l'essencier, avant d'être séparées en une phase aqueuse (HA) et une phase organique (HE). L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques, évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile. De plus, le parfum de l'HE obtenue est plus délicat et la distillation, régulière et plus rapide, fait que les notes de tête sont riches en esters **(Boukhatem et al., 2019)**.

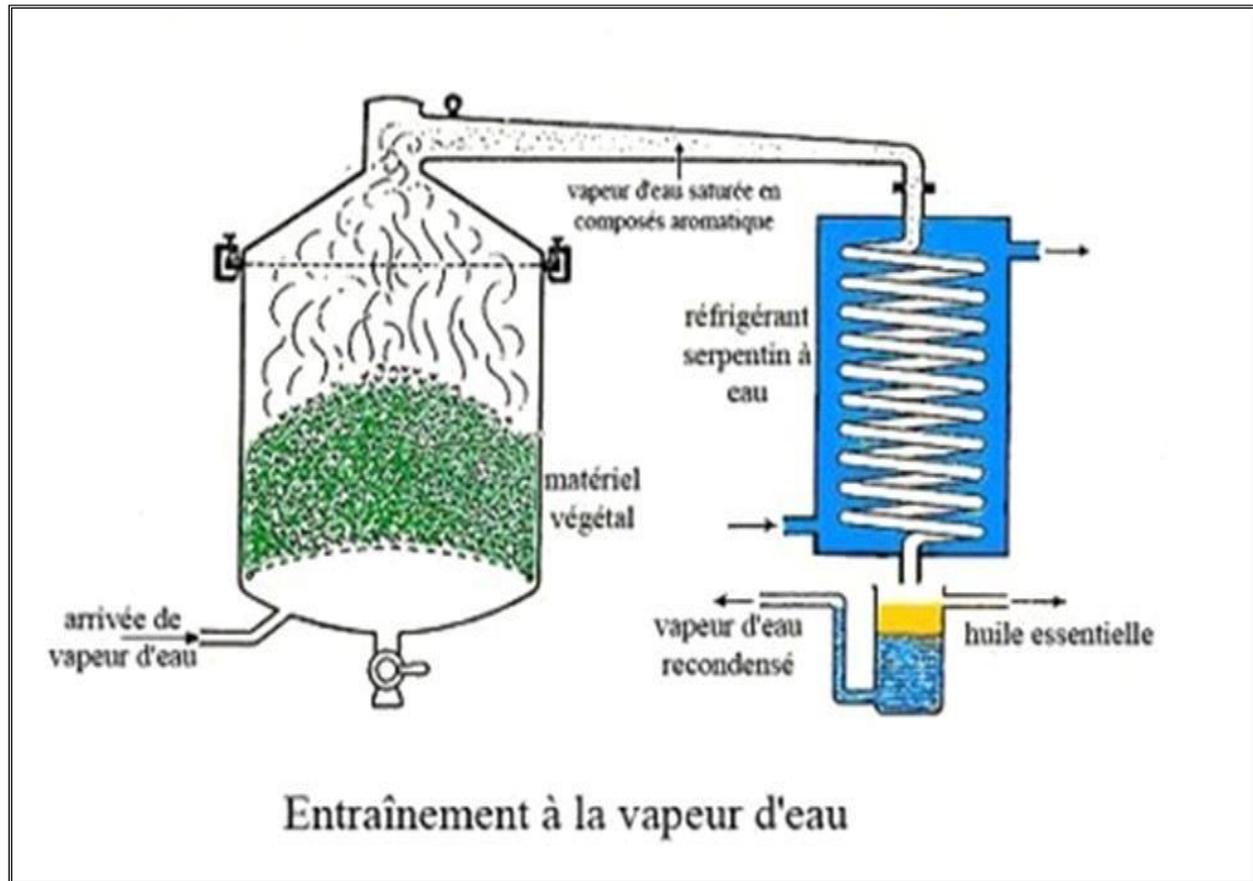


Figure 05 : Extraction des huiles essentielles par Entraînement à la vapeur d'eau
(Beneteaud,2011)

II.10.2.Hydro distillation

C'est un procédé d'extraction parmi les plus anciens, apporté par les Arabes au IX^e siècle. Cette technique est très proche de la distillation à vapeur saturée. La seule grande différence est que la plante aromatique (entière ou broyée) est directement immergée dans un alambic rempli d'eau. Ce mélange est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'HE se sépare de l'eau par différence de densité. On obtient également un hydrolat 110 aromatique. Cette méthode protège les huiles jusqu'à un certain point, dans la mesure où le fluide environnant agit comme barrière contre la surchauffe (Fabre, 2017).

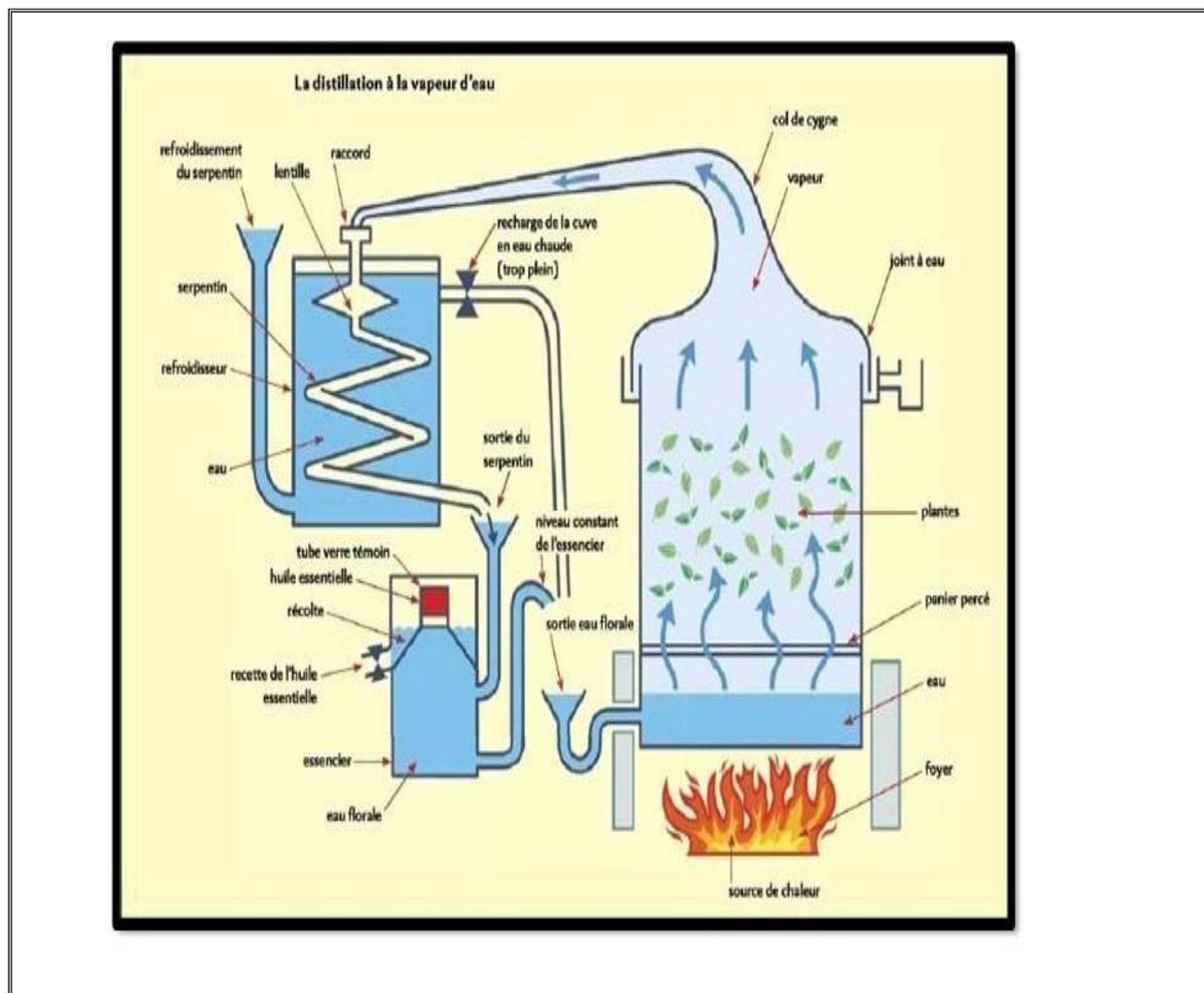


Figure 06 : Extraction des huiles essentielles par hydro distillation (Beneteaud,2011).

