

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De L'Enseignement Supérieur Et De La Recherche
Scientifique



Université Larbi Ben M'hidi Oum El -Bouaghi
Faculté Des Sciences Exacte Et Sciences De La Nature Et De La Vie
Département De Sciences De La Nature Et De La Vie

Thèse De Doctorat

Pour L'obtention Du Diplôme De Doctorat 3^{ème} Cycle En Biologie

Spécialité : Biologie agro-sciences des zones semi arides

Option : Végétale

THÈME :

**Composition chimique et activités biologiques des huiles
essentielles d'*Elaeosilenium thapsioides* (Desf.) Maire et du
Turgenia latifolia (L.) Hoffm.**

Présentée par :

BARBECHE ZAKARIA

Soutenue le 01/06/2022

Devant le Jury :

Zellagui Amar	Professeur	Univ.Larbi Ben M'hidi Oeb	Président
Laouer Hocine	Professeur	Univ.Ferhat Abbas Sétif 1	Directeur De Thèse
Erenler Ramazan	Proesseur	Univ.Gasiosmanepaşa, Tokat Turquie	Co-directeur De Thèse
Darouiche Kamel	Dr	Univ.Larbi Ben M'hidi Oeb	Examineur
Akkal Salah	Professeur	Univ.des frères Mentouri constantine 1	Examineur
Gherraf Noureddine	Professeur	Univ.Larbi Ben M'hidi Oeb	Examineur

Laboratoire de valorisation des Ressources Biologiques Naturelles (VRBN)

Année 2021-2022

REMERCIEMENT
&
DEDICACE

REMERCIEMENT

Mes premiers remerciements s'adressent à Dieu le tout puissant qui a donné à l'homme le pouvoir de raisonner et d'exploiter les vérités de l'univers. Dieu qui m'a permis d'être ce que je suis aujourd'hui. Seigneur, veuillez toujours diriger mes pas.

C'est avec une grande joie que j'ai débuté cette thèse, et un léger pincement au cœur que j'en arrive aujourd'hui à écrire ces remerciements car ils sont la conclusion finale de toutes ces années de travail. Ainsi, une page importante de ma vie se tourne. Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire de valorisation des ressources naturelles biologiques (LVRNB), le laboratoire de génie enzymatique et de microbiologie, écolenationale d'Ingénieurs de Sfax, Tunisie, le centre de recherche de la biotechnologie (CRBT), et le laboratoire de chimie université Gasiosmanpasa, Turquie.

Je tiens à remercier du profond du cœur, mon directeur de thèse, Professeur Laouer Hocine pour la qualité de son encadrement, sa disponibilité et son soutien. Il a su m'orienter de ses précieux conseils, je le remercie, également, pour ses grandes qualités humaines et son soutien moral, tout au long de ces années, qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements et ma profonde gratitude. Sa grande expérience et ses encouragements ont permis le bon déroulement et l'aboutissement de ce travail de thèse, sans son accompagnement érudit rien n'aurait été possible.

Je suis particulièrement reconnaissant à mon co-directeur de thèse le Professeur Erenler Ramazan. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance. Je vous prie Mr de trouver ici l'expression de ma très haute considération.

Je suis très sensible à l'honneur que me font Messieurs les professeurs en acceptant d'être les membres de jury de ma thèse malgré leurs innombrables obligations. Je les remercie vivement pour cette marque d'intérêt. Leurs présence et participation à ce jury me touche particulièrement.

Monsieur le professeur Amar Zellagui de l'Université Larbi Ben M'hidi d'Oum El Bouaghi votre venue en tant que président m'honore, je vous suis très reconnaissant et je vous adresse mes vifs remerciements. J'en suis très honoré. Que vous trouvez ici l'expression de ma sincère gratitude et reconnaissance.

Ma vive reconnaissance va au Professeur Gherraf Noureddine, au Docteur Darouiche kamel de l'Université Larbi Ben M'hidi d'Oum El Bouaghi et Monsieur le professeur Salah Akkal, de l'université des frères Mentouri Constantine votre venue en tant que'examinateurs et pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de juger ce travail. Que vous trouvez ici l'expression de mon profond respect et ma sincère gratitude.

Monsieur le Pr. NASRI Moncef, directeur de laboratoire de microbiologie et génie-enzymatique à l'Ecole Nationale des Ingénieurs de Sfax (Tunisie) qui, par l'accueil qu'il m'aréservé

au sein de son laboratoire, m'a beaucoup aidé de réaliser une partie de mon travail, qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude. Cette partie a été réalisée sous la direction de monsieur le Dr Hajji Mohamed à qui j'adresse mes vifs remerciements.

Monsieur le professeur Salah Akkal, de l'université des frères Mentouri Constantine merci d'avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse, pour l'intérêt que vous portez à mon travail et pour le temps consacré à fin de l'évaluer. Que vous trouvez ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

Je remercie Monsieur Chawki Bensouici, Docteur au laboratoire de Biochimie au CRBT de Constantine de m'avoir accueillie dans son laboratoire et pour les conditions techniques mises à ma disposition afin de réaliser certaines activités et son aide précieuse au niveau des traitements statistiques. Mes sincères remerciements vont également à tout le personnel de ce laboratoire pour leurs diverses contributions.

Je tiens à remercier le professeur GUIDO Flamini de l'université de Pisa (Italie) pour la réalisation des analyses chimiques des huiles essentielles de l'espèce étudiée.

Il est évident que je ne peux oublier de remercier ma famille qui a toujours répondu « présent » et ont été d'un grand secours quand le moral n'était pas au meilleur de sa forme.

Que tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de ce modeste travail, trouvent ici mes sentiments de profonde gratitude et de reconnaissance infinie.

Dédicace

Je remercie Allah de m'avoir aidé et donné la santé, Le courage et

la volonté afin d'atteindre mon objectif

Je dédie ce travail :

À mes chers parents

À mes sœurs

À tous mes amis

المخلص

بسبب الاستخدام المتكرر للمواد الكيميائية، مثل المضادات الحيوية، في مجال الطب؛ مبيدات الفطريات والحشرات في المجال الزراعي، من ناحية تصبح هذه المواد ضارة بجسم الإنسان، ومن ناحية أخرى تستجيب مختلف الأنواع الميكروبية والحشرات بمقاومة بيولوجية ضد هذه المواد. قام الباحثون بالتوجه إلى بدائل لهذه المواد مستخلصة من النباتات الطبية لخصائصها البيولوجية. لهذا الغرض تمت دراسة نوعين من النباتات ينتميان إلى العائلة الخيمية : أين تم الحصول على *Elaeosilenum thapsioides* من منطقتين مختلفتين (الموان ومقرس بسطيف) و *Turgenia latifolia* من منطقة (الرصفة بسطيف). في حين تم الحصول على الزيوت الأساسية عن طريق التقطير المائي باستخدام جهاز استخراج الزيوت من نوع Clevenger. ثم تم إجراء التحليل الكيميائي للزيوت بواسطة GC/MS و GC/FID. تم اختبار النشاط المضاد للبكتيريا للزيوت نوعيًا على 4 سلالات مرجعية بواسطة تقنية الانتشار على الوسط الصلب ، وتم اختبار النشاط المضاد للفطريات على سلالتين مرجعيتين بنفس التقنية. تم تقييم النشاط المثبط للأستيل كولين إستيراز بواسطة طريقة Ellman. في موازاة ذلك ، تم تقييم التأثير المضاد للأكسدة عن طريق اختبار اختزال الجذور الحرة DPPH واختبار القدرة الإرجاعية (FRAP). أظهر التحليل الكيميائي أن الزيوت الأساسية للأجزاء الهوائية المختلفة من *Elaeosilenum thapsioides* من منطقتي الموان ومقرس تحتوي بشكل رئيسي على Myrcen (بين 8.45% و 74.09%)، α -pinene (بين 1.41% و 56.67%)، β -pinene (بين 0.9% و 23.72%) ، limonene (بين 2.19% و 10.89%). يحتوي الزيت الأساسي *Turgenia latifolia* على spathulenol (18.3%) ، α -pinene (15.7%)، verbinone (8.8%) ، charyophylleneoxide (7.1%) ، trans-verabanol (5.9%) ، و α -cadinol (4.9%) كمكونات أساسية. أظهرت الزيوت الأساسية لهذين النباتين وجود نشاط من معتدل إلى نشاط منعدم ضد السلالات البكتيرية المختلفة تم تسجيل نفس النشاط للسلالتين الفطرية. بالنسبة للنشاط المثبط للاستيراز، أظهرت زيوت *Elaeosilenum thapsioides* و *Turgenia latifolia* تأثير مثبط ضعيف إلى متوسط. وكذلك، تم الكشف عن نشاط مضادات الأكسدة باستخدام مقايصة مسح الجذور الحرة DPPH ومقايصة FRAP للأجزاء الجوية مختلفة من *Elaeosilenum thapsioides* لكلتا المنطقتين لهم نشاط منخفض جدًا مقارنةً بنشاط BHA القياسي. الزيوت الأساسية لكل من *Elaeosilenum thapsioides* و *Turgenia latifolia* ليس لها تأثير مبيد للحشرات تجاه الحشرة *Tribolium castaneum*.

الكلمات المفتاحية: العائلة الخيمية، الزيوت الأساسية، النشاط المضاد للميكروبات، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للأستيل كولين إستيراز، المبيد الحشري.

Résumé

En raison de l'utilisation abusive et répétitive de substances chimiques, comme les antibiotiques, dans le domaine de la médecine ; les fongicides et les insecticides dans le domaine agricole, ces substances deviennent nocives pour le corps humain, et les espèces microbiennes et les insectes répondent par une biorésistance à ces substances. Les chercheurs se sont orientés vers la substance d'alternative basée sur des extraits d'origine naturelle appartenant à des plantes médicinales pour leurs propriétés biologiques. Pour cet objectif, deux espèces appartenant à la famille des Apiacées ont fait l'objet de cette étude : *Elaeosilenium thapsioides* qui a été recueilli de deux régions différentes Mahouane et Megres (Sétif) et *Turgenia latifolia* qui a été recueilli d'Elrassfa (Sétif). Les HE ont été obtenues par hydrodistillation en utilisant un appareil d'extraction de type Clevenger. L'analyse des HE a été faite par CG/MS et CG/FID. L'activité antibactérienne des HE a été testée qualitativement sur 4 souches de référence par la technique de diffusion sur gélose (Méthode des disques), et l'activité antifongique a été testée sur 2 souches de référence par la technique de diffusion sur gélose (Méthodes des puits). L'activité inhibitrice de l'acétylcholinestérase des HE a été évaluée par la méthode d'Ellman. En parallèle, l'effet antioxydant des HEs a été évalué par le test du DPPH et par le test du pouvoir réducteur (FRAP). L'effet insecticide de ces huiles a été testé vis-à-vis le ravageur *Tribolium castaneum*. L'analyse chimique a montré que les huiles essentielles des différentes parties d'*Elaeosilenium thapsioides* de la région Mahouane et Megres contiennent principalement le myrcène (entre 8,45% et 74,09%), l' α -pinène (entre 1,41% et 56,67 %), le β -pinène (entre 0,9 % et 23,72 %), le limonène (entre 2,19 % et 10,89). L'HE de *Turgenia latifolia* présente le spathulenol (18,3%), l' α -pinène (15,7%), le verbenon (8,8%), le caryophyllèneoxide (7,1%), le trans-verbenol (5,9%), et l' α -cadinol (4,9%) comme composants majoritaires. Les HEs de ces deux plantes ont montré une activité antimicrobienne nulle à modérée à l'encontre des différentes souches bactériennes même activité a été enregistrée pour les deux souches fongiques. Pour l'activité inhibitrice de l'AChE, les huiles d'*Elaeosilenium thapsioides* et *Turgenia latifolia* ont révélé un effet inhibiteur faible à modéré. Cependant, l'activité antioxydante par l'utilisation du test de piégeage du radical libre DPPH et le test (FRAP) a été révélée que les HEs de différentes parties aériennes d'*Elaeosilenium thapsioides* de deux régions ont une activité très faible comparativement à celle du standard BHA. Les HEs d'*Elaeosilenium thapsioides* et *Turgenia latifolia* n'ont aucun effet insecticide à l'égard de l'insecte *Tribolium castaneum*.

Mots clés : Apiaceae, huiles essentielles, activité antimicrobienne, antioxydante, anticholinestérase, insecticide

Abstract

Due to the abusive and repetitive use of chemical substances, such as antibiotics, in the field of medicine; fungicides and insecticides in the agricultural field, these substances are becoming harmful to the human body, on the other hand microbial species and insects respond with a bioresistance to these substances. The researchers have turned to the alternative substance based on extracts of natural origin belonging to medicinal plants for their biological properties. For this purpose, two species belonging to the Apiaceae family were studied: *Elaeosilenum thapsioides* which was collected from two different regions Mahouane and Megres (Setif) and *Turgenia latifolia* which was collected from Elrassfa (Setif). The EOs were obtained by hydrodistillation using a Clevenger type extraction apparatus. The analysis of the EOs was done by GC/MS and GC/FID. The antibacterial activity of the EOs was tested qualitatively on 4 reference strains by agar diffusion technique (Disc method), and the antifungal activity was tested on 2 reference strains by agar diffusion technique (Well method). The acetylcholinesterase inhibitory activity of EOs was evaluated by the Ellman method. In parallel, the antioxidant effect of the EOs was evaluated by the DPPH test and by the reducing power test (FRAP). The insecticidal effect of these oils was tested against the pest *Tribolium castaneum*. Chemical analysis showed that the essential oils of the different parts of *Elaeosilenum thapsioides* from the Mahouane and Megres region contain mainly myrcene (between 8.45% and 74.09%), α -pinene (between 1.41% and 56.67%), β -pinene (between 0.9% and 23.72%), limonene (between 2.19% and 10.89%). *Turgenia latifolia* EO has spathulenol (18.3%), α -pinene (15.7%), verbenon (8.8%), caryophylleneoxide (7.1%), trans-verbenol (5.9%), and α -cadinol (4.9%) as majority components. The EOs of these two plants showed no to moderate antimicrobial activity against different bacterial strains same activity was recorded for the two fungal strains. For AChE inhibitory activity, the oils of *Elaeosilenum thapsioides* and *Turgenia latifolia* revealed a weak to moderate inhibitory effect. However, the antioxidant activity by using the DPPH free radical scavenging assay and the FRAP assay was revealed that the EOs of different aerial parts of *Elaeosilenum thapsioides* from two regions have a very low activity compared to that of the standard BHA. The EOs of *Elaeosilenum thapsioides* and *Turgenia latifolia* has no insecticidal effect towards the insect *Tribolium castaneum*.

Key words: Apiaceae, essential oils, antimicrobial activity, antioxidant, anticholinesterase, insecticide

TABLE DES MATIERES

Remerciment et dédicace	
Résumé	
Table des matières	
Listes des abréviations, des tableaux, et des figures	

INTRODUCTION	01
--------------------	----

PARTIE BIBLIOIGRAPHIQUE

CHAPITRE 01 : ETUDE DES PLANTES MEDICINALES DE LA FAMILLE DES APIECEES

1. Généralités sur la famille des Apiaceae.....	04
2. Distribution.....	04
3. Intérêt de la famille des Apiaceae.....	07
4. Botanique et propriétés des Apiacea.....	08
4.1. Organes souterrains	08
4.2. Tiges	08
4.3. Feuilles.....	08
4.4. Inflorescences	08
4.5. Fleurs.....	09
4.6. Ovaire	09
4.7. Ovules	09
4.8. Fruits.....	09

CHAPITRE 02 : LES HUILES ESSENTIELLES ET LEURS ACTIVITES BIOLOGIQUES

1. LES HUILES ESSENTIELLES	10
1.1. Définition.....	10
1.2. Localisation et origine des huiles essentielles dans la plante	10
1.3. Composition chimique des huiles essentielles.....	11
1.3.1. Les composées terpéniques.....	12
1.3.2. Les monoterpènes.....	12
1.3.3. Les sesquiterpènes.....	12
1.3.4. Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane.....	13
1.4. Facteurs déterminants de la diversité et la variabilité des H.E.....	13
1.5. Toxicité des huiles essentielles.....	14
1.6. Utilisation (L'aromatérapie).....	14
1.7. Méthodes d'extraction des huiles essentielles	15
1.8. L'analyse des huiles essentielles.....	18
1.8.1. Chromatographie en phase gazeuse CPG.....	18
1.8.2. Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GPC/SM).....	19
1.8.3. La chromatographie liquide à haute performance.....	19
1.9. Activités biologiques.....	20
1.9.1. Activité antimicrobienne.....	20

1.9.2. Activité anti-Alzheimer.....	21
1.9.3. Activité antioxydante.....	22
1.9.4. Activité insecticide.....	23

CHAPITRE 03 : CARACTERISTIQUES BOTANIQUE ET SYSTEMATIQUE ET TRAVAUX PHYTOCHIMIQUES ANTERIEURS SUR LE GENRE *ELAEOSELINUM* ET *TURGENIA*

3. Caractéristiques botanique et systématique du genre <i>Elaeoselinum</i> Koch ex DC.....	24
3.1. Généralités.....	24
3.2. Caractéristiques botaniques.....	25
3.2.1. Le genre <i>Elaeoselinum</i> Koch ex DC.....	25
3.2.1.1. L'espèce <i>Elaeoselinum thapsioides</i> (Desf.) Maire.	25
3.2.1.2. Habitat.....	26
3.2.1.3. Systématique	26
4. Caractéristiques botanique et systématique du genre <i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm.....	26
4.1. Caractéristiques botaniques.....	26
4.2. Systématique.....	27
4.3. Utilisation traditionnelle.....	27
5. Travaux phytochimiques antérieurs sur les genres <i>Elaeoselinum</i> et <i>Turgenia</i>	28
5.1. Travaux phytochimiques antérieurs sur le genre <i>Elaeoselinum</i>	28
5.1.1. Métabolites secondaires de quelques espèces du genre <i>Elaeoselinum</i>	28
5.2. Travaux antérieures sur l'huile essentielle d' <i>Elaeosilenum thapsioides</i>	31
5.3. Travaux antérieures phytochimiques du genre <i>Turgenia</i>	32

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 01 : MATERIEL ET METHODES

1. Matériel.....	33
1.1. Matériel végétal.....	33
1.2. Matériel et réactifs chimiques des différentes activités biologiques.....	34
1.3. Les souches bactériennes	35
1.4. Les souches fongiques.....	35
1.5. Le matériel animal utilisé pour l'activité insecticide	35
2. Méthodes	36
2.1. Extraction des huiles essentielles.....	36
2.2. Evaluation <i>in vitro</i> de l'activité antibactérienne.....	37
2.2.1. La méthode de diffusion sur gélose.....	37
2.2.2. Etapes de la réalisation de l'activité antibactérienne.....	38
2.3. Evaluation <i>in vitro</i> de l'Activité antifongique.....	39
2.3.1. Methode de l'activité antifongique (Méthode des puits).....	39
2.4. Activité anticholinestérase.....	40
2.4.1. Protocole.....	40

2.5.	Test de l'activité antioxydante <i>in vitro</i>	41
2.5.1.	Le test de piégeage du radical libre DPPH.....	41
2.5.2.	Le test du pouvoir réducteur.....	42
2.6.	Activité insecticide.....	42
2.6.1.	Récolte et sélection de l'insecte	42
2.6.2.	Le test de toxicité par contact des huiles essentielles sur papier filtre.....	42
2.7.	Analyse statistique.....	43

CHAPITRE 02 : RESULTATS ET DISCUSSION

2.1.	Rendement en huiles essentielles.....	44
2.2.	Analyse chimique des HEs.....	48
2.2.1.	Etude des HEs de différentes parties d' <i>Elaeoselinum thapsioides</i>	48
2.2.2.	Etude de l'HE de <i>Turgenia latifolia</i>	59
2.3.	L'activité antibactérienne.....	63
2.4.	Activité antifongique.....	72
2.5.	Activité achétylcholinestérase.....	75
2.5.1.	AChE d' <i>E. thapsioides</i>	75
2.5.2.	AChE de <i>Turgenia latifolia</i>	77
2.5.3.	Conclusion sur l'activité acétylcholinestérase.....	78
2.6.	Détermination de l'activité antioxydante <i>in vitro</i>	79
2.6.1.	Détermination de l'activité antioxydante par test DPPH.....	79
2.6.2.	Détermination de l'activité antioxydante FRAP	81
2.7.	Activité insecticide.....	83
CONCLUSION.....		87
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		90
ANNEXES		

La liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

ANOVA : Analyse of Variance

ATCC: American Type Culture Collection

BHA : Butylatedhydroxyanisole

BHT: Butylhydroxytoluène

CFU: Colony forming units

CG/MS: Gas chromatography/ mass spectrometry

CLHP : chromatographie liquide à haute performance

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice

CPG/SM: Chromatographie en Phase Gazeuse/Spectrométrie de Masse

DL₅₀ : Dose qui tue 50% de la population

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle

EC₅₀ : Concentration Effective à 50%

EtOH : Ethanol

FRAP : Ferric Reducing Antioxydant Power

HE: Huile Essentielle

IC₅₀ : Concentration Inhibitrice à 50%

KI: Indice de Kovats

MA : Maladie d'Alzheimer

MeOH : Methanol

RMN : résonance magnétique nucléaire

ROS : Reactive Oxygen Species

La liste des tableaux

Tableau 01 : Répartition mondiale des genres d'Apiaceae.....	04
Tableau 02 : Genres d'Apiaceae rencontrés en Algérie.....	05
Tableau 03 : Rendement en huiles essentielles de diverses espèces des genres <i>Elaeoselinum</i> et <i>Turgenia</i>	47
Tableau 04 : Composition chimique des huiles des différentes parties d' <i>E. thapsioides</i> de Mahouane.....	48
Tableau 05 : Composition chimique des huiles des différentes parties d' <i>E. thapsioides</i> de Megres.....	50
Tableau 06 : Les principaux composants chimiques des différentes espèces d' <i>Elaeoselinum</i>	55
Tableau 07 : Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Turgenia latifolia</i>	59
Tableau 08 : Diametre d'inhibition des HEs des feuilles et des tiges d' <i>E. thapsioides</i> de la région de Mahouane.....	64
Tableau 09 : Diametre d'inhibition des HEs des fleurs et des graines d' <i>E. thapsioides</i> de la région de Mahouane.....	64
Tableau 10 : Diametre d'inhibition des HEs des feuilles et des tiges d' <i>E. thapsioides</i> de la région de Megres.....	65
Tableau 11 : Diametre d'inhibition des HEs des fleurs et des graines d' <i>E. thapsioides</i> de la région de Megres.....	65
Tableau 12 : Diametre d'inhibition de l'huile essentielle de <i>Turgenia latifolia</i>	69
Tableau 13 : Pourcentage d'inhibition des HEs des différentes parties végétales d' <i>E. thapsioides</i> de la région de Mahouane et l'HE de <i>Turgenia latifolia</i> à l'encontre de <i>Rhizoctonia solani</i> et <i>Fusarium oxysporum</i>	72
Tableau 14 : Les pourcentages d'inhibition de l'AChE et par les huiles des différentes parties d' <i>E. thapsioides</i> de Mahouane et de Megres.....	76
Tableau 15 : Les pourcentages d'inhibition de l'AChE et par l'huile essentielle de <i>Turgenia latifolia</i>	77
Tableau 16 : Activité anti-radicalaire des HEs d' <i>Elaeoselinum thapsioides</i> de la région de Mahouane et de Megres.....	79

Tableau 17 : Le pouvoir réducteur représenté par (DO), en fonction de la concentration des HES d' <i>Elaeosilenum thapsioides</i> de la région de Mahouane et de Megrese.....	82
--	-----------

La liste des figures

Figure 01 : Structure générale d'un diakène d'Apiaceae.....	09
Figure 02 : Mécanismes de neurotransmission cholinergique.....	24
Figure 03 : Hespéridine (2S).....	29
Figure 04 : Hespéridine (2R).....	29
Figure 05 : Isorhamnétine-3-O-rutinoside.....	29
Figure 06 : La structure de foetidine.....	31
Figure 07 : Photo d' <i>Elaeosilenum thapsioides</i> dans son habitat (photo Barbeche, 2018).....	33
Figure 08 : Photo de <i>Turgenia latifolia</i> dans son habitat (photo de Barbeche, 2018).....	34
Figure 09 : Adulte de <i>T.castaneum</i> (Gx30) (Madene, 2014).....	43
Figure 10 : Appareil de distillation type Clevenger (Photo original).....	37
Figure 11 : Les mécanismes chimiques de la méthode d'Ellman.....	40
Figure 12 : La forme réduite DPPH et la forme radical DPPH.....	41
Figure 13 : Les rendements en huiles essentielles des différentes parties d' <i>E. thapsioides</i> de Mahouane et de Megres.....	45
Figure 14 : Chromatogramme de l'HE des feuilles d' <i>E. thapsioides</i> de Megres.....	52
Figure 15 : Chromatogramme de l'HE des feuilles d' <i>E. thapsioides</i> de Mahouane.....	52
Figure 16 : Pourcentage des différentes classes chimiques des huiles des différentes parties aériennes d' <i>E. thapsioides</i> de Mahouane.....	53
Figure 17 : Pourcentage des différentes classes chimiques des huiles des différentes parties aériennes d' <i>E. thapsioides</i> de Megres.....	53
Figure 18 : Pourcentages des composants majoritaires dans les huiles d' <i>E. thapsioides</i> de Mahouane.....	54

Figure 19 : Pourcentages des composants majoritaires dans les huiles d' <i>E. thapsioides</i> de Megres.....	54
Figure 20 : Pourcentage des différentes classes chimiques d'huile de la partie aérienne de <i>Turgenia latifolia</i>	59
Figure 21 : Pourcentages des composants majoritaires dans l'huile de <i>Turgenia latifolia</i>	61
Figure 22 : Photographies montrant l'effet des HEs (aux dilutions 1/2, 1/5 et 1/10) des feuilles et des graines d' <i>E. thapsioides</i> de Megres et l'HE de <i>Turgenia latifolia</i> sur la croissance des bactéries.....	69
Figure 23 : Photographies montrant l'effet de la gentamycine et DMSO sur la croissance des bactéries testées	70
Figure 24 : Photographies montrant l'effet des HEs (aux dilutions 1/2) des graines d' <i>E. thapsioides</i> de Megres et l'HE de <i>Turgenia latifolia</i> sur la croissance des champignons testés.....	75

INTRODUCTION

Introduction

L'Algérie par situation géographique particulière, a bénéficié d'une gamme très variée de climats favorisant le développement d'une flore riche et diversifiée. En effet, le territoire Algérien couvre d'importantes ressources végétales réparties sur les côtes, les plaines, les montagnes, la steppe, le Sahara et autour des points d'eau. Ces ressources naturelles sont importantes pour l'économie Algérienne et pour le maintien de l'équilibre écologique de la région (Makhloufi, 2010). Les plantes ont développé au cours de l'évolution des substances qui vont leur servir à se défendre contre les parasites, les bactéries, les virus, les champignons ; pour qu'elles défendent leur territoire, en empêchant par exemple d'autres plantes de pousser à proximité, aussi les permettent à communiquer ; et à se reproduire.

Huiles essentielles, flavonoïdes, saponines, tanins, lactones sesquiterpéniques... autant de substances qui vont servir de principe actif en phytothérapie. La concentration en ces divers principes actifs va varier selon l'âge de la plante, de la saison, du climat de l'environnement... (Baumann, 2021). La famille des Apiaceae appelée anciennement ombellifères comprend des plantes alimentaires comme la carotte, le céleri, le fenouil, et des plantes condimentaires comme le carvi, la coriandre, le cumin, ... C'est une famille riche en huiles essentielles (Ouis, 2015).

Les maladies microbiennes causées par les bactéries et les champignons affectent des millions de personnes dans le monde entier, et causent de lourdes pertes humaines et économiques (Moroh, 2013). D'autres pertes sont également enregistrées dans le domaine agricole, suite à l'attaque des champignons contre les différentes cultures (céréalières, maraichères, industrielles...etc). Ces dernières années, les chercheurs remarquent que la plupart des microorganismes, ont développé une résistance aux antibiotiques, y compris les champignons qui attaquent les différentes cultures.

La lutte contre la résistance des micro-organismes aux antibiotiques, et les espèces réactives à l'oxygène (ROS), sont considérées un vrai défi pour les chercheurs. Ils doivent orienter leurs recherches vers l'exploitation des substances végétales bioactives, ces dernières montrent de plus en plus, des capacités significatives concernant leurs pouvoirs biologiques (El Kolli, 2018).

D'autre part, la maladie d'Alzheimer (MA) est une maladie neurodégénérative multiforme qui entraîne des troubles cognitifs et une perte progressive de la mémoire. Selon l'Organisation mondiale de la santé, la MA est la forme la plus courante de démence et représente environ 60 à 70 % de toutes les démences. La prévalence est plus élevée chez les personnes âgées de plus de 65 ans.

Les médicaments disponibles qui inhibent le cholinestérase sont (rivastigmine, galantamine et donépézil) et les antagonistes des récepteurs du N-méthyl-D-aspartate (mémantine). En Chine l'inhibiteur naturel de l'AChE, qui est utilisé dans le traitement des troubles de la mémoire c'est l'huperzine, cette dernière a été obtenue à partir de *Huperzia serrata* (Thunb.) Trevis de la famille des Lycopodiaceae. Récemment, les effets anti-âges et neuroprotecteurs de nombreuses HE et leur implication dans les processus de vieillissement ont été mis en évidence. Des études ont montré que les HE sont des antioxydants classiques d'origine naturelle et que la majorité d'entre elles présentent un pouvoir d'inhibition de l'acétylcholinestérase et jouent un rôle dans la pathogenèse de la maladie d'Alzheimer (Benny et Thomas, 2019).

Dans le secteur agricole, le *Tribolium castaneum* est un insecte ravageur primaire considéré parmi les insectes les plus répandus et les plus destructeurs des céréales stockées (Liu *et al.*, 2011). Il est cosmopolite, polyphagie et principal ravageur secondaire des grains transformés ou endommagés. Aussi, il a été signalé que ce ravageur s'attaque à la partie germinale du grain. Leur présence dans les aliments stockés affecte directement la quantité et la qualité des produits (Chaubey, 2012). Leur infestation n'entraîne pas seulement des pertes importantes dues à la consommation des grains, mais aussi des conditions de température et d'humidité élevées qui conduisent à une croissance accélérée des moisissures, y compris les espèces toxigènes (Liu *et al.*, 2011). L'application des insecticides d'origine chimique est constituée la technique la plus pratiquée pour lutter contre les insectes ravageurs. Cependant, l'emploi d'une façon prolongée et répétitive de ces insecticides à l'heure actuelle a engendré une contamination de la chaîne alimentaire, et l'apparition d'insectes résistants (Bounechada et Arab, 2011). Pour ces raisons, nous devons trouver d'autres solutions rentables d'un point de vue économique, biologique, hygiénique et efficacité. A cet effet, on a choisi parmi ces solutions d'appliquer des extraits de plantes voire les huiles essentielles comme insecticide.

Dans ce contexte et suite à nos travaux de recherches sur les substances naturelles développées par notre laboratoire sur la famille des Apiaceae, nous sommes intéressés à l'étude phytochimique et biologique des HEs de deux plantes appartenant à la famille des Apiaceae.

L'objectif de notre étude est l'analyse de la composition chimique des HEs des différentes parties aériennes d'*Elaeosilenum thapsioides* récoltées dans deux régions différentes pour l'altitude, l'exposition au soleil, la nature du sol (riche ou pauvre en matière organique; nu ou couvert par la végétation), et l'HE de la partie aérienne de *Turgenia latifolia*. Ensuite, l'évaluation de leurs

activités antimicrobiennes, anti-cholinestérase, et insecticide pour les deux plantes, et aussi l'activité anti-oxydante pour *Elaeosilenum thapsioides*.

Le manuscrit est réparti en deux parties : une partie bibliographique et une autre pratique. La première partie est constituée de trois chapitres qui sont consacrées à l'étude des plantes médicinales. La deuxième partie relative à la valorisation des HEs est subdivisée également en deux chapitres :

Un premier chapitre réservé aux matériels et méthodes : où nous avons décrit le matériel végétal étudié, les méthodes d'extraction des HEs et leurs analyses chimiques ; et tous les équipements nécessaires pour tester les différentes activités biologiques avec les différentes méthodes d'étude.

Un dernier chapitre est réservé aux résultats et discussion. Dans ce chapitre, nous évoquons les différents résultats obtenus (rendements en huiles essentielles, les constituants chimiques et enfin les résultats de différentes activités biologiques). Ces résultats sont ponctuellement discutés. Enfin, notre manuscrit s'achève par une conclusion générale, des perspectives ; des références bibliographiques et enfin des annexes.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 01

1. Généralités sur la famille des Apiaceae

C'est une famille très importante dans la flore algérienne où elle est représentée par 55 genres. La détermination est délicate pour les espèces appartenant à cette famille et doit toujours porter sur des échantillons complets, présentant en particulier des fruits mûrs (Quezel et Santa, 1963).

Les plantes appartenant à la famille des Apiaceae sont largement utilisées à des fins alimentaires et médicinales. Certaines plantes de cette famille, comme la carotte, le persil et le céleri, et d'autres cultures comme l'anis, la coriandre, le cumin, le fenouil et l'aneth, sont célèbres pour leurs propriétés médicinales et aromatiques. Différents taxons de plantes de la famille Apiaceae ont été utilisés comme plantes sauvages comestibles (Tunçtürk et Özgökçe, 2015), Quoique cette famille comprend aussi les espèces les plus toxiques du monde causant des problèmes digestifs, des intoxications neurologiques, allant jusqu'à la mort (*Cicuta maculata*, *Conium maculatum*) (Németh, 2006).

C'est la terminologie de Lindley (1836) in Djarri, (2011) qui fait autorité, elle donne la préférence au terme Apiaceae (basé sur le genre *Apium*), mais l'utilité du terme Ombellifères est approuvée aussi.

2. Distribution

Les espèces de la famille des Apiaceae sont distribuées un peu partout dans le globe (Tableau 1) (Heywood *et al.*, 1996), apparemment l'Asie est le centre de la biodiversité de cette famille. Cette famille est divisée en trois sous-familles ; Les Apioideae avec 250 genres, les Hydrocotyloideae avec 34 genres et les Saniculoideae avec 9 genres (Nemeth, 2006).

La famille des Apiaceae est répartie particulièrement dans les régions montagneuses tempérées et relativement rare en zone tropicale (Heywood *et al.*, 1996).

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

Continent	Genre	Endémique
Afrique	126	50
Amérique	197	52
Asie	265	159
Australie	36	11
Europe	139	29

CHAPITRE 01 : ETUDE DES PLANTES MEDICINALES DE LA FAMILLE DES APIACEES

Cette famille occupe aussi une place importante dans la flore algérienne où elle est représentée par 56 genres, 130 espèces (dont 24 endémiques) et 26 sous espèces (Quézel et Santa, 1963).

Tableau 02 : Genres d'Apiaceae rencontrés en Algérie (Quezel et Santa, 1963)

N°	Genre	Nombre d'espèces	Nombre de sous espèces	Espèces endémiques
1	<i>Ammi</i>	2		
2	<i>Ammiopsis</i>	1		
3	<i>Ammodaucus</i>	1		
4	<i>Ammoides</i>	2		
5	<i>Anethum</i>	1		1 (<i>A. atlantica</i>)
6	<i>Anthriscus</i>	2		
7	<i>Apium</i>	1		
8	<i>Balansaea</i>	1		1(<i>B. glaberrima</i>)
9	<i>Bifora</i>	1		
10	<i>Brachyapium</i>	2		
11	<i>Bunium</i>	7		4 (<i>B. fontanesii</i> , <i>B.chaberti</i> , <i>B. elatum</i> , <i>B.crassifolium</i>)
12	<i>Bupleurum</i>	14		5 (<i>B. plantagineum</i> , <i>B.atlanticum</i> , <i>B.montanum</i> , <i>B. balansae</i> , <i>B. oligactis</i>)
13	<i>Capnophyllum</i>	1		
14	<i>Carum</i>	2		2 (<i>C. montanum</i> , <i>C.foetidum</i>)
15	<i>Caucalis</i>	4		1 (<i>C. bifrons</i>)
16	<i>Chaerophyllum</i>	1		
17	<i>Conium</i>	1		
18	<i>Conopodium</i>	1		
19	<i>Coriandrum</i>	1		
20	<i>Crithmum</i>	1		
21	<i>Cuminum</i>	1		
22	<i>Danaa</i>	1		
23	<i>Daucus</i>	11	8	1(<i>D. reboudii</i>)
24	<i>Echinophora</i>	1		
25	<i>Elaeoselinum</i>	2		
26	<i>Eryngium</i>	7		
27	<i>Ferula</i>	5	3	2(<i>F. Cossoniana</i> , <i>F.vesceritensis</i>)
28	<i>Foeniculum</i>	1		
29	<i>Helosciadium</i>	3	2	
30	<i>Heracleum</i>	1	2	
31	<i>Hippomarathrum</i>	1		
32	<i>Hohenackeria</i>	2		
33	<i>Hydrocotyle</i>	1		
34	<i>Kundmannia</i>	1		
35	<i>Magydaris</i>	2		
36	<i>Malabaila</i>	1	1	
37	<i>Margotia</i>	1		
38	<i>Oenanthe</i>	6		1(<i>Oe. Virgata</i>)
39	<i>Orlaya</i>	3		
40	<i>Petroselinum</i>	1		

41	<i>Peucedanum</i>	3		1(<i>P. munbyi</i>)
42	<i>Physocaulos</i>	1		
43	<i>Pimpinella</i>	2		1(<i>P. battandieri</i>)
44	<i>Pituranthos</i>	4	5	4(<i>P. reboudii, P.scoparius, P. battandieri, P. chloranthus</i>)
45	<i>Reutera</i>	1		
46	<i>Ridolfla</i>	1		
47	<i>Sanicula</i>	1		
48	<i>Scandix</i>	3	2	
49	<i>Seseli</i>	4		
50	<i>Sison</i>	1		
51	<i>Smyrniium</i>	2		
52	<i>Thapsia</i>	3		
53	<i>Tinguarra</i>	1		
54	<i>Tordylium</i>	1		
55	<i>Torilis</i>	2	3	
56	<i>Turgenia</i>	1		

Ce tableau permet de constater la diversité générique de cette famille en Algérie. La majorité des genres est représentée par une ou deux espèces, alors que les genres *Bupleurum* et *Daucus* sont les plus riches au niveau spécifique avec respectivement 14 et 11 espèces.

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

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Apiales

Famille : Apiaceae (L.).

3. Intérêt des Apiaceae

Les Apiaceae renferment selon Botineau (2010) de nombreuses plantes alimentaires et aromatiques.

- Les racines de la carotte (*Daucus carota L.*), du panais (*Pastinaca sativa L.*), du maceron (*Smyrniium olusatrum L.*) et du céleri ;
- Les feuilles de persil (*Petroselinum crispum L.*) ainsi que de céleri (*Apium graveolens L.*) peuvent être consommées ;

- Le cerfeuil (*Anthriscus cerefolium L.*) est utilisé en tant que condiment ;
- Les grains du cumin (*Cuminum cyminum*) et l'anis (*Pimpinella anisum*) sont utilisés comme des épices.

Quelques genres contiennent :

- Des plantes décoratives utiles, y compris *Schefflera* (magnolier) (Wood, 1974) ;
- Des plantes sont utilisées comme arômes pour les boissons, tels que *l'Angelica archangelica* (angélique), *Laserpitium gallicum* et plusieurs espèces d'*Heracleum* (Olle et Bender, 2010) ;
- Des plantes médicinales ainsi que les graines d'*Ammi visnaga* qui ont une activité spasmolytique (Sofowara, 2010). Cependant, *l'Anethum graveolens* (Aneth) a des propriétés analogues à celle de l'anis et du fenouil, autrement dit antispasmodique digestif, eupeptique, carminatif et diurétique (Boullard, 2001).

Ils existent des espèces toxiques dans cette famille, telles que la grande ciguë (*Conium maculatum*), une autre espèce vénéneuse est la ciguë vireuse (*Cicuta virosa*).

Cette famille riche en métabolites secondaires présente des intérêts économiques et médicaux, comportant des coumarines, des flavonoïdes, des composés acétyléniques et des lactones sesquiterpéniques, ainsi qu'une grande richesse en huile essentielle dans la quasi-totalité de ses organes anatomiques (Bouchekrit *et al.*, 2018).

4. Botanique et propriétés des Apiaceae

Les plantes appartenant à la famille des Apiaceae sont essentiellement herbacées annuelles, bisannuelles ou le plus souvent vivaces, rarement ligneuses et arbustives, elles ont un plan floral fixe, des fleurs hermaphrodites, rarement dioïques ou polygames, disposées en ombelles, souvent munies à la base d'un verticille de bractées (involucre) ou composées de plusieurs ombelles simples (ombellules), presque toujours pourvues de bractéoles (involucelle) (Bach *et al.*, 1979).