II.10.3. Expression à froid

La technique est réservée à l'extraction des essences volatiles contenues dans les péricarpes d'agrumes en déchirant ces dernières par un traitement mécanique. Elle consiste à rompre ou dilacérer les parois des sacs oléifères contenus dans le mésocarpe situé juste sous l'écorce du fruit, l'épicarpe, pour en recueillir le contenu qui n'a subi aucune modification. Les essences de Citrus ont longtemps été extraites manuellement, la mécanisation et l'industrialisation de la technique d'expression à froid ne s'étant effectuées qu'au début du XXe siècle, afin de diminuer les coûts de production et d'améliorer les rendements pour faire face à l'augmentation de la demande. Les systèmes récents, comme la « Food Machinery Corporation-in-line » (FMC), permettent d'extraire le jus de fruit et l'essence de manière quasi-simultanée sans contact des deux. C'est pourquoi l'expression à froid est la méthode de choix pour extraire ces essences, d'autant que la distillation n'est plus une technique très appropriée. En effet, la distillation produit

des huiles aromatiques de moindre qualité principalement due à une présence importante d'aldéhydes, composés sensibles à l'oxydation et à la chaleur (**Belsito et al., 2007**)



Figure 07 : Extraction par expression à froid (**Beneteaud,2011**).

II.10.4. Extraction par fluide à l'état supercritique

L'originalité de la technique d'extraction par fluide supercritique, dite SFE, provient de l'utilisation de solvants dans leur état supercritique, c'est-à-dire dans des conditions de températures et de pressions où le solvant se trouve dans un état intermédiaire aux phases liquide et gazeuse et présente des propriétés physico-chimiques différentes, notamment un pouvoir de solvation accru. Si, en pratique, de nombreux solvants peuvent être employés, 90% des SFE sont réalisées avec le dioxyde de carbone (CO₂), principalement pour des raisons pratiques. En plus de sa facilité d'obtention due à ses pression et température critiques relativement basses, le CO₂ est relativement non toxique, disponible à haute pureté et à faible prix, et il possède l'avantage d'être éliminé aisément de l'extrait. La SFE est une technique dite « verte » utilisant pas ou peu de solvant organique et présentant l'avantage d'être bien plus rapide que les méthodes traditionnelles. Les compositions chimiques des HE ainsi obtenues peuvent présenter des différences, qualitatives et quantitatives, avec celles issues de l'hydrodistillation (**Boukhatem et al., 2019**).

II.10.5. Macération

Des quantités de 10g de fleurs broyées et de tiges finement découpées sont macérées dans 100 mL de deux systèmes de solvants : mélange hydro- alcoolique (Méthanol/eau) (80/20 : v/v) et un mélange hydro acétonique (acétone/eau) (70/30:v/v) pendant 48 h #

température ambiante. Les extraits sont filtrés, et les solvants organiques (Méthanol et Acétone). La phase aqueuse de chaque extrait est recueillie dans un flacon. (**Hamia et al., 2014**)

II.11. Conservation des huiles essentielles

La coacervation est un phénomène colloïdal lié à la séparation de phases, dans lequel une phase liquide riche en colloïde se sépare d'une solution en raison de la réduction de la solubilité par des moyens chimiques ou physiques. La nouvelle phase apparaît sous la forme de gouttelettes liquides, qui finissent par fusionner, formant une couche continue qui précipite formant la paroi de la capsule. A la fin du processus, la paroi durcit et les capsules sont isolées (**Azeredo, 2005 ; Nairn, 1995 ; Timilsena et al., 2019**).

La coacervation a été largement utilisée dans l'industrie alimentaire pour encapsuler des matériaux lipophiles. Cependant, cette technique présente également un fort potentiel d'encapsulation de substances hydrophiles. Un grand nombre de matériaux d'enrobage peuvent être utilisés, tels que la gélatine, l'alginate, l'amidon modifié, les gommages et les protéines (**Comunian et al., 2013 ; Rutz et al., 2016 ; Zuanon et al., 2013**).

Le procédé est fortement recommandé pour l'encapsulation d'huiles essentielles et de composés aromatiques, et peut être adapté pour l'encapsulation de nutriments, de vitamines, de conservateurs et d'enzymes (**Gouin, 2004 ; Junyaprasert et al., 2001 ; Korus et al., 2003**).

Deuxième Partie :

Étude

Expérimentale

Chapitre III :
Matériel et Méthodes

III .Matériel et méthodes

III.1. Présentation des sites d'études

III.1.1. Situation géographique

Le premier lieu d'étude se trouve au niveau de la commune de Ain Mesbah située à 9.4 km de la wilaya de Tiaret (fig.08) .

La wilaya de Tiaret est située à 340 km de la capitale Alger au nord-ouest du pays, sa superficie est 20.200 km² ; la wilaya de Tiaret se présente comme une zone de contact entre le Nord et le Sud. Le territoire de la wilaya est constitué de zones montagneuses au Nord, de hautes plaines au centre et des espaces semi-arides au Sud. Elle s'étend sur un espace délimité entre 0.34° à 2.5° de longitude Est et 34.05° à 35.30° de latitude Nord. La wilaya de Tiaret fait partie de la région des hauts plateaux

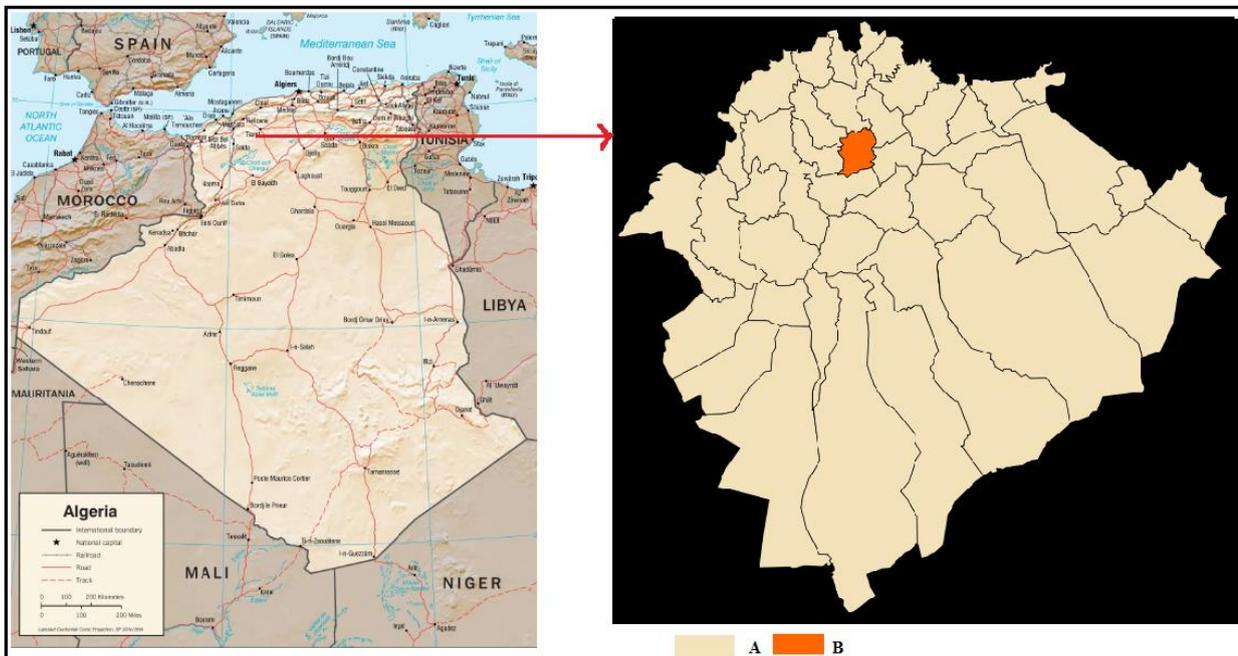


Figure 08 : Site de Ain Mesbah : **A**:Wilaya de Tiaret . **B** :Commune de Tiaret

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d6/Dz_-_14_-_Tiaret.svg/600px-Dz_-_14_-_Tiaret.svg.png?20120727145738

Le deuxième site est situé au niveau de la commune de Frenda. Cette dernière est située dans la partie occidentale de la wilaya de Tiaret, à 50 km au sud-ouest de la ville de Tiaret (fig 09).

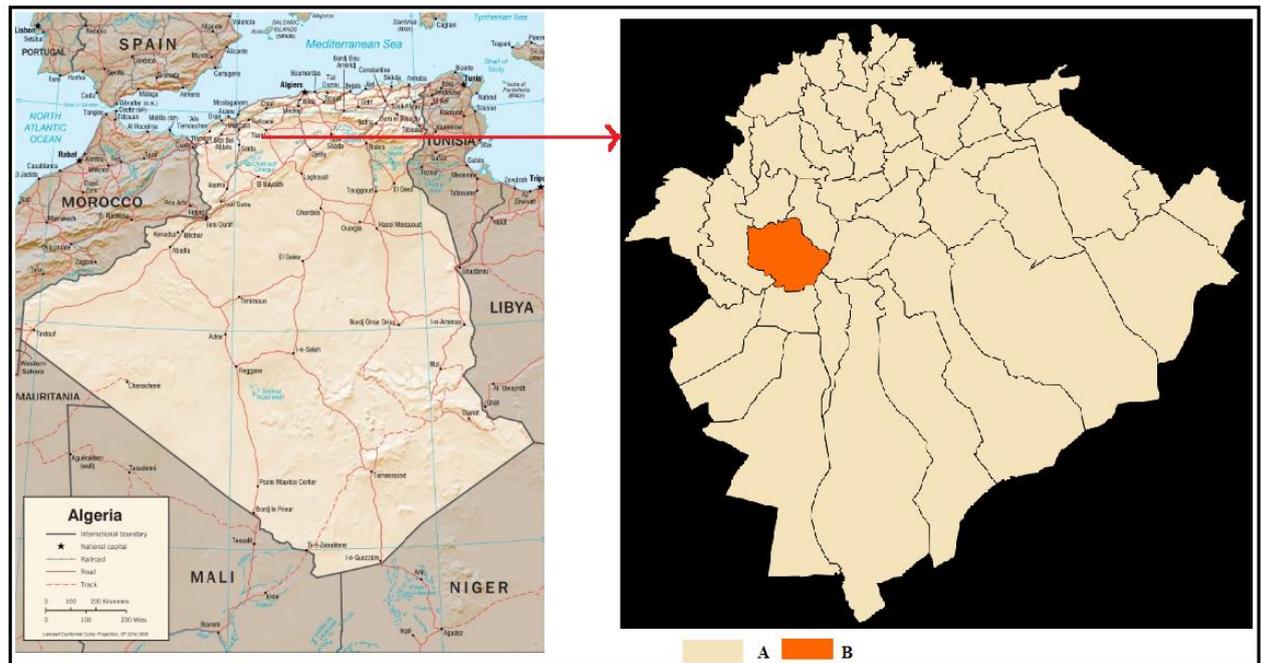


Figure9 : Site de Frenda : **A**:Wilaya de Tiaret . **B** :Commune de Frenda
(https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Dz_-_14__Frenda.svg&lang=fr&uselang=fr)

III.1.1.1. Caractéristiques édaphiques et topographiques

Le site de Ain mesbah Au sud de la commune de Tiaret avec une altitude moyenne de 950 m . Il se caractérise par des sols hétérogènes profonds, généralement à profil argileux, limoneux de très haute valeur agricole(**DCF. Tiaret**).

Les monts de Frenda est un ensemble montagneux d'altitude moyenne 1200m . Le sol de cette région est de type calcaires argileux(**DCF. Tiaret**).

III.1.1.2. Caractéristiques Climatiques

La région de Tiaret se situe entre les isohyètes 250 mm au sud et 600 mm au nord. Elle est caractérisée par un climat continental ; en hiver froid et humide et en été chaud et sec. Les précipitations sont faibles et irrégulières du point de vue répartition et quantité. Elle se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride avec parfois chute de neige, présence de gelées en hiver, et en été présence du vent desséchant (sirocco) (**Station météorologique de Tiaret, 2010**).

Selon le diagramme Ombrothermique de la **station d'Ain Bouchekif (1986-2018)**, la période de sécheresse allant de mi -avril au mi- octobre (6 mois)

. La période de sécheresse de site de Frenda est de 05mois ,allant de mi- avril au mi -septembre , par contre la saison humide commence du octobre jusque avril

III.2. Matériel végétal

La matière végétale utilisée dans ce travail est la partie végétative aérienne (feuilles et tiges) du *Foeniculum vulgare* (Fig.10).



Figure 10: A ; *Foeniculum Vulgare* de site de Ain mesbah ; B ; *FoeniculumVulgare* de site de frenda (Photo Hameurlaine, Bara et Khelifa ,2023)

III.2.1.Préparation de la matière végétale

III.2.1.1. Séchage

Le matériel végétale a été séché dans un endroit couvert et aère à l'abri de l'humidité et de lumière pendant deux semaines.

III.2.1.2. Broyage

Le broyage s'est effectué à l'aide d'un broyeur électrique pour obtenir une poudre fine destinée à la macération .

III.3. Méthode d'extraction par La macération (extraction solide-liquide)

III.3.1. Préparation des extraits aqueux

À partir de broyat obtenu ,20g de la matière végétale a été imprégnée dans 160 ml d'eau distillé puis met en agitation durant 24 heures. La première filtration a été effectuée à travers un papier de wattman. Cette opération est répété deux fois avec renouvellement de l'eau distillé afin d'obtenir un extrait aqueux qui sera séché dans une étuve à 40c⁰ pendant 4 jours consécutifs.

L'extrait sec obtenue a été pesé puis conservé dans un flacon stérile hermétiquement fermé.

III.3.2. Préparation des extraits cétoniques

Le même protocole a été répété avec l'utilisation d'un volume (8 :2) (128ml d'acétone/32 ml d'eau distillé). Ce mélange est renouvelé pour la deuxième opération.



Figure 11: Séchage de *Foeniculum Vulgare* (Photo Hameurlaine, Bara et Khelifa ,2023)



Figure 12: Montage macération employé pour l'extraction de l'huile essentielle (Photo Hameurlaine, Bara et Khelifa ,2023)

III.4. Conservation d'huile essentielle

Les extraits secs obtenus sont conservés dans des boîtes de petri bien fermées et recouvertes avec papier d'aluminium.