4.1. Organes souterrains

Ce sont souvent des racines pivotantes, dures (persil, fenouil), pouvant même se tubérisées (carotte) et ayant au collet une structure de tiges. Celle-ci, se prolonge en un pivot racinaire portant des radicelles ou de petites racines secondaires (Bach *et al.*, 1979).

4.2. Tiges

Tiges à entre-nœuds souvent creux, canaux sécréteurs, contenant des huiles essentielles, des résines, des saponines triterpéniques, des coumarines, des polyacétylènes, des monoterpènes et des sesquiterpènes, de l'umbelliférose (un trisaccharide) comme matière de réserve. Ces tiges portent à l'extérieur des sillons dans le sens de la longueur (tiges cannelées) (Bach *et al.*, 1979).

4.3. Feuilles

Les feuilles sont alternes, sans stipules, pennées ou palmées et le plus souvent composées à folioles profondément découpées ou lobées, mais certaines espèces ont des feuilles entières (buplèvre par exemple), à nervation pennée à palmée. Les pétioles sont souvent élargis à leur base, engainant la tige (Bach *et al.*, 1979).

4.4. Inflorescences

Une ombelle est une inflorescence où tous les pédoncules floraux partent du même point, grâce à elle que la famille des Apiaceae est facilement reconnaissable. Avant la classification phylogénétique APG, cette famille portait le nom d'Ombellifères en référence à son inflorescence bien caractéristique. 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 (Bach *et al.*, 1979).

4.5. Fleurs

Les fleurs des Apiaceae sont petites, pentamères, souvent blanches ou jaunâtres, quelquefois rougeâtres comme la fleur centrale de l'ombelle de carotte. Elles comptent 5 pétales, 5 étamines et un ovaire au centre infère à deux carpelles. Les sépales sont absents ou très réduits du fait que le calice est presque complètement soudé à l'ovaire. Parfois, les fleurs externes d'une ombelle peuvent avoir des pétales externes nettement plus grands que les autres (Bach *et al.*, 1979).

4.6. Ovaire

Ovaire infère à placentation généralement axile, styles plus ou moins renflés à la base, formant un organe nectarifère (le stylopode) au sommet de l'ovaire, stigmates généralement de 2 à 5, réduits, capités à tronqués, ou allongés (Bach *et al.*, 1979).

4.7. Ovules

Un ovule par loge, unitégumentés et ténuinucellés ou plus rarement crassinucellés (Bach *et al.*, 1979).

4.8. Fruits

Le fruit est un diakène (double méricarpe indéhiscent) où la paroi du fruit est constituée par la base des verticilles floraux externes et par la paroi des carpelles. Les deux méricarpes, habituellement soudés et surmontés des restes du style se séparent bientôt de bas en haut d'une columelle centrale qui les maintient unis (Figure 01). Chaque méricarpe présente une face commissurale plane et une face dorsale, plus ou moins arrondie, qui porte cinq côtes longitudinales saillantes : une dorsale, deux latérales et deux marginales (ce sont les côtes primaires). Sur la face commissurale, chaque méricarpe possède deux nervures et deux faisceaux. Entre deux côtes primaires existe une dépression (vallécule) où l'on trouve une ou plusieurs poches sécrétrices allongées ou bandelettes qui sont propres à la paroi du fruit (Bach *et al.*, 1979). Par ailleurs, les différentes formes du fruit ainsi que la présence ou l'absence de bandelettes, leur nombre et leur évolution sont autant de critères permettant la classification des différentes espèces au sein de cette famille (Bach *et al.*, 1979).

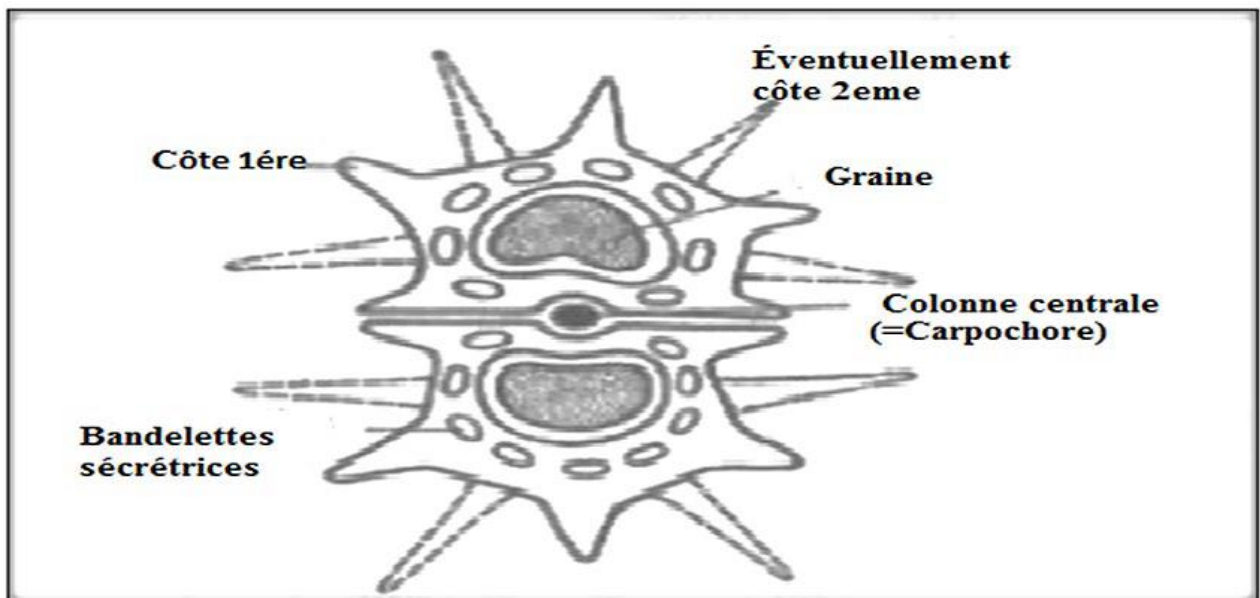


Figure 01 : Structure générale d'un diakène d'Apiaceae (Bach *et al.*, 1979)

CHAPITRE 02

1. LES HUILES ESSENTIELLES

1.1. Définition

La norme **AFNORNFT-75-006** définit l'huile essentielle comme : « un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à lavapeur d'eau, soit par hydrodistillation. Les HE sont des métabolites secondaires que les plantes produisent pour leurs propres besoins autres que la nutrition. Les caractéristiques aromatiques des HE offrent diverses fonctions aux plantes notamment en attirant ou en repoussant les insectes, se protéger de la chaleur ou du froid ; et utiliser les composés chimiques de l'huile comme matériaux de défense. En général, ce sont des mélanges complexes de 20 à 60 composés organiques qui créent une odeur et une saveur caractéristiques aux feuilles, fleurs, fruits, graines, écorces et rhizomes, écorces et rhizomes (Asgar, 2013).

1.2. Localisation et origine des huiles essentielles dans la plante

Elles ont une possibilité d'être représentées dans tous les organes végétaux: les feuilles (*Torilis arvensis*) (Saad *et al.*, 1995), les fleurs (*Ferulago angulata*) (Akhlaghi, 2008), les fruits (*Daucus carota*) (Glisic *et al.*, 2007), les graines (*Daucus carota*) (Özcan et Chalchat, 2007), les racines (*Heracleum persicum*) (Mojab et Nickavar, 2003), les rhizomes (*Zingiber officinale*) (Geiger, 2005), le bois (*Santalum album*) (Howes *et al.*, 2004), ou les écorces (*Cinnamomum verum*) (Jham *et al.*, 2005).

Ainsi que l'on puisse extraire des huiles essentielles dans différentes parties d'une seule plante. C'est le cas notamment du bigaradier (feuille, fleur et fruit), du bouleau (feuille, écorce, bourgeon, sève), du cassis (feuille, fruit), du fenouil (semence, racine), du figuier (fruit, feuille), de la guimauve (racine, feuille, fleur), du sureau (fleur, écorce) ou de la violette (fleur, racine). La composition chimique des huiles essentielles d'une plante se diffère selon des paramètres génétiques et bioclimatiques (altitude, ensoleillement, pluviosité), cette composition chimique est décrite dans son chimiotype, ou chémotype (Huete, 2012).

Dans la majorité des cas, les huiles essentielles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent généralement dans des cellules glandulaires spécialisées, qui se trouvent à la surface de la cellule et sont recouvertes d'une cuticule. Par la suite, elles sont accumulées et stockées dans des cellules appelées cellules à huiles essentielles (Lauracées ou Zingibéracées), dans des trichomes sécrétoires glandulaires (Lamiaceae), dans des cavités sécrétrices (Myrtaceae ou

Rutaceae), dans des canaux sécrétrices (Apiaceae ou Asteraceae) (Bruneton, 1999 ; Bakkali *et al.*, 2008).

Les HE jouent un rôle important dans la protection des plantes en tant qu'antibactériennes, antivirales, antifongiques, insecticides et jouent aussi bien un rôle contre les herbivores en réduisant leur appétit donc de repousser les indésirables (Bakkali *et al.*, 2008). Dans les pays industrialisés, les HE pourraient être des alternatives utiles aux insecticides de synthèse dans la production alimentaire biologique, alors que dans les pays en développement elles peuvent être un moyen de protection à faible coût (Asgar, 2013). Ça si en parle d'un côté agronomique. Certains auteurs pensent que les huiles essentielles pourraient avoir un rôle attractif vis-à-vis des insectes pollinisateurs et favoriseraient ainsi la pollinisation (Bruneton, 1999 ; Guignard, 2000). Les HE possèdent des propriétés antibactériennes et antivirales, et ont été étudiées parce que ils ont une source potentielle de nouveaux composés antimicrobiens, d'alternatives aux conservateurs chimiques nocifs et d'agents favorisant la conservation des aliments (Herman *et al.*, 2019). Les huiles essentielles existent depuis un bon bout de temps, mais leur inspiration et leurs capacités de possession naturelle dans la vie quotidienne ont augmenté les activités d'étude et d'expérimentation en raison de leur version fortement concentrée de l'huile naturelle. En raison de leur version hautement concentrée des huiles naturelles dans les plantes. Actuellement, l'industrie alimentaire a une tendance pour utiliser des méthodes de conservation modérées, qui permettent de conserver les qualités organoleptiques des aliments et la texture des produits naturels (Willem *et al.*, 2005). Une discipline scientifique décrivant la manipulation, la préparation et la conservation des aliments de sorte à prévenir les maladies d'origine alimentaire par l'application des HE, cette dernière est une solution potentielle, y compris les champignons, les levures et les bactéries (Rangel *et al.*, 2010). De plus, les huiles essentielles ont des propriétés analgésiques, anti-inflammatoires, antiprotozoaires, anticarcinogènes, antiprotozoaire, anticarcinogène, médicament, inhibiteur, gastro-protecteur et acétyl-cholinestérol. Cette dernière propriété joue un grand rôle dans le contrôle de la maladie d'Alzheimer, cette maladie est neurodégénérative progressive qui affecte principalement la population âgée et qui représente 50 à 60% des cas de démence chez les personnes de plus de 65 ans (Herman *et al.*, 2019).

1.3. Composition chimique des huiles essentielles

Comme toute substance, les HEs se caractérisent par une composition chimique analysable et très variable. Il existe des milliers de composants isolés, et il y en a beaucoup à découvrir. Ces composants appartiennent presque entièrement aux deux groupes aux origines génétiques

biologiques différentes : d'une part, les terpénoïdes (isoprène, monoterpènes, sesquiterpènes, diterpènes et triterpènes) (Bruneton, 1999 ; Seguin, 2001 ; Rhayour, 2002 ; Bowles, 2003 ; Chami, 2005 ; Baser et Buchbauer, 2010) et d'autre part, la fréquence des composés aromatiques dérivés du phénylpropane est beaucoup plus faible. Ils peuvent également contenir divers produits résultant de processus de dégradation impliquant des composants non volatils (Bruneton, 1999).

1.3.1. Les composées terpéniques

Les terpènes sont une famille de composés auxquels le règne végétal répond largement. Leur caractéristique structurelle la plus importante est la présence d'une unité isoprène (C₅H₈) avec 5 atomes de carbone dans leur squelette. Reconnue par Wallach dès 1887 in Lamarti *et al.* (1994). Cet isoprène est à la base du concept de la « règle de l'isoprène » proposé par Ruzicka in Lamarti *et al.* (1994), en 1953. Cette règle reconnaît l'isopentényldiphosphate (IPP) (appelé isoprène actif) comme le véritable précurseur des molécules terpéniques. Le système enzymatique responsable de cette conversion (le PPI est converti en composés terpéniques dans trois compartiments : cytoplasme, mitochondries et plaste) est soluble dans l'eau ou lié à la membrane. Ceux-ci permettent l'allongement de la chaîne isoprène, résultant en une gamme complète de composés terpéniques avec 10, 15, 20 et 30 atomes de carbone (Lamarti *et al.*, 1994). Seuls les terpènes dont la masse moléculaire est relativement faible (mono – et sesquiterpènes) sont rencontrés dans les huiles essentielles (Bruneton, 1999) et leur confère un caractère volatil et est à la base de leurs propriétés olfactives (Pibiri, 2006).

1.3.2. Les monoterpènes

Les monoterpènes contiennent plus de 900 composés connus, principalement retrouvés dans 3 catégories structurelles : les monoterpènes linéaires (acycliques) : (ocimènes, myrcène), les monoterpènes monocycliques (monocycliques) : (α - et γ -terpènes, p-cymène) et ceux qui ont deux cycles (bicycliques) : (pinènes, Δ^3 -carène, camphène, sabinène). Ils sont dérivés de la fusion typique tête-à-queue d'unités d'isoprène (Allen *et al.*, 1977). Selon Bruneton (1999), la réactivité du cation intermédiaire prouve qu'il existe de nombreuses molécules aux fonctions différentes : alcools, cétones, esters, aldéhydes, éthers, peroxydes, phénols.

1.3.3. Les sesquiterpènes

Ils contiennent trois unités d'isoprène, leur formule est C₁₅H₂₄ soit une fois et demie (sesqui) la molécule des terpènes (Belaiche, 1979). Les sesquiterpènes peuvent aussi être comme des

monoterpènes, acycliques (farnésol), monocycliques (humulène α -zingibèrene) ou polycycliques (matrice, artéannuine, β -artémisinine). Ils renferment aussi des fonctions comme alcools (farnésol, carotol, β -santalol, patchoulol), cétones (nootkatone, cis-longipinane-2.7-dione, β -vétivone), aldéhydes (sinensals), esters (acétate de cédryle) (Bruneton, 1999; Laouer, 2004).

1.3.4. Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane

Les Huiles Essentielles contiennent également des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C6-C3), mais leur fréquence est bien inférieure à celle des terpènes, et leur biogénèse est complètement différente (Paris et Hurabielle, 1981). Bruneton (1999) estime que ces composés sont généralement des allyl et propényl phénols, parfois des aldéhydes, et certaines huiles essentielles de la famille des d'Apiaceae (Anis, Fenouil, anéthole, anisaldehyde, méthylchavicol=estragole. Persil : apiole) mais aussi de celles du Girofle (eugénol), de la Muscade (safrol, eugénol), de l'Estragon (eugénol), du Basilic (eugénol), de l'Acore (asarones) ou des Cannelles (cinnamaldéhyde de eugénol safrol).

1.4. Facteurs déterminants de la diversité et la variabilité des H.E

Les HEs présentent une grande variabilité, à la fois en termes de composition et plan de rendement des plantes. Cette variabilité est fondamentale car l'activité des agents biologiques produits par les HE peuvent être très différente (Garnéro, 1991 ; Bruneton, 1999).

Selon Teuscher *et al.* (2005), La composition chimique d'une huile essentielle peut varier considérablement : selon les organes (feuille, fleur, fruit, bois) d'une même plante ; au cours de l'année, cela dépend de la saison chez la même plante. Elle dépend des conditions de croissance d'une même espèce végétale (fertilité du sol, soleil, humidité, durée du jour). Ainsi de la race chimique d'une même espèce (l'exemple classique est le Thym et ses 7 races chimiques).

De même, El Kalamouni (2010) a confirmé qu'elle conduit à l'isolement essentiel et les divers changements qui peuvent l'accompagner sont faire changer ou modifier de la teneur en certains constituants ou par la formation de nouveaux composés, d'où une grande variabilité de sa composition. Profond des changements dans les huiles essentielles peuvent se produire pendant :

- Le développement de la plante
- De la collecte à la transformation industrielle.

D'autres facteurs tels que :

- Traitement avant ou pendant la distillation de l'eau (broyage, déchiquetage, dégradation chimie, pression, agitation) entraînent des changements de rendement et de la qualité des huiles essentielles.

1.5. Toxicité des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des molécules actives. Ils peuvent avoir des effets secondaires graves. Il est important de respecter la dose et la durée de prise. En règle générale, les HES engendrent à travers la voie orale une toxicité aiguë, faible, ou très faible. La plupart des huiles sont courantes ; la dose létale (DL₅₀) utilisée est de 2 à 5 g/kg (Anis, Eucalyptus, Girofle...etc.) ou, c'est le plus courant, plus de 5 g/kg (Camomille, Lavande... etc.). Une quinzaine d'autres espèces ont une DL₅₀ comprise entre 1 et 2 g/kg : Basilic, Estragon, Hysope (1,5 mL/kg) (Bruneton, 1999).

Les plus toxiques selon Bruneton (1999) sont les huiles essentielles :

- De Boldo (0,13 g/kg ; convulsions Apparaît à partir de 0,07 g/kg) ;
- Le Chénopode (0,25 g/kg) ;
- Le Thuya (0,83 g/kg) ;
- Huile de moutarde (0,34 g/kg)

1.6. Utilisation (L'Aromathérapie)

L'aromathérapie est l'art de la science d'utiliser des huiles essentielles qui mettent les arômes et les bienfaits des plantes au service de la santé et de la beauté (Cusson, 2007).

Le mot "Aromathérapie" fut créé en 1928 par un chimiste français (Bernadet 2000 ; Cusson, 2007), porte le nom RENE MAURICE GATTEFOSSE qui, en travaillant sur les parfums (Bernadet, 2000) a eu un accident qui l'a fait réagir en immergeant ses mains brûlées avec un acte de reflexe dans un cuve rempli d'huile essentielle de lavande. Cette action a indiqué que ses brûlures guérissaient très rapidement sans laisser de cicatrices, et donc il découvrit les propriétés curatives de cette plante (Cusson, 2007). Ensuite, cette personne a poursuivi une étude approfondie des huiles essentielles de lavande. En 1937, un livre intitulé "Aromathérapie" a été publié par ce chimiste, cette appellation est conservée pour désigner l'emploi médicinal des huiles essentielles. La publication de cet ouvrage a marqué le début d'un intérêt croissant de la médecine pour cette forme de thérapie, et cet intérêt s'est montré encore davantage depuis les années 1944-1945. Il ne fait que s'amplifier, tant dans les applications déjà connues que dans la recherche de nouvelles possibilités (Bernadet, 2000).

1.7. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Les premières tentatives d'extraction utilisaient de l'alcool et un processus de fermentation. De nouvelles méthodes d'extraction des huiles essentielles font leur entrée dans le courant dominant de l'aromathérapie, offrant de nouveaux choix d'huiles jamais disponibles auparavant. Avec les nouveaux labels CO₂ et Super Critical CO₂, ainsi que les distillations traditionnelles "à la vapeur" et "à l'eau", et la "pression à froid", un peu d'éducation pour l'amateur d'aromathérapie peut être très utile pour choisir une huile essentielle. Un procédé est-il meilleur qu'un autre ? Est-ce que l'un d'entre eux produit une huile qui sent meilleur ou une huile qui a une plus grande valeur aromatique et thérapeutique ? Il s'avère que la production d'huiles essentielles, comme la vinification, est une forme d'art aussi bien qu'une science. La manière dont les huiles sont extraites des plantes est importante car certains procédés utilisent des solvants qui peuvent détruire les propriétés thérapeutiques. Certaines plantes, et notamment les fleurs, ne se prêtent pas à la distillation à la vapeur. Elles sont trop délicates, ou leur parfum et leurs essences thérapeutiques ne peuvent être complètement libérés par l'eau seule. Ces huiles seront produites en tant qu'"absolues" et, bien qu'elles ne soient pas techniquement considérées comme des huiles essentielles, elles peuvent néanmoins avoir une valeur thérapeutique.

La valeur des nouvelles méthodes de traitement dépend largement de l'expérience du distillateur, ainsi que de l'application prévue du produit final. Chaque méthode est importante et a sa place dans la fabrication des huiles essentielles de qualité aromathérapie (Rao et Pandey, 2007).

Voici quelques-unes des méthodes disponibles pour l'extraction des huiles essentielles :

1.7.1. La macération

La macération crée en fait plus une "huile infusée" qu'une "huile d'olive". "Huile essentielle". La matière végétale est trempée dans de l'huile végétale, chauffée et filtrée. Elle peut alors être utilisée en massage (Rao et Pandey, 2007).

1.7.2. L'expression à froid

La pression à froid est utilisée pour extraire les huiles essentielles des écorces d'agrumes comme l'orange, le citron, le pamplemousse et la bergamote. Cette méthode consiste à presser simplement l'écorce à environ 49°C pour en extraire l'huile. Les écorces sont séparées du fruit, broyées ou hachées, puis pressées. Le résultat est un mélange aqueux d'huile essentielle et de liquide qui se séparera avec le temps (Chaintreau *et al.*, 2003, Rao et Pandey; 2007). Ces huiles

d'agrumes conservent leurs arômes vifs, frais et stimulants, comme ceux d'un fruit merveilleusement mûr. Il est important de noter que les huiles extraites selon cette méthode ont une durée de conservation relativement courte, aussi ne fabriquez ou n'achetez que ce que vous utiliserez dans les six prochains mois (Rao et Pandey, 2007 ; Herman *et al.*, 2019).

1.7.3. L'extraction par solvant

Des solvants hydrocarbonés comme (l'acétone, l'éther de pétrole, l'hexane, le méthanol ou l'éthanol), ont été utilisés dans cette technique pour d'extraire des matériaux floraux fragiles ou délicats qui ne peuvent être extraits, en utilisant la vapeur ou la chaleur. En général, les échantillons de plantes sont mélangés aux solvants à extraire en chauffant légèrement le mélange. En suite, il se pratique une filtration suivie avec évaporation de ces solvants. Le filtrat contient une résine (résinoïde) = (le mélange de cire, de parfum et d'huile essentielle). Par la suite le mélange de filtrat est combiné avec l'alcool afin d'y dissoudre l'huile essentielle, puis distillé à une température basse. Pendant le processus de distillation, l'alcool absorbe les parfums et s'évapore tandis que l'huile absolue reste dans le résidu. Comparativement aux autres méthodes, cette méthode est plus compliquée pour l'extraction des huiles essentielles, et par conséquent, elle prend beaucoup de temps et est plus coûteuse (Aziz *et al.*, 2018). Aussi, cette méthode n'est pas considérée comme la meilleure car les solvants peuvent laisser une petite quantité de résidus qui peuvent provoquer des allergies et affecter le système immunitaire (Rao et Pandey, 2007). Les résultats de quelques études ont également montré que le méthode d'extraction par l'utilisation de l'eau comme solvant donne les phénols et les flavonoïdes les plus élevés par rapport aux autres types des solvants (Aziz *et al.*, 2018).

1.7.4. L'extraction par enfleurage

Une méthode intensive et traditionnelle d'extraction de l'huile des fleurs. Le procédé consiste à déposer de la graisse sur les pétales de la fleur. Après que la graisse ait absorbé l'huile. Les huiles essentielles, l'alcool est utilisé pour séparer et extraire les huiles de la graisse. L'alcool est ensuite évaporé et l'huile essentielle recueillie (Rao et Pandey, 2007).

1.7.5. L'Hydrodistillation

L'hydrodistillation proprement dite, est la méthode normée pour l'extraction d'une huile essentielle (AFNOR, 1992 ; Aziz *et al.*, 2018). Découverte par Avicenne et le premier à développer l'extraction par l'alambic. L'extraction par l'alambic. La rose a été le premier extrait végétal utilisé et purifié par cette méthode (Aziz *et al.*, 2018). Les procédures commencent par l'immersion les

matières végétales directement dans l'eau à l'intérieur de l'alambic (récipient), et le mélange entier est porté à ébullition, les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide, ensuite elles passent dans un décanteur pour recueillir les huiles essentielles et l'eau, par la suite l'huile essentielle sera alors séparée de l'eau par différence de densité (Bruneton, 1993, Aziz *et al.*, 2018). Le principal avantage de cette technique d'extraction est sa capacité à isoler les matières végétales à une température inférieure à 100°C (Aziz *et al.*, 2018). La non maîtrise de la température du récipient contenant le mélange (eau + organes végétaux) porte une modification de l'odeur, de la couleur et de la composition de l'huile essentielle au cours de la distillation (Chalchat *et al.*, 1997).

1.7.6. L'extraction au CO₂ supercritique

Les technologies les plus modernes, l'extraction au dioxyde de carbone et l'extraction au dioxyde de carbone supercritique impliquent l'utilisation de dioxyde de carbone comme "solvant" qui transporte l'huile essentielle à partir de la matière végétale brute. L'extraction au CO₂ à basse pression consiste à refroidir le dioxyde de carbone à une température comprise entre 2 et 13°C, et à le pomper à travers la matière végétale à environ 1000 psi. Dans ces conditions, le dioxyde de carbone est condensé en un liquide. L'extraction supercritique du CO₂, consiste à chauffer le dioxyde de carbone à 30°C et à le pomper à travers le matériel végétal à environ 8 000 psi dans ces conditions, le dioxyde de carbone est comparé à un "brouillard dense" ou à une vapeur. Lorsque la pression est relâchée dans l'un ou l'autre procédé, le dioxyde de carbone s'échappe sous sa forme gazeuse, laissant derrière lui l'huile essentielle. La méthode habituelle d'extraction est la distillation à la vapeur. Après extraction, les propriétés d'une huile essentielle de bonne qualité doivent être aussi proches que possible de l'essence de la plante originale. La clé d'une bonne huile essentielle réside dans un traitement à basse pression et à basse température. Des températures élevées, un traitement rapide et l'utilisation de solvants altèrent la structure moléculaire, détruisent la valeur thérapeutique et modifient le parfum (Rao et Pandey, 2007).

1.7.7. L'extraction par turbo-distillation

La turbo-distillation est adaptée à l'extraction de produits difficiles à extraire ou matière végétale grossière, comme l'écorce, les racines et les graines. Dans ce processus, les plantes trempent dans l'eau et la vapeur circule à travers ce mélange des plantes et de l'eau. Tout au long du processus, la même eau est continuellement recyclée à travers la matière végétale. Cette méthode permet d'extraire plus rapidement les huiles essentielles des matières végétales difficiles à extraire (Rao et Pandey, 2007).

1.7.8. Entraînement à la vapeur d'eau

A la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. Le principe de la distillation à la vapeur d'eau consiste à faire passer la vapeur d'eau à travers la plante à une température adéquate afin d'assurer l'éclatement des cellules végétales, pour faciliter la libération des molécules aromatiques et les passer par la suite dans un serpentin de refroidissement. Là, les vapeurs refroidies puis retournent à l'état liquide conduit à la création d'un mélange « eau + huile essentielle ». Récupérées dans un essencier, l'huile essentielle et l'eau florale se séparent par simple différence de densité. Le contact d'une façon indirecte entre l'eau et la matière végétale, ensuite entre l'eau et les molécules aromatiques, empêchent certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant dégrader la qualité de l'huile (Neffati, 2010).

1.8. L'analyse des huiles essentielles

L'analyse d'une huile est complexe, de par son très grand nombre de constituants chimiques volatils mais aussi, souvent, de par l'importance des composés à l'état de traces qui font le caractère spécifique de l'huile (France-Ida, 1998).

1.8.1. Chromatographie en phase gazeuse CPG

La chromatographie en phase gazeuse CPG est une méthode d'analyse qui s'applique aux composés susceptibles d'être vaporisés par chauffage sans décomposition (Arpino *et al.*, 1995). C'est la technique de séparation la plus utilisée dans le domaine des HEs, car elle facilite d'effectuer l'individualisation des constituants à partir d'échantillon de l'ordre du milligramme vers microgramme. La CPG est devenue indispensable pour l'analyse des HEs grâce aux progrès technologiques réalisés dans le domaine des colonnes capillaires, des phases stationnaires et des détecteurs (FID). Chaque composant est caractérisé par des indices calculés à partir d'une gamme d'alcane ou plus fréquemment d'esters méthyliques linéaires, à température constante (indice de Kovats) ou en programmation de température (indice de rétention). Les temps de rétention, bien que particuliers à un composé, ont une tendance à différer d'une analyse à l'autre. Le produit à analyser est passé dans l'injecteur. Il est volatilisé et entraîné par un gaz vecteur (N₂, H₂, He ou un mélange de H₂ /N₂). Ensuite, le mélange passe dans une colonne où s'effectue une opération entre les différents constituants. A la suite, ils sont captés par un détecteur. Une gamme de pics caractérisés par leurs temps de rétention et leurs surfaces, permettent ainsi de déterminer l'identité et le pourcentage de chaque constituant. Les substances séparées sont affichées sur le chromatogramme (Ouis, 2015).

1.8.2. Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG/MS)

La chromatographie en phase gazeuse doit être couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS) afin d'obtenir une bonne identification des différents constituants. La conjugaison de ces deux techniques complémentaires est exploitable pour l'analyse d'un grand nombre de substances organiques, tant gazeuses que liquides. C'est une technique de référence dans le domaine des huiles essentielles. La GC/MS permet non uniquement de séparer les divers composants d'un mélange complexe, mais elle peut aussi de les analyser (Paolini, 2005)

Le principe de cette méthode consiste à transférer par le gaz vecteur (phase mobile), les composés séparés par chromatographie en phase gazeuse dans le spectromètre de masse au niveau duquel, ils vont être fragmentés en ions de masse différente dont la séparation sera en relation de leur masse. La comparaison informatique du spectre d'un pic inconnu avec une ou plusieurs bibliothèques de référence permet son identification à condition que la similitude des spectres, inconnus et référence, soit suffisant et que les indices de rétention soient identiques, dans des conditions opératoires comparables (Desjobert *et al.*, 1997; Bruneton, 1999).

1.8.3. La chromatographie liquide à haute performance

La chromatographie liquide à haute performance utilise une phase stationnaire très fine. Les particules solides ont un diamètre allant jusqu'à 5 µm. Elles sont tassées dans une colonne fermée. La phase mobile liquide circule sous haute pression. L'échantillon à analyser est injecté en entrant un petit volume de produit (quelques microlitres) dans l'éluant sous pression. Après leur séparation, les divers constituants de l'échantillon sont détectés à la sortie de la colonne. Un ordinateur assure l'acquisition et le traitement des données (Audigie *et al.*, 1995 in Bencheikh, 2005). Dans le domaine des composés volatils, l'utilisation de la HPLC était principalement limitée au nettoyage de l'échantillon ou à des étapes de préfractionnement avant les analyses GC (Turek et Stintzing, 2013).

1.9. Activités biologiques

1.9.1. L'activité Antimicrobienne

Les plantes ont été exploitées comme source de composés biologiquement actifs depuis l'Antiquité. Leur aptitude à prévenir la prolifération de bactéries d'altération et d'intoxication alimentaire, de pathogènes humains et animaux et d'un certain nombre de champignons a été signalée comme étant un facteur important dans le développement des plantes, d'empoisonnement alimentaire, d'agents pathogènes humains et animaux et d'un certain nombre de champignons d'une énorme importance. Dans de nombreuses plantes, la capacité à présenter une activité antimicrobienne réside dans la fraction d'huile volatile, sous laquelle se trouve l'huile, sous la dépendance d'un certain nombre de facteurs tels que les suivants : la maturité de la plante, la période de récolte, la partie de la plante destinée à l'extraction et la méthode d'extraction. Il existe de nombreuses méthodes citées (diffusion en puits d'agar, diffusion en disque d'agar, dilution en bouillon et analyse time-kill) permettant à évaluer l'activité antibactérienne des huiles essentielles et de leurs constituants en inhibant la croissance des cellules bactériennes.

Cependant, de nombreux facteurs, tels que le volume d'inoculation, la phase de croissance, le milieu de culture, ainsi que le pH des milieux, la température et le temps d'incubation, ont compliqué la comparaison des données publiées. Ils existent de nombreuses espèces végétales contiennent des composés qui se sont révélés actifs contre les organismes responsables d'intoxications alimentaires et/ou d'altération des aliments tels que *Salmonella enteritidis*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas fluorescens*, et *Clostridium botulinum* Malgré les différences dans les méthodes d'évaluation (Lawal et Ogunwande, 2013).

Les diverses efficacités des différentes huiles essentielles sont dues aux propriétés antimicrobiennes contrastées de chaque constituant dynamique, ainsi qu'à leur impact synergique. En outre, même si les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles sont souvent liées à leurs principaux composés, les interactions entre les différents constituants majeurs et mineurs aussi peuvent participer dans l'activité antimicrobienne des huiles essentielles et ne doivent pas être ignorées. En revanche, les huiles essentielles de basilic (*Ocimum basilicum* L), fenouil (*Foeniculum sativum* Mill), lavande (*Lavandula officinalis* Chaix), marjolaine (*O. majorana* L), origan (*O. vulgare* L), menthe poivrée (*Mentha piperita* L), romarin (*Rosmarinus officinalis* L), sauge (*Salvia officinalis* L), sarriette (*Satureja montana* L), thym (*T. vulgaris* L) et la menthe sauvage (*Mentha arvensis* L) ont révélées une activité antifongique hautement significative, supérieure à celle des

traitements chimiques dans les traitements post-récolte contre *B. cinerea* et *P. expansum* sur les pommes (Herman *et al.*, 2019).

1.9.2. Activité anti-Alzheimer

La maladie d'Alzheimer est définie comme une pathologie multifactorielle neurodégénérative du système nerveux central qui provoque une perte progressive des fonctions mentales tel que la mémoire, les compétences cognitives et comportementales (Jia *et al.*, 2009). La détérioration des cellules nerveuses entraîne la libération d'une substance nommée acétylcholine (ACh), qui est responsable de la transmission des messages entre les cellules du cerveau. La carence en acétylcholine chez les malades est aggravée par l'action d'une enzyme, l'acétylcholinestérase (AChE), qui dégrade rapidement l'acétylcholine. L'AChE est une protéine qui se trouve dans les synapses dites cholinergiques qui utilisent le neurotransmetteur ACh. Ces synapses se trouvent au niveau des jonctions neuromusculaires, ainsi que dans les zones du cortex en charge des fonctions cognitives (mémoire, orientation, jugement, etc.). L'AChE hydrolyse le neurotransmetteur ACh, mettant ainsi fin à la transmission de l'influx nerveux et rétablissant l'excitabilité de ces synapses (Colletier, 2006). L'une des solutions pour augmenter le taux d'acétylcholine au niveau synaptique consiste à diminuer sa dégradation, ceci en inhibant l'effet de l'enzyme d'acétylcholinestérase (Figure 02) (López *et al.*, 2002). Les agents anti-cholinestérasiques ou inhibiteurs du cholinestérase (acétyl cholinestérase et butyryl cholinestérase) représentés par le donépézil, la rivastigmine et la galantamine et les antagonistes des récepteurs N-méthyl-D-aspartate (NMDA) représentés par la mémantine. Actuellement, ces médicaments sont considérés comme le traitement unique qui est autorisé pour le traitement symptomatique de la maladie d'Alzheimer, ils ont été évalués dans de nombreux essais cliniques (Hommet *et al.*, 2016). L'utilisation potentielle de produits naturels a été prouvée avec succès démontré avec succès dans le domaine de la MA. Parmi les sources naturelles, les huiles essentielles attirent une attention spéciale. En effet, les résultats de différentes études récentes indiquent que plusieurs huiles essentielles provenant de cultures alimentaires, de plantes médicinales et d'huiles d'arbre à thé présentent une importante activité inhibitrice anti-cholinestérase. Les effets de l'huile essentielle de *Salvia lavandulaefolia* et de quelques-uns de ses constituants sur l'acétylcholinestérase ont été rapportés *in vitro* et *in vivo* (Bonesi *et al.*, 2010).

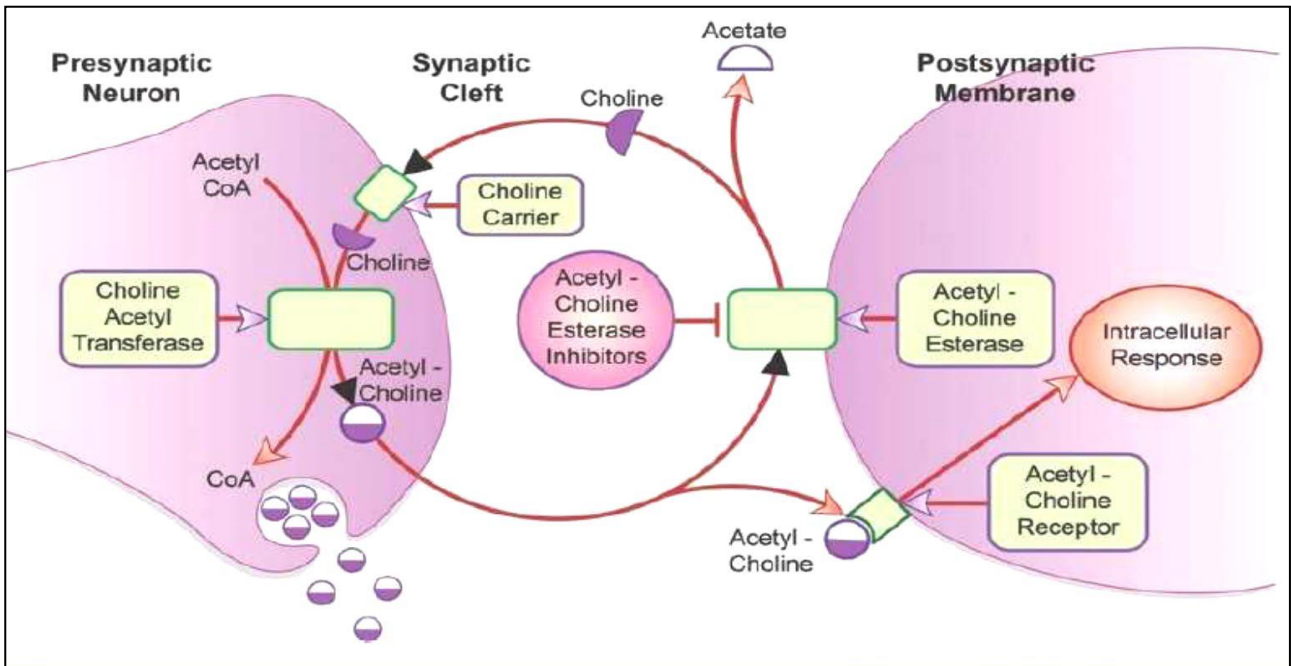


Figure 02 : Mécanismes de neurotransmission cholinergique (Pepin et Delwaide, 1999).

Aussi, plusieurs huiles essentielles et leurs composants monoterpéniques ont été étudiés pour leurs effets sur l'AChE. Par exemple, les huiles essentielles de *Melissa officinalis* L. et de *Rosmarinus officinalis* L. inhibent l'AChE érythrocytaire *in vitro* (Howes *et al.*, 2003 a, b)

1.9.3. Activité antioxydante

Les espèces réactives de l'oxygène (ROS), qui consistent en des radicaux libres tels que l'oxygène singlet (1O_2), les radicaux hydroxyles (OH^*), les radicaux anioniques superoxydes (O_2^-), et des espèces radicalaires non libres telles que le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), sont différentes formes d'oxygène activé générées comme sous-produits d'oxydation de réactions biologiques. Ils jouent un rôle essentiel dans de multiples voies de synthèse endogènes et sont importants dans de diverses réactions de synthèse organique. D'autre part, ils sont potentiellement très toxiques pour les cellules, provoquant une variété de troubles physiopathologiques tels que le vieillissement, l'arthrite, le diabète, l'inflammation et la génotoxicité. En outre, les ROS peuvent renforcer les effets des coups de soleil, de la diminution de la couche d'ozone, du cancer de la peau, du risque élevé d'augmentation du rayonnement ultraviolet et d'autres processus qui génèrent des ROS dans les aliments, tels que la peroxydation des lipides. C'est pourquoi les antioxydants synthétiques tels que l'hydroxyanisolebutylé (BHA), l'hydroxytoluènebutylé (BHT), la tert-butylhydroquinone et le gallate de propyle ont été largement utilisés comme additifs alimentaires pour lutter contre la dégradation des aliments par les radicaux libres. Cependant, les antioxydants synthétiques BHA et BHT ont été suspectés d'être responsables de plusieurs troubles. Au cours des dernières décennies,

la recherche sur les huiles essentielles comme source d'antioxydants naturels a suscité un intérêt croissant (Lawal et Ogunwande, 2013).