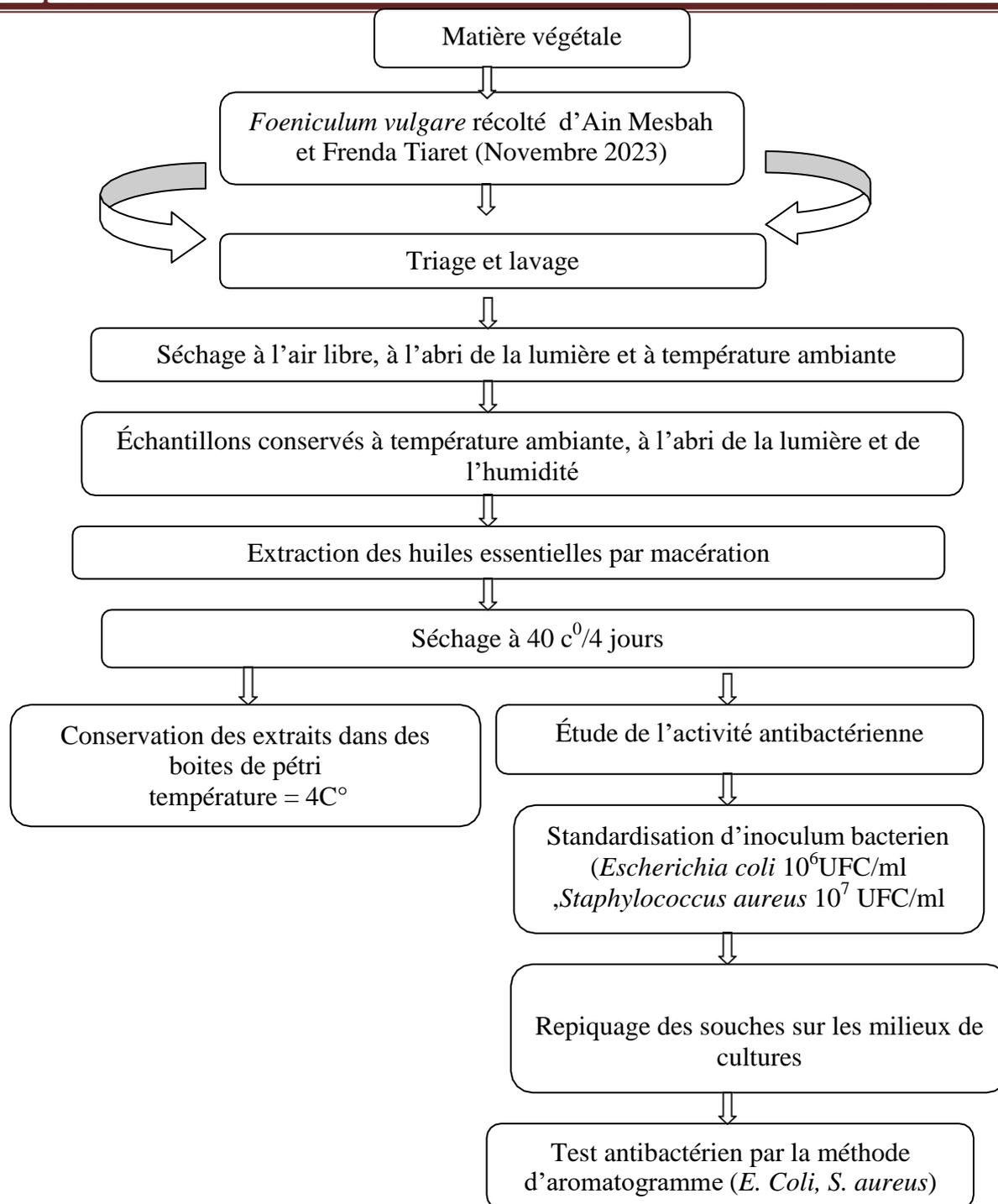


Figure 13: Schéma du protocole expérimental

III.5. Rendement d'extraction

Le rendement désigne la masse de l'extrait déterminée après évaporation du solvant, il est exprimé en pourcentage par rapport à la masse initiale de la plante soumise à l'extraction. Les rendements des extractions (méthanolique, hexane, acétate d'éthyle) sont calculés suivants la formule ci-dessous (Boubekri, 2014)

$$R\% = (Me/Mé) * 100$$

R% : rendement en pourcentage.

Me : masse de l'extrait sec en gramme.

Mé : masse de l'échantillon en gramme.

III.6. Étude de l'activité antibactérienne

III.6.1. Souches bactériennes étudiées

Le choix des bactéries a été porté sur deux souches isolées et qui sont fréquentés en pathologie animale et humaine. Ces espèces sont souvent connues par leurs résistances naturelles à divers agents antimicrobiens. Nous avons sélectionné deux groupes de bactéries références:

Des bactéries Gram négatif : *Escherichia Coli* ATCC (8739) représentant les bactéries thermo tolérantes .Des bactéries Gram positif : *Staphylococcies aureus*. ATCC (43300). Ces bactéries pathogènes sont connues pour leur forte antibiorésistance et leur pouvoir invasif et toxique chez l'homme. Les deux souches bactériennes étudiées sont fournis par le laboratoire de Microbiologie de la faculté SNV de L'université de Tiaret.

III.6.2. Méthode de diffusion en milieu gélosé

L'activité antibactérienne des différents extraits végétaux est évaluée par la méthode de diffusion en milieu gélosé telle que décrite par **Bauer et al., (1966)** et reprise par **Barry et al. (1985)**. A partir de colonies jeunes de 18 à 24 h, une suspension bactérienne est réalisée dans l'eau distillée stérile pour chaque souche. La turbidité de cette suspension est ajustée à 0,5 Mc Farland puis diluée au 1/100. On obtient alors un inoculum estimé à 10⁶ unités formant colonie par millilitre (ufc/ml). Cet inoculum estensemencé par inondation sur des boîtes de Pétri contenant la gélose Mueller-Hinton (**SFM, 2008**). Les disques imprégnés des différents extraits et fractions sont ensuite délicatement déposés à la surface de la gélose. Il en est de même pour les disques de ciprofloxacine. Les boîtes de Pétri sont d'abord laissées pendant 1h à la température ambiante pour une pré-diffusion des substances, avant d'être incubées à 37°C à l'étuve pendant 24 h (**Adesokan et al., 2007**). L'activité antibactérienne est déterminée en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque (**Doughari et al., 2007**).

III.633.Préparation de l'inoculum

Afin de préparer des suspensions bactériennes de chaque espèce utilisées *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*, nous avons prélevé deux ou trois colonies pures et bien isolées à l'aide d'une pipette pasteur puis nous avons les trempé dans un tube contenant 5 ml de Milieu Macfarland.

III.634.Test du pouvoir inhibiteur bactérien (Aromatogramme)

L'aromatogramme est la méthode de diffusion très utilisée en microbiologie (antibiogramme), repose sur la diffusion du composé antimicrobien en milieu solide. L'effet du produit antimicrobien sur la cible est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition, et en fonction du diamètre d'inhibition.

la souche bactérienne sera qualifiée comme, sensible, intermédiaire ou résistante (**Broadasky et al., 1976**)

Pour tester le pouvoir inhibiteur des extraits obtenus(aqueux et acétoniques) ,Nous avons déposé sur l'inoculum des disques en papier Whatman (6mm de diamètre) stérile et imbibés par différentes concentrations (50ul, 75ul, 100ul)de nos extraits dilues de *Foeniculum vulgare* de deux sites étudiés . Les boîtes de pétri sont incubées à 37°C pendant 24 heures.

III.635.Mésure des zones d'inhibitions

Les diamètres d'inhibitions sont mesurés en millimètre à l'aide d'une règle .La sensibilité des bactéries cibles envers les différents extraits est classée selon les diamètres des halos d'inhibition détermenes comme indiqué **Ponce (2003)** : $\emptyset < 8$ mm: bactérie non sensible ou résistante; $9 < \emptyset < 14$ mm: bactérie sensible ou intermédiaire; $15 < \emptyset < 19$ mm: bactérie très sensible et $\emptyset > 20$ mm: bactérie extrêmement sensible.

Chapitre IV :

Résultats et

Discussion

IV. Résultats et discussion

IV.1. Calcul de Rendement d'extraction

Le rendement en huile essentielle exprimé en pourcentage, et il est calculé par la formule suivante.

$$\text{Rd \%} = (m1/m0) * 100$$

IV.1.1. Rendement en extraits aqueux

IV.1.1.1. Rendement en extraits aqueux de *Foeniculum vulgare* de site de Frenda

$$m0 = 20\text{g}$$

$$m1 = 2.411\text{ g}$$

$$\text{Rd} = 2.441 / 20 \times 100 = 12.05\%$$

IV.1.1.2. Rendement en extraits aqueux de *Foeniculum vulgare* de site de Ain mesbah

$$m0 = 20\text{g}$$

$$m1 = 2.065\text{ g}$$

$$\text{Rd} = 2.065 / 20 \times 100 = 10.325\%$$

IV.1.2. Rendement en extraits acétoniques

IV.1.2.1. Rendement en extraits acétoniques de *Foeniculum vulgare* de site de Frenda

$$m0 = 20\text{g}$$

$$m1 = 2.241\text{g}$$

$$\text{Rd} = 2.241 / 20 \times 100 = 11.205\%$$

IV.1.2.2. Rendement en extraits acétoniques de *Foeniculum vulgare* de site de Ain mesbah

$$m0 = 20\text{g}$$

$$m1 = 1.527\text{g}$$

$$\text{Rd} = 1.527 / 20 \times 100 = 7.635\%$$

Le calcul du rendement en extraits aqueux et acétoniques à partir de *Foeniculum vulgare* de Frenda donné respectivement 12.05%, 11.205 % et 10.325%, 7.635% pour le Fenouil de site de Ain mesbah (fig54,55)

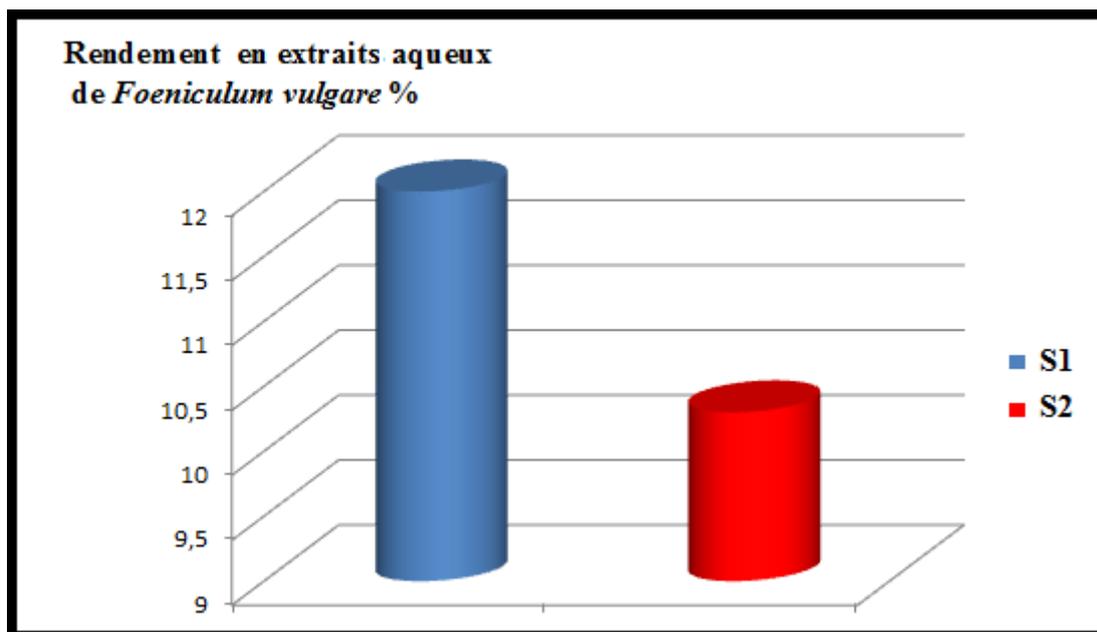


Figure 14 : Rendement en extraits aqueux de *Foeniculum vulgare* ; S1 : site de Frenda; S2: site de Ain mesbah

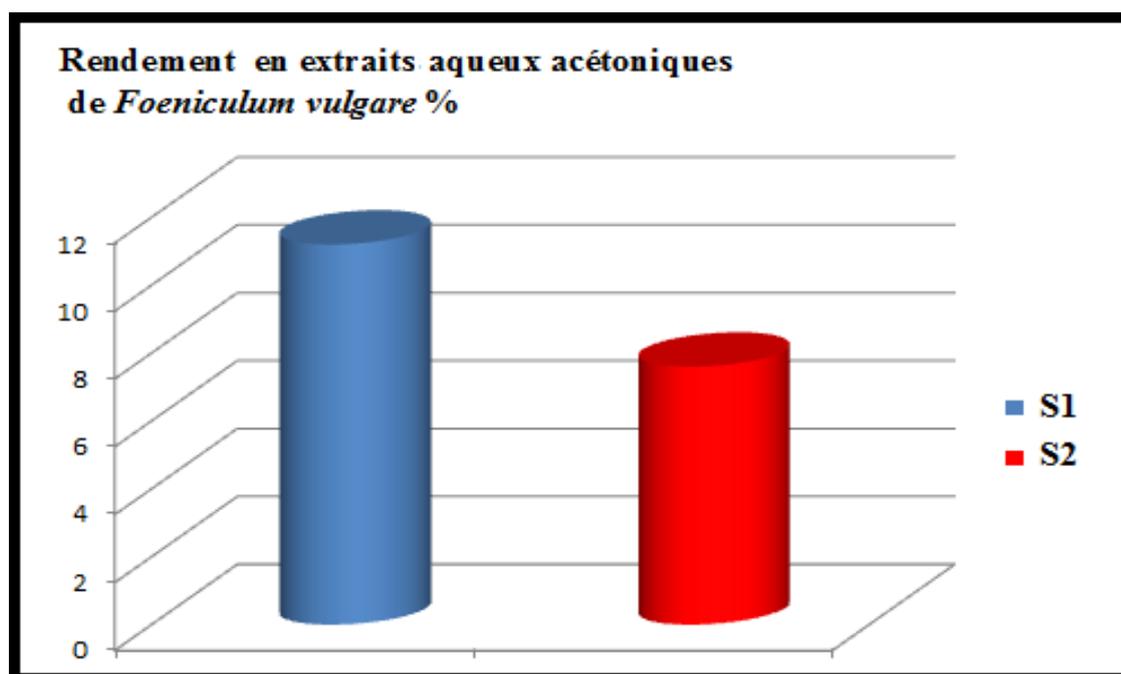


Figure15 : Rendement en extraits acétonique de *Foeniculum vulgare* ; S1 : site de Frenda; S2: site de Ain mesbah



Figure 16 : Extraits secs après séchage (Photo Hameurlaine, Bara et Khelifa ,2023)

IV.2 .Comparaison des caractéristiques organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques (couleur, odeur et aspect) des extraits acétoniques de de fenouil deux sites étudiés sont regroupées dans le tableau 01.

Tableau 01: Les caractéristiques organoleptiques de l'HE de *Foeniculum vulgare* de deux sites étudiée

Les régions	Aspect	Couleur	Odeur
	Liquide mobile, limpide	Presque incolore à jaune pâle	plus ou moins camphrée selon l'origine
<i>Foeniculum vulgare</i> de Ain mesbah	Liquide mobile, limpide	Vert très foncé	Très Camphrée
<i>Foeniculum vulgare</i> de frenda	Liquide mobile, limpide	Vert très claire	Camphrée

On peut expliquer ces différences de rendement en extraits aqueux , acétoniques et de caractères organoleptiques par la variabilité des conditions écologiques de deux sites d'étude, à savoir ,les conditions climatiques édaphiques et topographiques . Ainsi, les monts de Frenda ont une altitude moyenne de 1200 m et le sol rencontré au niveau de cette région est de nature argileux calcaire. Cependant le site de Ain mesbah il est à 950m et un sol de type argileux, limoneux

IV.3. L'activité antibactérienne des huiles essentielles

Tableau 02: Diamètres des halos d'inhibition de *Echerichia coli* et *Staphylocoqus aureus* par l'effet des extraits aqueux de *Foeniculum vulgare*

Site	Ain Mesbah		Frenda	
Bactéries	<i>Echerichia coli</i>	<i>Staphylocoqus aureus</i>	<i>Echerichia coli</i>	<i>Staphylocoqus aureus</i>
Quantité des extraits aqueux	50µL	50µL	50µL	50µL
Diamètres des HI	00mm	00mm	00mm	00mm

Tableau 03: Diamètres des halos d'inhibition de *Echerichia coli* et *Staphylocoqus aureus* par l'effet des extraits acétoniques de *Foeniculum vulgare*

Site	Ain Mesbah		Frenda	
bactéries	<i>Echerichia coli</i>	<i>Staphylocoqus aureus</i>	<i>Echerichia coli</i>	<i>Staphylocoqus aureus</i>
Quantité des extraits aqueux	50µL	50µL	50µL	50µL
Diamètres des HI	14mm	17mm	15mm	23mm

Selon le résultat indiqué au niveau du tableau 02 les extraits aqueux et des feuilles et des tiges de *Foeniculum vulgare* de deux sites Ain Mesbah et frenda n'ont présenté aucun pouvoir inhibiteur bactérien . Cependant que les extraits acétoniques de la même espèce ont manifesté une activité antibactérienne très importante .En effet)tableau 03(, les diamètres d'inhibition de *Echerichia coli* et *Staphylococcus aureus* étaient respectivement 14mm et 17mm généré par les extraits acétoniques de *Foeniculum vulgare* de Ain Mesbah (fig.17). et 15mm, 23mm produits pour le deuxième site (frenda) (fig.18).