1.9.4. Activité insecticide

Les denrées stockées peuvent être attaquées par les insectes, les champignons et les rongeurs. Les dégâts causés par les insectes sont les plus importants, ils peuvent causer des pertes importantes en réduisant la qualité et la quantité des produits stockés. D'après l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), les pertes dues aux insectes nuisibles correspondent à 35% de la production agricole mondiale (Bounechada et Arab, 2011). Les substances d'origine végétale, en particulier les huiles essentielles, sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme outil de défense contre les ravageurs phytophages (Tabet Zatla, 2017). Les biopesticides à base d'huile essentielle présentent plusieurs mécanismes d'intérêt (Chiasson et Beloin, 2007). Les huiles essentielles ont fait l'objet de nombreuses recherches en vue de minimiser les pertes provoquées par les insectes ravageurs des grains stockés par leur effet insecticide (Kéita *et al.*, 2001). On considère que ces mécanismes sont uniques et que les biopesticides à base d'huiles essentielles peuvent être des outils de choix dans les programmes de gestion de la résistance des ravageurs aux pesticides. Avec ces mécanismes d'action particuliers, ces biopesticides peuvent être utilisés seuls et à répétition sans potentiellement inciter le développement de la résistance chez les ravageurs aux pesticides (Chiasson et Beloin, 2007). On peut citer quelques études qui ont présentés une activité insecticide à savoir : les huiles essentielles du genévrier, du faux poivrier et de l'armoise sur *Ryzoperta dominica* L. (TabetZatla, 2017)

CHAPITRE 03

Chapitre 03 : caractéristiques botaniques, systématiques et travaux phytochimiques antérieurs sur les genres *Elaeoselinum* et *Turgenia*

3. Caractéristiques botaniques et systématique du genre *Elaeoselinum* Koch ex DC.

3.1. Généralités

Le genre *Elaeoselinum* (en grec : persil à huile) appartient à la famille des Apiaceae, sous-famille Apioideae, tribu Laserpitieae et sous-tribu Daucineae. Les principales caractéristiques des plantes de cette famille sont le type d'inflorescence en ombelles et l'existence d'un appareil sécréteur interne. Cette tribu est considérée comme typique de l'ancien monde et comprend les genres *Laserpitium*, *Siler*, *Melanoselinum*, *Guillonea*, *Rouya*, *Polylophium*, *Thapsia* et *Elaeoselinum* (Heywood, 1971 ; Pimenov et Leonov, 1993 ; Bader *et al.*, 2010)

Selon Tutin *et al.* (1968), le genre *Elaeoselinum* Koch ex DC est représenté dans la flore européenne par quatre espèces : *E. asclepium* (L.) Bertol. (Contient : subsp. *asclepium* et subsp. *meoides* (Desf.) Fiori), *E. foetidum* (L.) Boiss., *E. gummiferum* (Desf.) Tutin et *E. tenuifolium* (Lag.) Lange (Gutiérrez Bustillo *et al.*, 1986; Bader *et al.*, 2010). Le dernier d'entre eux est maintenant classé comme *Disticoselinum tenuifolium* (Lag.) Garcia Martin et Silvestre. (Garcia Martin et Silvestre, 1985 ; Bader *et al.*, 2010). Garcia Martin et Silvestre (1983/1985) ont proposé de diviser le genre *Elaeoselinum* en trois genres différents représentés par *Elaeoselinum* s.s.p, *Margotia* Boiss. et *Distichoselinum* Garcia Martin et Silvestre. Ce traitement est basé sur quelques caractères, qui sont utiles pour distinguer les simples sections (Brullo *et al.*, 2003).

D'autres les espèces qui ont été décrites comme appartenant au genre *Elaeoselinum*:

E. laxum Pomel, *E. exinvolucratum* Cosson et Balansa, *E. humile* Ball, *E. mangelotianum* Emb., *E. cuatrecasii* Sennen et Mauricio et *E. cadevallii* Sennen et Mauricio, où ils doivent être suivis la synonymie d'*E. meoides* ou *E. fontanesii* ou la séparation définitive du genre *Elaeoselinum* (Garcia Marin et Silvestre, 1985 ; Gutiérrez Bustillo *et al.*, 1986).

3.2. Caractéristiques botaniques

3.2.1. Le genre *Elaeoselinum* Koch ex DC.

Plantes herbacées, vivaces à souche fistuleuse. Les tiges de 30-100 cm sont rameuses, dressées, cylindriques, légèrement striées et ramifiées, glabres, entourées à leurs bases par des restes de gaines foliaires. Les feuilles sont très découpées, basales dispersées, 3-4 pennatiséquées, avec des pétioles et des nerfs scabres ou villosités, avec 2-7 segments primaires basales et des lobes terminaux linéaires à triangulaires, aplatis ou légèrement canaliculés, mucronés, bifaces. Cette divergence permet aux feuilles d'être un outil de diagnostic excellent. De même, ce genre contient un involucre et involucelle polyphylles, le nombre de bractées et bractéoles à une grande importance taxonomique. Involucre inexistant ou contient de 1 à 9 bractées totalement herbacées, caduques ou persistantes. Généralement les involucelles contiennent plusieurs bractéoles (Quézel et Santa, 1963 ; García Martín et Silvestre, 1985).

Le méricarpe se distingue par une forme oblongue elliptique, convexes sur la face dorsale et aplatis dans les coins, avec cinq nervures primaires filiformes et quatre nervures secondaires, deux ailes latérales étendues, bien développées, large ou plus large que le corps du méricarpe et 2 ailes étroites dans les arêtes dorsales souvent dépourvus (Tutin *et al.*, 1968; Brullo *et al.*, 2003). Les fleurs sont jaune, sépales légèrement marqués, subulées, persistantes en fructification. Pétales entières et lobe fléchi. Leur disposition est en ombelles de l'ordre de deux, avec un long pédoncule, légèrement rainurée, section glabre et circulaire. Le centre contient une ombelle bisexuelle, cependant les côtés ont indistinctement des fleurs bisexuelles ou masculines. Les aptères sont largement ailées, ailes légèrement ondulées, jaune doré ou brun-jaunâtre. Les ombelles latérales sont généralement plus petites que la centrale, apparaissant au nombre de 1 à 3. Voies de sécrétion sont généralement du nombre de six, le nombre de chromosomes n est de 11 (García Martín et Silvestre, 1985).

3.2.1.1. L'espèce *Elaeoselinum thapsioides* (Desf.) Maire.

Elaeosilenum thapsioides (Desf.) Maire (synonyme : *Elaeosilenum fontanesii* Boiss), est localement appelé "Becibsa" (Bouhekrit *et al.*, 2016). *E. thapsioides* est une plante vivace, qui se trouve sur des sols secs et rocheux, jusqu'à 3 m de hauteur. Leurs feuilles sont caractérisées par des divisions linéaires courtes et aiguës, pétiolées, glabres et lisses, toutes disposées dans un même plan

et les fruits sont plus courts que les ombelles, qui sont pédonculées. Cette espèce est répandue dans les pelouses et les buissons dans toute l'Algérie (Quezel et Santa, 1963).

3.2.1.2. Habitat

Elaeoselinum thapsioides (Desf.) Maire, pousse dans les fourrés dégradés et les marges des cultures fréquentes (Garcia Martin et Silvestre, 1985).

3.2.1.3. Systématique

Selon HAND, (2011) *Elaeoselinum thapsioides* occupe la place systématique suivante :

Règne : Plantae

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Apiales

Famille : Apiaceae

Genre : *Elaeoselinum*

Espèce : *Elaeoselinum thapsioides* (Desf.) Maire

4. Caractéristiques botaniques et systématique du genre *Turgenia latifolia* (L.) Hoffm.

4.1. Caractéristiques botaniques

Turgenia latifolia (L.) Hoffm. synonyme du nom scientifique : *Caucalis latifolia* L. Elle appartient à la famille des Apiaceae, c'est une plante annuelle, les feuilles divisées, pennées, se caractérise au stade plantule avec des cotylédons elliptiques à ovales, à sommet arrondi, plus ou moins pétiolés.

La plante adulte mesure de 15 à 50 cm d'hauteur, les tiges dressées à soies raides, sillonnées et les feuilles également à soies raides (face supérieure à poils fins hérissés et étalés, face inférieure à poils fins hérissés et divergents sur les nervures), glauques, pennatiséquées, bords ciliés, segments allongés, lancéolés, pennatifides, dentés. Les fleurs rouges ou roses en ombelles longuement pédonculées opposées aux feuilles ; calice à 5 dents poilues, avec de 2 à 4 rayons inégaux. Involucres et involucelles avec de 2 à 4 bractées égales ; pétales échancrés.

Les fruits sont des akènes de grosse taille (1 cm de long), ovoïdes, acuminés, comprimés par le côté, hérissés d'aiguillons rougeâtres. Carpophore persistant sur l'inflorescence après la chute du fruit ce dernier est diakène (fruit contenant les graines), cependant, les 2 akènes du fruit peuvent rester accolés avant complète maturation et donnent alors un aspect ellipsoïde au fruit.

La semence a des dimensions de 2,8-3,5 x 7-9 mm, de couleur blanchâtre avec une forme contour elliptique, face plane lisse, l'autre convexe garnie de côtes épaisses, hérissées-épineuses ; hiérarchie côtes primaires et secondaires. Stylopode (partie basale du style) à becs marqués. L'ornementation est épinée droites non en crochet. C'est une espèce rare dans les cultures (Lonchamp, 2000).

4.2. Systématique

Selon HAND, (2011) *Turgenia latifolia* occupe la place systématique suivante :

Règne : Plantae

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Apiales

Famille : Apiaceae

Genre : *Turgenia*

Espèce : *Turgenia latifolia*

Nom botanique : *Turgenia latifolia* (L.) Hoffm

4.3. Utilisation traditionnelle

La partie aérienne de *Turgenia latifolia* est utilisée en infusion par voie orale pour traiter les problèmes des voies urinaires (Farida *et al.*, 2018).

5. Travaux phytochimiques antérieurs sur le genre *Elaeoselinum* et *Turgenia*

5.1. Travaux phytochimiques antérieurs sur le genre *Elaeoselinum*

Après une recherche bibliographique poussée, on a arrivé à rassembler quelques travaux antérieurs sur cette plante et qui seront exposés ci-dessous. Les espèces du genre *Elaeoselinum* ont été intensivement étudiées soit du point de vue composition de leurs huiles essentielles (Ortega *et al.*, 1985; Palá-Paúl *et al.*, 2001) soit du côté de leurs métabolites terpéniques (Grande *et al.*, 1991b; Grande *et al.*, 1993).

5.1.1. Métabolites secondaires de quelques espèces du genre *Elaeoselinum*

Les métabolites les plus caractéristiques des Apiaceae sont les coumarines, les terpénoïdes (monoterpénoïdes et sesquiterpénoïdes) et les dérivés aromatiques composants les huiles essentielles, ainsi que les phénylpropanoïdes, polyacétylènes et les flavonoïdes habituellement présents en faible quantités (Villalobos *et al.*, 1994).

Les diterpénoïdes sont assez rares dans ces plantes, quelques diterpénoïdes tétracycliques avec des squelettes atisane, beyerane et kaurane ont été signalés dans plusieurs espèces d'*Elaeoselinum*, telles que *Elaeoselinum gummiferum* (Pinar *et al.*, 1978; Rodriguez et Pinar, 1979), *E. foetidum* (Pinar *et al.*, 1983; Villalobos *et al.*, 1994),

E. tenuifolium (= *Distichoselinum tenuifolium*) (Villalobos *et al.*, 1994) et *E. asclepium* subsp. *asclepium* (Grande *et al.*, 1989; Grande *et al.*, 1991). A partir d'*E. asclepium* subsp. *millefolium*, certaines dérivées de kaurane ont été aussi isolées (Grande *et al.*, 1993).

5.1.1.1. *Elaeoselinum thapsioides* (Desf.) Maire

Les produits (2S) 5,3'-dihydroxy-4'-méthoxyflavanone-7-O-rutinoside (Figure 03), (2R) 5,3'-dihydroxy-4'-méthoxyflavanone-7-O-rutinoside (Hespéridine) (Figure 04) et l'Isorhamnétine-3-O-rutinoside (Figure 05) ont été isolés à partir de l'extrait n-butanolique des parties aériennes d'*Elaeoselinum thapsioides* qui ont été récoltées par Djarri (2011) à Sétif (Algérie).

L'hespéridine est utilisée pour ses propriétés vasculoprotectrice, veinotonique et anti-hémorroïdaire.

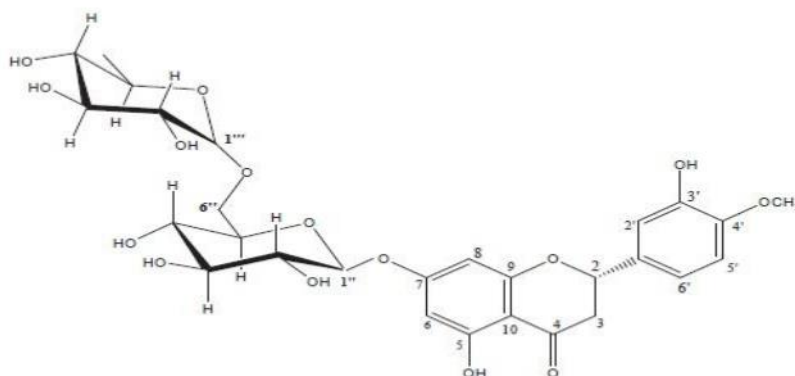


Figure 03: Hespéridine (2S)

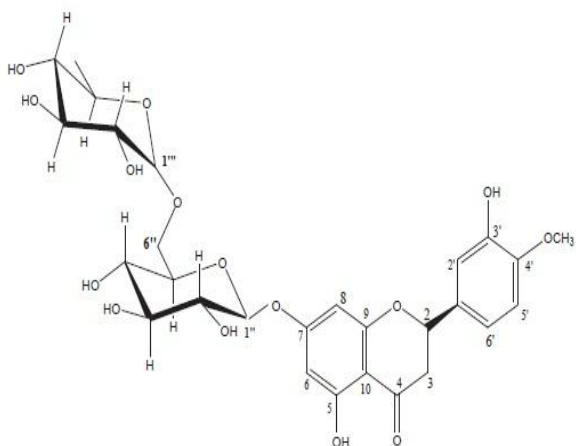


Figure 04: Hespéridine (2R)

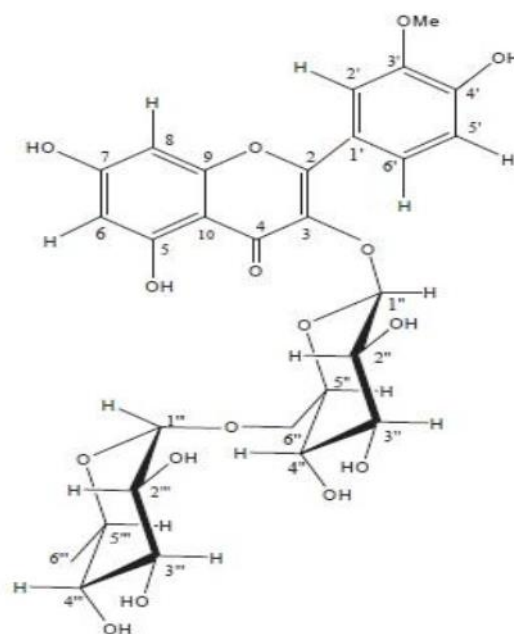


Figure 05: Isorhamnétine-3-O-rutinoside

5.1.1.2 *Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol. ssp. *asclepium*

Grande *et al.* (1989-1991b) ont examiné les constituants chimiques de l'extrait de benzène des racines d'*Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol. ssp. *asclepium*, aussi connue comme *Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol. var. *hispanicum* (Lange) Font Quer, *E. hispanicum* (Lange) Pau et *E. meoides* (Desf.) Koch ex DC. var. *hispanica* Lange in Willk. And Lange (Garcia Martin et Silvestre, 1985).

Les même auteurs ont réussi à isoler les produits: 5 (acide ent-18-angéloyloxykaur-16-ene-19 oïque), 6, 17 (ent-beyer-15-en-19-ol), 18 (acide ent-beyer-15-en-19-oïque), 19, 20 (ent-beyer-14β-tygloyloxy-15-en-19-ol), 21 (acide ent-beyer-14β-tygloyloxy-15-en-19- oïque), 22 (méthyl-ent-

14 β -tigloyloxybeyer-15-ène-19-oate), 23 (acide ent-beyer-14 β -angéloyloxy-15-en-19-oïque), 24 (ent-beyer-3- β -acétoxy-14 β -tigloyloxy-15-en-19-al), 25(ent-14 β -angéloyloxybeyer-15-ène-19-al = asclepiol), 28, 29, 31, 34 (acide ent-atis-16-en-19 oïque) et 35 de l'espèce *E. asclepium* (L.) Bertol. ssp. *asclepium*.

5.1.1.3. *Elaeoselinum asclepium* (L.) ssp. *Meoides* (Desf.) Fiori

Grande *et al.* (1989) ont examiné les constituants chimiques de l'extrait de benzène des racines d'*Elaeoselinum asclepium* (L.) ssp. *meoides* (Desf.) Fiori (= *E. meoides* (Desf.) Koch ex D.C. = *E. millefolium* Boiss (Tutin *et al.*, 1968)) recueilli de la communauté valencienne (l'Est de l'Espagne). Les résultats ont révélé la présence de deux nouveaux diterpénoïdes de beyerane qui ont été identifiés comme étant les principaux composants, ces diterpénoïdes sont: ent-14 β -tigloyloxybeyer-15-en-19-ol (6) (elasclepiol) et l'acide ent-14 β -tigloyloxybeyer-15-en-19-oic (1) (acide elasclépique).

La composition chimique de l'extrait acétonique de la partie aérienne de la même espèce (ssp. *meoides*) qui pousse en Sicile (Italie), a été analysée par Rosselli *et al.* (2008), où ils ont pu isolé quatre diterpénoïdes: acide elasclépique (1) (Villalobos *et al.*, 1994), acide ent-atis-16-en-19-oic (2), acide ent-atis-16-en-19-oic (3) (Grande *et al.*, 1993) et l'acide ent-kaur-16-en-19-oic (4) (Ohno *et al.*, 1979) plus que le nouveau dérivé d'atisane, acide meoidique (5).

La cytotoxicité des composés isolés a été exercée sur les cellules de gliomes C6 chez le rat par le test de la croissance cellulaire et la viabilité. Les cellules C6 ont été traitées par chaque composé en différentes concentrations pendant 48 heures, après le comptage cellulaire, la méthode de Méthyl Thiazoly lTetrazolium (MTT) a été effectuée (Denecke *et al.*, 1997). Aucune activité d'inhibition de la croissance cellulaire n'a été révélée pour les composés 1, 2, 4 et 5 à une concentration inférieure à 150 μ M. Cependant le composé 3 a présenté une IC₅₀ = 77 \pm 16 (le contrôle positif est la digitonine- Calbiochem- avec une IC₅₀ inférieur à 1 μ M (Rasooli *et al.*, 2008).

Badalamenti *et al* (2020), ont étudié la composition chimique des huiles essentielles des fleurs et des feuilles d'*Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol subsp. *meoides* (Desf.) Fiori collectées en Sicile centrale par GC et GC-MS et ils ont évalués également l'activité antimicrobienne de ces huiles essentielles. Les principaux composants volatils de l'HE des fleurs étaient l' α -phellandrène (42,5 %), le terpinolène (15,7 %), le p-cymène (11,6 %) et le β -phellandrène (10,2 %), tandis que ceux des feuilles étaient le p-cymène (44,0 %), l' α -pinène (13,2 %), l' α -phellandrène (11,0 %), le β -

phellandrène (10,2 %) et le β -pinène (9,2 %). En outre, l'huile essentielle des feuilles s'est révélée particulièrement active contre *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* et *Proteus vulgaris*.

5.1.1.4. *Elaeoselinum foetidum* (L.) Boiss.

Un nouveau diterpénoïde a été isolé à partir de la partie aérienne de cette espèce, 8,9-seco-ent-17-nor-kaurane, pour lequel Pinar *et al.* (1983) ont proposé le nom foetidine (Figure 10). Sa structure est methyl-ent-8,9-seco-9,16-diketo-17-nor-kaur-8(15)-en-19-oate et elle a été établie sur la base des données spectroscopiques comparativement avec des composés étroitement apparentés.

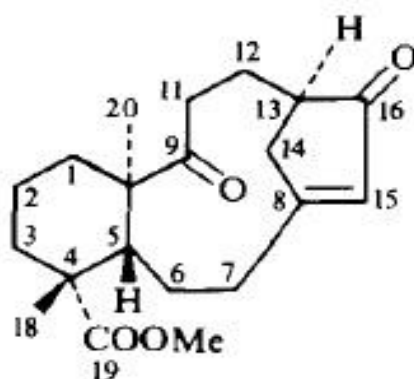


Figure 10 : La structure de foetidine (Pinar *et al.*, 1983).
(methyl-ent-8,9-seco-9,16-diketo-17-nor-kaur-8(15)-en-19-oate)

5.2. Travaux antérieures sur l'huile essentielle d'*Elaeosilenum thapsioides*

L'étude de l'espèce *Elaeoselinum thapsioides* Maire, une plante récoltée de la région de Sétif (l'Algérie), a permis à Djarri (2011) l'isolement de près de 96% constituants dont 49,7% correspondent à des monoterpènes (48,3% de monoterpènes hydrocarbonés et 1,4% de monoterpènes oxygénés).

Les principaux composés de cette huile sont 2,3,4-triméthylbenzaldéhyde (36,0 %), de limonène (19,4 %), d' α -pinène (13,6 %), de δ -3-carène (5,0 %), de (Z)- β -ocimène(3,3 %) et de β -myrcène (3,1 %), accompagnés d'autres constituants à des teneurs relativement faibles. Le 2,3,4-triméthylbenzaldéhyde, isolé par des méthodes chromatographiques et identifié en utilisant la RMN à une et à deux dimensions, est le produit majoritaire avec un rendement de 36% et il est identifié pour la première fois dans le genre.

Ounoughi *et al* (2018) ont également étudié la composition chimique et l'activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*E. thapsioides* de deux régions différentes à Sétif (Tachouda et Megres) en Algérie. Cette étude a révélé que les composants majoritaires de ces huiles essentielles sont : le myrcène (26,56%), cymène-ortho (12,43%), α -pinène (11,68%), sabinène (10,44%), β -pinène (6,40%), limonène (5,04%), γ -terpinène (4,45%) et germacrène-D (3,72%), pour la région de Tachouda, tandis que la région de Megres montre la présence de limonène (36,30%), α -pinène (31,50%), triméthylbenzalhyde-(2, 3, 4) (5,83%), Δ^3 -carène (3,50%) et myrcène (3,50%). Ces deux huiles présentent une grande hétérogénéité entre eux pour les différents composants. L'activité antibactérienne des huiles essentielles n'ont aucun effet contre *P. aeruginosa* ATCC 2785 et *K. pneumonia* ATCC 700603, d'autres partelles ont une activité élevée contre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Escherichia coli* ATCC 25922.

L'étude de Smaili *et al* (2021), fait l'objet de l'analyse de la composition chimique et l'activité anti-cholinestérase d'*E. thapsioides* poussant à l'état sauvage en Algérie, l'analyse par GC-MS a permis d'identifier quarante-cinq composés, représentant 93,8% de l'huile totale, qui était caractérisée par une teneur élevée en hydrocarbures dérivés de monoterpènes (75,9%). le myrcène (61,0%) était le principal constituant de l'huile essentielle, suivi du germacrène D (10,3%), de l' α -pinène (6,5%) et du β -pinène (2,9%). L'activité anticholinestérasique *in vitro* de cette huile essentielle a mis en évidence un faible effet inhibiteur sur l'acétylcholinestérase et la butyrylcholinestérase.

5.3. Travaux antérieures phytochimiques sur le genre *Turgenia*

Le genre *Turgenia* comprend une seule espèce *Turgenia latifolia*, d'après la recherche bibliographique, il n'y a aucun travail fait l'objet d'une étude phytochimique de cette espèce.

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 01

1. Matériel

1.1. Matériel végétal

Les différentes parties aériennes (tige, feuilles, fleurs et graines) d'*Elaeoselinum thapsioides* ont été récoltées dans deux régions distantes d'environ une dizaine de km, Mahouane (800 m) et Megres (1730 m) au Nord de Sétif. Pour la population de Mahouane, les parties (tige, feuilles, et fleurs) ont été recueillies durant la période de floraison (Mai), cependant la récolte des graines a été réalisée en juillet. Alors que, les différentes parties aériennes (tige, feuilles, et fleurs) de la population de Megres ont été recueillies durant la période de floraison c'est-à-dire en début Juillet, tandis que la récolte des graines a été effectuée en fin Juillet. La plante *Turgenia latifolia* a été récoltée à El Rassfa (sud de Sétif) durant la période de floraison (Mai).

Elles sont débarrassées des impuretés puis séchées à l'ombre à une température ambiante et à l'abri de la lumière solaire, afin de préserver au maximum l'intégrité des molécules, le matériel végétal de chacune des deux espèces est coupé en parties fines (2-5mm).

L'identification a été effectuée au niveau du département d'Ecologie et de Biologie Végétale, Université Ferhat Abbas, Sétif 1 par Pr LAOUER H. Les échantillons de référence sont conservés au niveau du laboratoire de Valorisation des Ressources Naturelles et Biologiques.



Figure 07: Photo d'*Elaeoselinum thapsioides* dans son habitat (photo Barbeche, 2018).



Figure 08 : Photo de *Turgenia latifolia* dans son habitat (photo de Barbeche, 2018).

1.2. Matériel et réactifs chimiques des activités biologiques

Les réactifs utilisés dans les tests antioxydant et l'acétylcholinestérase sont achetés du laboratoire Sigma Aldrich sauf l'acétylthiocholine iodide qui provient du labo Biochemica. L'acétone est achetée du laboratoire Prolabo (France). Le spectrophotomètre est d'une marque Spectra Max 340 PC384, il est un lecteur de microplaques à 96 puits et il est doté du logiciel PRO v5.2 software. Le DPPH (2,2 diphenyl 1 picrylhydrazyl), l'hydroxyanile butylé (BHA) et le MeOH ont été achetés chez Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA), le ferricyanure de potassium (LOBA chemicals), acide trichloracétique (Scharlau chemicals, Espagne), phosphate dipotassique (ACROS, USA), phosphate mono potassique (Panreac, Espagne), chlorure ferrique (Biomedicals).

Le Mueller Hinton agar (MHA) a été utilisé comme un milieu de culture des souches bactériennes testées, d'autres milieux de culture ont été également utilisés comme, le Bouillon Nutritif (BN) et gélose nutritive (GN). Le MHA a pour provenance (Fluka) par contre BH et GN proviennent de l'institut Pasteur.

Le matériel utilisé pour la réalisation de l'activité antifongique est : le Milieu PDA (Merck, France), Plaques de PDA stériles jetables (Isolab, Istanbul, Turquie) Diméthyl Sulfoxyde, (US) Incubateur à refroidissement Peltier IPP eco Memmert, (Memmert GmbH + Co.KG, Aeußere Rittersbacher Strasse 38 France), Autoclave (Hirayama HV-85 L. Japon).

1.3. Les souches bactériennes

L'activité antibactérienne des HEs des différentes parties (feuilles, fleurs, tiges et graines) d'*Elaosilenum thapsioides* de deux régions (Mahouane et Megres) et de *Tugenia latifolia* a été évaluée sur quatre souches bactériennes Gram négatif et Gram positif appartenant à l'American Type Culture Collection (ATCC), ce sont : *Escherichia coli* ATCC 25922, *Proteus mirabilis* ATCC35659, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Bacillus cereus* ATCC11778. *S.aureus* provient du laboratoire de microbiologie appliqué, département de pharmacie Sétif, *E.coli* provient du laboratoire de bactériologie du CHU de Sétif par contre *P. mirabilis* et *B.cereus* sont fournis par l'institut Pasteur de M'sila.

1.4. Les souches fongiques

Deux champignons phytopathogènes, à savoir *Rhizoctonia solani* Kühn. (AG3) et *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* (J.H. Owen) ont été isolés à partir de plantes de concombre infectés à Tokat/Turquie. Les racines et les tiges basales infectées présentant des lésions ont été lavées à l'eau courante, désinfectées en surface avec 1% de NaOCl pendant 2 minutes, rincées dans de l'eau distillée stérile, puis placées sur de la gélose aqueuse (WA) contenant du sulfate de streptomycine (120 mg/l). Les cultures qui présentaient des caractéristiques de croissance similaires à celles de *Rhizoctonia* et de *Fusarium* ont été transférées de la gélose à l'eau à la potato-dextrose agar (PDA). Elles ont été ensuite identifiées d'une façon morphologique et moléculaire. Les deux champignons sont présents dans la collection de cultures du département de la protection des plantes, Faculté d'agriculture, Université de Tokat Gaziosmanpasa. Les isolats fongiques ont été activés et ensuite subcultivés pendant 7 jours dans l'obscurité à 25 °C en transférant des cultures de stock au milieu PDA dans des boîtes de Pétri avant l'utilisation.

1.5. Le matériel animal utilisé pour l'activité insecticide

Tribolium castaneum (Herbst) (Coleoptera : Tenebrionidae) est un petit coléoptère, se caractérise par un corps qui est lisse et allongé de couleur brun rougeâtre. Ce coléoptère a une longueur de 3-4 mm (Weidner et Rack, 1984). Les élytres présentent des lignes longitudinales pointillées, et les antennes se terminent par une massue nettement distincte (figure 09). Les yeux ne sont pas surmontés d'un bourrelet semblable à une paupière. Ainsi, il se distingue des autres *Tribolium* par la partie ventrale des yeux qui est large et qui sont relativement rapprochés (Bousquet, 1990). Les larves et les adultes du *Tribolium castaneum* sont attirés par les grains endommagés ou les autres matières farineuses. Ces coléoptères sont très adaptés à l'environnement

des céréales stockées, avec une fertilité élevée et une longévité relative. Elles ont la capacité de bien se développer et à se déplacer entre des plusieurs parcelles de nourriture contribue à leur infestation rapide sur des ressources nouvellement établies, telles que les grains stockés (Rath *et al.*, 2021).



Figure 09 : Adulte de *T. castaneum* (Gx30) (Madene, 2014).

2. Méthodes

2.1. Extraction des huiles essentielles

L'hydrodistillation est une méthode d'extraction qui nous a permis d'obtenir les HE, ce procédé d'extraction est réalisé à l'aide d'un appareil de type Clevenger (Figure 10).

Il est basé sur l'entraînement des substances volatiles présentes dans les plantes, grâce à la vapeur d'eau. Une quantité, bien déterminée du matériel végétal (coupé en parties très fines), est portée à l'ébullition dans de l'eau distillée pendant 3 heures. Pendant l'ébullition, les cellules végétales éclatent et libèrent leurs contenus. La vapeur dégagée traverse un tube vertical, elle est chargée des HE qui passent par un serpentin de refroidissement où aura lieu la condensation. Les gouttelettes ainsi produites s'accumulent dans le tube rempli auparavant d'eau distillée. Enfin, suite à la différence de densité se forme deux phases, l'huile essentielle surnage à la surface de l'eau.

L'HE obtenue est séparée de la phase aqueuse à l'aide d'une aiguille d'une seringue. L'huile ainsi obtenue est récupérée et conservée dans des flacons opaques bien scellés, fermés hermétiquement à l'abri de la lumière et à une température de 4 à 6 °C.

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la plante sec à traiter (AFNOR, 1986). Il est exprimé en pourcentage et calculé par la formule suivante :

$$R = \text{PB} / \text{PA} \times 100$$

Où :

- R : rendement de l'huile essentielle en %
- PB : poids de l'huile en g
- PA : poids de la plante sec en g

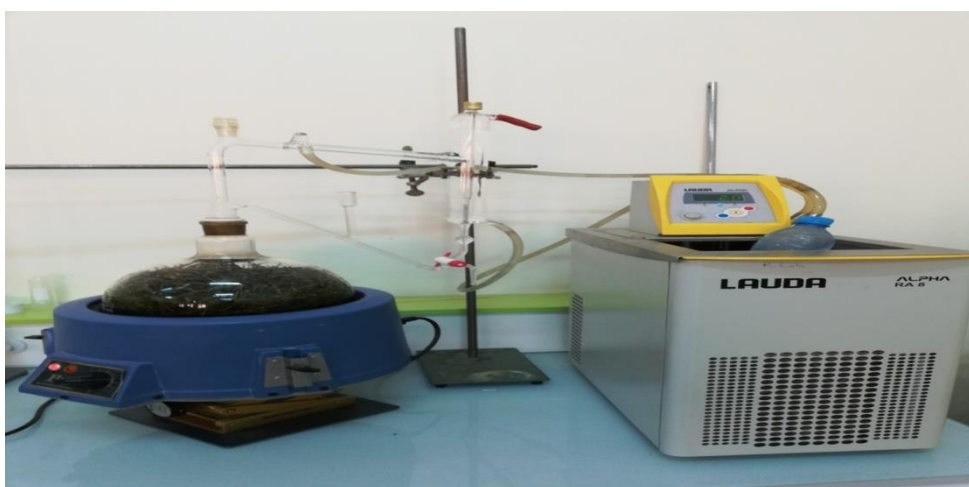


Figure 10 : Appareil de distillation type Clevenger (Photo original).

2.2. Evaluation *in vitro* de l'activité antibactérienne

2.2.1. La méthode de diffusion sur gélose

L'activité antimicrobienne des HEs et des différents extraits a été évaluée en utilisant la méthode de diffusion ou méthode de disque, il s'agit d'une technique par contact direct, Elle permet de prévoir l'efficacité antimicrobienne *in vitro* des extraits, il s'agit en fait d'une appréciation de l'aspect qualitatif de l'activité. Son principe est basé sur la diffusion des extraits du disque vers le milieu de culture solideensemencé par le germe à tester.

Initialement cette technique a été conçue pour tester les antibiotiques de synthèse, il s'agit de l'antibiogramme. Selon Belaiche (1979), l'aromatogramme inspiré de la méthode de Shroeder et Messing (1949) consiste à substituer les disques d'antibiotiques par des disques en papier filtre imprégnés d'huile essentielle ou d'extraits et les déposer sur la surface des gélosesensemencées par

le germe à tester. Après incubation, les diamètres d'inhibitions sont mesurés en millimètres. Ces derniers correspondent aux zones où les germes avaient été inhibés ou détruits par la diffusion des extraits.

2.2.2. Etapes de la réalisation de l'activité antibactérienne

2.2.2.1. Préparation de l'inoculum :

Les différentes souches bactériennes à tester doivent être repiquées par la méthode de stries, puis incubées à 37°C pendant 18h à 24h afin d'obtenir des colonies isolées jeunes qui vont servir à la préparation de l'inoculum, l'opacité de la suspension bactérienne doit avoir une densité optique de 0.08 – 0.1 à la longueur d'onde 625 nm. La densité optique (DO) peut être ajustée en ajoutant plus de culture ou de l'eau physiologique.

2.2.2.2. Ensemencement :

L'ensemencement est effectué par écouvillonnage, le frottement de l'écouvillon sur la même boîte de Pétri a été répété à trois reprises en tournant à chaque fois la boîte d'un angle de 60°.

2.2.2.3. Application des disques :

Des disques en papier filtre stérile sont imprégnés de 10 µl d'HE ou d'extraits dilués dans le DMSO aux dilutions 1/2, 1/5 et 1/10 (v/v), après 4 à 5 minutes les disques sont déposés à la surface des géloses ensemencées. Les disques imprégnés de 10 µl DMSO servent de témoin négatif. Chaque 3 disques de concentrations similaires ont été déposés dans la même boîte, afin de garantir les conditions expérimentales comparables. La gentamicine (GM=10mg) « antibiotique de référence » est utilisée comme standard ou témoin positif.

2.2.2.4. L'incubation :

Les bactéries exigent un délai d'incubation de 24h pour la croissance des bactéries jusqu'au stade de colonies décelables à l'œil nu. Après incubation à 37°C, les diamètres des zones d'inhibition sont mesurés.

2.3. Evaluation *in vitro* de l'Activité antifongique

2.3.1. Methode de l'activité antifongique (Méthode des puits)

Les propriétés antifongiques des huiles essentielles des différentes parties aériennes d'*Elaeosilenum thapsioides* et de *Turgenia latifolia* ont été testées par la méthode de croissance radiale (la méthode des puits) (Gramer, 1976).

Le milieu de culture PDA a été versée dans des boîtes de Pétri de 60 mm (~10mL/boîte-1) et laissées à solidifier pendant la nuit. Des puits (5 mm de diamètre) ont été ouverts à l'aide d'un bouchon de liège préalablement stérilisé, à distance égale du centre, sur la boîte de PDA, préalablement stérilisé. Les puits ont été chargés de 20 µl de différentes concentrations d'huile essentielle diluée dans du DMSO (diméthylsulfoxyde) à 1/2, 1/5 et 1/10 (v/v) et pour les puits de contrôle négatif ont été chargés avec 20 µl du DMSO (diméthylsulfoxyde). Chaque concentration a été ajoutée dans le puits et conservée au réfrigérateur pendant 2 heures pour la diffusion. Puis, des disques mycéliens de 5 mm de diamètre ont été prélevés sur des cultures de *R. solani* et de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* âgées de 7 jours à l'aide d'un bouchon de liège stérilisé et ont été placés loin du puits qui a été creusé préalablement au centre du boîte de Pétri avec 2 cm de distance. La position du disque a été marquée sur la base de la boîte à l'aide d'un marqueur et deux axes orthogonaux passant par le centre du disque ont été marqués pour servir de références pour l'enregistrement des données. Les boîtes de Pétri ont été incubées à une température de 25 °C pendant 7 jours. La croissance radiale le long de chaque ligne a été enregistrée à des intervalles exacts de 24 heures à l'aide de pieds à coulisse (Mitutoyo). L'activité inhibitrice de chaque traitement a été exprimée en pourcentage d'inhibition de la croissance par rapport au contrôle négatif (0%) en utilisant la formule suivante (Pandey *et al.*, 1982) :

$$\text{Inhibition de la croissance (\%)} = \frac{DC - DT}{DC} \times 100$$

Où

- DC = Diamètre du contrôle
- DT = Diamètre de la colonie fongique avec traitement, chaque traitement a été répliqué quatre fois.

2.4. Activité anticholinestérase

L'activité inhibitrice de l'acétylcholinestérase (AChE) a été mesurée en utilisant la méthode spectrophotométrique décrite par Ellman et ses collaborateurs (1961) avec une légère modification.

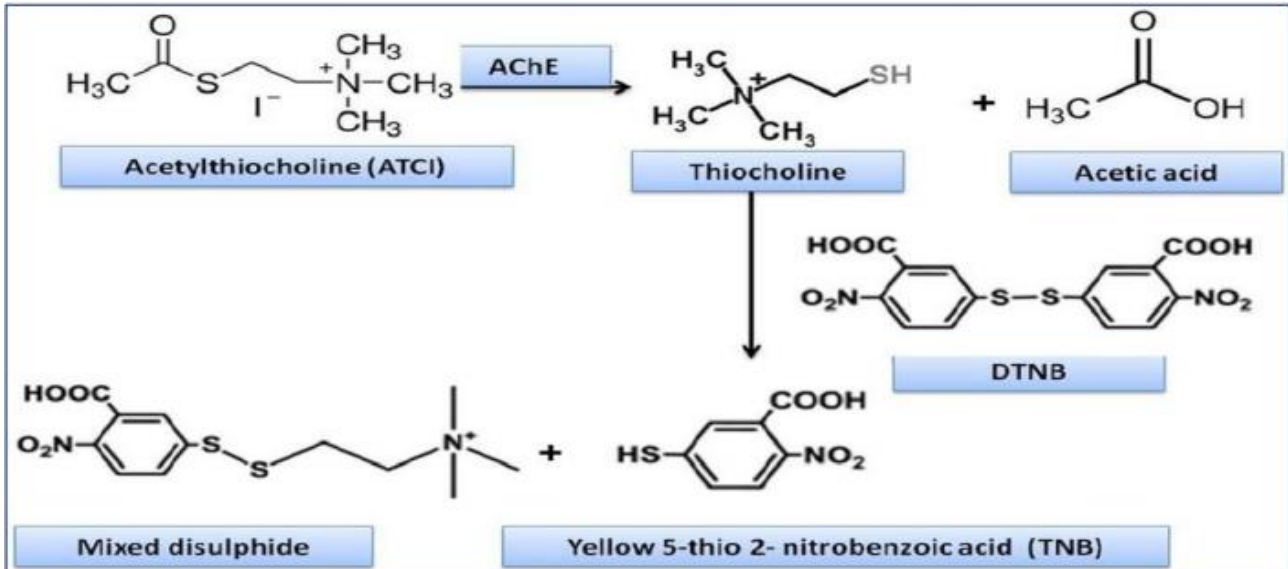


Figure 11 : Les mécanismes chimiques de la méthode d'Ellman (Ali-Shtayeh *et al.*, 2014).

2.4.1. Protocole

150 µl de tampon phosphate de sodium (100 Mm, pH 8,0), 10 µl d'une solution d'échantillon dissoute dans de l'éthanol à différentes concentrations et un volume de 20 µl d'AChE ($5,32 \times 10^{-3}$ U) ont été mélangés et incubés pendant 15 min à 25 C° puis 10 µl de DTNB (0,5 mM) ont été ajoutés, ensuite, la réaction a été initiée par l'addition de 10 µl l'iodure d'acétylthiocholine (0,71 mM). L'hydrolyse du substrat est suivie par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 412 nm. Le pourcentage d'inhibition de l'enzyme AChE a été déterminé par comparaison de la réaction de l'échantillon comportant l'extrait par rapport à l'échantillon à blanc (EtOH dans du tampon phosphate (pH = 8) à l'aide de la formule suivante :

$$I (\%) = (E - S)/E \times 100$$

- E : l'activité de l'enzyme sans extrait
- S : l'activité de l'enzyme en présence d'extrait

Les expériences ont été réalisées en triplicata en utilisant la galanthamine comme composé de référence.

2.5. Test de l'activité antioxydante *in vitro*

2.5.1. Le test de piégeage du radical libre DPPH

Le test du DPPH est une méthode colorimétrique basée sur la capacité des substances dites antioxydantes à donner un électron au radical synthétique DPPH* (2,2 diphenyl 1 picrylhydrazyl). Cette réduction se traduit par un changement de la couleur violette de la solution éthanolique de DPPH vers une coloration jaunâtre (Figure 12) (Molyneux, 2004).

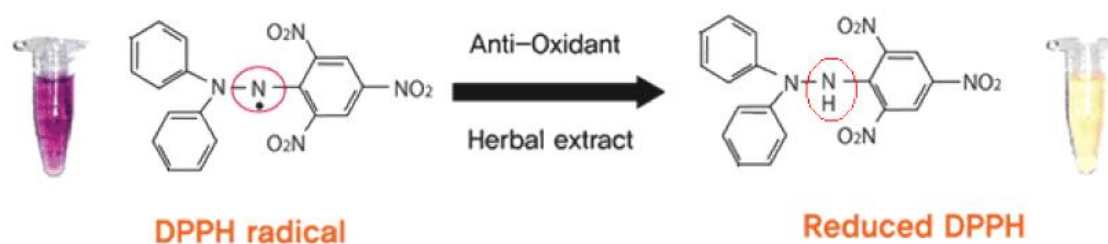


Figure 12 : La forme réduite DPPH et la forme radical DPPH.

L'activité de piégeage des radicaux DPPH de l'huile essentielle d'*E. thapsioides* a été réalisée selon la méthode de (Kirby et Schmidt, 1997), avec quelques modifications. Un volume de 500 μL d'huile essentielle à différentes concentrations (1-30 mg/mL) a été mélangé avec 375 μL d'éthanol à 99,8 % et 125 μL de solution de DPPH (0,02 %) comme source de radicaux libres. Ensuite, la préparation a été incubée pendant une heure dans l'obscurité à température ambiante. A la fin, la capacité de piégeage a été évaluée par spectrophotométrie en contrôlant la réduction de l'absorbance à 517 nm. Sous sa forme radicalaire (couleur violette), le DPPH présente une bande d'absorption à 517 nm qui disparaissent lors de la réduction par une molécule anti radicalaire (couleur jaune). Une bonne activité de piégeage des radicaux a été interprétée par la diminution de l'absorbance du mélange. L'antioxydant synthétique, le BHA, a été utilisé comme référence positive. L'activité de piégeage des radicaux DPPH a été calculée comme suit :

$$\text{Activité de piégeage des radicaux DPPH \%} = \left[\frac{(\text{Ac} - \text{As})}{\text{Ac}} \right] \times 100$$

Où

- Ac est l'absorbance de la réaction de contrôle,
- As est l'absorbance de l'huile essentielle des différentes parties d'*E. thapsioides*. Les tests ont été réalisés en duplicata. Les valeurs IC50 ont été estimées par une régression linéaire.

2.5.2. Le test du pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur des huiles essentielles d'*E. thapsioides* a été réalisé selon la méthode de (Yildirim *et al.*, 2001). Des solutions d'échantillons (0,5 mL) avec diverses concentrations (0,5-10,0 mg/mL) de l'huile essentielle ont été ajoutées à 1,25 mL de tampon phosphate 0,2 mol/L de tampon phosphate (pH = 6,6) et 1,25 mL de solution (10 g/L) de C₆N₆FeK₃. Ensuite, la préparation a été incubée pendant une demi-heure à 50 °C. Après ce temps, 1,25 mL d'acide trichloracétique (100 g/L) a été ajouté. Une aliquote de 1,25 mL de du surnageant de chaque mélange d'échantillons a été ajoutée à 1.25 mL d'eau distillée et 0.25 mL de solution de FeCl₃ dans un tube à essai. L'absorbance a été estimée à 700 nm après 10 min d'incubation à température ambiante contre un blanc. Il y a une relation directe entre la concentration d'huile essentielle, de BHA et le pouvoir réducteur, où l'augmentation de la concentration d'huile essentielle et de BHA est plus importante que celle du pouvoir réducteur de la concentration de l'huile essentielle et du BHA provoque une augmentation du pouvoir réducteur. La valeur EC₅₀ (mg d'huile essentielle/mL) est la concentration effective à laquelle l'absorbance était de 0,5 et elle a été obtenue par interpolation à partir de l'analyse de régression linéaire (Gaamoune *et al.*, 2014).

2.6. Activité insecticide

2.6.1. Récolte et sélection de l'insecte

Les échantillons du blé dur contaminés d'insectes ont été prélevés à partir de la ferme pilote de Khababa Abdelouaheb à Mezloug (Sétif), à de fin octobre et début novembre 2019 puis l'insecte (*Tribolium castaneum*) a été identifié Pr. Benia farida (Professeur à l'université Ferhat Abbas, Sétif).

Donc, à partir de ces échantillons qui ont été contaminés par cet insecte en attend la sortie de ce dernier et on a fait une sélection des insectes selon âge, puis collecté et comptabilisé un nombre suffisant de ces insectes qui satisfait les besoins de cette expérimentation.

2.6.2. Le test de toxicité par contact des huiles essentielles sur papier filtre

Quatre solutions de chacune des HEs (3, 6, 12, 25 µl/mL d'acétone) ont été préparées en diluant des quantités connues d'huile dans l'acétone. Un millilitre de chaque solution a été répandu uniformément sur un disque de papier filtre de 9cm de diamètre (63.58 cm² de surface) à l'aide d'une micropipette. Après évaporation complète du solvant (dilution), chaque disque traité (c'est-à-dire à 0.047, 0.094, 0.18, 0.39 µl/cm²) ou témoin (solvant seul) a été minutieusement placé dans une

boite de Pétri de même dimension. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque huile essentielle. Un lot de 10 insectes adultes a été introduit dans chaque boîte de Pétri qui a été aussitôt fermée (Tapondjou *et al.*, 2003).

Le nombre d'insectes morts a été comptabilisé après 24 heures et le taux de mortalité dans les boîtes traitées a été calculé en utilisant la formule d'Abbott de correction par le résultat du témoin non traité :

$$Mc = (M0 - Mt / 100 - Mt) \times 100$$

- Mc : la mortalité corrigée
- M0 : la mortalité dans les boîtes traitées
- Mt : la mortalité naturelle observée dans les boîtes témoins

Les valeurs de DL50 ont été calculées pour la toxicité des HEs sur papier filtre (Tapondjou *et al.*, 2003).

2.7. Analyse statistique

Les statistiques sont faites par Excel 2016, ANOVA et le test de TUKEY. Tous les échantillons ont été analysés en triplicata et les données ont été exprimées en (moyenne \pm SEM). L'analyse de variance (ANOVA) one way a été utilisée pour tester les différences entre les groupes. Les différences significatives entre les moyennes ont été déterminées par le test de Tukey, les valeurs $p < 0,05$ étant considérées comme significatives.

CHAPITRE 02

2. Résultats et discussion

2.1. Rendement en huiles essentielles

L'opération d'extraction des huiles essentielles a été réalisée par l'hydrodistillation. On a remarqué que la vitesse d'extraction était élevée au cours de la première heure pour les différentes parties d'*Elaeosilenum thapsioides*, alors que pour *Turgenia latifolia*, l'extraction a commencée à peine à partir de la deuxième heure avec un rythme très faible. Les HE des différentes parties aériennes (feuilles, tiges, fleurs et graines) d'*Elaeosilenum thapsioides* des deux régions de Mahouane et de Megres ainsi que celle de la partie aérienne de *Turgenia latifolia* étaient de nature liquides, et possèdent des caractéristiques hydrophobes mais soluble dans l'éthanol, le méthanol et le DMSO. La couleur des huiles de différentes parties aériennes des HE d'*E.thapsioides* était transparente, tandis que celle de *Turgenia latifolia* est de couleur jaune foncée. Les huiles essentielles des deux espèces se distinguent l'un de l'autre par une odeur spécifique.

Le rendement est calculé par le rapport du poids de l'huile essentielle sur le poids sec de la masse végétale utilisée lors de l'hydrodistillation, multiplié par 100 soit :

$$\text{Rdt} = \text{Mhe} / \text{Mvg} \times 100$$

Où :

- Rdt : rendement en HE (en%)
- Mhe : masse de l'huile essentielle
- Mvg : masse végétale sec

L'huile essentielle obtenue est conservée dans un flacon hermétiquement fermé, et entreposée à une température base varie de 4 à 6 °C, jusqu'à son utilisation ultérieure (analyse chimique et activités biologiques). L'extraction des différentes parties aérienne d'*E. thapsioides* (feuilles, tiges, fleurs et graines) de la région de Mahouane a donné des rendements respectifs de 0.26 %, 0.26 %, 1.12 % et 0.75 %, cependant celles de Megress sont de 0.41%, 0.33%, 0.70% et 1.40% respectivement (la figure 13), alors que le rendement en HE de *Turgenia latifolia* était très faible par rapport à ceux d'*E. thapsioides* avec une valeur de 0.01 %.

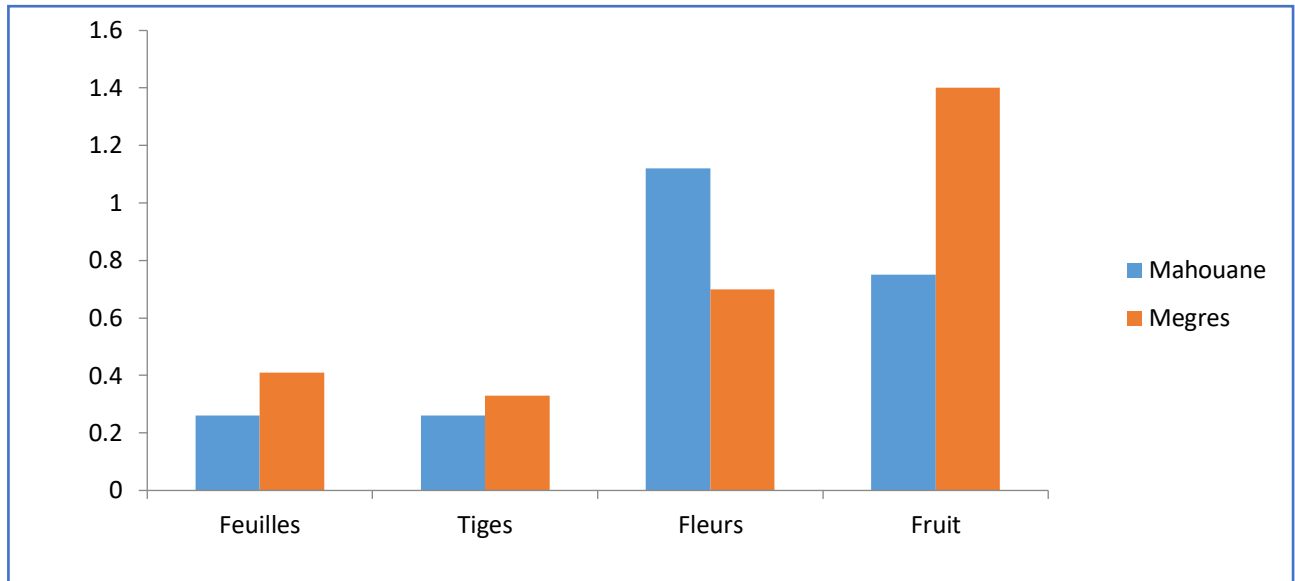


Figure 13 : Les rendements en huiles essentielles des différentes parties d'*E. thapsioides* de Mahouane et de Megres.

La comparaison des rendements de différentes espèces appartient au genre *Elaeosilenum* qui sont mentionnés dans le tableau 03, laisse apparaitre un rendement compris entre 0,2 et 1,4 %. Les rendements de cette étude concernant cette espèce peuvent être considérés comme élevés comparativement à celui obtenu à partir de la partie aérienne (Ounoughi *et al.*, 2018) d'*E. thapsioides* qui est de 0,19 % (v/w), d'autre part, on note que le rendement de l'huile des feuilles de plante de la région de Megres est égal à celui de la partie aérienne d'*E. thapsioides* (Smaili *et al.*, 2021); avec 0,41% contre 0,40% (v/w) respectivement.

Djarri, (2011) a obtenu pour la partie aérienne d'*E. thapsioides* un rendement de 0,5% (v/w), qui est supérieur à ceux des feuilles et des tiges de la région de Megres et de Mahouane avec un rendement (0,26 et 0,26 %) et (0,41 et 0,33 %) respectivement, Tandis qu'il est inférieur à ceux obtenus à partir des fleurs et des graines de ces deux dernières régions qu'ils ont un rendement de 1,12 ; 0,75 % ; 0,70 et 1,40 % respectivement.

Bader *et al.* (2010) ont trouvé que l'HE des racines d'*Elaeosilenum asclepium* de la Sicile (Italie) a un rendement de 2,2 % (v/w), qui est supérieur à tous les rendements qu'on a obtenus. Alors que Badalamenti *et al* (2020) ont signalé que les feuilles et les fleurs de la même espèce du centre de la Sicile (Italie) ont un rendement de 0,46% et 1,55% (v/w) respectivement. Ceci nous laisse croire que le rendement des feuilles est très proche à ceux des feuilles de la région de Megres avec un rendement de 0,41% (v/w). Toutefois, le rendement des fleurs est supérieur à tous les rendements de notre étude. Sachant que la partie aérienne d'*E. asclepium* récoltée à Skikda (Algérie) par Bouchekrit

et al (2016) a donné un rendement de 1,20% (v/w). Ce dernier rendement est proche de ce des fleurs d'*E. thapsioides* de la région de Mahouane avec 1,12% (v/w), mais reste inférieur au rendement des grains de la région de Megres avec 1,4% (v/w).

La partie aérienne d'*E. gummeferum* de Toledo (Espagne) a donné un rendement de 2.66% (v/w), alors que les feuilles et les tiges d'*E. foetidum* de la Péninsule Ibérique ont donné un rendement de 0.58% et 0.53% (v/w) respectivement (Ortega et Carretero, 1985), ces rendements sont supérieurs à ceux des feuilles et des tiges des deux régions de notre étude, en revanche, le rendement des feuilles d'*E. tenuifolium* du même site géographique a été de 0.66% (v/w) (Ortega *et al.*, 1985).

Les meilleurs rendements ont été obtenus à partir des fleurs et des fruits des autres espèces du même genre *Elaeosilenum*. Ils sont compris entre 3,8-5,00 % (Ortega et Carretero, 1985 ; Ortega *et al.*, 1985/1986; Carretero *et al.*, 1988; Bader *et al.*, 2010). Toutefois, le rendement la plus faible a été enregistré au niveau du genre *Elaeosilenum* appartient à la partie aérienne d'*Elaeosilenum asclepium* récoltée à Peloponnède (Grèce), avec 0,02 % (v/w) (Evergetis *et al.*, 2009).

Turgenia latifolia a donné un rendement de 0,01% (v/w), considéré le plus faible comparativement à ceux mentionnés précédemment, même pour les autres genres de la même famille telle que l'inflorescence de *Ferulago macedonica* collectée en Macédoine, avec un rendement de 0.02% (v/w) (Mileski *et al.*, 2015). Donc d'après les données de la littérature obtenues par les différents auteurs pour cette famille, on considère que le rendement en HE de *Turgenia latifolia* est le plus faible de cette famille.

Plusieurs facteurs tels que le type d'organe, les stades de croissance, les facteurs écologiques et génétiques ont des effets significatifs sur le rendement et la composition des huiles essentielles végétales. On trouve qu'ils existent d'autres études, basées sur des traits combinés, génétiques, écologiques et chimiques, établis sur des populations de *H. cheirifolia* collectées dans l'ensemble de sa zone de distribution peuvent fournir des informations plus sur la diversité qualitative et quantitative des profils d'huiles essentielles de l'espèce (Rahali *et al.*, 2017). Ainsi que la teneur en HE provenant d'une espèce peut dépendre du type du sol, du climat, du degré d'ensoleillement, de la technique de séchage et du stockage (Badi *et al.*, 2004). Dans leur étude, ils ont également remarqué une variation significative entre des populations au sein d'une même zone bioclimatique. Cela suggère que chaque population a des conditions microclimatiques spécifiques qui influencent le rendement en huile essentielle et la composition des plantes individuelles (Aissi *et al.*, 2016).

Le rendement atteint sa valeur maximale dans les fleurs et les fruits (la maturation). Ceci, depend selon plusieurs études, au calice qui porte un grand nombre de glandes sécrétrices (Rahman *et al.*, 1999), chose qui est en accord avec nos résultats concernant les différentes parties d'*Elaeosilenum thapsioides*.

La technique d'extraction, la période de la récolte de la matière végétale (l'influence des différents stades phénologiques) et l'origine de la plante, peuvent contribuer aux variations du rendement ; par exemple, le rendement des huiles essentielles extraites à partir de *Salvia officinalis* (Tunisie) de deux régions différentes (Djebel ouest et la Marsa) a donné deux rendements différents 2,55% et 1,80% (w/w) respectivement (Fellah *et al.*, 2006). Une extraction au carbone supercritique chez *Carum copticum* a donné un rendement allant jusqu'à 5.8% (w/w), et d'autre part l'extraction par hydrodistillation a donné un rendement de 2.8% (v/w), ça signifie que la technique d'extraction, a également, un effet important dans la variation du taux de rendement en HE (Khajeh *et al.*, 2005).

Tableau 03 : Rendement en huiles essentielles de diverses espèces des genres *Elaeoselinum* et *Turgenia*

Espèce	Origine (pays)	Organe utilisé	Rendement (%)	Référence
<i>E. thapsioides</i>	Sétif (Algérie)	Feuilles Tiges Fleurs Fruits	0.26 - 0.41 0.26 - 0.33 1.12 - 0.70 0.75 - 1.40	Le présent travail
<i>E. thapsioides</i>	Boussada (Algérie)	Partie aérienne	0.4	Smaili <i>et al.</i> (2021)
<i>E. thapsioides</i>	Sétif (Algérie)	Partie aérienne	0.8 – 1	Ounoughi <i>et al.</i> (2018)
<i>E. thapsioides</i>	Sétif (Algérie)	Partie aérienne	0.50	Djarri. (2011)
<i>E. asclepium</i>	Skikda (Algérie)	Partie aérienne	1.20	Boucekrit <i>et al.</i> (2016)
<i>E. asclepium</i>	(Centre de Sicily)	Fleurs Feuilles	1.55 0.46	Badalamenti <i>et al.</i> (2020)
<i>E. asclepium</i>	Peloponnède (Grèce)	Partie aérienne	0.02	Evergetis <i>et al.</i> (2009)
<i>E. asclepium</i> (L.) Bertol. subsp. <i>asclepium</i>	Alicante (Espagne)	Fruits	4.66	Ortega <i>et al.</i> (1986)
<i>E. asclepium</i> subsp. <i>Mellifolium</i>	Malaga (Espagne)	Fruits	4.25	Carretero <i>et al.</i> (1988)
<i>E. asclepium</i> subsp. <i>Meoides</i>	Sicily (Italie)	Fruits mûrs Racines	3.8 2.2	Bader <i>et al.</i> (2010)

		Partie aérienne	0.95	
<i>E. gummeferum</i> (<i>M. gummifera</i>)	Toledo (Espagne)	Partie aérienne	2.66	Palá-Paúl <i>et al.</i> (2001)
<i>E. foetidum</i>	Péninsule Ibérique	Fruits Feuilles Tiges	5.00 0.58 0.53	Ortega et Carretero (1985)
<i>E. tenuifolium</i>	Péninsule Ibérique	Fruits Fleurs Feuilles	4.93 4.63 0.66	Ortega <i>et al.</i> (1985)
<i>Turgenia latifolia</i>	Sétif (Algérie)	Partie aérienne	0.01	Le présent travail

2.2. Analyse chimique des HEs

L'analyse des huiles essentielles des différentes parties d'*E. thapsioides* des deux régions (Mahouane et Megres), et de l'huile essentielle de *Turgenia latifolia* a été réalisée dans le laboratoire de Chimie Bio-Organique et Biopharmaceutique à l'université de Pisa, Italie au laboratoire du professeur Flamini.

2.2.1. Etude des HEs des différentes parties d'*Elaeoselinum thapsioides*

L'analyse par GC/MS et par GC/FID des huiles essentielles des parties aériennes, des feuilles, des tiges, des fleurs et des graines d'*E. thapsioides*, des deux régions de cueillette (Mahouane et Megres). a permis d'identifier 47 composants chimiques qui sont mentionnés dans le tableau (4 et 5).

Tableau 04 : Composition chimique des huiles des différentes parties d'*E. thapsioides* de Mahouane.

Composés	Ir.i	Fe	T	Fl	Fr
α -thujene	931	Tr	Tr	0,69	1,14
α -pinene	941	1,41	5,15	36,93	56,67
Camphene	954	Tr	Tr	0,26	0,44
Sabinene	976	1,39	2,28	3,23	2,42
β -pinene	982	0,9	11,51	14,54	22,93
Myrcene	993	69,33	54,86	37,85	8,45
α -phellandrene	1005	Tr	Tr	Tr	0,33
α -terpinene	1018	Tr	Tr	Tr	tr
p-cymene	1027	Tr	0,12	Tr	Tr
Limonene	1032	3,31	2,19	4,97	6,71
(Z)- β -ocimene	1042	Tr	0,11	Tr	Tr
(E)- β -ocimene	1052	Tr	Tr	Tr	Tr
2,3,6-trimethyl-1,5-heptadiene	1055	1,57	1,12	Tr	Tr
γ -terpinene	1062	Tr	Tr	Tr	Tr
cis-linalooloxide (furanoid)	1090	1,65	Tr	Tr	Tr
Isobutyltigliate	1093	Tr	Tr	Tr	Tr

6,7-epoxymyrcene	1094	Tr	0,32	Tr	Tr
Perillene	1100	8,03	1,5	Tr	Tr
<i>trans</i> -pinocarveol	1139	Tr	0,26	Tr	Tr
Pinocarvone	1163	Tr	0,28	Tr	Tr
4-terpineol	1178	7,36	0,2	Tr	Tr
Myrtenol	1193	Tr	Tr	Tr	Tr
Myrtenal	1194	Tr	0,41	Tr	Tr
<i>cis</i> -dihydrocarveol	1195	0,21	Tr	Tr	Tr
Phellandral	1272	Tr	1,55	Tr	Tr
α -copaene	1376	0,98	0,49	Tr	Tr
β -bourbonene	1384	Tr	Tr	Tr	Tr
β -cubebene	1390	Tr	0,23	Tr	Tr
β -caryophyllene	1420	0,88	0,26	Tr	0,16
α -humulene	1456	Tr	Tr	Tr	Tr
γ -muurolene	1477	Tr	4,61	1,31	0,59
Bicyclogermacrene	1495	Tr	Tr	Tr	Tr
(<i>Z</i>)- γ -bisabolene	1515	Tr	Tr	Tr	Tr
δ -cadinene	1524	Tr	Tr	Tr	Tr
Spathulenol	1576	Tr	Tr	Tr	Tr
Caryophylleneoxide	1581	2,98	Tr	Tr	Tr
salvial-4(14)-en-1-one	1601	Tr	Tr	Tr	Tr
humuleneepoxide II	1607	Tr	Tr	Tr	Tr
(<i>E</i>)-longipinocarveol	1618	Tr	Tr	Tr	Tr
m-methoxybenzylisothiocyanate	1619	Tr	9,73	Tr	Tr
α -cadinol	1654	Tr	0,56	Tr	Tr
(<i>Z</i>)- α -santalol	1682	Tr	tr	Tr	Tr
<i>cis</i> -14-muurol-5-en-4-one	1686	Tr	1,1	Tr	Tr
neophytadiene I	1841	Tr	Tr	Tr	Tr
Bifloratriene	1978	Tr	Tr	Tr	Tr
p-camphorene	1995	Tr	Tr	Tr	Tr
<i>epi</i> -13-manoyl oxide	2010	Tr	Tr	Tr	Tr
Monoterpenhydrocarbons		77,91	77,34	98,47	99,09
Oxygenatedmonoterpenes		17,25	4,52	Tr	Tr
Sesquiterpenhydrocarbons		1,86	5,59	1,31	0,75
Oxygenatedsesquiterpenes		2,98	1,66	Tr	Tr
Diterpenhydrocarbons		Tr	Tr	Tr	Tr
Oxygenatedditerpenes		Tr	Tr	Tr	Tr
Isothiocyanates		Tr	9,73	Tr	Tr
Other non-terpenederivatives		Tr	Tr	Tr	Tr
Total identified (%)		100	98,84	99,78	99,84

Fe : feuilles, T: tiges, Fl : fleurs, Fr : Fruit, Tr : Trace.

Tableau 05: Composition chimique des huiles des différentes parties d'*E. thapsioides* de Megres.

Composés	RI ^a	Fe	T	Fl	Fr
α -thujene	931	Tr	0,12	0,7	0,91
α -pinene	941	2,85	5,26	43,67	49,26
Camphene	954	Tr	Tr	0,27	0,38

Sabinene	976	1,59	2,92	1,8	1,95
β -pinene	982	7,41	2,5	16,17	23,72
Myrcene	993	58,39	74,09	33,64	11,26
α -phellandrene	1005	Tr	Tr	Tr	0,49
α -terpinene	1018	Tr	0,13	Tr	0,11
p-cymene	1027	Tr	Tr	Tr	Tr
Limonene	1032	2,28	3,14	2,45	10,89
(Z)- β -ocimene	1042	0,14	0,21	Tr	Tr
(E)- β -ocimene	1052	Tr	0,1	Tr	Tr
2,3,6-trimethyl-1,5-heptadiene	1055	Tr	Tr	Tr	Tr
γ -terpinene	1062	0,12	0,23	Tr	0,16
<i>cis</i> -linalooloxide (furanoid)	1090	Tr	Tr	Tr	Tr
Isobutyltigate	1093	0,3	0,47	Tr	Tr
6,7-epoxymyrcene	1094	Tr	Tr	Tr	Tr
Perillene	1100	1,67	0,86	Tr	Tr
<i>trans</i> -pinocarveol	1139	Tr	Tr	Tr	Tr
Pinocarvone	1163	Tr	Tr	Tr	Tr
4-terpineol	1178	0,24	0,51	Tr	Tr
Myrtenol	1193	0,3	Tr	Tr	Tr
Myrtenal	1194	Tr	Tr	Tr	Tr
<i>cis</i> -dihydrocarveol	1195	Tr	Tr	Tr	Tr
Phellandral	1272	Tr	Tr	Tr	Tr
α -copaene	1376	0,39	0,29	Tr	Tr
β -bourbonene	1384	0,56	0,13	Tr	Tr
β -cubebene	1390	0,24	Tr	Tr	Tr
β -caryophyllene	1420	2,69	0,69	Tr	0,18
α -humulene	1456	0,17	Tr	Tr	Tr
γ -muurolene	1477	8,8	7,83	1,1	0,51
Bicyclogermacrene	1495	0,16	Tr	Tr	Tr
(Z)- γ -bisabolene	1515	0,12	Tr	Tr	Tr
δ -cadinene	1524	0,31	0,22	Tr	Tr
Spathulenol	1576	0,27	Tr	Tr	Tr
Caryophylleneoxide	1581	1,98	0,12	Tr	Tr
salvial-4(14)-en-1-one	1601	0,37	Tr	Tr	Tr
humuleneepoxide II	1607	0,14	Tr	Tr	Tr
(E)-longipinocarveol	1618	0,24	Tr	Tr	Tr
m-methoxybenzylisothiocyanate	1619	3,72	Tr	Tr	Tr
α -cadinol	1654	-	Tr	Tr	Tr
(Z)- α -santalol	1682	0,53	Tr	Tr	Tr
<i>cis</i> -14-muurol-5-en-4-one	1686	Tr	Tr	Tr	Tr
neophytadiene I	1841	0,29	Tr	Tr	Tr
Bifloratriene	1978	0,92	Tr	Tr	Tr
p-camphorene	1995	0,55	Tr	Tr	Tr
<i>epi</i> -13-manoyl oxide	2010	0,39	Tr	Tr	Tr
Monoterpenhydrocarbons		72,78	88,7	98,7	99,13

Oxygenatedmonoterpenes		2,21	1,37	Tr	Tr
Sesquiterpenhydrocarbons		13,44	9,16	1,1	0,69
Oxygenatedsesquiterpenes		3,53	0,12	Tr	Tr
Diterpenhydrocarbons		1,76	Tr	Tr	Tr
Oxygenatedditerpenes		0,39	Tr	Tr	Tr
Isothiocyanates		3,72	Tr	Tr	Tr
Other non-terpenederivatives		0,3	0,47	Tr	Tr
Total identified (%)		98,13	99,82	99,8	99,82

Fe : feuilles, **T** : tiges, **Fl** : fleurs, **Fr** : Fruit, **Tr** : trace.

Les hydrocarbures monoterpéniques étaient les principaux composants, allant de 72,78 à 99,13 %. Les monoterpènes oxygénés et les sesquiterpènes oxygénés suivaient (1,37 à 17,25 % et 0,12 à 3,53 % ; respectivement dans les huiles essentielles des feuilles et des tiges). Les hydrocarbures sesquiterpéniques étaient présents en quantités variables dans les huiles essentielles des différentes parties des deux régions (0,69 à 13,44 %), mais ils étaient à peine représentés dans les huiles essentielles des feuilles et des tiges de la région de Megres. La présence d'isothiocyanates, a été enregistrée dans l'huile essentielle des feuilles et des tiges des deux régions de Mahouane et de Megres 9,73 et 3,72 %, respectivement. Les hydrocarbures diterpéniques et les diterpènes oxygénés étaient présents en petites quantités uniquement dans l'huile essentielle des feuilles de la population de Megres 1,76 et 0,39 %, respectivement. Les dérivés non terpéniques étaient également présents en petites quantités dans l'huile essentielle des feuilles et des tiges de Megres (0,3 et 0,47 %) (figure 16 et 17).

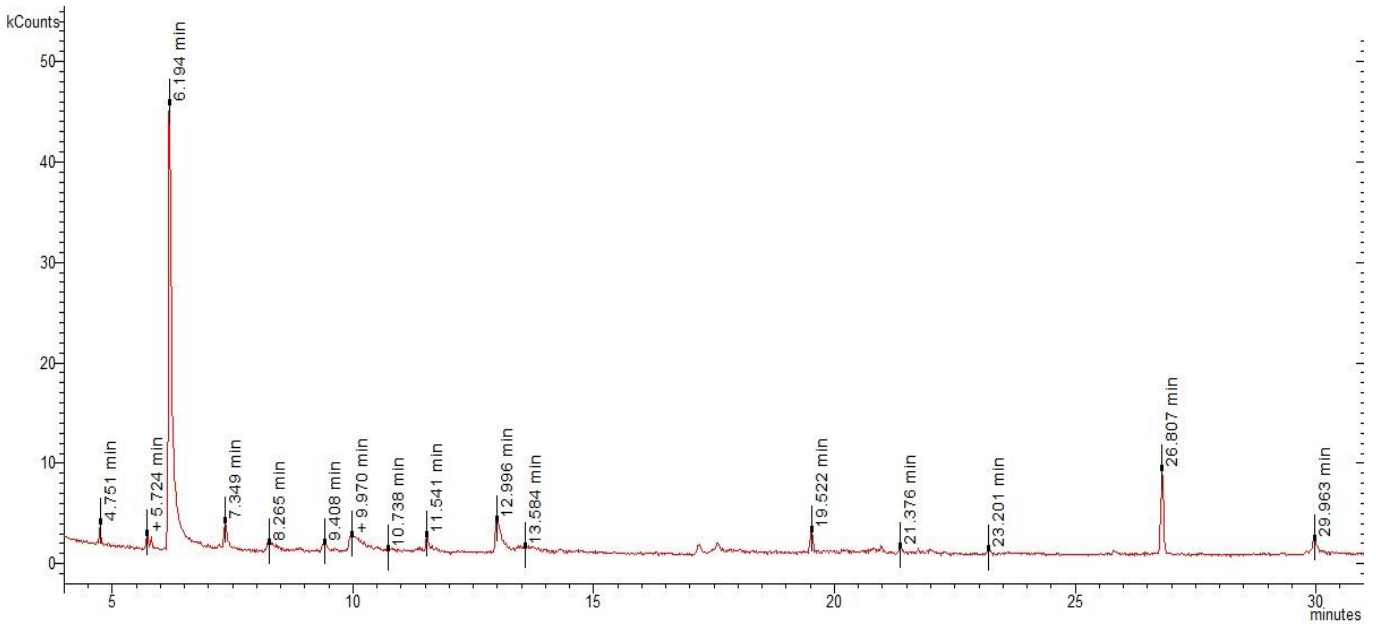


Figure 14 : Chromatogramme de l'HE des feuilles d'*E.thapsioides* de Mahouane

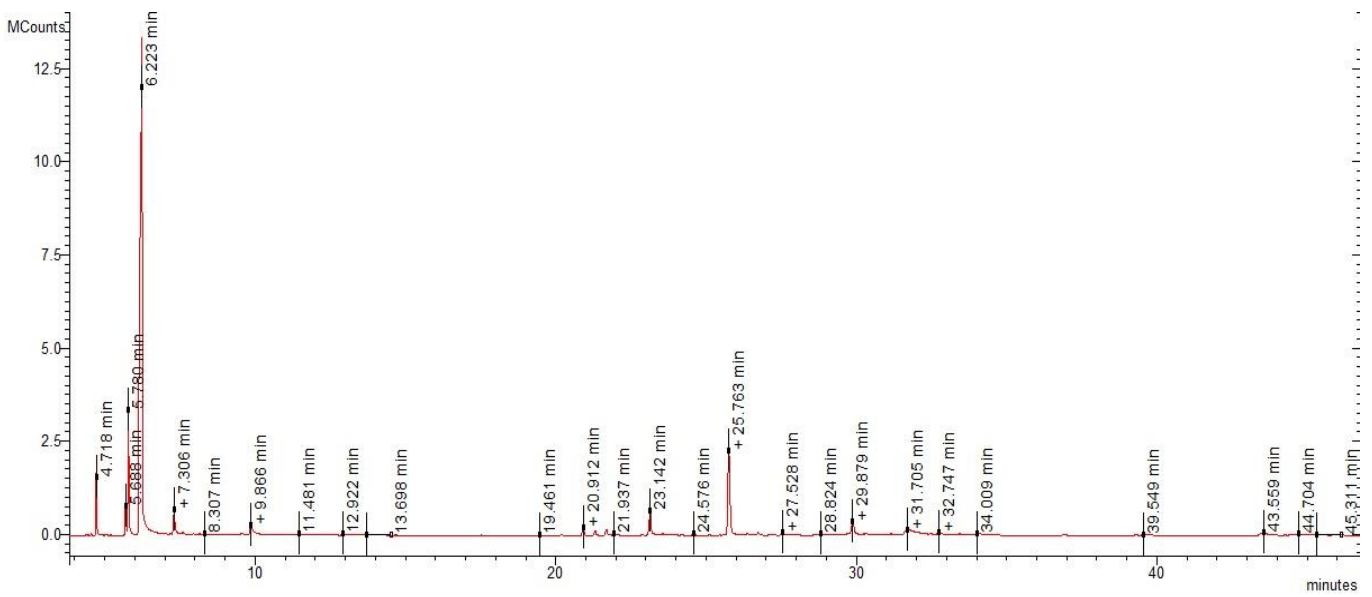


Figure 15 : Chromatogramme de l'HE des feuilles d'*E.thapsioides* de Megres

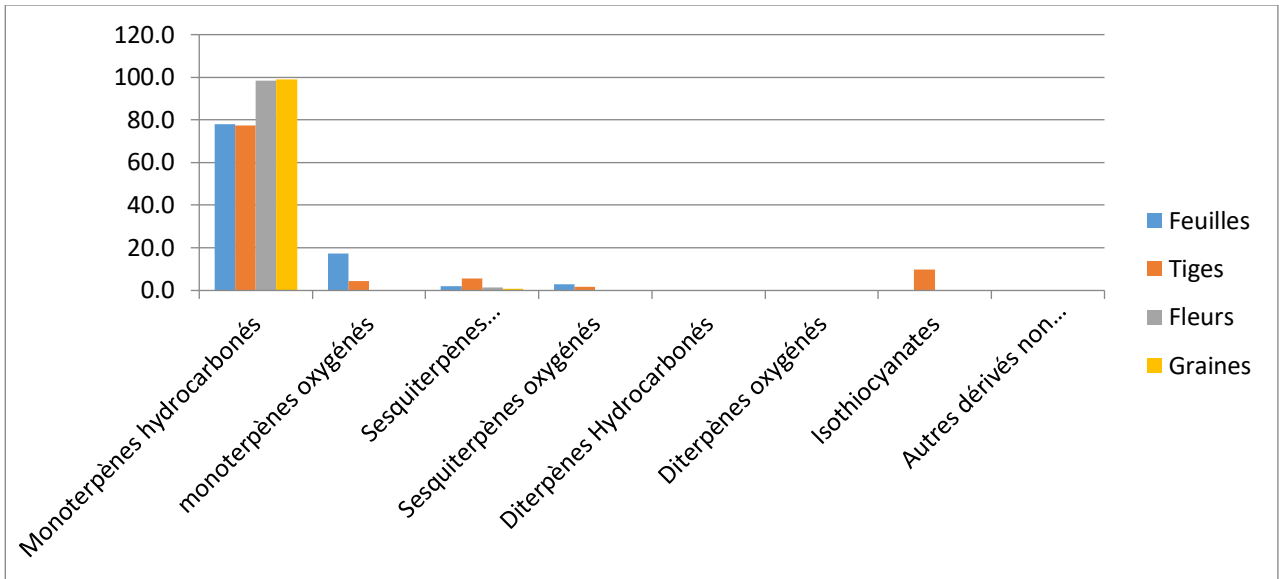


Figure 16 : Pourcentage des différentes classes chimiques des huiles des différentes parties aériennes d' *E. thapsioides* de Mahouane.