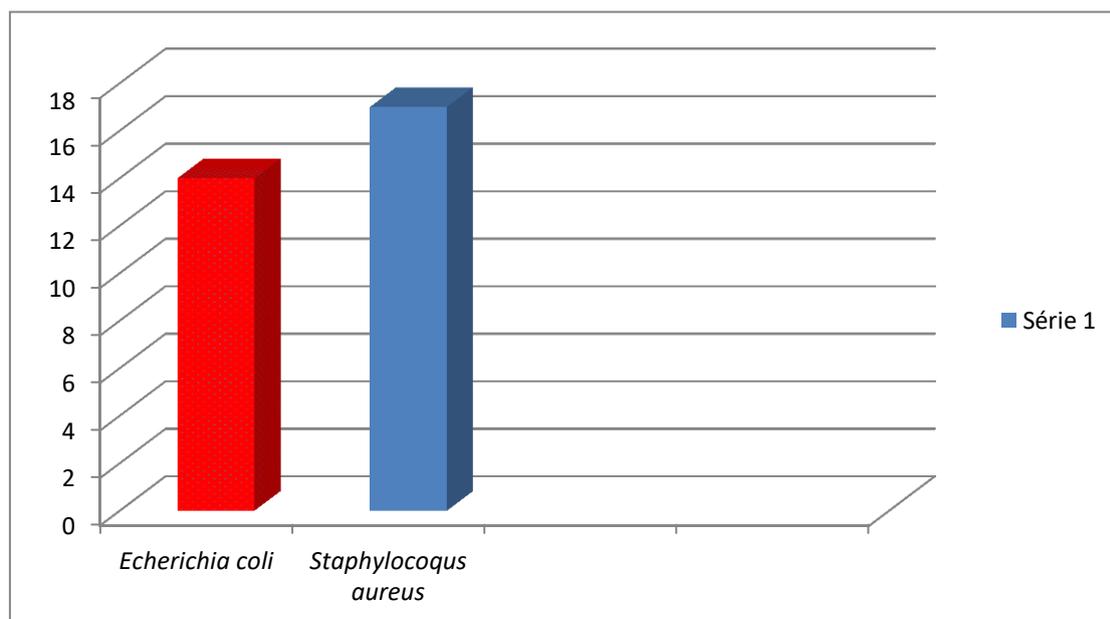


Figure 17 : Diamètres des halos d'inhibition de *Echerichia coli* et *Staphylocoqus aureus* (*Foeniculum vulgare* de Ain masbah)

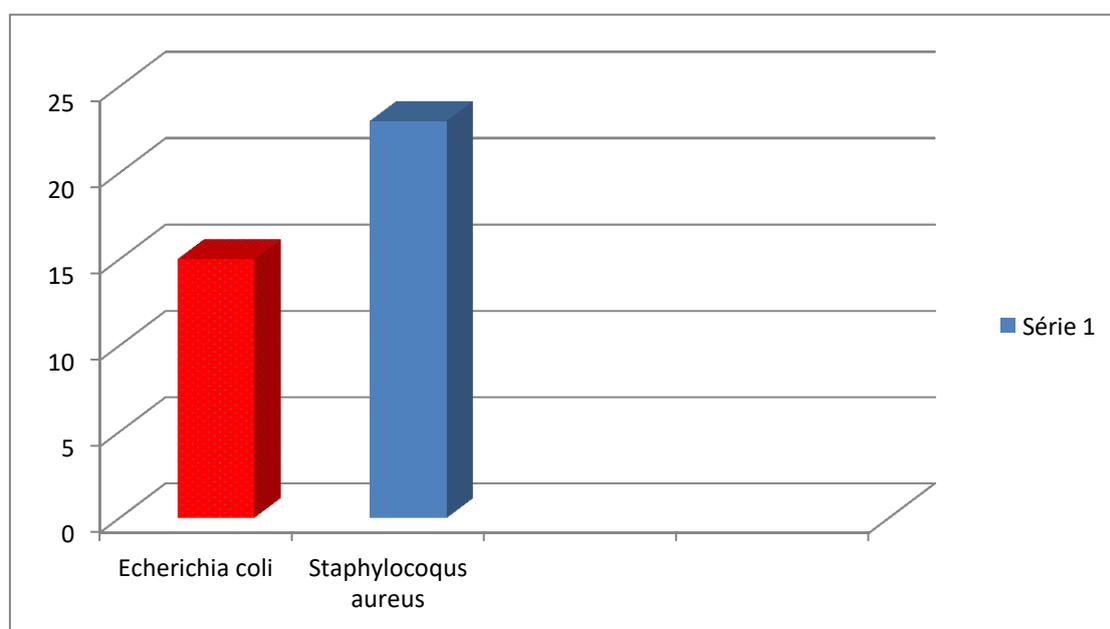


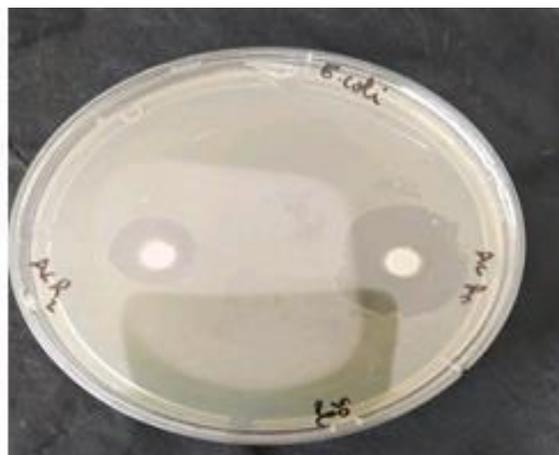
Figure 18 : Diamètres des halos d'inhibition de *Echerichia coli* et *Staphylocoqus Aureus* (*Foeniculum vulgare* de frenda)

Nous avons constaté que l'huile essentielle *Foeniculum vulgare* de Ain Mesbah a généré des zones d'inhibition des bactéries plus importantes que ceux mesurées pour les échantillons de la même plante, mais de la région de frenda.

Plusieurs auteurs concordent que le pouvoir inhibiteur des huiles essentielles généralement est expliqué par l'interaction moléculaire des groupements fonctionnels des composants des HE avec la paroi des bactéries. Il s'agit des interactions moléculaire des

groupements fonctionnels des composants des HE avec la paroi des bactéries ce qui déforme leurs structures.

Les extraits de deux écotypes de fenouil ont révélé une activité bactéricide très élevé contre les bactéries Gram+ que pour les bactéries Gram.



A .Milieu aqueux (Photo originale2023)

B. Milieu acétonique (Photo originale2023)

Figure 19 : Diamètres des zones d'inhibition d'*Echerichia coli* (Photo Hameurlaine, Bara et Khelifa ,2023)



B. Mileux acétonique (Photo originale2023)

A. Mileux aqueux (Photo originale2023)

Figure 20 : Diamètres des zones d'inhibitions de *Staphylococcus aureus* (Photo Hameurlaine, Bara et Khelifa ,2023)

Foeniculum vulgare Mill est utilisé pour traiter plusieurs maladies fongiques, bactériennes, maladies infectieuses virales et mycobactériennes (B. L. Dusko, 2006). *F. vulgare* a des propriétés antibactériennes activité due à des composés tels que l'acide linoléique, l'undécanoal, le 1,3-benzènediol, l'acide oléique, et 2,4-undécadiényle. *F. vulgare* contient de la 5-hydroxy-furanocoumarine qui joue un rôle important dans l'activité antibactérienne de cette plante (Esquivel-Ferriño PC, 2012). Extrait aqueux de *F. vulgare* montre une activité bactéricide contre *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium* et *Shigella flexneri* (I. Parejo, O,2004). L'essence de *F. vulgare* a montré une très forte activité antibactérienne contre les agents pathogènes dans les aliments tels que *Escherichia coli*. (Pushplata pushkar,2022)

Conclusion

Conclusion

Le travail présenté dans ce mémoire a contribué à la valorisation d'une plante médicinale et aromatique. Il s'agit du *Foeniculum vulgare*. La plante étudiée a été récoltée à partir de deux sites Ain Mesbah et Freneda appartenant tous deux à la région de Tiaret.

L'extraction des huiles essentielles par la méthode de macération a montré que le rendement en huile essentielle extraite à partir de *Foeniculum vulgare* de la région de Ain Mesbah était 12.055%, ce qui est le plus élevé par rapport à celui de Freneda (10.325%). On considère cette différence de rendement entre les différents écotypes comme une variabilité intra-spécifique du rendement en huile essentielle. Cette variabilité peut être attribuée aux variations des facteurs écologiques et aux facteurs génétiques des individus.

L'étude de l'activité antibactérienne des extraits acétoniques de *Foeniculum vulgare* de deux zones d'étude a donné des halos d'inhibition de *Staphylococcus aureus* (Gram+) supérieurs à ceux de *Escherichia coli*.

Cette étude nous permet de constater que ces extraits peuvent être utilisés dans différents domaines comme la synthèse des produits pesticides, fongicides, herbicides, pharmaceutique, cosmétiques et dans l'industrie agroalimentaire.

Cette étude devrait être complétée par d'autres études pour déterminer la composition chimique des extraits et de tester leur pouvoir biologique sur d'autres espèces bactériennes et fongiques ainsi que les insectes présentant des menaces sur nos cultures maraichères, céréales ou des arbres fruitiers.

Références Bibliographiques

1. **. Arzoo, 2017 .** Arzoo, Parle Milind. Fennel: A Brief Review. Eur J Pharm Med Res., 2017; 4(2): 668–75.
2. **.Andrew C, 2016.** Andrew C. Encyclopaedia of Herbal Medicine. 3rd ed. New York: DK Publishing, 2016; 212.
3. **.Al-Snafi, 2018.** The chemical constituents and pharmacological effects of *Foeniculum vulgare* - A review.
4. **3Azeredo, 2005**H.M.C. AzeredoEncapsulação: aplicação à tecnologia de alimentosAlimentos e Nutrição, 16 (1) (2005), pp. 89-97Nairm, 1995J..G. Nairm Coacervation-phase separation technologyAdv. Pharm. Sci., 7 (C) (1995), pp. 93-219.
5. **3Bauer, K., Garbe, D., 1985.** Common Fragrance and Flavor Materials. Preparation, Properties and Uses. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, p. 213.
6. **.Badiaga, M. 2011.** Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand.
7. **.Baba Aissa F. 1999.** Encyclopédie des plantes utiles (Flore d'Algérie et du Maghreb). Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident, Ed. Edas, 178 p.
8. **.Badgujar S. B., Patel V. V. et Bandivdekar A. H. (2014).** *Foeniculum vulgare* Mill.: A Review of its botany, phytochemistry, pharmacology, contemporary application, and toxicology. BioMed Research International. Vol. 2014. Article ID 842674. 32 p.
9. **.Bonnier, G. (1920).** Genre: *Anethum Aneth*. In: Flare complète illustrée en couleurs de France, Suisse et Belgique, Tome 1.
10. **3 Bul letin de la Société Botanique du Centre-Ouest - Nouvelle Série - Numéro spécial - 28 – 2007. Jean-Pierre R EDURON : Ombellifères de France - Tome..**
11. **. Bakhru H. K. (1990).** Herbs that heal: Natural remedies for good health. Orient Paperbacks. New Delhi. 240 p.
12. **3 Bruneton , J.(1993).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 2eme edition, Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 915 p.
13. **3 Bruneton J (1999).** Bruneton J –Pharmacognosie. Phytochimie, Plantes médicinales|| 3e éd., Lavoisier Tec & Doc, Paris 1999 .

14. **3 Boukhatem Mohamed Nadjib, FERHAT Amine et KAMELI Abdelkrim (2019).** méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : revue de littérature.
15. **3 Belsito, E. L., Carbone, C., Di Gioia, M. L., Leggio, A., Liguori, A., Perri, F., & Viscomi, M. C. (2007).** Comparison of the volatile constituents in cold-pressed bergamot oil and a volatile oil isolated by vacuum distillation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7847-7851.
16. **3 Bolou G.E.K1. (2011).** Évaluation in vitro de l'activité antibactérienne des extraits de *Terminalia glaucescens* planch. sur *Salmonella typhi* et *Salmonella typhimurium* .PP 777.
17. **3B. L. Dusko,2006** L. Comi c, and S. Soluji ´ c-Sukdolak, –Antibacterial ´ activity of some plants from family Apiaceae in relation to selected phytopathogenic bacteria,| Kragujevac Journal of Science, vol. 28, pp. 65–72, 2006.
18. **. Chingova, B. (1967).** Etudes de quelques particularités morphologiques et économiques du fenouil. *Rastenievod, Rauk. Bolg* 4(10), 23-28.
19. **3 Christine F. Carson and Katherine A. Hammer. (2011).** Chemistry and Bioactivity of Essential Oils.
20. **3 Chahrazed Hamiaa,*, Amel Guergaba , Nour elhouda Rennanea , Meriem Birachea, Meriem Haddad a , Mokhtar Saidib et Mohamed Yousefi(2014).** Influence des solvants sur le contenu en composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits du *Rhanterium adpressiu*.
21. **3Comunian et al., 2013**T.A. Comunian, M. Thomazini, A.J.G. Alves, F.E. de Matos Junior, J.C. de Carvalho Balieiro, C.S. Favaro-TrindadeMicroencapsulation of ascorbic acid by complex coacervation: Protection and controlled release *Food Res. Int.*, 52 (1) (2013), pp. 373-379.
22. **3 Desmarest, P. (1978).** Bew aspects of fennel cultivation in France. *Acta Horticulturae* 73,289-295.
23. **3 Dheebisha, C., Vishwanath, Y.C. (2020).** Advances in cultivation of fennel. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 9(2), 1295-1300.
24. **3 Douglas Rodrigues Reis a, Alan Ambrosi a, Marco Di Luccio (2022).** Encapsulated essential oils: A perspective in food preservation . 100126.

25. **3Esquivel-Ferriño PC**, Favela-Hernández MJJ, GarzaGonzález E, Waksman N, Ríos
 26. MY, Camacho-Corona MdR. Antimycobacterial activity of constituents from
Foeniculum vulgare var. dulce grown in Mexico. *Molecules* 2012; 17(7): 8471-82.
27. **3 Fabre Nicolas.(2017)**. conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes
 en officine pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. thèse pour l'obtention
 du diplôme de doctorat. université paul sabatier toulouse iii
28. . **Ferhat Z. , Houacine S. et Yessad M.2018**. Huiles essentielles de *Laurus nobilis* L.
 et de *Foeniculum vulgare* Mill : Composition chimique et activités antimicrobienne et
 antioxydante Algerian Annals of Agronomy – ex. Annales de l'Institut National
 Agronomique El-Harrach – Vol 30 : 19-30
29. **3Gouin, 2004S**. Gouin Microencapsulation: Industrial appraisal of existing
 technologies and trends *Trends Food Sci. Technol.*, 15 (7–8) (2004), pp. 330-347
30. . **Hamiduddin et al, 2020**. BADIYAN (FOENICULUM VULGARE MILL.): AN
 IMPORTANT DRUG OF UNANI SYSTEM OF MEDICINE .Article in EUROPEAN
 JOURNAL OF PHARMACEUTICAL AND MEDICAL RESEARCH · June 2020.
31. **3 Hakim et al., 2019 . 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.
32. **3 H. A. Lazouni*, A. Benmansour, D. Chabane Sari et M. Dj. E. Smahi .** Valeurs
 nutritives et toxicité du foeniculum vulgare miller .*Afrique SCIENCE 02(1) (2006) 94
 – 101*).
33. **.I. Parejo, O. Jauregui, F. Sanchez-Rabameda, F. Viladomat, J. Bastida, and C.
 Codina,** -Separation and characterization of phenolic compounds in fennel
 (*Foeniculum vulgare*) using liquid chromatography-negative electrospray ionization
 tandem mass spectrometry, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, no.
 12, pp. 3679–3687, 2004.
34. **3 Jamal Eddine M., (2010)**. Extraction et caractérisation de la Composition des Huiles
 Essentielles de *Juniperus phoenicea* et *Juniperus oxycedrus* du Moyen Atlas, Thèse de
 Master en Sciences et Techniques, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Algérie.
 22p.
35. **3Junyaprasert et al.,2001V.B.** Junyaprasert, A. Mitrevej, N. Sinchaipanid, P. Boonme,
 D.E. Wurster Effect of process variables on the microencapsulation of vitamin A