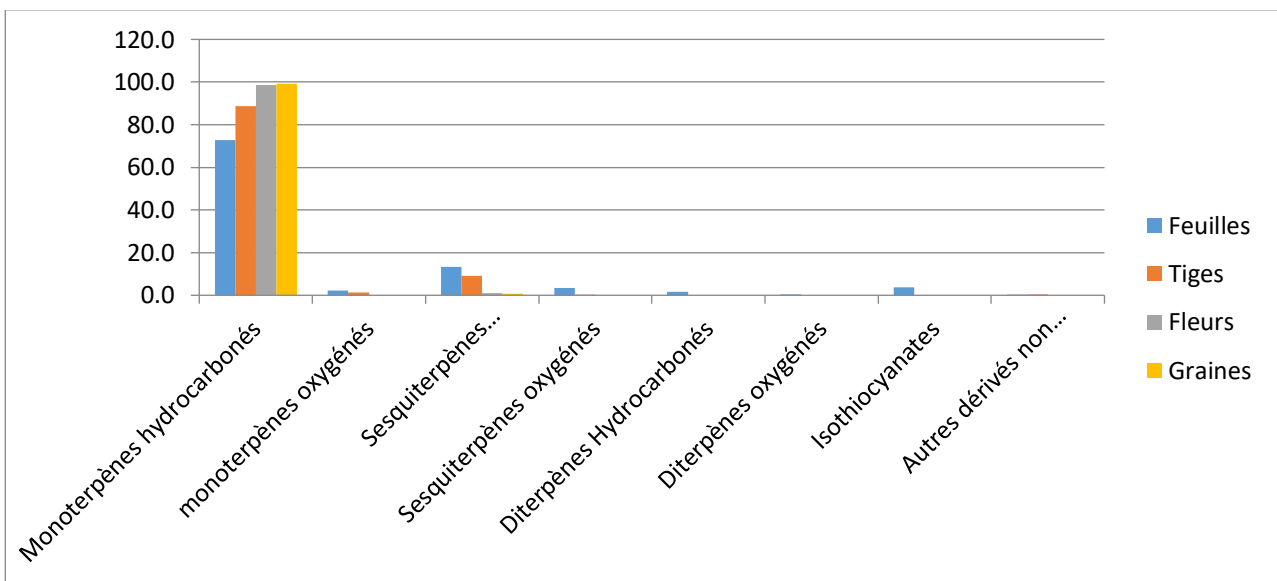


Figure 17 : Pourcentage des différentes classes chimiques des huiles des différentes parties d' *E. thapsioides* de Megres

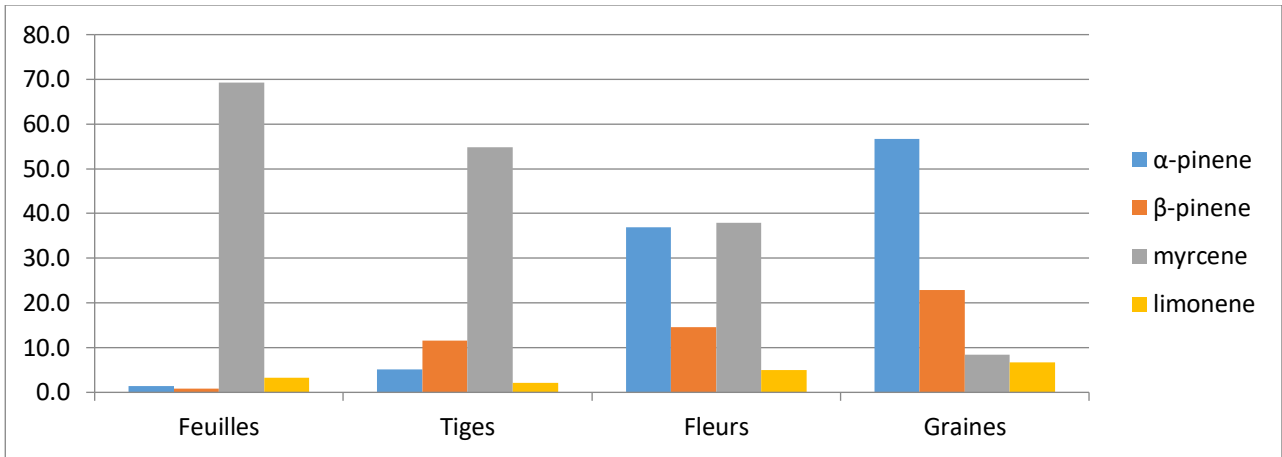


Figure 18 : Pourcentage des composants majoritaires des huiles des differentes parties aériennes d'*E. thapsioides* de Mahouane.

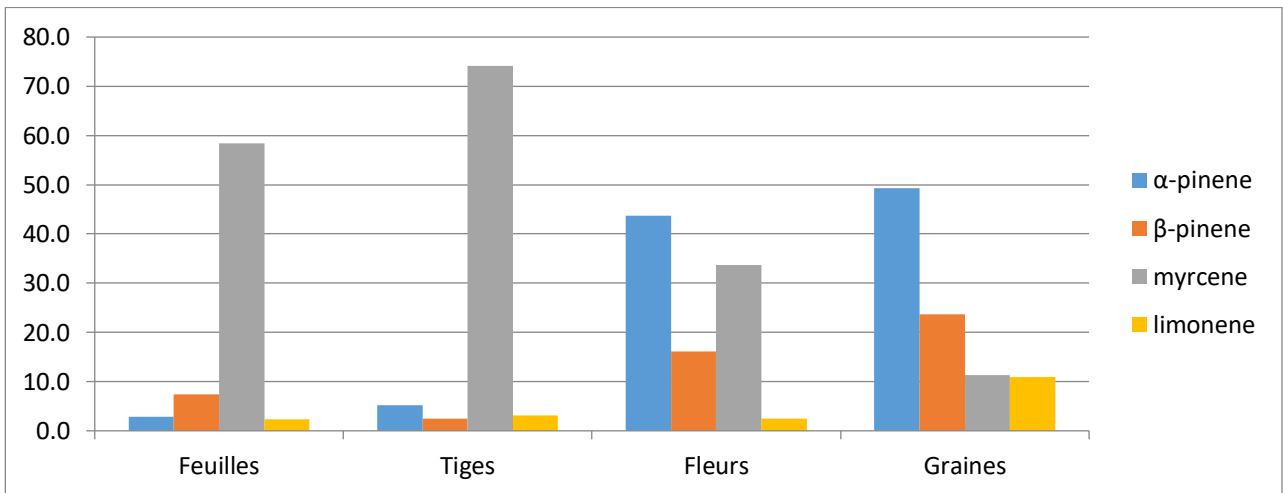


Figure 19 : Pourcentage des composants majoritaires des huiles des differentes parties aériennes d'*E. thapsioides* de Megres.

Les composants majoritaires des parties aériennes d'*E. thapsioides* (feuilles, tiges, fleurs et graines) des deux régions Mahouane et Megres sont illustrés dans les figures (18 et 19).

Le myrcène varie entre 33,64% à 74,09%, et pour les graines des deux régions Mahouane et Megres, il a été peu abondant 8,45% et 11,26%, respectivement. Par ailleurs, les composants majoritaires des huiles essentielles obtenues à partir des fleurs et des graines des deux régions Mahouane et Megres étaient l' α -pinène (36,93, 56,67 % et 43,67, 49,26 %) et le β -pinène (14,54, 22,93 % et 16,17, 23,72 %). Cependant, l' α -pinène était présent en moindres pourcentages (1,41 et 5,26 %) dans les huiles essentielles des feuilles et des tiges des deux régions. La tendance inversée a été observée pour le β -pinène dans l'huile des feuilles et des tiges, avec 0,9 et 11,51 dans la région de Mahouane et 7,41 et 2,5 % à Megres. Le limonène (6,71 et 10,89 %) caractérise l'huile essentielle des

graines de Mahouane et de Megres, mais il était moins présent chez celles obtenues par les feuilles, les tiges et les fleurs des deux régions 2,19% - 4,97%.

Dans l'huile essentielle des feuilles de la région de Mahouane étaient présents le périllène et le 4-terpinéol par des pourcentages appréciables 8,03 et 7,36 %, mais ils étaient presque absents dans les feuilles de la région de Megres. L'isothiocyanate de m-méthoxybenzyle (9,37 %) caractérisait l'huile essentielle des tiges de la région de Mahouane, tandis qu'il était présent en petites quantités dans les huiles de la région de Megres ; au contraire, il n'était pas présent du tout dans les huiles essentielles obtenues à partir des autres parties aériennes des plantes des deux régions. Un autre composé important, le γ -muurolène a été identifié dans l'huile essentielle des feuilles et des tiges de la région de Merges 8,8 et 7,83%, alors qu'il atteignait des pourcentages plus faibles dans l'huile obtenue à partir des tiges et qu'il était complètement absent dans celle des feuilles de la région de Mahouane. D'autre part, l'huile essentielle des tiges de la région Mahouane et celles extraites des feuilles et des tiges de la région de Megres contiennent respectivement 4,61 %, 8,8 %, 7,83 % de γ -muurolène, et les huiles essentielles extraites des tiges de la population Megres contiennent 9,73 % sous forme d'isothiocyanate de m-méthoxybenzyle alors qu'elles sont absentes dans la composition chimique des différentes espèces d'*Elaeosilenum* (Tableau 06).

Tableau 06 : Les principaux composants chimiques des différentes espèces d'*Elaeosilenum*.

Espèces d' <i>Elaeosilenum</i>	Localités	Références	α -pinene	β -pinene	Sabinene	α -fenchene	Myrcene	Limonene	α -terpinene	γ -terpinene	β -phellandrene	Terpinen 4-ol	β -farnesene-T	Germacrene-D	α -copaene	γ -muurolene	m-methoxybenzylisothiocyanate	Δ^3 -carene	Trimethylbenzaldehyde _{2,3,4}		
<i>E. fontanesii</i>	Maroc 1	Akssira <i>et al.</i> (2004)	25	4	11	0	25	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Maroc 2		51	9	20	0	3	9	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. gummiiferum</i>	Espagne 1		46	8	16	0	1	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Espagne 2		65	11	15	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Espagne 1	Palá-Paúl <i>et al</i> (2001).	37	14	0	10	23	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>E. foetidum</i>	Espagne 2	Ortega et Carretero (1985)	77	17	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

	Espagne 1	Akssira <i>et al.</i> (2004)	81	14	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. asclepium</i>	Espagne 2	Ortega <i>et al.</i> (1986)	67	21	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Espagne 3	Carretero <i>et al.</i> (1988)	81	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Grèce	Evergetis <i>et al.</i> (2009)	27	6	35	0	3	0	0	0	2	4	5	5	0	0	0	0	0
	Italie 1	Bader <i>et al.</i> (2010)	77	4	12	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Italie 2		92	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Italie 3		61	8	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Algeria Skikda	Boucekrit <i>et al.</i> (2016)	44	16	28	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Espagne	Badalamenti <i>et al.</i> (2020)	2	2	0	0	1	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
			13	9	0	0	1	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. tenuifolium</i>	Espagne 1	Akssira <i>et al.</i> (2004)	3	1	24	0	48	7	4	2	0	4	0	0	0	0	0	0	
	Espagne 2	Ortega <i>et al.</i> (1985)	1	1	17	0	66	9	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	
	Portugal 1	Tavares <i>et al.</i> (2010)	0	1	2	0	77	6	0	1	2	1	0	1	3	0	0	0	
	Portugal 2		0	1	11	0	48	20	0	3	1	4	0	1	4	0	0	0	
	Portugal 3		0	1	0	0	85	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	Portugal 4		1	1	6	0	59	14	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	
<i>E. thapsioides</i>	Algérie Sétif	Djarri. (2011)	14	0	0	0	3	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	36
		Ounoughi <i>et al.</i> (2018)	12	7	10	0	27	5	0	4	2	0	0	0	1	0	0	0	0
			32	1	1	0	4	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	9

Dans le présent travail, la meilleure valeur d'umyrcène (74,09%) a été enregistrée chez l'huile essentielle des tiges de la région de Megres. Mais cette valeur reste inférieure à celle présente dans l'une des huiles essentielles extraites du *Distichoselinum tenuifolium* (= *Elaeoselinum tenuifolium*), originaire de la province d'Algarve, au sud du Portugal. Cette dernière espèce est considérée comme l'unique espèce du genre contenant un pourcentage élevé d'umyrcène (48 - 85 %) (Tavares *et al.*, 2010). D'autre part, il est supérieur à celui de *E. tenuifolium* de la Péninsule Ibérique avec (66,2%) (Ortega *et al.*, 1985), *E. thapsioides* avec (61%) et (26,56% - 3,50%) (Smaili *et al.* 2021) et (Ounoughi *et al.* 2018) respectivement, ainsi que pour *E. fontanesii* avec (48%) (Akssira *et al.*, 2004), et *E. gummiferum*

avec (22,8%) (Palá-Paúl *et al.*, 2001), mais il est supérieur pour le taux du myrcène dans l'HE d'*E. thapsioides* avec (3,1%) (Djarri, 2011) et *E. asclepium* avec (0,9% - 0,8%) (Badalamenti *et al.*, 2020). Vu le taux élevé du myrcène détecté dans l'HE de *Distichoselinum tenuifolium* et pour cette raison Tavares *et al.* (2010), confirment sa séparation du genre *Elaeoselinum*. Donc, les HEs des feuilles d'*E. thapsioides* de la région Mahouane et celles des tiges de la région Megres peuvent étes classées au deuxième rang des espèces d'*Elaeoselinum* après *E. tenuifolium* pour la teneur en myrcène (Tableau 04).

L' α -pinène est le composé majoritaire des sous-espèces *E. asclepium ssp. Asclepium* (67,0%) (Ortega *et al.*, 1986) d'Espagne, *E. asclepium ssp. millefolium* (81,4%) (Carretero *et al.*, 1988) et *E. asclepium subsp. meoides* (92.2%-60.8%) de l'Italie (Bader *et al.*, 2010), ainsi que les espèces *E. foetidum* (77,3%) originaire de la Péninsule Ibérique (Ortega et Carretero, 1985), ces derniers résultats sont supérieurs à ceux de notre étude. Sachant que le pourcentage de l' α -pinène de nos résultats chez les fleurs et les graines des deux régions (36,93% - 56,67%) sont similaires à ce d'*E. gummiferum* (37,4%) d'Espagne (Palá-Paúl *et al.*, 2001), *E. fontanesii* (25% - 51%) récoltée en Maroc (Akssira *et al.*, 2004), *E. asclepium* (43,9%) originaire d'Algérie (Bouчекrit *et al.*, 2018). Cependant, il est peu présent dans l'espèce *E. thapsioides* (11,68% - 31,50%) récoltée en Algérie (Ounoughi *et al.*, 2018), *E. asclepium* (27.4%) de la Grèce (Evergetis *et al.*, 2009).

Djarri (2011) a enregistré dans son travail que les HE de la partie aérienne d'*E. thahpsioides* récolté à le même endroit où on a recolté notre plante pour la région de Megres, un pourcentage de 13,6 % d' α -pinène, cette valeur est très proche à celle de l'HE des feuilles d'*E. asclepuim* du centre de la Sicily (13,2 %), alors que cette molécule dans les HE des fleurs de cette dernière présente (2,4 %), aussi, on peut constater que la valeur qui a été obtenue dans le travail de Djarri (2011) est supérieur à celle obtenue à partir pour HE de la partie aérienne de la même espèce récoltée en Algérie (6,5 %) (Smaili *et al.*, 2021). Ortega *et al.* (1985) a trouvé que l'huile essentielle de l'espèce *E. tenuifolium* contienne une quantité minoritaire de cette molécule (0,6%) (Tableau 04).

L'HE des graines d'*E. thapsioides* de notre étude a enregistré un taux de β -pinène supérieure à tous ceux qui' ils ont été représentés de la part des différentes espèces du genre *Elaeosilenum* mentionnées dans le tableau 4, où on peut trouver aussi un pourcentage un peu plus élevé dans l'huile d'*E. asclepium ssp. asclepium* (21,4 %) (Ortega *et al.*, 1986). En revanche, il est en quantité appréciable dans les autres espèces de 2 % à 17%, dont la faible quantité a été enregistrée chez l'HE de la partie aérienne d'*E. thapsioides* (0.4%) (Djarri, 2011), (0,97%) (Ounoughi *et al.*, 2018) et *E. tenuifolium* (0,5 %) (Ortega *et al.*, 1985).

Pour ce qui concerne le limonène, ce dernier est présent dans la majorité des HE du genre *Elaeoselinum* étudiées avec quelques exceptions. Ounoughi *et al.* (2018) trouvent dans leur travail que le pourcentage du limonène dans les huiles de la partie aérienne d'*Elaeosilenum thapsioides* récoltée dans deux régions à Sétif sont 5.04% et 36.30%, aussi, le taux de limonène est élevé dans l'espèce *E. fontanesii* (33%) du Maroc (Akssira *et al.*, 2004) et *E. thapsioides* (19.4%) de Sétif (Djarri, 2011). En revanche, il est peu présent dans l'HE d'*E. tenuifolium* (8,7%) d'Espagne (Ortega *et al.*, 1985) et avec un faible pourcentage de 2% dans celle d'*E. asclepium* de Skikda (Bouchekrit *et al.*, 2018), et d'*E. foetidum* (1,1%) de la Péninsule Ibérique (Ortega et Carretero, 1985), par contre, il est nul dans les HE d'*E. asclepium* récoltée de la Grèce (Evergetis *et al.*, 2009), dans les feuilles et les fleurs des mêmes espèce récoltées dans le centre de la Sicily (Badalamenti *et al.*, 2020) et même pour *E. gummiferum* de l'Espagne (Palá-Paúl *et al.*, 2001) (Tableau 4).

Le périllène, le m-méthoxybenzyle isothiocyanate, le γ -muurolene sont des molécules qui n'existent que chez *E. thapsioides* de nos sites avec un pourcentage appréciable, ils étaient absents dans toutes les espèces étudiées du genre *Elaeosilenum*, et d'autre part les différentes parties d'*E. thapsioides* de notre étude sont dépourvus du germacrene-D (10,3 %), qui est présent dans l'huile essentielle de la partie aerienne d'*E. thapsioides* récoltée en Algérie (Smaili *et al.*, 2021), suivie par, l'HE d'*E. asclepium* (5%) récoltée en Grec (Evergetis *et al.*, 2009) et celle récoltée par Ounoughi *et al.* (2018) et Smaili *et al.* (2021), avec 0,86% - 3,72%, aussi l'HE d'*E. tenuifolium* récoltée en Portugale contienne cette molécule (1%) (Tavares *et al.*, 2010). On remarque d'autre exception pour l'HE d'*E. thapsioides* de Sétif (Megres) qui a été caractérisée par 2, 3, 4-Trimethylbenzaldehyde (36%), comme composant majoritaire (Djarri, 2011), suivi par (9,3 %) pour les HE de la même espèce et de la même région (Ounoughi *et al.*, 2018), on note aussi que notre plante a été recueilli dans la même région, ce composé est absent dans toutes les espèces étudiées du genre *Elaeosilenum*, ça concerne aussi notre plante. L'*epi*-13-manyoloxide et plusieurs composés qui ne se trouvent que dans l'HE des feuilles d'*E. thapsioides* de la région de Megres, ils sont absents dans toutes les espèces étudiées du genre *Elaeosilenum*.

2.2.2. Etude de l'HE de *Turgenia latifolia*

L'analyse chimique de l'huile essentielle de *Turgenia latifolia* a permis d'identifier 52 composés cités dans le tableau 07 et la figure 30 par ordre d'éluion. 98,8% des constituants représentant la somme des pourcentages des composants obtenus ont été identifiés, sont répartis comme suit : les sesquiterpènes oxygénés (41,6%), les monoterpènes oxygénés (25%), les monoterpènes hydrocarbonés (21,7%), et les sesquiterpènes hydrocarbonés (10,5%). (Figure 20)

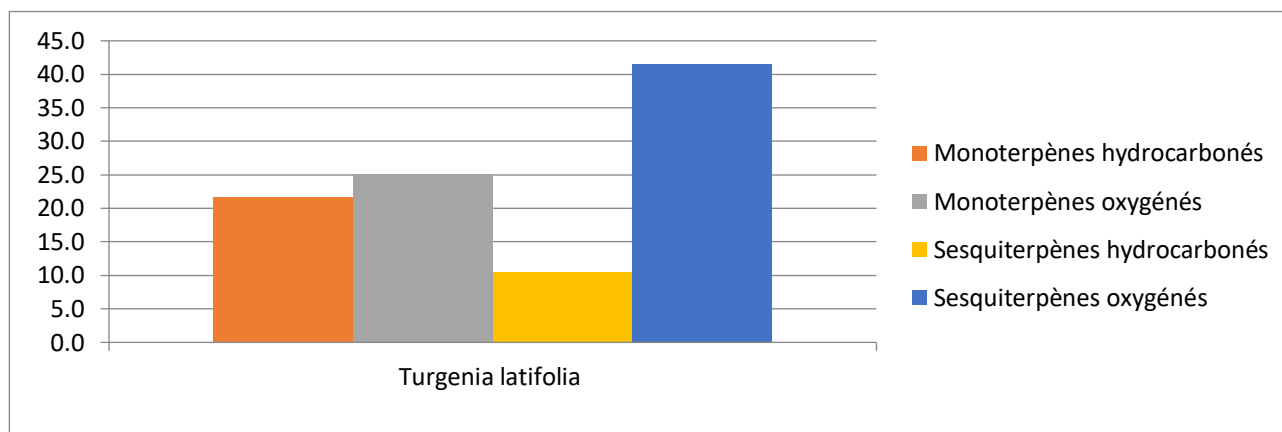


Figure 20 : Pourcentage des différentes classes chimiques de l'huile de la partie aérienne de *Turgenia latifolia*.

Tableau 07 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Turgenia latifolia*

Composés	l.r.i.	(%)
α -pinene	941	15,7
Camphene	954	1,4
Sabinene	976	Tr
β -pinene	982	1
Myrcene	993	0,8
p-cymene	1027	0,8
Limonene	1032	2,1
trans-p-mentha-2,8-dien-1-ol	1121	0,6
α -campholenal	1125	0,6
cis-pinen-3-ol	1131	0,9
trans-pinocarveol	1139	1,1
cis-verbenol	1142	0,7
trans-verbenol	1144	5,9
Pinocarvone	1163	0,3
Borneol	1165	Tr
cis-pinocamphone	1175	Tr
4-terpineol	1178	0,5

α -terpineol	1189	1,3
Myrtenol	1193	Tr
Myrtenal	1194	1,6
cis-dihydrocarveol	1195	Tr
Verbenone	1205	8,8
trans-carveol	1218	Tr
p-menth-1-en-7-al	1276	0,8
bornyl acetate	1287	1,9
α -cubebene	1351	0,5
α -copaene	1376	1,4
β -cubebene	1390	0,3
β -caryophyllene	1420	Tr
β -copaene	1429	0,5
Aromadendrene	1441	1,2
γ -muurolene	1477	2
germacrene D	1478	Tr
β -selinene	1485	1,3
Bicyclogermacrene	1495	Tr
epi-cubebol	1496	2,2
α -muurolene	1498	0,6
trans- γ -cadinene	1513	2,8
δ -cadinene	1524	Tr
10-epi-cubebol	1535	0,5
germacrene D-4-ol	1575	0,4
Spathulenol	1576	18,3
caryophyllene oxide	1581	7,1
Globulol	1583	Tr
Viridiflorol	1590	2,5
humulene epoxide II	1607	0,8
1,10-di-epi-cubenol	1614	0,8
1-epi-cubenol	1628	0,8
epi- α -cadinol	1640	2,7
epi- α -muurolol	1642	0,8
α -muurolol	1645	Tr
α -cadinol	1654	4,9
Monoterpene hydrocarbons		21,7
Oxygenated monoterpenes		25
Sesquiterpene hydrocarbons		10,5
Oxygenated sesquiterpenes		41,6
Total identified (%)		98,8

Tr : Trace

Les composants majoritaires qui ont été enregistrés dans cette huile sont : 18,3% de spathulenol, 15,7% de l' α -pinene, 8,8% de verbenon, 7,1% de caryophylleneoxide, 5,9% de trans-verbenol, et 4,9% de l' α -cadinol (figure 21).

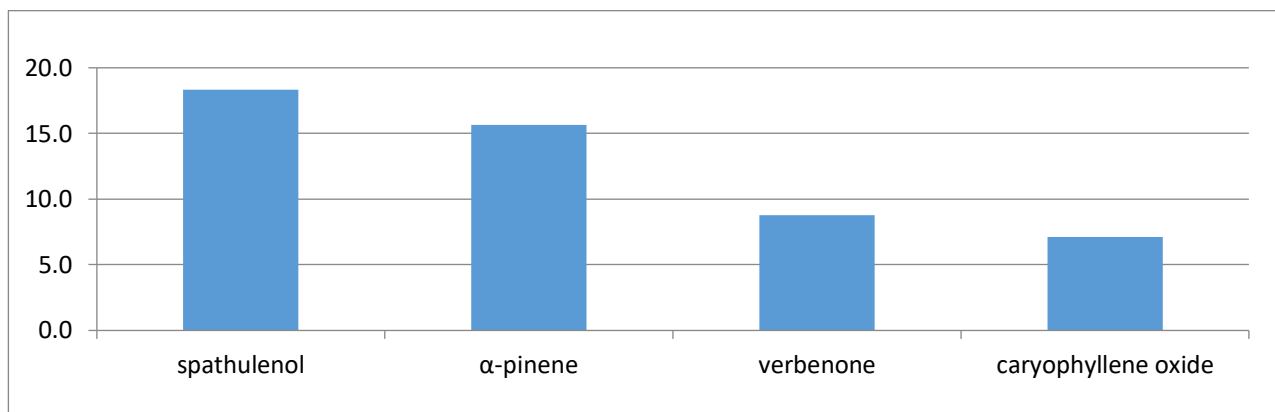


Figure 21 : Pourcentages des composants majoritaires dans l'huile de *Turgenia latifolia*.

On trouve d'autres molécules en quantités appréciables tels que: epi- α -cadinol, viridiflorol, trans- γ -cadinene, epi-cubebol, γ -muurolene, limonene qui varient de 2 - 2,7%, d'autre part les molécules suivantes, β -selinene, aromadendrene, α -copaene, bornylacetate, myrtenal, α -terpineol, trans-pinocarveol, camphene, β -pinene varient de 1 – 1,9%. On compte aussi des molécules qui sont présentes en quantité très faible inférieure à 1%, comme : myrcene (0,8%), α -muurolene (0,6%), 4-terpineol (0,5%), pinocarvone (0,3%)...etc. Dans cette huile on trouve un nombre considérable et un mélange pour les composants minoritaires.

Selon la littérature, l'huile essentielle de *Turgenia latifolia* n'a fait l'objet d'aucune étude, c'est la première fois qu'une étude touchera la composition chimique et les activités biologiques de cette huile, en plus le genre *Turgenia* comporte une seule espèce *Tugenia latifolia*, pour cela on va faire la comparaison de notre étude avec celles d'autres genres de la même famille (Apiacées).

La composition chimique de l'huile essentielle de *Ferula hirtella* récoltée en Iran révèle la présence de l' α -pinene (15,4%), du spathulenol (6,5%), et de l'oxide carophyllene (2,3%) comme composants majoritaires, pour le pourcentage d' α -pinene est similaire à nos résultats, tandis qu'on trouve, le spathulenol et l'oxide carophyllene en quantités moins abondantes comparativement à nos résultats (Sahebkar *et al.*, 2011). Simona Casiglia *et al.* (2016) ont fait l'analyse chimique des huiles essentielles des fleurs et des feuilles de *Bupleurum fontanesii* d'origine de la Sicily, cet analyse a montré que ces deux dernières huiles contiennent le spathulenol (10,4% et 16,8%), et l'oxide de caryophyllene 16,4% et 9,6% pour les fleurs et les fruits, respectivement où on trouve le pourcentage

duspathulenol des fruits proche à celui du *Turgenia latifolia* alors que celui des fleurs a été inférieur de nos résultats, par contre la présence du caryophyllène oxide dans les HEs de cette étude est supérieur à l'HE de *Turgenia latifolia*. En outre l'huile essentielle d'*Anthriscus nemorosa* récolté en Turquie révèlent la présence de spathulenol (49,6%), bicyclogermacène (8,9%), δ -cadinène (3,1%), (Z)- β -farnésène (6,1%), carophyllène oxide (1,6%), α -pinène (1,4%) (Karakaya *et al.*, 2019), on trouve dans cette étude que le taux duspathulenol est très élevé comparativement à nos résultats, mais c'est l'inverse pour l' α -pinène et le carophyllène oxide. D'autre étude de Songül Karakaya *et al.* (2019) trouvent que l'HE de la partie aérienne de *Ferulago trachycarpa* Boiss qui a été recueillies en Turquie possède des composés majoritaires comme le spathulenol (25 %), le (Z)- β -ocimène (13,8), le bornylacétate (10,9%), le bicyclogermacène (9,7%), l' α -pinène (6,7%), carophyllène oxide (0,5%). Le trans-verbenol (5,9%) est l'un des composants majoritaire de *Turgenia latifolia*, la même chose pour les huiles obtenues des tiges et des fleurs de *Daucus aristidis* récoltées en Algérie où se trouve le trans-verbenol parmi les composants majoritaires (10,6% et 6,5%) dans les HEs des tiges et des feuilles, respectivement (Lamamra, 2018), dont le pourcentage de cette molécule pour les feuilles de *Daucus aristidis* est peu proche à celui de *Turgenia latifolia*, mais elle est présente en faible quantité dans les feuilles et dans l'huile des graines de *Daucus carota* ssp *carota* de l'Algérie (0,12%) (Ksouri *et al.*, 2015), aussi les huiles de *Daucus aureus* de Constantine et d'Oum Elbougghi (Algérie) ne contiennent que 0,2% et 0,8% du trans-verbenol, respectivement (Zaïbet, 2016). L'huile des graines de *Daucus carota* originaire de la Turquie a contenu 0,08% de cette molécule (Ozcan et Chalchat, 2007).

La composition des HEs est en relation avec plusieurs facteurs qui provoquent une variabilité dans cette composition, facteurs externes et internes à la plante. Pour une telle espèce la proportion des différents composés d'une HE peut varier selon les conditions de stockage, la température, l'humidité relative et la durée totale de l'insolation (Bruneton, 1999). Les stress biotiques et abiotiques ont l'aptitude d'influencer sur la production de nombreux métabolites secondaires des plantes (Jaleel *et al.*, 2008). On cite aussi, que les changements climatiques au cours des saisons (température, humidité, rayonnement UV-B, CO₂ atmosphérique, etc.) ont un effet significatif et considérable sur la synthèse et la création des terpènes. Les effets climatiques touchent aussi l'activité de plusieurs enzymes, comme l'isopentényldiphosphate isomérase et les prényltransférases, qui catalysent la synthèse des terpènes (Rahali *et al.*, 2017) ou encore indirectement par la baisse de la régulation ou la déficience du métabolisme primaire, et par conséquent l'insuffisance de métabolites photosynthétiques intervenant dans le processus de la biosynthèse des terpènes (Aïssi *et al.*, 2016 ; Rahali *et al.*, 2017). Ainsi, la modification des voies biochimiques et des processus physiologiques en

fonction du moment de la récolte pourrait diminuer ou stimuler la synthèse de différents composés terpéniques avec des implications importantes pour la protection des plantes contre les contraintes environnementales (Rahali *et al.*, 2017).

Un ensemble de facteurs environnementaux, tels que la température de l'air, les précipitations d'eau, l'exposition au vent, l'intensité de la lumière solaire, le rayonnement UV et l'humidité de l'air ont une relation directe et varient selon le gradient altitudinal. Les conditions climatiques en altitude, principalement les températures moyennes basses et l'intensité lumineuse élevée, obligent les plantes à modifier leur morphologie, leur physiologie et leur productivité afin de prévenir les dommages et de s'adapter aux conditions de stress (Aissi *et al.*, 2016). Pour la modification de la morphologie et la productivité de la plante c'est ça ce qu'on voit pour *Elaeosilenum thapsioides* de la région de Megres qui vit dans un sol nu et trop exposé à l'intensité de la lumière solaire même aussi pour la baisse température qui est l'inverse pour *Elaeosilenum thapsioides* de la région de Mahouane.

La variation chimique des HEs peuvent être liées aux différents types de sol entre les stations. Le sol constitue des macroéléments et/ou micro éléments, ces derniers sont considérés comme les facteurs les plus importants influençant la biosynthèse des huiles essentielles (Aissi *et al.*, 2016). Ceci est constaté également pour le type de sol de la région de Megres qui est nu et pauvre en matière organique tandis que celui de la région de Mahouane est très riche en cette matière.

2.3. L'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne des huiles essentielles des différentes parties d'*E. thapsioides*, et de l'huile essentielle de *Turgenia latifolia*, a été testée par la méthode de diffusion par disques. Les diamètres d'inhibition des souches bactériennes (Gram négatif et positif) sont exprimés en mesurant le diamètre des halos d'inhibition en mm après 24 h d'incubation à 37°C. Les résultats de cette activité sont mentionnés dans les Tableaux (8, 9,10 et 11).

D'après l'échelle utilisée par Moreira *et al.* (2005), si le diamètre d'inhibition est inférieur ou égale à 8mm on considère la souche bactérienne comme souche non sensible (-), pour un diamètre entre 9-14 mm, la souche bactérienne est sensible (+), pour un diamètre entre 15-19 mm, la souche bactérienne est très sensible, pour un diamètre supérieur à 20 mm, la souche bactérienne est extrêmement sensible (+++).

Les huiles essentielles des différentes parties d'*E. thapsioides* ont eu une action limitée sur la croissance de *B. cereus* ATCC 11778, en particulier les échantillons obtenus à partir des feuilles et

des graines de la population de Megres (15 et 12 mm, respectivement) ; cette souche s'est avérée résistante aux huiles essentielles obtenues à partir des fleurs et des tiges des populations de Mahouane et de Megres. Des diamètres d'inhibition encore plus petits ont été observés pour *S. aureus* ATCC 25923 (7,5 à 11 mm), *E. coli* ATCC 25922 (8 à 11,5 mm) et *P. mirabilis* ATCC 35659 (6 à 9,5 mm). Tous ces résultats ont été observés pour les huiles à la dilution de 1/2.

L'huile essentielle de *Turgenia latifolia* a montré une activité antibactérienne avec un diamètre d'inhibition de 9 à 12 mm contre les souches bactériennes suivantes; *B. cereus* ATCC 11778, *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922, qui sont considérées comme des souches sensibles à l'HE de *Turgenia latifolia*, tandis que cette dernière n'a montré aucun effet inhibiteur contre la souche bactérienne *P. mirabilis* ATCC 35659, qui était résistante à cette HE.

Tableau 08 : Diamètre d'inhibition des HEs des feuilles et des tiges d'*E. thapsioides* de la région Mahouane.

La région et la partie végétale	Zone d'inhibition (mm)						Controles
	Mahouane						
	Feuilles			Tiges			
Microorganismes	Dilution						
	1/2	1/5	1/10	1/2	1/5	1/10	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	7,5±0,5 ^{e,f}	7±0,0 ^f	7±0,0 ^f	8±0,2 ^{d,e,f}	7,5±0,2 ^{e,f}	7±0,0 ^f	31±0,0 ^a
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	9±1,1 ^{c,d,e}	8,5±0,5 ^{d,e}	8,5±0,1 ^{d,e}	11,5±0,5 ^b	9±0,1 ^{c,d,e}	8,5±0,1 ^{d,e}	30±0,0 ^a
<i>Proteus mirabilis</i> ATCC 35659	8,5±0,5 ^{b,c}	8±0,2 ^{c,d,e,f}	-	7,5±0,2 ^{c,d,e,f,g}	-	-	33±0,0 ^a
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	10,5±0,5 ^{c,d}	7,5±0,5 ^{g,h}	-	10,5±0,5 ^{d,e}	-	-	32±0,0 ^a

Les données sont exprimées en moyenne ± SD (n = 3 essais pour chaque échantillon). Les valeurs avec des exposants différents (a, b, c, d ou h) dans les mêmes colonnes sont significativement différentes (p < 0,05).

Tableau 09: Diamètres d'inhibition des HEs des fleurs et des graines d'*E. thapsioides* de la région de Mahouane.

La région et la partie végétale	Zone d'inhibition (mm)						Controles
	Mahouane						
	Fleurs			Graines			
Microorganismes	Dilution						
	1/2	1/5	1/10	1/2	1/5	1/10	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	8,5±0,5 ^{c,d}	7,5±0,2 ^{d,e,f}	7±0,0 ^f	11±0,2 ^b	8±0,0 ^{d,e,f}	7,5±0,5 ^{e,f}	31±0,0 ^a
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	8,5±0,5 ^{c,d,e}	8±0,4 ^e	8±0,1 ^{e,f}	8±0,0 ^{e,f}	8,5±0,5 ^{d,e}	8±0,2 ^{e,f}	30±0,0 ^a
<i>Proteus mirabilis</i> ATCC 35659	9,5±0,2 ^b	8,5±0,2 ^{b,c,d,e}	8±0,0 ^{c,d,e,f,g}	8±0,0 ^{c,d,e,f}	8±0,0 ^{c,d,e,f,g}	7±0,0 ^{g,h}	33±0,0 ^a
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	-	-	-	10±0,7 ^{d,e}	8±0,8 ^{f,g}	-	32±0,0 ^a

Les données sont exprimées en moyenne \pm SD (n = 3 essais pour chaque échantillon). Les valeurs avec des exposants différents (a, b, c, d ou h) dans les mêmes colonnes sont significativement différentes (p < 0,05).

Tableau 10: Diamètres d'inhibition des HEs des feuilles et des tiges d'*E. thapsioides* de la région Megres

La région et la partie végétale	Zone d'inhibition (mm)						Controles
	Megres						
	Feuilles			Tiges			
Microorganismes	Dilution						
	1/2	1/5	1/10	1/2	1/5	1/10	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	8,5 \pm 0,5 ^{d,e}	7,5 \pm 0,5 ^{d,e,f}	7 \pm 0,0 ^f	8 \pm 0,0 ^{d,e,f}	8 \pm 0,0 ^{d,e,f}	7 \pm 0,0 ^f	31 \pm 0,0 ^a
<i>Escherichia Coli</i> ATCC 25922	8 \pm 0,0 ^{e,f}	8 \pm 0,0 ^{e,f}	8 \pm 0,0 ^{e,f}	9,5 \pm 0,0 ^{c,d}	8,5 \pm 0,0 ^{d,e}	8,5 \pm 0,3 ^{d,e}	30 \pm 0,0 ^a
<i>Proteus mirabilis</i> ATCC 35659	8,5 \pm 0,7 ^{b,c}	7,5 \pm 0,5 ^{c,d,e,f,g}	7 \pm 0,2 ^{f,g}	8,5 \pm 0,5 ^{b,c,d}	7,5 \pm 0,2 ^{c,d,e,f,g}	7,5 \pm 0,2 ^{e,f,g}	33 \pm 0,0 ^a
<i>Bacillus Cereus</i> ATCC 11778	15 \pm 1,0 ^b	7 \pm 0,0 ^{g,h}	7 \pm 0,0 ^{g,h}	-	-	-	32 \pm 0,0 ^a

La zone d'inhibition (mm) a été exprimée en tant que moyenne \pm SD (n=3). Les valeurs avec des exposants différents (a, b, c, d ou h) dans les mêmes colonnes sont significativement différentes (p < 0,05).

Tableau 11 : Diamètres d'inhibition des HEs des fleurs et des graines d'*E. thapsioides* de la région de Megres.

La région et la partie végétale	Zone d'inhibition (mm)						Controles
	Megres						
	Fleurs			Graines			
Microorganismes	Dilution						
	1/2	1/5	1/10	1/2	1/5	1/10	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	10 \pm 1,0 ^{b,c}	8 \pm 0,0 ^{d,e,f}	7 \pm 0,0 ^f	8,5 \pm 0,5 ^{d,e}	7,5 \pm 0,5 ^{d,e,f}	7,5 \pm 0,5 ^{e,f}	31 \pm 0,0 ^a
<i>Escherichia Coli</i> ATCC 25922	8 \pm 0,0 ^{e,f}	8 \pm 0,0 ^{e,f}	7 \pm 0,0 ^f	10 \pm 0,2 ^c	8,5 \pm 0,2 ^{c,d,e}	8,5 \pm 0,5 ^{c,d,e}	30 \pm 0,0 ^a
<i>Proteus mirabilis</i> ATCC 35659	9 \pm 0,0 ^{c,d,e,f,g}	-	-	7,5 \pm 0,0 ^{c,d,e,f,g}	7,5 \pm 0,0 ^{c,d,e,f,g}	7,5 \pm 0,0 ^{e,f,g}	33 \pm 0,0 ^a
<i>Bacillus Cereus</i> ATCC 11778	9 \pm 1,1 ^{e,f}	-	-	12 \pm 1,0 ^c	8,5 \pm 0,5 ^{f,g}	-	32 \pm 0,0 ^a

La zone d'inhibition (mm) a été exprimée en tant que moyenne \pm SD (n=3). Les valeurs avec des exposants différents (a, b, c, d ou h) dans les mêmes colonnes sont significativement différentes (p < 0,05).

D'après les résultats de cette activité biologique, pour la souche bactérienne *S. aureus* ATCC 25923, on constate que les diamètres d'inhibition des HEs d'*E. thapsioides* plus précisément celles des graines de la région de Mahouane et celles des fleurs de la région de Megres sont de 11 et 10 mm, respectivement. Ces résultats sont comparables à ceux de Lammara (2018) qui a enregistré pour les HEs des différentes parties de *Daucus aristidis* un diamètre d'inhibition de 9 à 11,5 mm. Dans une étude sur l'HE d'*Elaeosilenium asclepium*, Bouchekrite (2018) a rapporté une activité contre la souche bactérienne précédemment citée par un diamètre d'inhibition de 13mm, sachant que cette

souche bactérienne était extrêmement sensible à l'encontre des HEs d'*E. thapsioides* par des diamètres d'inhibition allant de 28 à 32 mm. Ces derniers résultats sont loin d'être comparés avec les résultats d'*E. thapsioides*.