- palmitate by gelatin-acacia coacervation Drug Dev. Ind. Pharm., 27 (6) (2001), pp. 561-566.
36. **3 Kushwah et al., 2016 . 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.
 37. **. Kaur, G.J. and Arora, D.S. (2010).** Bioactive potential of Anethum graveolens, Foeniculum vulgare and Trachyspermum ammi belonging to the family Umbelliferae - Current status. Journal of Medicinal Plant Research 4(2), 87- 94.
 38. **3Korus, Tomasik and Lii2003**J. Korus, P. Tomasik, C.Y. Lii Microcapsules from starch granules J. Microencapsulation, 20 (1) (2003), pp. 47-56
 39. **3 Marie-Laure Fauconnier,20213** Les huiles essentielles : applications en agronomie. European Hub on New Challenges in the Field of Essential Oils – EOHUB
 40. **. Muckensturm B, Foechterlen D, Reduron J-P, Danton P, Hildenbrand M. 1997.** Phytochemical and chemotaxonomic studies of dioxide extraction of Foeniculum vulgare volatile oil. Flavour and Fragrance Journal, 18, 316-319.
 41. **.Mímica-Dukić N, Kujundžić S, Soković M, Couladis M. 2003.** Essential oil composition and antifungal activity of Foeniculum vulgare Mill. obtained by different distillation conditions. Phytotherapy Research, 17, 368-371
 42. **3Manabe, A., Nakayama, S., Sakamoto, K., 1987.** Effects of essential oils on erythrocytes and hepatocytes from rats and dipalitoyl phophatidylcholine-liposomes. Japanese Journal of Pharmacology 44, 77 – 84.
 43. **.Neetu S Jamwal*, Sunil Kumar, A.C Rana .** PHYTOCHEMICAL AND PHARMACOLOGICAL REVIEW ON *FOENICULUM VULGARE*. Vol - 4, Issue - 3, Apr-Jul 2013
 44. **3Ouis, N. (2015).** Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, des fenouils et de persil. Diss. Thèse de doctorat, Université Ahmed Ben Bella-Oran, Alger.
 45. **. Oktay M, Gülçin I, Küfrevioğlu ÖI. 2003.** Determination of in vitro antioxidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts. LWT-Food Science and Technology, 36, 263-271.
 46. **. Özcan M, Chalchat JC. 2006.** Effect of collection time on chemical composition on the essential oil of *Foeniculum vulgare* subsp. *piperitum* growing wild in Turkey. European Food Research and Technology, 224, 279-281.

47. **3Oosterhaven, K., Poolman, B., Smid, E.J., 1995.** S-carvone as a natural potato sprout inhibiting, fungistatic and bacteristatic compound. *Industrial Crops and Products* 4, 23 – 31.
48. **3Petra Borotová. (2021).** Biological activity of essential oil from *Foeniculum vulgare*. *Acta hort regiotec*, 24, 2021(2): 148–152 .p– 150
49. **3Pushplata pushkar,20223** Medical Writer, www.medicalwriter247.org India. *Foeniculum vulgare: A Review of Its Botany, Phytochemistry, Pharmacology, Traditional uses, Environmental Application, And Toxicology.*
50. **3 R.S. Meena ,2019.** *Foeniculum vulgare: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety.* Peer review under responsibility of King Saud University. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2012.04.011>.
51. **3Rutz et al., 2016.**J.K. Rutz, C..D. Borges, R.C. Zambiasi, C.G. Da Rosa, M.M. Da SilvaElaboration of microparticles of carotenoids from natural and synthetic sources for applications in food *Food Chem.*, 202 (2016), pp. 324-333.
52. **3 Saliou NGOM* (1), Fatou Dieng FAYE (2), Moussoukhoye DIOP (2012).** Composition chimique et propriétés physico-chimiques des huiles essentielles d’*Ocimum basilicum* et d’*Hyptis suaveolens* (L.) Poit. récoltés dans la région de Dakar au Sénégal. p. 166 – 175.
53. **. Shamkant B. Badgujar, Vainav V. Patel, and Atmaram H. Bandivdekar .** *Review Article Foeniculum vulgare* Mill: A Review of Its Botany, Phytochemistry, Pharmacology, Contemporary Application, and Toxicology. Volume 2014, Article ID 842674, 32 pages.
54. **3Skocibu ˇ siř C, M. and Bezi ´ C, N. (2004)** Phytochemical analysis and in vitro antimicrobial activity ´ of two *Satureja* species essential oils. *Phytother. Res.*, 18, 967–970
55. **3Smith-Palmer, A., Stewart, J., Fyfe, L., 1998.** Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. *Letters in Food Microbiology* 26, 118 – 122.
56. **3Sara Burt*(2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review.p225.
57. **3Van de Braak, S.A.A.J., Leijten, G.C.J.J., 1999.** *Essential Oils and Oleoresins: A Survey in the Netherlands and other Major Markets in the European Union.* CBI, Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries, Rotterdam, p. 116.
58. **3Van Krimpen, M.M., Binnendijk, G.P., 2001.** RopadiarR as alter252 S. Burt / *International Journal of Food Microbiology* 94 (2004) 223–253 native for antimicrobial growth promoter in diets of weanling pigs. *Lelystad, Praktijkonderzoek Veehouderij*, May 2001. ISSN 0169-3689, p. 14.
59. **3 Wahba, H.E., Ibrahim, M.E., and Mohamed, M.A.(2018).** Comparative Studies of the Constituents of Fennel Essential Oils extracted from Leaves and Seeds with Those Extracted from Waste Plants after Harvest. *Journal of Materials and Environmental Science* 9(7), 2174-2179.

60. **3 Wesam Kooti1, Maryam Moradi1, Sara Ali-Akbari1, Naim Sharafi-Ahvazi1, Majid Asadi-Samani, Damoon Ashtary-Larky.** Therapeutic and pharmacological potential of *Foeniculum vulgare* Mill: a review://w ww.herbmedpharmacol.com. Journal of HerbMed Pharmacology, Volume 4, Number 1, January 2015.
61. . **Yaldiz G. et Camlica M. (2019).** Variation in the fruit phytochemical and mineral composition, and phenolic content and antioxidant activity of the fruit extracts of different fennel (*Foeniculum vulgare* L.) genotypes. Industrial Crops & Products. Vol. 142. 111852.
62. **3 Zahid, N. Y., N. A. Abbasi, I. A. Hafiz, and Z. Ahmad. 2009.** Genetic diversity of indigenous fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) germplasm in Pakistan assessed by rapid markers. *Pakistan Journal of Botany*, 41(4): 1759–1767.
63. **3Zuanon,MalacridaandTelis,2013.**L.A.C. Zuanon, C..R. Malacrida, V.R.N. TelisProduction of Turmeric Oleoresin Microcapsules by Complex Coacervation with Gelatin-Gum ArabicJ. Food Process Eng., 36 (3) (2013), pp. 364-373.
64. **3 Zoubiri S., Baaliouamer A., Seba N. et Chamouni N. (2014).** Chemical composition and larvicidal activity of Algerian *Foeniculum vulgare* seed essential oil. Arab. J. Chem. Vol. 7. p. 480-485.