Les résultats de cette étude sont aussi loin d'être comparés avec ceux obtenus par l'HE de la partie aérienne d'*Anthemis pedunculata* (45mm), *Anthemis punctata* (30 mm) (Laouer *et al.*, 2013) et *D. aureus* récolté de Sétif (26mm) qui ont été testées à la même dilution (1/2) (Zaibet *et al.*, 2015). Même, pour les huiles des racines de *Daucus muricatus* L. et des feuilles de *Chaerophyllum villosum* qui ont provoqué des larges diamètres d'inhibition (22mm et 21mm à la concentration de 20µl/disque et 10µl/disque, respectivement), donc *S. aureus* est extrêmement sensible (Bendiabdellah *et al.*, 2012; Joshi, 2013).

Touefois, dans la présente étude, il a été trouvé aussi que les HEs des feuilles, des tiges et des fleurs de la région de Mahouane et celles des feuilles, des tiges et des graines de la région de Megres ont enregistré des diamètres d'inhibition de 7,5 à 8,5 mm. Ceci démontre que l'effet de ces huiles est très faible. Les mêmes diamètres sont enregistrés avec l'HE de la partie aérienne de *Ferulago angulata* et de *D. aureus* collectées de Constantine (7 et 8mm, respectivement) (Shahbazi *et al.*, 2015; Zaibet *et al.*, 2015).

La souche bactérienne *E. coli* a montré une sensibilité modérée presque contre toutes les HEs d'*E. thapsioides* des graines de la région de Mahouane, des feuilles et des fleurs de la région de Megres. On trouve que l'HE de la partie aérienne d'*Elaeosilenum asclepium* d'Algérie a un effet positif contre cette souche (11 mm), ce diamètre est presque égal à celui enregistré par l'HE des tiges de la région de Mahouane. Lammara. (2018) a trouvé que les HEs des différentes parties de *Daucus aristidis* d'Algérie ont aussi un effet positif de 10 mm. Ce diamètre est très proche du diamètre provoqué par l'huile des graines d'*E. thapsioides* de région de Megres, d'autre part les HEs des tiges et des fleurs de cette étude qui a provoqué un diamètre de 8,5mm. Ce dernier diamètre est presque le même obtenu par les fleurs de la région de Mahouane, alors que l'HE des feuilles a enregistré un diamètre de 9,5 mm. Ces diamètres sont comparables à ceux obtenus par les feuilles de la région de Mahouane et les tiges de la région de Megres.

Ce qui est à noter, c'est que nos résultats sont non comparables à ceux qui ont été enregistrés dans l'étude d'Ounoughi *et al.* (2018) par les HEs d'*E. thapsioides* de deux régions différentes en Algérie avec un diamètre de 20 et de 28 mm. Par ailleurs, l'HEs de *Carum montanum* de l'Algérie avait un effet très faible contre cette souche (8 mm), tandis que l'HE de *Daucus gracilis* a enregistré

un diamètre de 13,5 mm (El kolli, 2016). Les HEs de *Daucus crinitus* et *Daucus muricatus* avaient des diamètres d'inhibition de 6 et de 10 mm, d'autre part, celles de *D. carota ssp hispanicus* n'ont aucune inhibition (Bendiabdellah, 2014).

B. cereus a été également moyennement sensible à l'encontre de toutes les HEs des différentes parties d'*E. thapsioides* (9 - 15 mm), à l'exception des HEs des fleurs de région de Mahouane et des tiges de la région de Megres qui n'avaient aucune activité antibactérienne contre cette souche. De même pour l'HE d'*Elaeosilenium asclepium* (Bouhekrite, 2018) et l'HE de *Daucus aristidis* (Lammara, 2018), qui n'avaient aucun effet inhibiteur contre cette souche bactérienne. Par contre les HEs de *Carum montanum* et *Daucus gracilis* ont enregistré un effet positif remarquable (16 et 17 mm), respectivement (El kolli, 2018).

Bendiabdellah (2014), a travaillé sur l'activité antibactérienne des HEs de trois espèces du genre *Daucus* (*D. crinitus*, *D. muricatus* et *D. carota ssp hispanicus*) de la région de Tlemcen (Algérie), à l'encontre de la souche bactérienne *B. cereus*. Il a trouvé que les HEs de *D. crinitus* de trois stades végétatifs différents avaient un diamètre d'inhibition de 6 à 11mm, les HEs de la partie aérienne et des racines de *D. muricatus* ont provoqué des diamètres allant de 12 à 15 mm, respectivement. De même l'HE des feuilles d'*E. thapsioides* de la région de Megres a une valeur de 15 mm. Cette dernière valeur est considérée comme la plus élevée contre cette souche bactérienne entre toutes les HEs des différentes parties d'*E. thapsioides*. Ceci, peut être dû à la présence d'un ample nombre des molécules mineurs dans cette HE qui n'existent pas dans le reste des HEs des différentes parties de cette plante. Tandis que les HEs de la partie aérienne et des racines de *D. carota ssp hispanicus* n'ont enregistré aucune activité antibactérienne.

Les HEs de toutes les différentes parties d'*E. thapsioides* de deux régions n'ont aucune inhibition à l'encontre de l'espèce *Proteus mirabilis* (7,5-8,5 mm), sauf les HES des fleurs des deux régions de Mahouane et de Megres qui ont une légère inhibition (9,5 et 9 mm), respectivement. L'HE de *Crithmum maritimum* collectée à Mercin et à Antalya n'avaient aucun effet inhibiteur (Senatore *et al.*, 2000). L'étude d'El Kolli, (2018) à montré que l'HE de *Carum montanum* a un diamètre d'inhibition de 8 mm à l'encontre de *P. mirabilis* qui est égale à ceux des HES des feuilles et des graines de notre étude, tandis que l'huile de *Daucus gracilis* était active à l'encontre de cette souche bactérienne (15 mm). Enfin, l'HE de *Coriandrum sativum* a un effet très actif à l'encontre de cette souche (Matasyoh *et al.*, 2009). Cette espèce bactérienne a été extrêmement sensible contre les HEs des tiges et des graines de *Pituranthos scoparius* d'Algérie (24 - 26 mm), respectivement (Boutaghane *et al.*, 2004).

Les résultats de l'activité antibactérienne des différentes parties aériennes d'*E. thapsioides* étaient proches à ceux obtenus par Lamamra *et al.* (2016) pour l'huile essentielle de *Daucus aristidis*, une plante ombellifère, montrant que les diamètres d'inhibition étaient de 13 mm contre *E. coli* et *B. cereus* et de 10 mm contre *S. aureus* avec la concentration 1/2 di, tandis que *P. mirabilis* a montré une résistance contre cette huile. L'activité de l'huile essentielle de *D. aristidis* pourrait être attribuée selon ces derniers auteurs à la présence d' α -pinène (20,14%) comme composant majeur connu pour son importante activité antimicrobienne.

Dans la précédente étude, l'huile essentielle d'*E. thapsioides* a montré une forte activité à l'encontre de *Staphylococcus aureus* et d'*Escherichia coli*, et aucun effet inhibiteur contre *P. aeruginosa* et *K. pneumonia* (Ounoughi *et al.*, 2018). De plus, l'huile essentielle d'*E. asclepium* est capable d'inhiber la croissance de la levure *C. albicans* et des bactéries Gram-négatives (*E. coli*) et Gram-positives (*S. aureus*, *M. luteus*, *B. cereus*). L'activité antibactérienne modérée observée de l'huile essentielle d'*E. asclepium* peut être attribuée à la quantité élevée de Monoterpènes, tels que l' α -pinène (43,9%) (Bouhekrit *et al.*, 2016). Cette caractéristique est commune aux HEs des fleurs et des graines d'*E. thapsioides* de deux régions, dans lesquelles l' α -pinène varie de 36,93 à 56,67%.

L'huile essentielle d'*E. campestre* était active contre cinq des sept souches Gram positives testées, tandis qu'elle était inactive contre les cinq souches Gram négatives étudiées. L'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'*Eryngium campestre* d'Algérie pourrait être directement liée à la composition chimique de l'huile essentielle (Medbouhi *et al.*, 2019). L'huile essentielle de feuilles de *Rosmarinus officinalis* de phénotype étroit (NP) avait (31,1%) de Myrcène comme composant principal, cette huile a donné une efficacité plus faible et elle était incapable d'induire une inhibition totale de la croissance de *S. aureus*, *E. faecalis* et *K. pneumoniae* que l' α -pinène était le seul composé qui était capable d'inhiber tous les micro-organismes testés avec des valeurs CMI allant de 0,8 à 8 mL / mL (Ojeda-Sana *et al.*, 2013). On trouve aussi que nos HEs notamment celles qui contiennent une quantité élevée de Myrcène (les feuilles et les tiges) des deux régions, dont le pouvoir antibactérien est nul, tandis que celui des fleurs et des graines de deux régions ont un pouvoir antibactérien supérieur à l'encontre de la souche *S. aureus*. Les fleurs et les graines sont riches en α -pinène. Donc on constate que nos résultats sont en accord avec l'explication d'Ojeda – Sana *et al.* (2013).

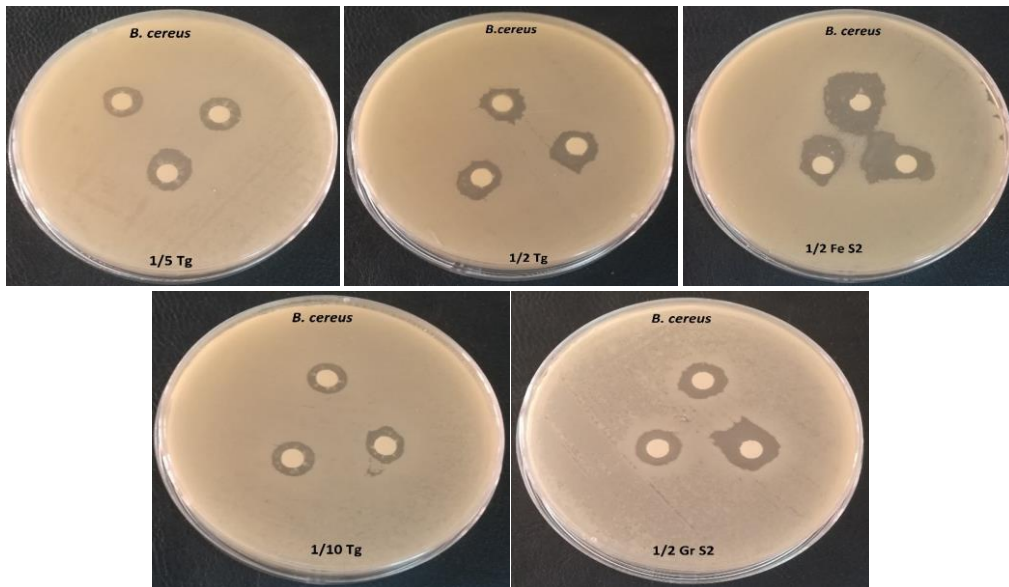
D'après Duke (2015), le géranyl acétate, l' α -pinène, l' α -terpinéol, le géraniol, le limonène, le myrcène, le néral, le α -phellandrene, le géraniol, le dillapiol, le linalool, le 1,8-cinéol et le p-cymène, sont des molécules à activité antibactérienne. On constate que presque toutes ces molécules existent dans les HEs des différentes parties d'*E. thapsioides* des deux régions notamment le myrcène et l' α -

pinène en quantité élevée. Certaines études ont conclu que les HE entières ont une activité antibactérienne supérieure à celle des composants principaux mixte, ce qui suggère que les composants minoritaires sont critiques pour l'activité et peuvent avoir un effet synergique (Burt, 2004). Ces résultats sont similaires à ceux de l'HE des feuilles d'*E. thapsioides* de la région de Megres à l'encontre de *B. cereus*.

L'activité antimicrobienne de l'HE de *Turgenia latifolia* évaluée par la méthode de diffusion sur gélose (Tableau 12) a permis de révéler une activité limitée sur la croissance de *S. aureus* et *E. coli* avec des diamètres d'inhibition entre (9 et 9,4 mm), respectivement à la dilution 1/2. Alors que leur activité vis-à-vis *P. mirabilis*, était nulle à l'encontre de toutes les dilutions testées. D'autre part, le meilleur diamètre d'inhibition a été enregistré à l'encontre de *B. cereus* (12 mm).

Tableau 12: Diamètres d'inhibition de l'huile essentielle de *Turgenia latifolia*.

Microorganismes	Dillution			Controle
	1/2	1/5	1/10	
<i>Staphylococcus. aureus</i> ATCC 25923	9±0,5	8,8±0,7	8,5±0,8	31±0,0
<i>Escherichia. Coli</i> ATCC 25922	9,4±1,2	8,3±0,2	8,3±0,2	30±0,0
<i>Proteus. mirabilis</i> ATCC 35659	-	-	-	33±0,0
<i>Bacillus. Cereus</i> ATCC 11778	12±0,0	11,1±0,7	10±0,0	32±0,0



Tg : *Turgenia latifolia* ; **FE** : Feuille ; **S2** : la region de Megres ; **Gr** : Graines

Figure 22 : Photographies montrant l'effet des HEs (aux dilutions 1/2, 1/5 et 1/10) des feuilles et des graines d'*E. thapsioides* de Megres et l'HE de *Turgenia latifolia* sur la croissance des bactéries

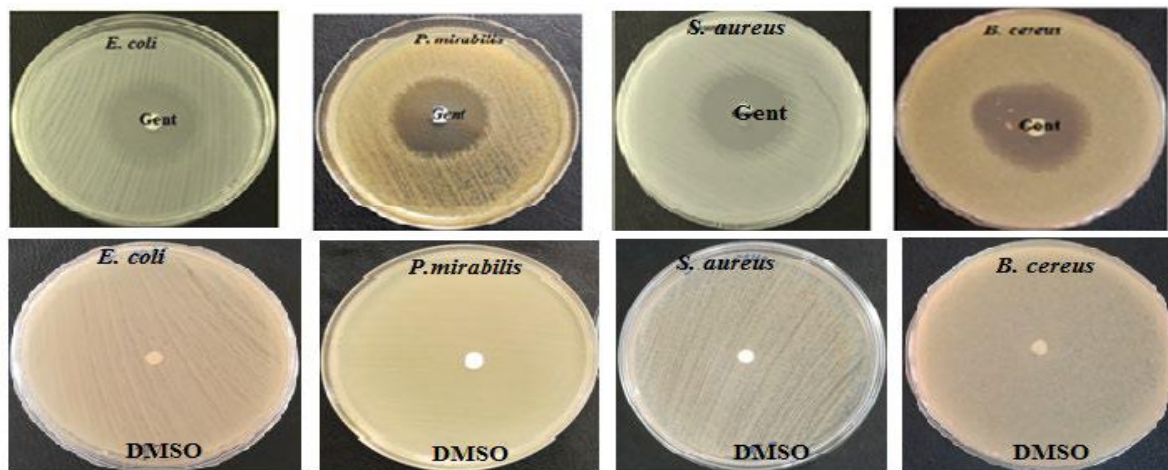


Figure 23: Photographies montrant l'effet de la gentamycine et DMSO sur la croissance des bactéries testées

L'HE de *Carum montanum* a enregistré un diamètre d'inhibition de 9 mm à l'encontre de *S. aureus* (El kolli, 2018), de même, pour l'HE des fleurs de *Daucus aristidis* avec le même diamètre (Lamamra. 2018). Ces résultats sont similaires à ceux de *Turgenia latifolia* à l'encontre de cette souche bactérienne. Pour *E. coli* on trouve que l'HE de *M. gummifera* d'Algérie avait un diamètre d'inhibition de 9 mm (Bouchekrit. 2018). On note aussi, à l'encontre de cette souche que l'HE des feuilles de *Daucus aristidis* avait un diamètre d'inhibition de 9,5 mm (Lamamra. 2018), dont le diamètre d'inhibition obtenu à partir de l'HE de *Turgenia latifolia* à l'encontre de cette souche (9,4 mm), qui est presque le même. Zaibet (2016) a obtenu des valeurs entre 10 et 13mm avec l'huile de *D. aureus* d'Oum El Bouaghi et de Sétif qui est supérieur à celui de notre étude. Cependant, cette bactérie s'est montrée résistante vis-à-vis de l'huile des racines et de la partie aérienne de *D. aureus* (Meliani *et al.*, 2013). De même, l'huile de *Pimpinella barbata* est inactive à l'encontre d'*E. coli* (Askari *et al.*, 2010).

L'HE des fleurs et des graines de *Bupleurum fontanesii* de Sicily, avait un bon pouvoir antibactérien à l'encontre de *Staphylococcus ssp*, cette activité peut être dû au pourcentage élevé de spathulenol, qui a été présent dans les HEs des fleurs et des graines (10,4 - 16,8 %), respectivement (Casiglia *et al.*, 2016). Cette molécule est présente comme constituant majoritaire dans *Tugenia latifolia* (18,3 %), mais son HE n'a qu'un faible pouvoir antibactérien.

L'étude de Karakaya *et al.* (2019), a montré que l'huile obtenue à partir de la fleur de *Ferulago pachyloba* avait une activité significative qui a été observée contre *S. aureus* et était meilleure que la ciprofloxacine. L'activité de l'huile essentielle produite à partir des racines de

Ferulago trachycarpa était environ deux fois meilleure pour *S. aureus* que la ciprofloxacine. Tandis que, les huiles essentielles des parties aériennes des deux espèces *Ferulago pachyloba* et *Ferulago trachycarpa* n'ont montré aucune activité, à l'exception de *B. subtilis*, on note que l'HE de *Ferulago trachycarpa* contient (25%) de spathulenol. Ceci, c'est le cas pour notre HE où on observé qu'il a le meilleur effet inhibiteur à l'encontre de *B. cereus*. Au contraire, les huiles essentielles de *Bupleurum lancifolium* malgré le taux élevé en spathuléol (15,4%), elles ne présentent aucune activité à l'encontre de *S. aureus*, d'*E. coli* et *P. aeruginosa* (Saraçoğlu *et al.*, 2012).

La non sensibilité de quelques souches bactériennes testées peut être dû, d'une part, à l'effet antagoniste de quelques composés présents dans les huiles essentielles (Calo *et al.*, 2015) qui peuvent influencer l'activité biologique de quelques substances actives. De l'autre part à la faible concentration de l'huile essentielle utilisée (Boussaada *et al.*, 2008).

La réalisation des activités antimicrobiennes pour les différentes espèces *A. graveolens*, *F. vulgare* et *Kundmannia*, a montré qu'il y a des résultats contradictoires entre les différentes plantes de la même espèce, peuvent être dû à des différences entre les micro-organismes, les plantes, les organes végétaux, les conditions climatiques et les méthodes d'extraction. De plus, il existe une relation entre les composés majeurs, modérés et même mineurs des huiles essentielles et leur activité antimicrobienne (Paksoy *et al.*, 2016).

L'activité antimicrobienne ne dépend pas seulement de la composition chimique de l'huile essentielle mais également de la souche bactérienne ciblée, Gram (+) ou Gram (-). Au fait, plusieurs travaux ont décelé la grande sensibilité des bactéries Gram (+) par rapport aux Gram (-) (Pintore *et al.*, 2002; Burt, 2004; Falleh *et al.*, 2008), cependant il existe d'autres chercheurs qui ont signalé l'indépendance de l'activité antibactérienne du Gram (Ouattara *et al.*, 1997; Dorman et Deans, 2000). En plus de la paroi, se trouve aussi chez les bactéries à Gram (-) une couche externe qui se compose des phospholipides, des protéines et des lipopolysaccharides. Cette membrane est imperméable à la plupart des substances chimiques antimicrobiennes par contre, les bactéries à Gram (+) sont plus sensibles, car elles ont une seule couche externe de peptidoglycane, la paroi, qui est perméable. La paroi des bactéries à Gram (-) agit comme une barrière diffusionnelle et sa complexité rend la cellule bactérienne plus résistante aux agents antimicrobiens (Hailu *et al.*, 2005; Boussoualim, 2014), ceci a été constaté dans notre étude, la souche bactérienne à Gram (-) *P. mirabilis* était considéré comme résistante contre nos HEs notamment celle de *Turgenia latifolia*. Enfin, *B. cereus* est une souche bactérienne à Gram (+) est la plus sensible face aux nos HEs notamment celle des feuilles d'*E. thapsioides* de la région de Megres et l'HE de *Turgenia latifolia* aussi. Donc, les substances qui ont

des propriétés antibactériennes sont celles qui ont une tendance à traverser la couche phospholipidique, substances liposolubles, endommager la paroi et augmenter sa fluidité, ce qui conduit à une fuite d'ions et de contenu cytoplasmique (Russo *et al.*, 2015).

2.4. Activité antifongique

L'activité antifongique des HEs des différentes parties végétales d'*E.thapsioides* de la région de Mahouane et l'HE de *Turgenia latifolia* ont été testés par la Méthode de Garmer A. (1976), avec quelques modifications. Les résultats de cette activité sont mentionnés dans le tableau 13.

Les HEs d'*E.thapsioides* de la région de Mahouane et de Megres ont enregistré des pourcentages d'inhibition à l'encontre de l'espèce fongique *Rhizoctonia solani* : les feuilles (33,33 et 42,42%), les tiges (48,48 et 36,36%), les fleurs (21,21 et 3,03%), les graines (63,64 et 68,18%), respectivement. Tandis que l'espèce *Fusarium oxysporum* a révélé une résistance pour toutes les HEs testées d'*E.thapsioides*.

En revanche, l'HE de *Turgenia latifolia* a enregistré un pourcentage d'inhibition de 75,76% à l'encontre de *Rhizoctonia solani*, et cette HE a une faible inhibition (19,47%) à l'encontre de l'espèce *Fusarium oxysporum*. Tous ces résultats ont été enregistrés à la dilution (1/2).

Tableau 13 : Pourcentage d'inhibition des HEs de différentes parties végétales d'*E.thapsioides* de la région de Mahouane et l'HE de *Turgenia latifolia* à l'encontre de *Rhizoctonia. solani* et *Fusarium oxysporum*.

Matériel végétale	Microorganismes	Dilution / Pourcentage d'inhibition (%)			Contrôle (-) (DMSO) (%)
		1/10	1/5	1/2	
E1Fe	<i>Rhizoctonia. solani</i>	15,15	18,18	33,33	0
	<i>Fusarium oxysporum</i>	0	0	0	0
E1Ti	<i>Rhizoctonia. solani</i>	24,24	33,33	48,48	0
	<i>Fusarium oxysporum</i>	0	0	0	0
E1Fl	<i>Rhizoctonia. solani</i>	12,12	18,18	21,21	0
	<i>Fusarium oxysporum</i>	0	0	0	0
E1Gr	<i>Rhizoctonia. solani</i>	36,36	45,45	63,64	0
	<i>Fusarium oxysporum</i>	0	0	0	0
E2Fe	<i>Rhizoctonia. solani</i>	27,27	36,36	42,42	0
	<i>Fusarium oxysporum</i>	0	0	0	0
E2Ti	<i>Rhizoctonia. solani</i>	9,09	18,18	36,36	0
	<i>Fusarium oxysporum</i>	0	0	0	0
E2Fl	<i>Rhizoctonia. solani</i>	3,03	3,03	3,03	0
	<i>Fusarium oxysporum</i>	0	0	0	0
E2Gr	<i>Rhizoctonia. solani</i>	42,42	57,58	68,18	0
	<i>Fusarium oxysporum</i>	0	0	0	0
Tg	<i>Rhizoctonia. solani</i>	46,97	54,55	75,76	0

	<i>Fusarium oxysporum</i>	0,77	8,10	19,47	0
--	---------------------------	------	------	-------	---

EFe: HE des feuilles d'*E.thapsioides* de la région de Mahouane; **ETi:** HE des tiges d'*E.thapsioides* de la région Mahouane; **EFl:** HE des fleurs d'*E.thapsioides* de la région de Mahouane; **EGr:** HE des graines d'*E.thapsioides* de la région de Mahouane; **EFe:** HE des feuilles d'*E.thapsioides* de la région de Megres; **ETi:** HE des tiges d'*E.thapsioide* de la région de Megres; **EFl:** HE des fleurs d'*E.thapsioides* de la région de Megres; **EGr:** HE des graines d'*E.thapsioides* de la région de Megres; **Tg:** HE de *Turgenia latifolia*.

Les différentes concentrations de l'huile essentielle d'*Angelica archangelica* L. a été testées pour leur activité antimicrobienne et elles n'a aucun effet inhibiteur envers *R. solani*. Cette inactivité pourrait être due au pourcentage élevé d' α -pinène. (21,3%) et d'hydrocarbures monoterpéniques (90,1%) (Fraternale *et al.*, 2016).

Bayan *et al.* (2016), ont testés l'activité antifongique de l'huile essentielle d'*Heracleum platytaenium* Boiss's de la Turquie envers plusieurs espèces fongiques. Ils ont utilisé la même méthode de notre travail, cette étude a révélé que cette HE a été actif contre *R. solani*, dont les composants majoritaires de cette HE sont : myristicin (27,47%), octylacetate (25,10%), 1-octanol (16,90%) et octyl 2-methylbutyrate (9,88%).

En revanche, les échantillons de la plante *Ammi visnaga* L. ont été collectés à Boumerdes (Nord-Est de l'Algérie) à trois périodes différentes (avant la floraison, pleine floraison et après la floraison). Les HEs de ces échantillons ont démontré leur efficacité contre *R. solani* et *F. oxysporum*. Les composants majoritaires des HEs d'*A.visnaga* L. pendant les trois stades de développement sont : le 2- methylbutyl, 2-methyl butanouate (entre 10,29 et 28,56%), β -linalool (entre 4,91 et 13,61%), verticiol (5,98 et 9,85%), octane-3,3-dimethyl -2-(1-buten-3-on-1-yl) (3,26 et 7,88%), iso-amyl iso-butyrate (1,80 et 6,75 %), iso-valerateacid, 2-methyl butyl ester (1,35 et 3,49 %) (Brahmi *et*, Kebbouche-Gana, 2014).

D'autre part, les huiles essentielles de différentes parties de la partie aérienne de *Daucus aristidis* ont été récoltées à Batna et à Boussaâda et d'*Achillea santolinoides* à Djelfa, (Algérie). Elles n'ont montré aucun effet antifongique à l'encontre de *F. oxysporum* et *A. niger* 2CA936, où les composants majoritaires de *D. aristidis* de Batna ont été identifiés comme α -pinène (entre 43,5% et 74,1%) et β -pinène (entre 7,5% et 11,9%), en plus, les huiles des tiges et des feuilles ont un autre composant majeur qui est le trans-verbenol (10,6% - 6,5%), respectivement. Alors que l' α -pinène (49%), le β -pinène (19,2%), le limonène (7,5%), le myrcène (6,7%) et le sabinène (4,3%) étaient les principaux constituants de l'huile de *D. aristidis* de Boussaâda. Cependant, les principaux constituants des HEs d'*A. santolinoides* étaient le camphre (60.8% - 62%) et le 1-8 cinéole (eucalyptol) (14.1% - 15.7%) (Lamamra, 2018).

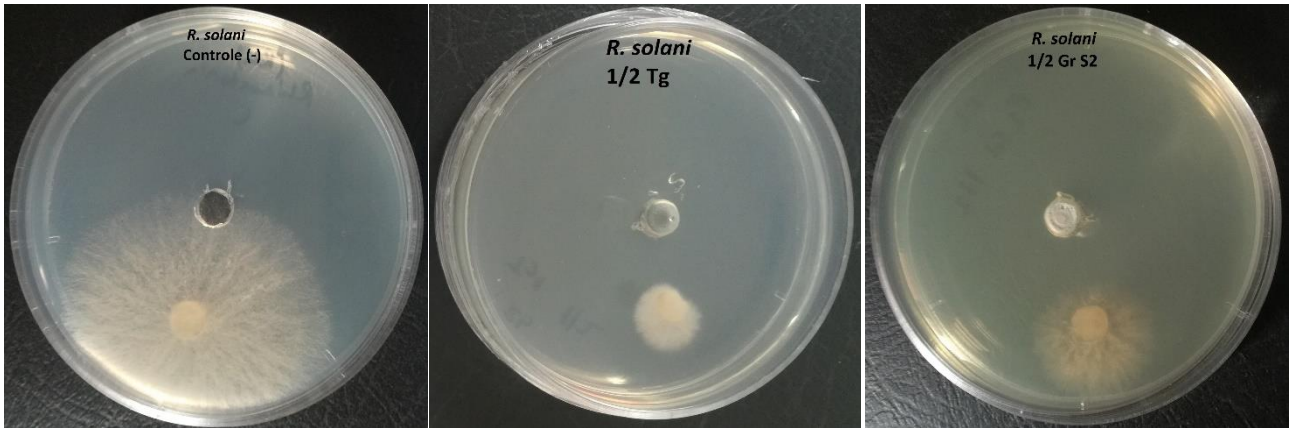
L'étude de Casiglia *et al.* (2016) a montré que les HEs des fleurs et des fruits de *Bupleurum fontanesii* récoltée en Sicile, et en particulier celles des fleurs, ont montré une assez bonne activité antimicrobienne envers *Fusarium oxysporum*, cette activité peut être due au pourcentage élevé de caryophylleneoxide dans ces huiles.

On peut affirmer que caryophylleneoxide est responsable de l'effet antifongique modeste contre *Fusarium oxysporum*, tandis que l'absence de l'activité des HEs des différentes parties d'*E. thapsioides* contre cette espèce fongique est probablement due à l'absence de ce composant.

En effet, l'activité antifongique des HE est attribuée principalement à la nature et le pourcentage des différents composants chimiques (majoritaires et minoritaires), les groupes fonctionnels des composés majoritaires (alcools, phénols, composés terpéniques et cétoniques) et les possibles effets synergiques entre les composants (Koffi *et al.*, 2013). De même, la concentration de l'huile essentielle et la durée d'exposition (Abou El-Soud *et al.*, 2012), le type de microorganisme mis en jeu (Koffi *et al.*, 2013), la concentration de l'inoculum concernant les spores (Ouraini *et al.*, 2005)

En outre, la sensibilité des différents agents pathogènes peut dépendre des caractéristiques morphologiques et physiologiques des hyphes des champignons. En général, les pourcentages d'inhibition dépendent du jour d'observation, de la dose et du champignon (Moghaddam *et al.*, 2015)

Selon les différentes concentrations, les divers résultats obtenus peuvent être dus à la formation de liaisons hydrogène entre le groupe hydroxyle des phénols de l'huile (Moghaddam *et al.*, 2015) et les monoterpènes présents dans l'huile qui ont augmenté la concentration des peroxydes lipidiques tels que les radicaux hydroxyle, alkoxy et alkoperoxy et provoquent ainsi la mort cellulaire (Lucini *et al.*, 2006).



Tg : *Turgenia latifolia* ; **S2** :la region de Megres ; **Gr** : Graines

Figure 24: Photographies montrant l'effet des HEs (aux dilutions 1/2) des graines d'*E. thapsioides* de Megres et l'HE de *Turgenia latifolia* sur la croissance des champignons testées

2.5. Activité achétylcholinestérase

Les HEs des différentes parties d'*E. thapsioides* de la région de Mahouane et de Megres, et l'HE de *Turgenia latifolia* ont été testées pour leurs activités inhibitrices de l'acétylcholinestérase (AChE) *in vitro* par la méthode spectrophotométrique d'Ellman et ses collaborateurs, cette activité est basée sur le clivage de l'acétylthiocholine par l'AChE, cette réaction produit alors de la thiocholine qui réagit à son tour, via ses groupements thiols -SH-, avec l'acide 5,5'-dithiobis [2-nitrobenzoïque] (DTNB) pour former un anion de couleur jaune dont l'intensité est fonction de l'activité de l'acétylcholinestérase (Ellman *et al.*, 1961). Les huiles essentielles semblent avoir un effet inhibiteur modéré contre cet enzyme par rapport à celui de la galanthamine (composé de référence) (Tableau 14).

2.5.1. AChE d'*E. thapsioides*

Les feuilles, les tiges, les fleurs et les graines d'*E. thapsioides* de la région de Mahouane ont donné les CI50 suivantes (67,66 µg/mL), (52,71 µg/mL), (154,52 µg/mL), (158,35 µg/mL), respectivement. Cependant, les feuilles, les tiges, les fleurs et les graines d'*E. thapsioides* de la région de Megres ont donné les CI50 suivantes (93,86 µg/ml), (67,15 µg/mL), (62,65 µg/mL), (78,15 µg/mL) respectivement.

L'activité inhibitrice la plus efficace a été observée par l'huile essentielle obtenue à partir des tiges de la plante de la région de Mahouane (IC₅₀ = 52,71µg/mL), alors que la plus faible inhibition a été révélée par les huiles essentielles extraites à partir des fleurs et des graines de la plante récoltée dans la région de Megres avec IC₅₀ = (154,52µg/mL) et (158,35µg/mL), respectivement.

Tableau 14: Les pourcentages d'inhibition de l'AChE et par les huiles des différentes parties d'*E.thapsioides* de Mahouane et de Megres.

Matériel végétal/Control positif	Activité acetylcholinestérase							
	3.125 µg	6.25 µg	12.5µg	25 µg	50 µg	100 µg	200 µg	CI ₅₀ µg/mL
E1Lv	NA	NA	NA	8,63 ± 2,33	30,53±1,70	82,89±2,41	97,87 ± 0,97	67,66 ± 1,44^e
E1St	NA	NA	NA	25,52 ± 0,54	49,49 ± 0,91	81,14 ± 1,3	92,5 ± 2,01	52,71 ± 0,75^g
E1Fl	NA	NA	NA	21,45±1,42	24,53±1,19	38,73 ± 0,84	60,14 ± 0,79	154,52 ± 1,19^b
E1Sd	NA	NA	NA	10,79 ± 0,37	20,93 ± 1,89	34,61 ± 1,97	61,06 ± 1,19	158,35 ± 0,27^a
E2Lv	NA	NA	NA	12,46±1,66	28,71±0,64	52,63±0,58	71,49±1,05	93,86 ± 0,97^c
E2St	NA	NA	NA	8,84±0,64	43,37±2,15	75,26±0,99	93,81±0,95	67,15 ± 0,29^e
E2Fl	NA	NA	NA	19,66±1,73	49,44±1,03	72,30±2,98	81,23±1,63	62,65 ± 1,71^f
E2Sd	NA	NA	NA	1,77±0,69	25,34±1,48	69,62±2,55	77,31±0,95	78,15 ± 1,84^d
Galantamine	35,93 ±2,28	43,77 ±0,00	68,50±0,31	80,69 ±0,41	85,78 ±1,63	91,80 ±0,20	94,77 ±0,34	6.27±1.15^h

L'IC₅₀ des huiles essentielles des différentes parties de la plante était inférieure à celle de la galantamine (témoin positif), a montré une valeur d'IC₅₀ de 6. 27µg/mL (Tableau 14), dans laquelle l'huile essentielle des tiges de la région de Mahouane (IC₅₀ = 52,71±0,75 µg/mL) a présenté la plus grande activité inhibitrice, similaire à celle de l'acorénone B (IC₅₀ = 40, 8 µg/mL) extrait de *Niphogeton dissecta* (Apiaceae) en Equateur (Calva *et al.*, 2017), tandis qu'il y a un meilleur accord pour les huiles essentielles d' *Eryngium campestre* et *Eryngium amethystine* (Apiaceae) avec (10.5%, 19,5%), respectivement (Cianfaglione *et al.*, 2017). Ce résultat indique que le myrcène est le constituant le plus abondant dans l'huile de ses tiges, ce qui est en accord avec les précédentes études de Smaili *et al.* (2020). Une étude précédente a révélé une faible activité inhibitrice du myrcène contre l'AChE (Wojtunik-Kulesza *et al.*, 2017). Cette activité est probablement due à l'effet synergique des constituants de l'huile entière.

Zarrad *et al.*, (2015) ont montré que le limonène a une activité anti-ChE, lorsqu'il est testé individuellement. De même, l'α-pinène suivi du β-pinène et du limonène ont été décrits comme ayant la plus forte activité d'inhibition de l'AChE sur le charançon du riz adulte, *Sitophilus oryzae* (Kim *et*

al., 2013). Les composants α -pinène, β -pinène, limonène, 1,8-cinéole, camphre, bornéol, α -terpinéol, β -caryophyllène et oxyde de β -caryophyllène ont principalement contribué à l'activité anti-AChE de l'huile obtenue à partir des fleurs d'*Artemisia annua*. De plus, les différents niveaux de l'effet anti-AChE de l'huile de fleurs d'*A. annua* aux trois stades de floraison peuvent résulter à la fois de la différente teneur de ces terpénoïdes et de leurs différentes interactions avec l'activité anti-AChE (Yu *et al.*, 2011).

Il existe une corrélation et une relation positive entre les huiles essentielles des différentes parties aériennes (feuilles, tiges, fleurs, graines) de *H. cheirifolia* et la capacité anti-AChE due à la présence de lactones sesquiterpéniques, principalement le composé de type drimane (Rahali *et al.*, 2017), qui était totalement absent dans nos huiles. Les huiles essentielles extraites des feuilles de 14 populations de *Pistacia lentiscus* L. de Tunisie se sont avérées avoir une activité anti-AChE avec un IC50 de (55,3 - 483,7 $\mu\text{g/mL}$) en comparaison avec le Donepezil (IC50 = 18 $\mu\text{g/mL}$) utilisé comme contrôle positif. Cependant, les composés β -myrcène, 2-undécaneone, α -copaène, et α -muuroène pourraient être responsables des variations de l'activité anti-AChE des huiles essentielles de *P. lentiscus* (Aïssi *et al.*, 2016).

2.5.2. AChE de *Turgenia latifolia*

Le résultat de l'activité anticholinestérase de l'HE de *Turgenia latifolia* mentionné dans tableau 15, est modéré avec un CI50 = 60,39 $\mu\text{g/mL}$, contre le galantamine qui a une CI50 de 6,27 $\mu\text{g/mL}$.

Tableau 15 : Les pourcentages d'inhibition de l'AChE par l'huile essentielle de *Turgenia latifolia*.

Matériel végétal/ Control positif	Activité acetylcholinestérase							
	3.125 μg	6.25 μg	12.5 μg	25 μg	50 μg	100 μg	200 μg	CI ₅₀ $\mu\text{g/mL}$
<i>Turgenia latifolia</i>	NA	NA	29,90 \pm 1,25	43,51 \pm 2,89	49,60 \pm 1,30	59,53 \pm 1,70	75,43 \pm 2,32	60,39 \pm 1,18
Galantamine	35,93 \pm 2,28	43,77 \pm 0,00	68,50 \pm 0,31	80,69 \pm 0,41	85,78 \pm 1,63	91,80 \pm 0,20	94,77 \pm 0,34	6.27\pm1.15

Les HES de différentes parties d'*Anthriscus nemorosa* ont montré des pourcentages inhibitrices variables pour la concentration (20 $\mu\text{g/mL}$), où le standard commercial (Le donepezil) utilisé comme un témoin positif. Le pourcentage d'inhibition de ce dernier (Le donepezil) était de

81.99 %. L'HE des racines *Anthriscus nemorosa* avec (35.99 %) d'inhibition, cet HE caractérisé par les composant majoritaires suivants : l' α -pinène (25.5 %), la myristicine (10.4%), p-cymène (8,2 %) et sabinène (8,0 %). L'HE de la partie aérienne de cette plante s'avère (17,61%), cet HE contient un taux élevé de spathulenol avec (49,6%), aussi le bicyclogermacrène avec 8,9% et (Z)- β -farnésène avec 6,1% comme étant les principaux composés abondants. En revanche l'huile essentielle des fruits d'*A. nemorosa* de cette étude a permis d'enregistré (6,43%), les constituants primaires qui ont été détectés dans cet HE sont: le bicyclogermacrène (35,8%), le 1- heptadécanol (7,5%), et heptacosane (6,2%). En outre l'HE des fleurs et la molécule de l' α -pinène (pure) ont été des pourcentages d'inhibition égaux (19,13 et 19,41%), dont l'HE des fleurs contient un pourcentage élève de le bicyclogermacrène (51,3%) (Karakaya *et al.*, 2019). En revanche, les HES extraites des différentes parties de *Ferula lutea* de deux régions différentes à Sétif (Algérie) ont enregistré une IC 50 varie entre (42,36 – 159,63 $\mu\text{g/mL}$), tandis que la galantamine a été utilisée comme témoin positif, où elle a enregistré une CI 50 (6,27 $\mu\text{g/mL}$) (Rahmouni, 2021).

L'étude de Bonesi *et al.* (2010) a révélé que la CI50 des espèces de genre *Pinus* comme *P. heldreichii* subsp. *leucodermis*, *P. nigra* var. *calabrica* et *P. nigra* subsp. *nigra* étaient ($51,1 \pm 1,8$, $101,5 \pm 2,4$ et $94,4 \pm 1,8$ $\mu\text{g/mL}$), respectivement; en outre, les principaux constituants des huiles essentielles étaient l' α -pinène (24,6 %), le β -pinène (10,9 %), le γ -cadinène (9,9 %), le β -phellandrène (6,3 %), l'oxyde de manoylène (6,2 %), et trans-caryophyllène (4,2 %), pour *P. nigra* var. *calabrica* ; α -pinène (25,3 %), limonène (22,6 %), sabinène (12,8 %), α -terpinéol (8,3 %), β -pinène (4,8 %), et terpinolène (4,5 %) pour *P. nigra* subsp. *nigra* ; et α -pinène (24,2 %), β -pinène (8,4 %), et limonène (7,8 %), α -cubébène (7,6 %), terpinolène (5,9 %), et trans-caryophyllène (4,5 %) pour *P. heldreichii* subsp. *leucodermis*.

2.5.3. Conclusion sur l'activité acétylcholinestérase

L'activité inhibitrice modérée de l'AChE des HEs de *Daucus aristidis* pourrait être due à l'activité de ses composants individuels, l' α -pinène et le β -pinène (Lammamra, 2018), ceci peut expliquer que les HEs des fleurs et graines d'*E.thapsioides* de la région de Mahouane qui contiennent un pourcentage très élevé de l' α -pinène et le β -pinène ont baissé l'activité inhibitrice de l'AChE. Selon Perry *et al.* (2000), l'étude de l'inhibition *in vitro* de l'AChE des érythrocytes humains par l'huile essentielle de *Salvia lavandulaefolia* et ses principaux monoterpènes a montré que l' α -pinène, le 1-8 cinéole et le camphre sont les inhibiteurs réversibles compétitifs de l'AChE.

En revanche, il n'est pas obligatoire qu'un seul composé puisse influencer une activité biologique, elle peut être causée par l'interaction synergique entre plusieurs composés, et un composé régule également l'autre (Orhan *et al.*, 2008). Cependant, l'activité inhibitrice de l'huile essentielle résulte généralement d'une interaction complexe entre ses constituants, qui produisent des réponses à la fois synergiques et antagonistes (Tundis *et al.*, 2012).

Selon Kunduhoglu *et al.* (2011) l'interaction synergique et antagoniste entre les composants majeurs et mineurs des huiles essentielles peut affecter l'activité anticholinestérase. En outre, la présence des fonctions oxygénées dans les monoterpènes bicycliques a baissé l'activité inhibitrice de l'AChE (Aazza *et al.*, 2011) et d'autre part, la présence de ces fonctions oxygénées dans les sesquiterpènes augmente cette activité inhibitrice (Miyazawa *et al.*, 2001). Cette dernière constatation est en accord avec la composition chimique des HEs des différentes parties d'*E. thapsioides* et leurs IC50 pour l'activité acétylcholinestérase.

2.6. Détermination *in vitro* de l'activité antioxydante

Le pouvoir antioxydant des huiles essentielles a été évalué par deux méthodes différentes :

Le test du DPPH et le test de FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power).

2.6.1. Détermination de l'activité antioxydante test DPPH

Le test DPPH des huiles essentielles des différentes parties (tiges, fleurs, et graines) d'*Elaeoselinum thapsioides* de la région de Mahouane et de Megres est réalisé selon la méthode de Kirby et Schmidt (1997).

Les IC50 des différentes HEs de chacun partie végétale et de chacun station ont été déterminées (Tableau 16). Les HEs des tiges, des fleurs et des graines d'*E.thapsioides* de la région de Mahouane ont enregistré des IC50 (47,98 - 152,79 et 57,65 mg/mL), respectivement. Tandis que les HEs des tiges, des fleurs et des graines d'*E.thapsioides* de la région de Megres ont enregistré des IC50 (44,94 - 63,30 et 35,23 mg/mL), respectivement.

Tableau 16 : Activité anti-radicalaire des HEs d'*Elaeoselinum thapsioides* de la région de Mahouane et de Megres.

Station	Partie végétale	IC50 (mg/mL)
ES1	Tiges	47,98
	Fleurs	152,79
	Graines	57,65

ES2	Tiges	44,94
	Fleurs	63,30
	Graines	35,23
BHA		12.80 (µg/mL)

ES1 : *Elaeosilenum thapsioides* (la région Mahouane).

ES2 : *Elaeosilenum thapsioides* (la région Megres).

Les profils d'activité antiradicalaire obtenus révèlent que les HES d'*Elaeoselinum thapsioides* possèdent une activité anti-radicalaire très faible comparativement à celle du standard (BHA) qui a enregistré une IC50 de 12.80 µg/mL. On remarque que l'augmentation de la concentration des HES a fait augmenter le pourcentage d'inhibition. Les résultats mentionnés dans le Tab16, montrent que les huiles essentielles des tiges possèdent approximativement les mêmes valeurs de l'IC50 pour les deux régions Mahouane et Megres (44,94 et 47,98 mg/mL) respectivement.

On constate que l'huile essentielle des fleurs d'*E.thapsioides* des la région Mahouane a une IC50 de 152,79 mg/mL qui est 2 fois moins active que celle d'*E. thapsioides* de la région de Megres avec une IC50 de 63,30 mg/mL. L'IC50 de l'HE des graines présente une différence remarquable par rapport aux deux différentes régions de Mahouane et de Megres avec une IC50 de 57,65 et 35,23 mg/mL, respectivement. Le résultat de l'HE des tiges d'*E. thapsioides* de la région de Mahouane a une IC50 de 47,98 mg/mL qui est très proche d'être comparé avec celle obtenue par l'HE d'*Elaeosilenum asclepium* dans l'étude de Bouchekrit *et al.* (2016) avec une IC50 de 48.26 mg/mL.

Les résultats mentionnés dans Tableau 16 sont très loin d'être comparés avec ceux obtenus par l'HE de *Foeniculum vulgare* avec une IC50 de 0.9 mg/mL (El Ouariachi *et al.*, 2014) et même les HE des fruits, des fleurs immatures et des feuilles adultes avec des IC50 correspondent 0.4411±0.0127 mg/mL (441.1±12.7mg/L), 1.2704 ± 0.0334mg/mL (1270.4±33.4mg/L) et 1.5363±0.0405 mg/mL (1536.3±40.5mg/L), respectivement (Ben Marzoug *et al.*, 2011).

L'IC50 que nous avons obtenu par l'huile essentielle des graines d'*E.thapsioides* de la région de Megres avec 35,23 mg/mL est très proche à celle de l'HE des graines de *Daucus carota* récolté au Maroc avec une IC 50 de 30.5 mg/mL (El Otmani *et al.*, 2018),et aussi, elle est proche à celle de l' HE de la graine de l'espèce *D. carota* ssp. *carota* avec une IC50 de l'ordre de 38.67±0.153mg/mL, alors que l'HE des feuilles de la même espèce (*D. carota* ssp. *carota*) est deux fois moins active que les graines d'*E. thapsioides* de la région de Megres avec une IC50 de l'ordre de 76.33±0.2 mg/mL

(Ksouri *et al.*, 2015). On trouve aussi, l'IC50 de l'HE des graines d'*E. thapsioides* de la région de Megres est peu proche à celle de *M. gummifera* (26.78 ± 0.86) (Bouchekrit, 2018).

Entre autre, plusieurs travaux sur l'activité antiradicalaire des HE des plantes aromatiques et médicinales ont approuvé que ces propriétés ont une relation directe avec leur composition chimique (Bouzouita *et al.*, 2008) dont les composés phénoliques s'y trouvés jouent un rôle principal dans la réduction des radicaux libres (Villaño *et al.*, 2007).

Les HE d'*E. asclepium* et de *M. gummifera* sont riche en monoterpènes hydrocarbonés (α -pinene 43.9%, β -pinene 16.% et sabinene 27.9% / α -pinene 34%, β -pinene 41.6% et myrcene 3.5%, p-cymene 2.8%) et au même temps pauvre en composés oxygénés (phénol, alcool, acide,...) et c'est la raison pour laquelle ces HE ont présenté une activité antiradicalaire plus au moins faible (Bouchekrit, 2018), cette explication est en accord avec la composition chimique des HES de notre étude, qui sont très riches en monoterpènes hydrocarbonés (77,34 - 99,13 %). L' α -pinene a été rapporté et il a donné une faible activité antioxydante (Lado *et al.*, 2004).

Il y a plusieurs études qui confirment que le groupe phénolique joue un rôle essentiel dans l'activité antioxydante est cette dernière peut être dû à deux ou plusieurs composés présents dans la composition chimique de l'huile essentielle (Kapoor *et al.*, 2010). Ainsi, ce n'est pas seulement les composés majoritaires des HE qu'ils ont une contribution dans cette activité antiradicalaire, mais il peut y avoir aussi d'autres composés minoritaires qui peuvent interagir d'une façon synergique ou antagoniste pour former un système efficace vis-à-vis des radicaux libres (Lu et Yeap Foo, 2001 ; Sing *et al.*, 2006).

2.6.2. Détermination de l'activité antioxydante FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power)

Le pouvoir réducteur de l'huiles essentielles des différentes parties (feuilles, tiges, fleurs, graines) d'*Elaeosilenum thapsioides* de la région de Mahouane et de Megres est mesuré selon la méthode de Yildirim *et al.* (2001). Les résultats de l'activité antioxydante (FRAP) sont mentionnés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Le pouvoir réducteur représenté par (DO), en fonction de la concentration des HES d'*Elaeosilenum thapsioides* de la région de Mahouane et de Megres.

Partie végétale	Concentration (mg /mL)	DO
ES1 Feuille	5	0,53
ES1 Tige	5	0,46
ES1 Fleur	5	0,41
ES1 Graine	3,75	0,55
ES2 Feuille	3,75	0,72
ES2 Tige	5	0,37
ES2 Fleur	5	0,4
ES2 Graine	5	0,65
BHA	(22.24µg/mL)	0,5

ES1 : *Elaeosilenum thapsioides* (la région Mahouane).

ES2 : *Elaeosilenum thapsioides* (la région Megres)

D'après les résultats mentionnés dans le tableau 17, on remarque que le faible pouvoir réducteur est exprimé par les HES des tiges et des fleurs de la région de Mahouane et de Megres où on constate que ces HES atteignent leur pouvoir maximal à la concentration de 5mg/mL avec des DO de 0,37 et de 0,46, ce qui est remarqué aussi que ces HES ne peuvent pas dépasser cette DO malgré l'augmentation de la concentration de ces HES, donc nous pouvons pas calculé l'EC50 et nous avons choisi de mentionner les concentrations des HES qui dépendent de la DO enregistrée. D'autre coté, les HES des graines de la région de Mahouane et des Feuilles de la région de Megres dépasse l'EC50 avec une DO de 0,55 et de 0,72 par la concentration 3,75 mg/mL. Les HES des feuilles de la région de Mahouane et des graines de la région de Megres ont enregistré une DO de 0,53 et de 0,65, qui ont dépassé aussi l'EC50 par la concentration 5mg/mL. Ces résultats sont très faibles comparativement à ce du standard (BHA), avec une EC50 de 22,24µg/mL. D'autre part, ces résultats en moyenne sont faibles par rapport à ceux obtenus par Bouchekrit *et al.* (2016) avec un EC50 de 0.513 mg/mL. El kolli (2018) a constaté que le pouvoir réducteur de l'HE de *Carum montanum* est concentration dépendant, avec une augmentation qui n'est pas tout à fait régulière ; dans l'intervalle allant de 49,47 µg/mL à 84,57µg/mL, le pouvoir réducteur n'augmente que légèrement. D'autre part, l'HE de *Daucus gracilis* est dose dépendant jusqu'à la concentration de 75,44µg/mL, ensuite survient une chute d'absorbance. Le pouvoir du BHT est nettement supérieur à ceux des deux HES.

Les résultats obtenus par Hasheminya et Dehghannya, (2021), ont également montré que l'activité antioxydante de l'HE de *Heracleum rawianum* et le standard (BHT) par le test FRAP était de 0,49 et 6,95 µmol TE/g ED (eau distillé), respectivement. Par ailleurs, l'étude de Moghaddam *et al.* (2015) a montré que, le test dupouvoir réducteur (FRAP) du BHT (602 mol Fe²⁺ par masse) était

significativement plus élevé que celui des fruits immatures, intermédiaires, prématurés et complet de *Cuminum cyminum* L. récoltée dans le coté nord d'Iran avec (132, 120,98, 106 et 89,32 mol Fe²⁺/mg d'huile essentielle), respectivement. 89,32 mol Fe²⁺ par mg d'huile essentielle), respectivement.

Quoiqu'on ne peut pas attribuer cette activité à une substance bien précise, certaines sont réputées d'être antioxydantes telles que le γ -terpinène et le myrcène chez le genre *Carum* et le γ -terpinène, le myrcène et le terpinolène chez le genre *Daucus* (Duke, 2015). En revanche, le potentiel antioxydant d'une HE peut être dû à la présence de plusieurs composés diversifiés. En outre, l'activité antioxydante pourrait être le résultat des effets synergiques de deux composés ou plus, et la plupart des composés antioxydants naturels travaillent souvent en synergie les uns avec les autres pour produire un large éventail de propriétés antioxydantes qui créent un effet de défense du système contre les radicaux libres (Kapoor *et al.*, 2010). Enfin, l'activité antioxydante dépend de plusieurs facteurs, par exemple : la concentration des extraits, la méthode d'évaluation, la sensibilité des antioxydants à la température de l'essai et la nature hydrosoluble ou liposoluble de l'antioxydant (Kadri *et al.*, 2011 ; Ghedadba *et al.*, 2014).

2.7. Activité insecticide

Le test de la toxicité des huiles essentielles des différentes parties (feuilles, tiges, fleurs et graines) d'*E. thapsioides* de la région de Mahouaneet l'HE de *Turgenia latifolia* par contact vis-à-vis de *Tribolium castaneum* sur papier filtre montrent que ces HEs n'ont aucune activité insecticide contre cet insecte ravageur qui nuit aux produits alimentaires céréaliers pendant la phase de stockage.

Les principaux composants de l'huile essentielle d'*Ostericum sieboldii* sont la myristicine (30,31%), l' α -terpinéol (9,92%), l' α -cadinol (7,29%), le β -farnesène (6,26%) et le linalol (5,94%). L'huile essentielle des parties aériennes fleuries d'*O. sieboldii* possèdent une plus forte toxicité de contact envers *T. castaneum* (DL50 = 8,47 μ g/adulte) que *S. zeamais* (DL50 = 13,82 μ g/adulte). En plus l'huile essentielle d'*O. sieboldii* a également montré une forte activité fumigène contre *S. zeamais* et *T. castaneum* adultes avec une valeur LC50 de 27,39 mg/L d'air et 20,92 mg/L d'air (Liu *et al.*, 2011). On a trouvé que les HEs de *Turgenia latifolia* et d'*E. thapsioides* n'ont pas dans leurs compositions chimiques : la myristicine, l' α -terpinéol, l' α -cadinol, le β -farnesène et le linalool, sauf que l'HE des tiges d'*E. thapsioides* de la région de Mahouane contient une quantité minime de l' α -cadinol (0,56%).

Dans le travail de Hashem *et al.* (2020), l'analyse GC-MS a permis d'identifier et de quantifier les principaux composés de l'HE de *Pimpinella anisum* et de vérifier leur quantité dans le produit de nano émulsion (NE) de cette plante. L'efficacité de l'HE et de la NE de *P. anisum* en tant qu'alternative écologique aux insecticides synthétiques a ensuite été explorée. Une activité significative contre les adultes de *T. castaneum* a été observée d'une manière dépendante de la concentration. Les principaux constituants sont : (*E*)-anethole été abondant avec (800 mg/g), suivi par le limonene, l' α -himachalene, trans-verbenol, linalool, eugenol, acetyl isoeugenol et methyl chavicol. D'autre part, les composants majoritaires de NE de *P. anisum*, avec des différentes concentrations sont (*E*)-anethole (102.1 mg/g), suivi par l' α -himachalene, limonene et Linalool.

Les essais biologiques de fumigation avec les huiles essentielles de *Foeniculum vulgare* Mill, *Petroselinum hortense*, *Coriandrum sativum* L., et *Pimpinella anisum* L., ont montré des effets toxiques. Les HEs de *P. anisum* ont montré également des effets toxiques. Les huiles essentielles de *P. anisum* étaient plus toxiques contre *T. castaneum* que *S. oryzae*. Ainsi, les effets toxiques des huiles essentielles des plantes testées ont été attribués à leurs principaux composants chimiques.

Les principaux composés du *F. vulgare* étaient l'*E*-Anethol (76,22%), le Fenchon (10,91%) et l'Estragole (9,54%). *E*-Anéthol (76,56%), Estragole (13,01%) et le linalool (7,42%) étaient les principaux composants de l'huile essentielle de *P. anisum*. L'*E*-Anethol a été présent comme composant principal de *F. vulgare* et de *P. anisum* (*E*-Anethol) avec des pourcentages qui ont été approximativement égales dans les deux plantes. L'HE de *C. sativum* contient des composants majeurs : linalol (58,80%), menthol (12,89%), α -pinène (5,29%) et γ -terpinène (4,76%), et pour *P. hortense* les composants majeurs sont : l' α -pinene (42.15%), β -pinene (30.21%) et myristicine (4.37%) (Amini *et al.*, 2018).

Les HEs des graines d'*Anethum graveolens* L. ont montré une bonne activité insecticide grâce à une concentration appréciable de carvone, de limonène et de trans dihydrocarvone dans sa composition (Babri *et al.*, 2012). D'autre part, le limonène et les sesquiterpenes donnent une activité très faible à modéré pour plusieurs insectes (Ibrahim *et al.*, 2001).

En revanche, les huiles essentielles de *Zingiber officinale*, *Piper cubeba* et les composés purs (l'nène et β -caryophyllène) ont provoqué une toxicité par contact à l'encontre des insectes adultes et des larves de *T. castaneum* et les adultes de *S. oryzae*. Les doses létales médianes (LD50) des huiles essentielles de *Z. officinale* et de *P. cubeba* ainsi que de l' α -pinène et du β -caryophyllène étaient de (0,335, 0,24, 2,46 et 0,173 μ l/cm²) après 24 h contre les adultes de *T. castaneum*, respectivement.

Tandis que, les valeurs de DL50 des huiles essentielles de *Z. officinale* et *P. cubeba* ainsi que de l' α -pinène et du β -caryophyllène étaient de (0,34, 0,277, 2,98 et 0,17 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$) après 24 h contre *T. castaneum*, respectivement. De même, les valeurs de DL50 de *Z. officinale*, *P. cubeba* ainsi que de l' α -pinène et du β -caryophyllène étaient de (0,287, 0,209, 2,02 et 0,159 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$) après 24 h contre les adultes de *S. oryzae*, respectivement. Il a été constaté dans cette étude que, le β -caryophyllène a été le plus efficace contre les deux insectes, tandis que l' α -pinène a été moins efficace. D'autre part les HEs de *P. cubeba* étaient plus toxique que les HEs de *Z. officinale* (Chaubey, 2012).

Les essais de toxicité de contact des monoterpènes sur les larves de *T. castaneum* ont révélé que la (-)-carvone était le composé le plus efficace, suivi du cuminaldéhyde et le (-)-linalool, avec des valeurs de LC50 de 19,80, 32,59, et 105,63 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, respectivement. Le (L)-fenchone (un monoterpène cétonique) et le géraniol (monoterpène alcoolique) ont révélé une toxicité modérée contre *T. castaneum* (CL50=179,49 et 195,02 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, respectivement). En revanche, le camphène, le (+)-camphre, le 1-8- cinéole, le (-)-menthol et le myrcène présentaient une faible toxicité (c'est-à-dire, valeurs LC50 supérieures à 500 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Peu d'études ont rapporté les toxicités par contact des monoterpènes contre *S. oryzae* et *T. castaneum* (Abdelgaleil *et al.*, 2009).

Park *et al.* (2003) ont constaté que le traitement d'adultes de *S. oryzae* avec du limonène et du myrcène (260 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ après 2 jours de contact) a entraîné une mortalité moyennement faible à faible (36 % et 10 %), respectivement, cependant Garcia *et al.* (2005), ont déclaré que le limonène avait une toxicité modérée, tandis que le myrcène et le camphène étaient inactifs. Aussi, le test de toxicité par contact de 1-8- cineole et du limonène pour *T. castaneum* ont été rapportés par Prates *et al.* (1998). Donc, ces résultats sont en accord avec les HEs des différentes parties d'*E. thapsioides* qui contiennent un taux élevé de myrcène (8,45 - 69,33 %), et elles n'ont enregistré aucune activité insecticide.

Des études antérieures ont également montré que la toxicité des HEs obtenues à partir de plantes aromatiques contre les insectes nuisibles est liée à leurs principaux composants de l'huile tels que le 1,8-cinéole, le carvacrol, l'eugénol, le limonène, le linalol, l' α -pinène et le thymol (Asgar, 2013).

Il faut garder à l'esprit que les huiles essentielles et leurs composants doivent être toxiques pour les insectes ciblés et non pour les organismes non ciblés tels que les insectes bénéfiques comme les abeilles, les poissons, les oiseaux et les humains. On cite que le risque associé aux utilisateurs, le mode d'exposition, la dégradation dans l'environnement et la toxicité chronique pour être utilisés

efficacement pour le contrôle des populations d'insectes des produits stockés, sont des facteurs qui doivent être pris en considération lors de l'évaluation des insecticides, donc ce sont des paramètres déterminants de cette activité (Chaubey, 2012).

Il serait difficile de penser que l'activité insecticide de ces huiles se limite uniquement à certains constituants majoritaires ; elle pourrait aussi être due à certains constituants minoritaires ou à un effet synergique de plusieurs constituants (Lamamra, 2018).

CONCLUSION

Conclusion

Cette étude se voulait une contribution à la connaissance phytochimique et à évaluer les potentialités bioactives des huiles essentielles de deux plantes de la famille des Apiacées à savoir *Elaeosilenium thapsioides* et *Turgenia latifolia*.

L'étude s'est amorcée par l'analyse chimique des huiles essentielles par GC/MS et GC/ FID. Ces analyses ont montré que les principaux constituants des différentes parties aériennes d'*E. thapsioides* (feuilles, tiges, fleurs, et graines) des deux régions Mahouane et Megres étaient le Myrcène (8,45% -74,09%). Par ailleurs, les composants majoritaires des huiles essentielles obtenues à partir des fleurs et des graines des deux régions Mahouane et Megres étaient l' α -pinène (1,41 - 5,15 - 36,93 - 56,67 %) et (2,85 -5,26 - 43,67 - 49,26 %), pour le β -pinène (0,9 - 11,51 - 14,54 - 22,93 %) et (7,41 - 2,5 -16,17 - 23,72 %). Le limonène (6,71 et 10,89 %) caractérisait l'huile essentielle des graines de Mahouane et de Megres, mais il était moins présent chez celles obtenues des feuilles, des tiges et des fleurs des deux régions (2,19 % - 4,97%).

Dans l'huile essentielle des feuilles de la région de Mahouane étaient présents le périllène et le 4-terpinéol avec des pourcentages appréciables (8,03 et 7,36 %), mais ils étaient presque absents dans les feuilles de la région de Megres. L'isothiocyanate de m-méthoxybenzyle (9,37 %) caractérisait l'huile essentielle des tiges de la région de Mahouane, tandis qu'il était présent en petites quantités dans les huiles de la région de Megres ; au contraire, il n'était pas présent du tout dans les huiles essentielles obtenues à partir des autres parties aériennes des plantes des deux régions. Un autre composé important, le γ -muurolène a été identifié dans l'huile essentielle des feuilles et des tiges de la région de Merges (8,8 et 7,83%), alors qu'il atteignait des pourcentages plus faibles dans l'huile obtenue à partir des tiges et qu'il était complètement absent dans celle des feuilles de la région de Mahouane. D'autre part, l'huile essentielle des tiges de la région de Mahouane et celles extraites des feuilles et des tiges de la région de Megres contiennent (4,61 % - 8,8 % - 7,83 %) de γ -muurolène, respectivement. Les huiles essentielles des tiges de la population de Megres contiennent 9,73% sous forme d'isothiocyanate de m-méthoxybenzyle alors qu'elle est absente dans la composition chimique des différentes parties aériennes des deux régions.

Alors que, les composants majoritaires de l'HE de *Turgenia latifolia* étaient : le spathulenol (18,3%), l' α -pinène (15,7%), le verbenon (8,8%), le caryophyllène oxide (7,1%), le trans-verbenol (5,9%), et l' α -cadinol (4,9%).

Les huiles essentielles de ces deux plantes ont été soumises à un test *in vitro* pour leur activité antibactérienne, contre quatre souches de références : *Escherichia coli* ATCC25922, *Bacillus cereus* ATCC 11778, *Proteus mirabilis* ATCC 35659 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, à l'aide de la méthode de diffusion sur disque en milieu solide. Les huiles essentielles des différentes parties d'*E. thapsioides* ont montré une activité antibactérienne limitée sur la croissance de *B. cereus* ATCC 11778, sauf l'HE obtenue des feuilles de la région de Megres qui a révélé une forte activité (15 mm) ; cette souche s'est avérée résistante aux huiles essentielles obtenues des fleurs et des tiges de deux régions (Mahouane et Megres). Des diamètres d'inhibition encore plus petits ont été observés pour *S. aureus* ATCC 25923 (7,5 à 11 mm), *E. coli* ATCC 25922 (8 à 11,5 mm) et *P. mirabilis* ATCC 35659 (6 à 9,5 mm). Toutefois, l'huile essentielle de *Turgenia latifolia* a montré une activité antibactérienne avec un diamètre d'inhibition de 9 à 12 mm contre les souches bactériennes suivantes ; *B. cereus* ATCC 11778, *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922. Ces dernières souches sont considérées comme des souches sensibles à l'HE de *Turgenia latifolia*. A noter que cette huile n'a montré aucun effet inhibiteur contre la souche bactérienne *P. mirabilis* ATCC 35659.

L'activité antifongique des HEs des différentes parties végétales d'*E. thapsioides* des deux régions, et l'HE de *Turgenia latifolia* ont été testées par la méthode de diffusion par des puits en milieu solide. Les HEs d'*E. thapsioides* ont enregistré des pourcentages d'inhibition à l'encontre de l'espèce fongique *Rhizoctonia. Solani*, allant de 33,33 à 42,42% pour les feuilles, (48,48 et 36,36%) les tiges, (21,21 et 3,03%) les fleurs, (63,64 et 68,18%) les graines, respectivement. Tandis que l'espèce *Fusarium oxysporum* a révélé une résistance pour toutes les HEs testées d'*E. thapsioides*. En revanche, l'HE de *Turgenia latifolia* a enregistré un pourcentage d'inhibition de 75,76% à l'encontre de *Rhizoctonia. solani*, par contre cette HE a une faible inhibition (19,47%) à l'encontre de l'espèce *Fusarium oxysporum*.

On outre, les HEs des différentes parties d'*E. thapsioides* de deux régions et l'HE de *Turgenia latifolia* ont été testées pour leurs activités inhibitrices de l'acétylcholinestérase (AChE) *in vitro*. Ces huiles essentielles ont révélé une activité modérée à faible. Les feuilles, les tiges, les fleurs et les graines d'*E. thapsioides* de la région de Mahouane ont donné les IC₅₀ suivantes (67,66 µg/mL), (52,71 µg/mL), (154,52 µg/mL), (158,35 µg/mL), respectivement et pour les feuilles, les tiges, les fleurs et les graines d'*E. thapsioides* de la région Megres ont donné les IC₅₀ suivantes (93,86 µg/mL), (67,15 µg/mL), (62,65 µg/mL), (78,15 µg/mL) respectivement. Alors que, l'HE de *Turgenia latifolia* a révélé une activité modérée avec IC₅₀ (60,39 µg/mL), mais ces résultats restent incomparable à la galantamine (IC₅₀ = 6.27±1.15 µg/mL).

En plus de l'effet antimicrobien et l'activité acétylcholinestérase (AChE); l'activité antioxydante des HEs des différentes parties aériennes d'*Elaeosilenum thapsioides* (tiges, fleurs, et graines) de deux régions (Mahouane et Megres), a été étudiée par le test du radical libre DPPH. Dans ce test les HEs de deux régions ont révélé une très faible activité avec une IC₅₀ (35,23mg/mL - 152,79mg/mL), par rapport au BHA (IC₅₀ = 12.80 µg/mL). Cependant le test du pouvoir réducteur (FRAP), a montré une faible activité vis-à-vis les huiles des différentes parties aériennes d'*Elaeosilenum thapsioides* (feuilles, tiges, fleurs, et graines) des deux région (Mahouane et Megres), avec des DO (0,37 - 0,65) à la concentration 5 mg/mL, sauf que les HEs des graines de la région de Mahouane et les feuilles de la région de Megres ont donné un DO (0,55 et 0,72) à la concentration de 3, 5 mg/mL, respectivement. Ces résultats, sont également très loin à celle du standard BHA avec un DO (0,5) à la concentration 22.24µg/mL.

Les résultats du test de toxicité par contact sur papier filtre vis-à-vis l'insecte *Tribolium castaneum* montrent que, les huiles essentielles des différentes parties (feuilles, tiges, fleurs et graines) d'*Elaeosinum thapsioides* de la région de Mahouane et l'HE de *Turgenia latifolia* n'ont aucun effet insecticide.

En conclusion, on peut dire que les huiles essentielles d'*E. thapsioides* et de *Turgenia latifolia* sont douées d'activités anicholinestérase et antifongique importantes à des taux différents. Ces résultats peuvent être approfondis ultérieurement par le fractionnement de ces huiles pour connaître les molécules responsables de ces activités. En plus de l'étude d'autres activités biologiques de ces plantes, à savoir : l'activité anti-glucosidase, anti-inflammatoire et autres.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Aazza S., Lyoussi B. and Miguel M. G. (2011). Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of some commercial essential oils and their major compounds. *Molecules*, 16: 7672-7690.
- Abdelgaleil, S. A., Mohamed, M. I., Badawy, M. E., & El-arami, S. A. (2009). Fumigant and contact toxicities of monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. *Journal of chemical ecology*, 35(5): 518-525.
- Abou El-Soud, N. H., Deabes, M. M., & Abou El-Kassem, L. (2012). Khalil MY. Antifungal Activity of Family Apiaceae Essential Oils. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(10), 4964-4973.
- AFNOR (1986). Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles », AFNOR. Paris. 57 p.
- AFNOR, (1992). Recueil des normes françaises, Huiles essentielles, Paris.
- Aissi, O., Boussaid, M., & Messaoud, C. (2016). Essential oil composition in natural populations of *Pistacia lentiscus* L. from Tunisia: Effect of ecological factors and incidence on antioxidant and antiacetylcholinesterase activities. *Industrial Crops and Products*, 91: 56 65.
- Akhlaghi H. (2008). The Essential Oils from Flowers, Stems and Leaves of *Ferulago angulate* from Iran. *Chem Nat Compd*, 44 (3): 396-397.
- Akssira, M.; Anaya, J.; El Hanbali, F.; Grande, M.; Grande, C.; Martiáñez, J.; Mellouki, F.; Raposo, C. & Torres, P. (2004). Essential oils from *Elaeoselinum fontanesii* Boiss (Umbelliferae). 35th *International Symposium on Essential Oils (ISEO)*, Italy.
- Ali-Shtayeh, M.S., Majed Jamous, R., Abu Zaitoun, S.Y. & Basem Qasem I. (2014). *In-vitro* Screening of Acetylcholinesterase Inhibitory Activity of Extracts from Palestinian Indigenous Flora in Relation to the Treatment of Alzheimer's Disease. *Functional Foods in Health and Disease*, 4 (9), 381-400.
- Allen K. G., Banthorpe D. V. and Charlwood B. V. (1977). Metabolic pools associated with monoterpene biosynthesis in higher plants. *Phytochemistry*, 16, 79-83.
- Amini, S., Tajabadi, F., Khani, M., Labbafi, M. R., & Tavakoli, M. (2018). Identification of the seed essential oil composition of four apiaceae species and comparison of their biological

- effects on *Sitophilus oryzae* L. and *Tribolium castaneum* (Herbst.). *Journal of Medicinal Plants*, 17(67), 68-76.
- Arpino, P., Prévôt, A., Serpinet, J., Tranchant, J., Vergnol, A., & Witier, P. (1995). Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse. Ed. Masson, Paris.
- Asgar, E. (2013). Plant Essential Oils from Apiaceae Family as Alternatives to Conventional Insecticides. *Ecologia Balkanica*, 5(1): 149-172.
- Askari F., Sefidkon F. and Teimouri M., (2010). Essential Oil Composition of the Different Parts of *Pimpinella barbata* (DC.) Boiss. in Iran. *Journal of Essential Oil Research*. 22:605-608.
- Audigie C.L., Dupon G. and Zongain F. (1995). Principes des méthodes d'analyse biochimique. T1, 2ème ED. Doin, Paris. 44.
- Aziz, Z. A., Ahmad, A., Setapar, S. H. M., Karakucuk, A., Azim, M. M., Lokhat, D., & Ashraf, G. M. (2018). Essential oils: extraction techniques, pharmaceutical and therapeutic potential-a review. *Current drug metabolism*, 19(13): 1100-1110.
- Babri, R. A., Khokhar, I., Mahmood, Z., & Mahmud, S. (2012). Chemical composition and insecticidal activity of the essential oil of *Anethum graveolens* L. *Sci.Int.(Lahore)*, 24(4),453-455.
- Bach, D., Mascré M., & Deysson G. (1979). Organisation et Classification des Plantes Vasculaires, Cours de Botanique Générale Quatrième Série. Tome 2, Ed. SEDES, Paris, p.540.
- Badalamenti, N., Bruno, M., Gagliano Candela, R., & Maggi, F. (2020). Chemical composition of the essential oil of *Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol subsp. meoides (Desf.) Fiori (Umbelliferae) collected wild in Central Sicily and its antimicrobial activity. *Natural Product Research*, 1-9.
- Bader A., Cioni P. L. and Flamini G. (2010). GC-MS Analysis of the Essential Oils of Ripe Fruits, Roots and Flowering Aerial Parts of *Elaeoselinum asclepium* subsp. *Meoides* Growing in Sicily. *Nat Prod Commun*. 5 (7): 1111-1114.
- Badi, H. N., Yazdani, D., Ali, S. M., & Nazari, F. (2004). Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. *Industrial crops and products*, 19(3): 231-236.

- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D. and Idaomar M. (2008). Biological Effects of Essential Oils - A Review. *Food Chem Toxicol.* 46 (2): 446-475.
- Baser K. H. C. and Buchbauer G. (2010). Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications. Ed. Taylor and Francis Group, LLC, USA, 994p.
- Baser, K. H. C. & Buchbauer, G. (2010). Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications. Ed. Taylor and Francis Group, LLC, USA, 994p.
- Baumann, V. (2021). *Principes actifs et totum en phytothérapie*. Top santé avec homeophyto.
- Bayan, Y., Yilar, M., & Onaran, A. (2016). Antifungal activity and chemical composition of the essential oil of *Heracleum platytaenium* Boiss's. *Egyptian Journal of Pest Control*, 26(2), 237-240
- Belaiche P. (1979). Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome 1 : l'aromatogramme .éd. Maloine. Paris.
- Ben Marzoug, H. N., Romdhane, M., Lebrihi, A., Mathieu, F., Couderc, F., Abderraba, M. & Bouajila, J. (2011). *Eucalyptus oleosa* essential oils: chemical composition and antimicrobial and antioxidant activities of the oils from different plant parts (stems, leaves, flowers and fruits). *Molecules*, 16(2): 1695-1709.
- Bencheikh H. (2005). Contribution à l'étude de la composition, de l'activité antimicrobienne et de la cytotoxicité des huiles essentielles de *Thymus fontanesii* et de *Foeniculum vulgare*. Mémoire de Magister, Département de biologie, Faculté des sciences, UFA de Sétif.
- Bendiabdellah A. (2014). Etude chimique et biologique des extraits de trois *Daucus* (*D. crinitus*, *D. muricatus* et *D. carota* ssp *hispanicus*) de la région de Tlemcen. Thèse de Doctorat en Science. Département de Chimie, Faculté des Sciences, UAB de Tlemcen.
- Bendiabdellah A., Dib M. El A., Djabou N., Allali H., Tabti B., Muselli A. I. and Costa J. (2012). Biological Activities and Volatile Constituents of *Daucus muricatus* L. From Algeria. *Chem Cent J.* 6 (1): 48.
- Benny, A., & Thomas, J. (2019). Essential oils as treatment strategy for Alzheimer's disease: Current and future perspectives. *Planta medica*, 85(03): 239-248.

- Bernadet, M. (2000). Phyto-Aromathérapie Pratique, Plantes Médicinales et Huiles Essentielles, Dictionnaire Thérapeutique de 530 Affections Courantes. Ed. Dangles, France, p. 376 .
- Bonesi, M., Menichini, F., Tundis, R., Loizzo, M. R., Conforti, F., Passalacqua, N. G., & Menichini, F. (2010). Acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase inhibitory activity of *Pinus* species essential oils and their constituents. *Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry*, 25(5): 622-628.
- Botineau, M. (2010). Botanique Systématique et Appliquée des Plantes à Fleurs, Ed. Tec & Doc, Paris, p. 1335.
- Boucekrit, M. (2018). Etude de la composition chimique et de l'activité biologique des huiles essentielles de deux Apiaceae *Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol. et *Margotia gummifera* (Desf.) Lange. Thèse de Doctorat en Science. Spécialité : Biologie végétale, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 159 p.
- Boucekrit, M., Laouer, H., Hajji, M., Nasri, M., Haroutounian, S. A., & Akkal, S. (2016). Essential oils from *Elaeoselinum asclepium*: Chemical composition, antimicrobial and antioxidant properties. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(10): 851-857.
- Boucekrit, M., Laouer, H., Hajji, M., Nasri, M., Haroutounian, S. A., & Akkal, S. (2016). Essential oils from *Elaeoselinum asclepium*: Chemical composition, antimicrobial and antioxidant properties. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(10): 851-857.
- Boullard, B. (2001). Plantes Médicinales du Monde, Réalités et Croyances. Ed. ESTEM, Paris, p. 636.
- Bounechada, M., & Arab, R. (2011). Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. et *Peganum harmala* L. sur *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Agronomie* numéro 1: 1-6.
- Bousaada O., Ammar S., Saidana D., Chriaa J., Chraif I., Daami M., Helal A.N. and Mighri Z. (2008). Chemical composition and antimicrobial activity of volatile components from capitula and aerial parts of *Rhaponticum acaule* DC grow in wild in Tunisia. *Microbiology Research*, 163(1), 87-95.

- Bousquet, Y. (1990). Beetles associated with stored products in Canada: An identification guide. Agriculture and Agri-Food Canada.
- Boussoulim N. (2014). Activités Biologiques de Plantes Médicinales: *Anchusa azurea* Mill. et *Globularia alypum* L. Thèse Doctorat Sciences, Option: Microbiologie, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 136p.
- Boutaghane, N., Nacer, A., Kabouche, Z., & Ait-Kaki, B. (2004). Comparative antibacterial activities of the essential oils of stems and seeds of *Pituranthos scoparius* from Algerian septentrional Sahara. *Chemistry of natural compounds*, 40(6): 606-607.
- Bouzouita, N., Kachouri, F., Ben Halima, M., & Chaabouni, M. M. (2008). Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. *Journal de la Société Chimique de Tunisie*, 10 : 119-125.
- Bowles E.J. (2003). The chemistry of aromatherapeutic oils. 3rd Ed. Allen & Unwin, Australia. 257p.
- Brahmi, F., & Kebbouche-GanaS. (2014). Antibacterial activity and chemical composition of *Ammi visnaga* L. essential oil collected from Boumerdes (Algeria) during three periods of the plant growth. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 17(6), 1317-1328.
- Brullo S. Minissale P. & Terrasi M. C. (2003). *Elaeoselinum tunetanus* (Umbelliferae) a New Species from Tunisia. *Boccone*. 16 (2): 573-578.
- Bruneton J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, Plantes Médicinales. Tec et Doc, Lavoisier 3^{ème} édition, Paris, 1120p.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3): 223-253.
- Calo J. R., Crandall P. G., O'Bryan C. A. and Ricke S. C. (2015). Essential oils as antimicrobials in food systems - A review. *Food Control*. 54: 111–119.
- Calva, J., Bec, N., Gilardoni, G., Larroque, C., Cartuche, L., Bicchi, C., & Montesinos, J. V. (2017). Acorenone B: AChE and BChE inhibitor as a major compound of the essential oil distilled from the Ecuadorian Species *Niphogeton dissecta* (Benth.) JF Macbr. *Pharmaceuticals*, 10(4): 84.

- Carretero M. E., Ortega T. et Rouzet M. (1988). A Propos de la Composition Chimique de l'Huile Essentielle d'*Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol subsp. *Millefolium* (Boiss.) Garcia Martin et Silvestre. *J Med Plantes Phytother.* 22 (2): 88-91.
- Casiglia, S., Bruno, M., Senatore, F., & Senatore, F. (2016). Chemical composition of the essential oil of *Bupleurum fontanesii* (Apiaceae) growing wild in Sicily and its activity on microorganisms affecting historical art crafts. *Natural product communications*, 11(1), 1934578X1601100131.
- Chaintreau A., Joulain D., Marin C., Schmidt C.O. and Vey M. (2003). GC-MS, Quantitation of fragrance compounds suspected to cause skin reaction. *Journal of Agriculture Food Chemistry* (51): 398-403.
- Chalchat, J.K., Carry, L.P., Menut, C., Lamaty, G., Malhuret, R. & Chopineau J. (1997). Correlation between chemical composition and antimicrobial activity.VI. Activity of some African essential oils. *Journal of Essential. Oil Research*, 9: 67-75.
- Chami F. (2005). Evaluation *in vitro* de l'action antifongique des huiles essentielles d'origan et de girofle et de leurs composés majoritaires *in vivo* application dans la prophylaxie et le traitement de la *Candidose vaginale* sur des modèles de rat et de souris immunodéprimés. Thèse de doctorat, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Fès, Maroc, 266p.
- Chaubey, M. K. (2012). Responses of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) against essential oils and pure compounds. *Herba Polonica*, 58(3).
- Chiasson, H., & Beloin, N. (2007). Les huiles essentielles, des biopesticides «Nouveau genre». Revue de littérature. *Bulletin de la Société d'Entomologie du Québec. Antennae*, 14(1), 3-6.
- Cianfaglione, K., Blomme, E. E., Quassinti, L., Bramucci, M., Lupidi, G., Dall'Acqua, S., & Maggi, F. (2017). Cytotoxic essential oils from *Eryngium campestre* and *Eryngium amethystinum* (Apiaceae) growing in central Italy. *Chemistry & Biodiversity*, 14(7) : e1700096.
- Colletier J.P. (2006). Etude des Relations Structure–Dynamique–Fonction au sein de l'Acétylcholinestérase. Thèse Doctorat, Spécialité : Cristallographie et RMN Biologiques, Université Joseph Fourier, Grenoble I. 190p.

- Cronquist, A. (1981). An Integrated System of Classification of flowering plants. Columbia university press, New York.
- Cusson, C. (2007). *Ebook l'Aromathérapie et les huiles essentielles*. essentielles/FICHES_PLANTES&HUILES/aromatherapie et huiles essentielles.pdf. (Disponible :<https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fabrications-Objets-Outils-Produits/Huiles=>), (consulté le 15/05/2021).
- Denecke J., Fiedler K., Hacker-Klom U., Mölenkamp G., Jürgens H. and Wolff J. E. (1997). Multiple Drug-Resistant C6 Glioma Cells Cross-Resistant to Irradiation. *Anticancer Res.*, 17 (6D): 4531-4534.
- Desjobert, J. M., Bianchini, A., Tomi, P., Costa, J., & Bernardini, A. F. (1997). Etude des huiles essentielles par couplage chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse. Application à la valorisation des plantes de la flore corse. *Analisis*, 6(25), M13-M16.
- Disponible sur :
<https://homeophyto.topsante.com/medicaments/medicamentshomeopathiques/principes-actifs-totum-phytotherapie-58229.html>) (consulté : le 12/12/2020)
- Djarri L. (2011). Contribution à l'Etude des Huiles Essentielles et des Métabolites Secondaires de Trois Plantes Algériennes de la Famille des Apiaceae; *Daucus reboudii* Coss. ex Batt. & Trab., *Kundmannia sicula* (L.) DC. et *Elaeoselinum thapsioides* Maire. Thèse de Doctorat Science, Chimie Organique, Université de Constantine, Algérie, 267p.
- Dorman H. J. D. and Deans S. G. (2000). Antimicrobial Agents from Plants: Antibacterial Activity of Plant Volatile Oils. *J Appl Microbiol.*, 88 (2): 308-316.
- Duke J. (2015). Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases. *Agricultural Research Service of the US Department of Agriculture*. (disponible;<http://www.ars-grin.gov/duke/>.) (Consulté le 12/12/2020)
- El Kolli M., Laouer H., El Kolli H., Akkal S. and Sahli F. (2016). Chemical Analysis, Antimicrobial and Anti-Oxidative Properties of *Daucus gracilis* Essential Oil and its Mechanism of Action. *Asian Pac J Trop Biomed.* 6 (1): 8-15.

- EL Otmani, I. S., Zarayby, L., Ousaid, A., & Elbakri, W. (2018). Chemical Composition and Antioxidant Activity of the Essential Oil of Wild Carrot *Daucus carota* L. from Morocco. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 10(7): 30-34.
- El Ouariachi E., Lahhit N., Bouyanzer A., Hammouti B., Paolini J., Majidi L., Desjobert JM. and Costa J. (2014). Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils and Solvent Extracts of *Foeniculum vulgare* Mill. from Morocco. *J Chem PharmRes.* 6 (4):743-748.
- El-Kalamouni C. (2010). Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées. Thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse, France.
- El-Kolli, M. (2018). Composition chimiques et activités biologiques des huiles essentielles de quelques apiacées *Carum montanum* et *Daucus gracilus*. Thèse de Doctorat en Science. Spécialité : Microbiologie, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 146 p.
- Ellman G.L., Courtney K.D., Andres V. and Featherstone R.M. (1961). A New and Rapid Colorimetric Determination of Acetylcholinesterase Activity. *Biochemistry Pharmacology*, 7: 88–95
- Evergetis E., Mich aelakis A., Kioulos E., Koliopoulos G. and Haroutounian S. A. (2009). Chemical composition and larvicidal activity of essential oils from six Apiaceae family taxa against the West Nile virus vector *Culex pipiens*. *Parasitology Research* 105(1):117-24
- Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M. and Abdelly C. (2008). Phenolic Composition of *Cynara cardunculus* L. Organs and their Biological Activities. *C. R. Biologies*, 331 (5): 372-379.
- Farida, S. H. M., Ghorbani, A., Ajani, Y., Sadr, M., & Mozaffarian, V. (2018). Ethnobotanical applications and their correspondence with phylogeny in Apiaceae-Apioideae. *Research Journal of Pharmacognosy*, 5(3): 79-97.
- Fellah, S., Romdhane, M., & Abderraba, M. (2006). Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis*. 1 cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. *Journal-Societe Algerienne De Chimie*, 16(2) : 193.
- France-Ida, J. (1998). Comment s'assurer de la pureté d'une huile essentielle. *Info essences*, 7, 1-2.

- Fraternale, D., Flamini, G., & Ricci, D. (2016). Essential oil composition of *Angelica archangelica* L. (Apiaceae) roots and its antifungal activity against plant pathogenic fungi. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 150(3), 558-563.
- Gaamoune S, Harzallah D, Kada S, & Dahamna S. (2014). Evaluation of antioxidant activity of flavonoids extracted from *Galium tunetanum* Poiret. *Res J Pharm Biol Chem Sci*. 5(2): 341-8.
- Garcia Martin F. and Silvestre S. (1983). *Distichoselinum* Garcia Martin and Silvestre New Genus of Umbelliferae. *Lagasalia*, 12(1): 99-107.
- Garcia Martin F. and Silvestre S. (1985). Revision of the Genus *Elaeoselinum* Koch ex DC., *Margotia* Boiss. and *Distichoselinum* Garcia Martin & Silvestre (Umbelliferae). *Lagasalia*. 13 (2): 205-237.
- García, M., Donadel, O. J., Ardanaz, C. E., Tonn C. E., & Sosa, M. E. 2005. Toxic and repellent effects of *Baccharis salicifolia* essential oil on *Tribolium castaneum*. *Pest. Manag. Sci*. 61, 61
- Garnéro J. (1991). Les huiles essentielles, leur obtention, leur composition, leur analyse et leur normalisation. Ed. Encyclopédie des médecines naturelles, Paris, pp. 2-20.
- Garnéro, J. (1991). Les huiles essentielles, leurs obtentions, leurs compositions, leurs analyses et leurs normalisations. Ed. *Techniques, Encycl. Med-Nat. (Paris, France)*. 2-20.
- Geiger J. L. (2005). The Essential Oil of Ginger, *Zingiber officinale*, and Anaesthesia. *Int J Aromather*. 15 (1): 7-14.
- Ghedadba N., Bousselsela H., Hambaba L., Benbia S. and Mouloud Y. (2014). Évaluation de l'Activité Antioxydante et Antimicrobienne des Feuilles et des Sommités Fleuries de *Marrubium vulgare* L. *Phytothérapie*, 12:15-24.
- Glisic S. B., Misic D. R., Stamenic M. D., Zizovic I. T., Asanin R. M. and Skala D. U. (2007). Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Carrot Fruit Essential Oil: Chemical Composition and Antimicrobial Activity. *Food Chem*. 105 (1): 346-352.
- Gramer, A. (1976). Antibiotic sensitivity and assay test. In: *Microbiological Methods*. 6th edition, Collins CH, Lyne PM, Grange JM (Eds.), Bulter worths and Co. Ltd., London, 235pp.

- Grande M., Mancheño B. and Sanchez M. J. (1989). Elasclepiol and Elasclepic Acid, Beyerane Diterpenoids from *Elaeoselinum asclepium*. *Phytochem.* 28 (7): 1955-1958.
- Grande M., Mancheno B. and Sanchez M. J. (1991b). Elasclepiol and other Tetracyclic Diterpenoids from *Elaeoselinum asclepium*. *Phytochem.* 30 (6): 1977-1982.
- Grande, M., Moran, J. R., Macias, M. J. and Mancheno B. (1993). Carbon-13 Nuclear Magnetic Resonance Spectra of Some Tetracyclic Diterpenoids Isolated from *Elaeoselinum* species. *Phytochem Anal.* 4 (1): 19-24.
- Guignard, J. L. (2000). Biochimie Végétale. 2ème Ed. De l'abrégé Dunod, Paris, 274 p.
- Gutiérrez Bustillo, M., Hernández-Agero, T. O. and García Martín, F. (1986). Contribution to the Anatomical Study of the genera *Elaeoselinum* Koch ex DC., *Margotia* Boiss. And *Distichoselinum* García Martín & Silvestre (Umbelliferae), in the Iberian Peninsula. *Lazaroa*, 9: 69-82.
- Hailu T., Endris M., Kaleab A. & Tsige G. M. (2005). Antimicrobial Activities of Some Selected Traditional Ethiopian Medicinal Plants Used in the Treatment of Skin Disorders. *J Ethnopharmacol.* 100 (1-2): 168-175.
- Hand, R. (2011). The Euro Med treatment of Apiaceae. *Willdenowia*, 41(2): 245-250.
- Hashem, A. S., Ramadan, M. M., Abdel-Hady, A. A., Sut, S., Maggi, F., & Dall'Acqua, S. (2020). Pimpinella anisum essential oil nanoemulsion toxicity against *Tribolium castaneum* ? Shedding light on its interactions with aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase by molecular docking. *Molecules*, 25(20), 4841.
- Hasheminya, S. M., & Dehghannya, J. (2021). Chemical composition, antioxidant, antibacterial, and antifungal properties of essential oil from wild *Heracleum rawianum*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 31: 101913.
- Herman, R. A., Ayepa, E., Shittu, S., Fometu, S. S., & Wang, J. (2019). Essential oils and their applications-a mini review. *Adv Nutr Food Sci*, 4(4): 1-13.
- Heywood, V. H. (1971). The Biology and Chemistry of the Umbelliferae. 1ère ed. Academic
- Heywood, V. H. (1996). Les Plantes à Fleurs : 306 Familles de la Flore Mondiale, Nathan (Farnand), Paris, p. 335.

- Hommet, C., Novella, J. L., Auriacombe, S., Vercelletto, M., Berrut, G., Belliard, S., & Ceccaldi, M. (2016). Symptomatic treatments in Alzheimer's disease in 2016: a study from Memory centers in France. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement*, 14(3), 274-286.
- Howes M.-J. R., Simmonds M. S. J. and Kite G. C. (2004). Evaluation of the Quality of Sandalwood Essential Oils by Gas, Chromatography–Mass Spectrometry. *J Chromatogr. A*. 1028 (2): 307-312.
- Howes, M. J. R., & Houghton, P. J. (2003 a). Plants used in Chinese and Indian traditional medicine for improvement of memory and cognitive function. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 75(3), 513-527.
- Howes, M. J. R., Perry, N. S., & Houghton, P. J. (2003b). Plants with traditional uses and activities, relevant to the management of Alzheimer's disease and other cognitive disorders. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 17(1), 1-18.
- Huete, A. (2012). Huiles essentielles pour tous les jours, Losange, Chamalières, France. P 224.
- Ibrahim, M. A., Kainulainen, P., Aflatuni, A., Tiilikkala, K., & Holopainen, J. K. (2001). Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. *Agricultural and Food Science in Finland*, 10(3): 243-259.
- Jaleel C.A., Sankar B., Murali P.V., Gomathinayagam M., Lakshmanan G.M.A. and Panneerselvam R. (2008). Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in *Catharanthus roseus*; impacts on ajmalicine accumulation. *Colloids Surf. B: Biointerfaces*. 62: 105–111.
- Jham G. N., Dhingra O. D., Jardim C. M. and Valente V. M. M. (2005). Identification of the Major Fungitoxic Component of *Cinnamon* Bark Oil. *Fitopatol. bras.* 30 (4): 404-408.
- Jia, P., Sheng, R., Zhang, J., Fang, L., He, Q., Yang, B., & Hu, Y. (2009). Design, synthesis and evaluation of galanthamine derivatives as acetylcholinesterase inhibitors. *European journal of medicinal chemistry*, 44(2), 772-784.
- Joshi R. K. (2013). Antimicrobial Activity of Leaf Essential Oil of *Chaerophyllum villosum* Wall. ex DC. From Kumaun Himalayan of Uttrakhand. *Indo Am J Pharm Res.* 3 (2): 1503-1509.

- Kadri A., Zarai Z., Ben Chobba I., Békir A., Gharsallah N., Damak M. and Gdoura R. (2011). Chemical Constituents and Antioxidant Properties of *Rosmarinus officinalis* L. Essential Oil Cultivated from the South-Western of Tunisia. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(29): 6502-6508.
- Kapoor, I. P. S., Singh, B., Singh, G., De Heluani, C. S., De Lampasona, M. P., & Catalan, C. A. (2010). Chemistry and antioxidant activity of essential oil and oleoresins of black caraway (*Carum bulbocastanum*) fruits: Part 69. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(3): 385-390.
- Karakaya, S., Simsek, D., Göger, G., Demirci, B., Duman, H., Altanlar, N., & Kiliç, C. S. (2019). Comparison of essential oils of *Ferulago pachyloba* (Fenzl) Boiss., *F. trachycarpa* Boiss. and *F. bracteata* Boiss. & Hausskn. species (Apiaceae) growing in Turkey and determination of their antimicrobial activities. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(1): 200-213.
- Karakaya, S., Yılmaz, S. V., Koca, M., Demirci, B., & Sytar, O. K. S. A. N. A. (2019). Screening of non-alkaloid acetylcholinesterase inhibitors from extracts and essential oils of *Anthriscus nemorosa* (M. Bieb.) Spreng. (Apiaceae). *South African Journal of Botany*, 125: 261-269.
- Kéita, S. M., Vincent, C., Schmit, J. P., Arnason, J. T., & Bélanger, A. (2001). Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) [Coleoptera: Bruchidae]. *Journal of Stored Products Research*, 37(4), 339-349.
- Khajeh M., Yamini Y., Bahramifar N., Sefidkon F. and Pirmoradei M.R. (2005). Comparison of essential oil composition of *Ferula assafoetida* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrosistillation methods. *Food Chemistry*, 91:639-644.
- Kim, S. W., Kang, J., & Park, I. K. (2013). Fumigant toxicity of Apiaceae essential oils and their constituents against *Sitophilus oryzae* and their acetylcholinesterase inhibitory activity. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 16(4): 443-448.
- Kirby, A. J., & Schmidt, R. J. (1997). The antioxidant activity of Chinese herbs for eczema and of placebo herbs. *Journal of ethnopharmacology*, 56(2): 103-108.
- Koffi, A. M., Tonzibo, Z. F., Delort, L., Ruiz, N., Caldefie-Chézet, L., & Chalchat, J. C. (2013). Corrélation entre la composition chimique et l'activité antifongique des huiles essentielles à

- prédominance thymol sur *Candida albicans* et *Aspergillus fumigatus*. *Phytothérapie*, 11(2), 134-139.
- Ksouri A., Dob T., Belkebir A., Krimat S., Chelghoum C. (2015). Chemical composition and antioxidant activity of the essential oil and the methanol extract of Algerian wild carrot *Daucus carota* L. ssp. *carota*. (L.) Thell. *Journal of Materials and Environmental Science*. 6 (3):784-791.
- Kunduhoglu B., Kurkcuoglu M., Duru M.E. and Baser K.H.C. (2011). Antimicrobial and anticholinesterase activities of the essential oils isolated from *Salvia dicroantha* Stapf., *Salvia verticillata* L. subsp. *amasiaca* (Freyn and Bornm.) Bornm. and *Salvia wiedemannii* Boiss. *Journal of Medicinal Plants Research*. 5(29): 6484-6490.
- Lado C., Then M., Varga I., Szoke E. and Szentmihalyi K. (2004). Antioxidant Property of Volatile Oils Determined by the Ferric Reducing Ability. *Z. Naturforsch*, 59 (5-6): 354-358.
- Lamamra, M. (2018). Activités biologiques et composition chimique des huiles essentielles d'*Ammiopsis aristidis* Coss. (Syn. *Daucus aristidis* Coss.) et d'*Achillea santolinoides* Lag. Thèse de Doctorat en Science. Spécialité : Biologie Végétale, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 135 p.
- Lamarti A., Badoc A., Deffieux G. et Carde J. P. (1994). Biogénèse des Monoterpènes: la Chaîne Isoprenique. *Bull Soc Pharm Bordeaux*. 133: 79-99.
- Laouer H. (2004). Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de Sétif, de Bejaia, de Msila et de Djelfa, composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Ammoides pusilla* et de *Magydaris pastinacea*. Thèse de Doctorat d'état, Département de Biologie, Faculté des sciences, UFA de Sétif.
- Laouer H., Bouheda A., Haroutounian S., Evergetis E., Bouchekrit M., Sahli F., Boulaacheb N. and Akkal S. (2013). Chemical and Biological Study of Essential Oils of Two Populations of Algerian *Daucus setifolius* Desf. *Pharmacognosy Communications*. 3(1): 9-11.
- Lawal, O. A., & Ogunwande, I. A. (2013). Essential oils from the medicinal plants of Africa. *Medicinal Plant Research in Africa* (pp. 203-224). Elsevier.

- Liu, Z. L., Chu, S. S., & Jiang, G. H. (2011). Insecticidal activity and composition of essential oil of *Ostericum sieboldii* (Apiaceae) against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*. *Rec. Nat. Prod*, 5(2): 74-81.
- Lonchamp JP. (2000). Unité de Malherbologie & Agronomie INRA-Dijon, France, (disponible : http://www.dijon.inra.fr/bga/hyppa/hyppa-f/cuclf_fh.htm) (consulté le 26/01/2022)
- Lopez S., Bastida J., Viladomat F. and Codina C. (2002). Acetylcholinesterase Inhibitory Activity of some *Amaryllidaceae* Alkaloids and Narcissus Extracts. *Life Science*, 71: 2521- 2529.
- Lu F. and Yeap Foo L. (2001). Antioxidant Activity of Polyphenols from Sage (*Salvia officinalis*). *Food Chem*, 75(2):197-202.
- Lucini, E. I., Zunino, M. P., López, M. L., & Zygadlo, J. A. (2006). Effect of monoterpenes on lipid composition and sclerotial development of *Sclerotium cepivorum* Berk. *Journal of Phytopathology*, 154(7-8), 441-446.
- Madene, N. (2014). Activité biologique de trois extraits végétaux et d'un insecticide sur *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) et *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae).
- Makhloufi, A. (2010). Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de Bechar (*Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru. Thèse de doctorat d'état en Biologie. Spécialité : Microbiologie et sécurité sanitaire des aliments. Université Aboubaker Belkaid. Bechar. P, 166.
- Matasyoh, J. C., Maiyo, Z. C., Ngure, R. M., & Chepkorir, R. (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Coriandrum sativum*. *Food Chemistry*, 113(2):526-529.
- Medbouhi, A., Benbelaïd, F., Djabou, N., Beaufay, C., Bendahou, M., Quetin-Leclercq, J., & Muselli, A. (2019). Essential oil of Algerian *Eryngium campestre*: chemical variability and evaluation of biological activities. *Molecules*, 24(14):2575.
- Meliani N., Dib M.A., Djaboua N., Costa J., Allali, Tabtia B. and Muselli A. (2013). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of *Daucus aureus* Essential Oils from Algeria, *Natural Product Communications*. 8 (6): 835-840.

- Mileski, K. S., Dzamic, A. M., Ciric, A. D., Ristic, M. S., Grujic, S. M., Matevski, V. S., & Marin, P. D. (2015). Composition, antimicrobial and antioxidant properties of endemic species *Ferulago macedonica* Micevski & E. Mayer. *Records of Natural Products*, 9(2): 208.
- Miyazawa M., Tougo H. and Ishihara M. (2001). Inhibition of acetylcholine-esterase activity by essential oil from *Citrus paradisi*. *Natural Products Letters*.15: 205-210.
- Moghaddam, M., Miran, S. N. K., Pirbalouti, A. G., Mehdizadeh, L., & Ghaderi, Y. (2015). Variation in essential oil composition and antioxidant activity of cumin (*Cuminum cyminum* L.) fruits during stages of maturity. *Industrial Crops and Products*, 70 : 163-169.
- Moghaddam, M., Taheri, P., Pirbalouti, A. G., & Mehdizadeh, L. (2015). Chemical composition and antifungal activity of essential oil from the seed of *Echinophora platyloba* DC. Against phytopathogens fungi by two different screening methods. *LWT-Food Science and Technology*, 61(2), 536-542.
- Mojab F. and Nickavar B. (2003). Composition of the Essential Oil of the Root of *Heracleum persicum* from Iran. *Iran J Pharm Res*. 2 (4): 245-247.
- Molyneux P. (2004). The Use of the Stable Free Radical Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for Stimating Antioxidant Activity. *Songklanakarin J Sce Technol*. 26 (2): 211-219.
- Moreira M. R., Ponce A. G., Valle C. E. del. and Roura S. I. (2005). Inhibitory Parameters of Essential Oil to Reduce a Foodborne Pathogen. *Food Sci Technol*. 38 (5): 565-570.
- Moroh, J. L. A. (2013). Résistance bactérienne et phytomolécules antimicrobiennes issues de *Morinda morindoides*. Thèse de doctorat. Université de Bretagne occidentale-Brest, France, p. 197.
- Neffati, A. (2010). Thèse de doctorat en Sciences de l'université de Caen, Etude de la composition chimique et évaluation d'activités biologiques de l'huile essentielle d'une Apiaceae de Tunisie : *Pituranthos chloranthus*.
- Németh, E. (2006). Caraway: the Genus *Carum*. University of Horticulture and Food Industry. Switzerland, pp,1-13.

- Ohno N., Mabry T. J., Zabel V. and Watson W. H. (1979). Tetrachyrin, a New Rearranged Kaurenoid Lactone, and Diterpene Acids from *Tetrachyron orizabaensis* and *Helianthus debilis*. *Phytochem.* 18 (10): 1687-1689
- Ojeda-Sana, A. M., van Baren, C. M., Elechosa, M. A., Juárez, M. A., & Moreno, S. (2013). New insights into antibacterial and antioxidant activities of rosemary essential oils and their main components. *Food control*, 31(1): 189-195.
- Olle M. & Bender I. (2010). The Content of Oils in Umbelliferous Crops and its Formation, *Agron Res*, 8 (Special Issue III), 687-696.
- Orhan, I., Aslan, S., Kartal, M., Şener, B., & Başer, K. H. C. (2008). Inhibitory effect of Turkish *Rosmarinus officinalis* L. on acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase enzymes. *Food Chemistry*, 108(2): 663-668.
- Ortega T. and Carretero M. E. (1985). The Essential Oil from *Elaeoselinum foetidum* (L.) Boiss. Umbelliferae. *Acta Agron. Acad. Hung.* (34) (Suppl.): 70.
- Ortega T., Carretero M. E., Bermejo P. and Pardo M. P. (1986). Essential Oils in Umbelifers. Study of the Essential Oil of *Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol. subsp. *asclepium*. *Anales Jard Bot*, Madrid. 43 (1): 121-124 (in Spanish).
- Ortega T., Pardo M. P. and Carretero M. E. (1985). The Essential Oil from *Elaeoselinum tenuifolium* (Lag.) Lange. Umbelliferae. *Acta Agron Acad Hung.* (34) (Suppl.): 71.
- Ouattara B., Simard R. E., Holley A. R., Piette G. J. P. and Bégin R. (1997). Antibacterial Activity of Selected Fatty Acids and Essential Oils Against Six Meat Spoilage Organisms. *Int J Food Microbiol.* 37 (2-3): 155-162.
- Ouis, N. (2015). Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil. Thèse de doctorat en sciences. Spécialité: Chimie organique, Université Ahmed Ben Bella-Oran, Alger, p. 220.
- Ounoughi, A., Ramdani, M., Lograda T., Chalard P. & Figueredo, G. (2018). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of *Elaeoselinum Thapsioides* (Desf.) Maire from Algeria. *Scholars Academic Journal of Biosciences.* 6(11), 704-712.

- Ouraïni, D., Agoumi, A., Ismaïli-Alaoui, M., Alaoui, K., Cherrah, Y., Amrani, M., & Belabbas, M. A. (2005). Étude de l'activité des huiles essentielles de plantes aromatiques à propriétés antifongiques sur les différentes étapes du développement des dermatophytes. *Phytothérapie*, 3(4), 147-157.
- Özcan M. M. and Chalchat J. C. (2007). Chemical Composition of Carrot Seeds (*Daucus carota*L.) Cultivated in Turkey: Characterization of the Seed Oil and Essential Oil. *Grasas y Aceites*. 58(4): 359-365.
- Paksoy, M. Y., Diraz, E., Diğrak, M., Tutar, E., & Karaman, Ş. (2016). Essential oil composition and antimicrobial activity of two endemic Kundmannia SCOP. species from Turkey. *Industrial Crops and Products*, 79:39-46.
- Palá-Paúl J., Perez-Alonso M. J., Velasco-Negueruela A., Varade J., Villa A. M., Sanz J. and Brophy J. J. (2005). Analysis of the Essential Oil Composition from the Different Parts of *Eryngium glaciale* Boiss. from Spain. *J Chromatogr A*. 1094 (1-2): 179-182.
- Pandey DK, Tripathi NN, Tripathi RO, Dixit SN (1982). Fungitoxic and phytotoxic properties of essentialoil of *Phyllis auvolensis*. *PfkrankhPfschuz*, 89: 334-346.
- Paolini, J. (2005). *Caractérisation des Huiles Essentielles par CPG/IR, CPG/SM-(IE et IC) Et RMN du Carbone-13 de Cistusalbidus et de Deux Asteraceae Endémiques de Corse: Eupatorium cannabinum subsp. Corsicum et Doronicum corsicum*. Thèse de Doctorat. Option: Chimie Organique et Analytique. Université de Corse Pascal Paoli, 342p.
- Paris M.et Hurabielle M. (1981). Abrégé de matière médicale (pharmacognosie) Tome 2. Ed. Masson : 339 p.
- Park, I. K., Lee, S. G., Choi, D. H., Park, J. D., & Ahn, Y. J. (2003). Insecticidal activities of constituents identified in the essential oil from leaves of *Chamaecyparis obtusa* against *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Stored products research*, 39(4): 375-384.
- Pepin J.L. and Delwaide P. (1999). Actualités Thérapeutiques dans la Maladie d'Alzheimer. *Médecine et Hygiène*, 57:1546-1550.

- Perry N.S.L., Houghton P.J., Theobald A., Jenner P. and Perry E.K. (2000). *In vitro* inhibition of human erythrocyte acetylcholinesterase by *Salvia lavandulaefolia* essential oil and constituent terpenes, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 52: 895-902.
- Pibiri M.-C. (2006). Assainissement Microbiologique de l'Air et des Systèmes de Ventilation au Moyen des Huiles Essentielles. Thèse de Doctorat, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse. 177p
- Pimenov, M. G. & Leonov M. V. (1993). *The Genera of the Umbelliferae: a Nomenclator*. Royal Botanic Gardens, Kew, United Kingdom, P 156.
- Pinar M., Rico M., Pascual C. and Fernandez B. (1983). Foetidin, an 8,9-seco-17-nor- Kaurane Diterpenoid from *Elaeoselinum foetidum*. *Phytochem.* 22 (12): 2775-2777.
- Pinar M., Rodriguez B. and Alemany A. (1978). Gummiferolic Acid, A New ent-ATIS- 6- ene diterpenoid from *Margotia gummifera*. *Phytochem.* 17 (9): 1637-1640
- Pintore G., Usai M., Bradesi P., Juliano C., Boatto G., Tomi F., Chessa M., Cerri R. And Casanova J. (2002). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of *Rosmarinus officinalis* L. Oils from Sardinia and Corsica. *Flavour Frag J.* 17 (1): 15-19.
- Prates, H. T., Santos, J. P., Maquil, T. M., Fabris, J. D., Oliveira A. B., & Foster J. E. 1998. Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *J. Stored Prod. Res.* 34: 243–249.
- Press Inc. London, 438p.
- Quézel P. et Santa S. (1963). Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertiques et Méridionales. Tome 2, Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 603p.
- Rahali, N., Mehdi, S., Younsi, F., Boussaid, M., & Messaoud, C. (2017). Antioxidant, α -amylase, and acetylcholinesterase inhibitory activities of *Hertia cheirifolia* essential oils: Influence of plant organs and seasonal variation. *International journal of food properties*, 20(sup2): 1637-1651.
- Rahali, N., Mehdi, S., Younsi, F., Boussaid, M., & Messaoud, C. (2017). Antioxidant, α -amylase, and acetylcholinesterase inhibitory activities of *Hertia cheirifolia* essential oils: Influence of

- plant organs and seasonal variation. *International journal of food properties*, 20(sup2):1637-1651.
- Rahman A., Choudhary M. L., Hayat S., Khan A. M., Ahmad A. and Malik S. (1999). Spatozoate and Varninasterol from the Brown Alga *Spatoglossum variabile*. *Phytochem.* 52 (3): 495-499.
- Rahmouni M. (2021). Etude de la composition chimique et des activités biologiques des huiles essentielles et d'extraits bruts de *Ferula lutea* (Poir.) Maire. Thèse de Doctorat en Sciences. Spécialité : Biologie Végétale, Université Ferhat Abbas Sétif 1, p. 150.
- Rangel, C. D. F. C. B., Ramos, M. A., de Amorim, E. L. C., & de Albuquerque, U. P. (2010). A comparison of knowledge about medicinal plants for three rural communities in the semi-arid region of northeast of Brazil. *Journal of ethnopharmacology*, 127(3): 674-684.
- Rao, V. P., & Pandey, D. (2007). Extraction of essential oil and its applications. Rapport de thèse de doctorat en génie chimique. Département de génie chimique, Institut national de Technologie Rourkela, 39 p.
- Rasooli I., Fakoor M.H., Yadegarinia D., Gachkar L., Allameh A. and Rezaei M.B., (2008). Antimycotoxigenic characteristics of *Rosmarinus officinalis* and *Trachyspermum copticum* L. essential oils. *Food Chemistry*. 135-140.
- Rath, A., Benita, M., Doron, J., Scharf, I., & Gottlieb, D. (2021). Social communication activates the circadian gene *Tctimeless* in *Tribolium castaneum*. *Scientific Reports*, 11(1), 1-8.
- Rhayour K. (2002). Etude du Mécanisme de l'Action Bactéricide des Huiles Essentielles sur *Esherichia coli*, *Bacillus subtilis* et sur *Mycobacterium phlei* et *Mycobacteriumfortuitum*. Thèse de Doctorat. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Fès, Maroc, 170p.
- Rodriguez B. and Pinar M. (1979). Margotianin, A New Diterpenoid from *Margotia gummifera*. *Phytochem.* 18 (5): 891-893.
- Russo R., Corasaniti M. T., Bagetta G. and Morrone L. A. (2015). Exploitation of Cytotoxicity of Some Essential Oils for Translation in Cancer Therapy. *Review Article Evid Based Complement Alternat Med.* Volume 2015: 1-9 .
- Saad H-E.A., El-Sharkawy S.H. and Halim A.F. (1995). Essential oils of *Daucus carota* ssp. *maximus*. *Pharmaceutics Acta Helvetiae* 70:79-84.

- Sahebkar, A & Iranshahi, M. (2011). Volatile Constituents of the Genus *Ferula* (Apiaceae): A Review. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 14(5): 504-531.
- Saraçoğlu, H.T., Akın, M., Demirci, B., Başer, K.H.C. (2012). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from different parts of some *Bupleurum* L. species. *African Journal of Microbiology Research*, 6 (12), 2899-2908
- Schroeder, M. P., & Messing, A. M. (1949). Methods for comparing the antibacterial activity of essential oils and other aqueous insoluble compounds. *Bull Nat Formulary Comm*, 17, 213-8p.
- Seguin E. (2001). Le préparateur en pharmacie « Botanique - Pharmacognosie - Phytothérapie - Homéopathie ». Ed. O.P.U, Alger. 208 p.
- Senatore, F., Napolitano, F., & Ozcan, M. (2000). Composition and antibacterial activity of the essential oil from *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae) growing wild in Turkey. *Flavour and fragrance journal*, 15(3) : 186-189.
- Shahbazi Y., Shavisi N., Karami N. and Kakaei S. (2015). Chemical Composition and *In vitro* Antibacterial Activity of *Ferulago angulata* (Schlecht.) Boiss Essential Oil. *J Pharm Sci*. 21 (1): 6-11.
- Singh G., Marimuthu P., de Heluani C. S. and Catalan C. A. N. (2006). Antioxidant and Biocidal Activities of *Carum nigrum* (Seed) Essential Oil, Oleoresin, and their Selected Components. *J Agric Food Chem*. 54 (1):174-181.
- Smaili, T., Bendif, H., Öztürk, M., Emin Duru, M., Flamini, G., & Maggi, F. (2020). Chemical constituents and anticholinesterase activity of the essential oil of Algerian *Elaeoselinum thapsioides* (Desf.) Maire. *Natural Product Research*, 1-6.
- Sofowara, A. (2010). *Plantes Médicinales et Médecine Traditionnelle d'Afrique*. Edition Karthala, Paris, France, p. 384.
- Tabet Zatla, A. (2017). Caractérisations chimiques et étude biologiques d'extraits de quatre plantes aromatiques" *Daucus*, *Carota ssp. sativus*, *Marrubium vulgare*, *Ballota nigra* et *Cynoglossum cheirifolium*" de la région de Tlemcen. Doctorat en sciences. Spécialité : Chimie Organique appliquée. Université Abou Bekr Belkaid-Telemcen, 156 p.

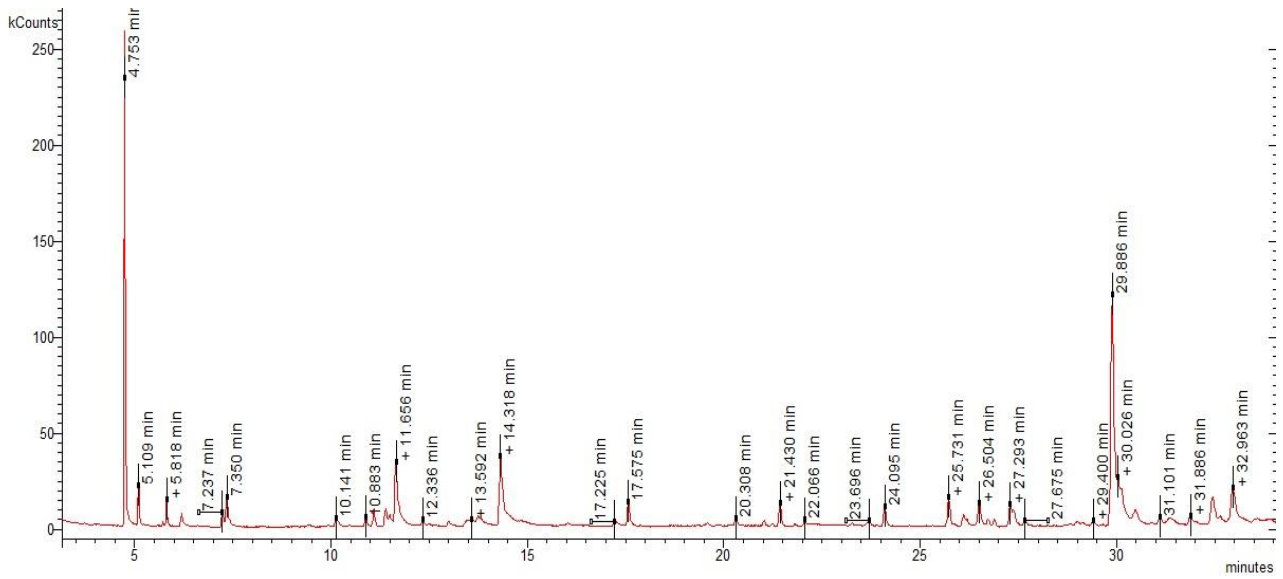
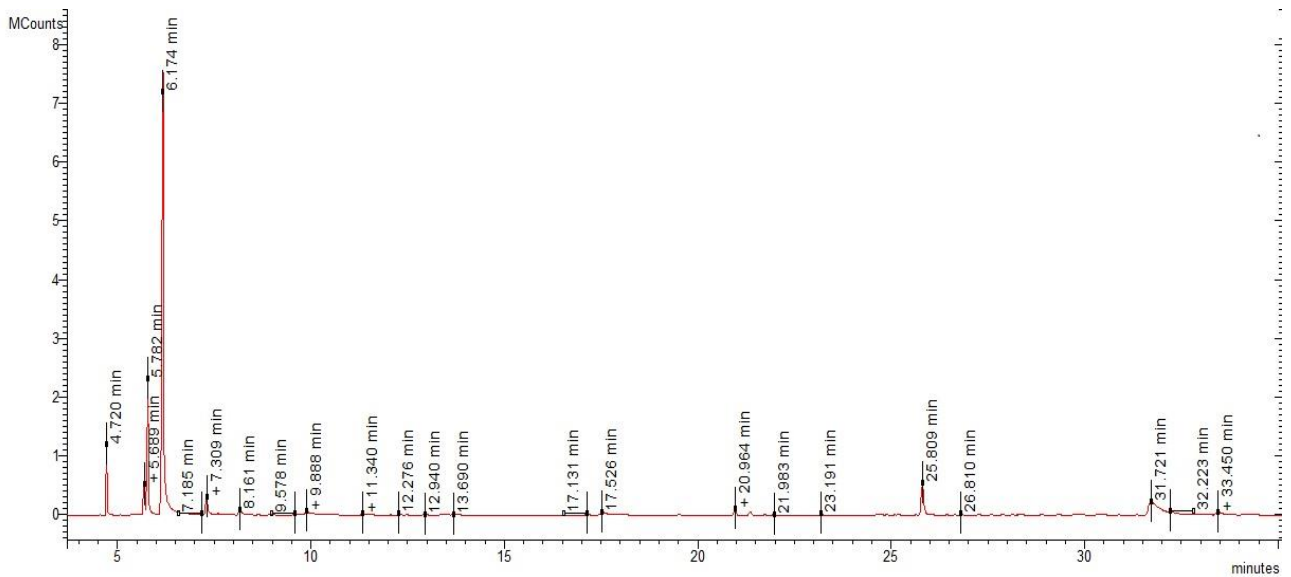
- Tapondjou L.A., Alder C., Bouda H. and Fontem D.A. (2003). Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard du bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera, Bruchidae). Cahiers Agricultures, 12: 401- 407.
- Tavares A. C., Gonçalves M. J., Cruz M. T., Cavaleiro C., Lopes M. C., Canhoto J. and Salgueiro L. R. (2010). Essential Oils from *Distichoselinum tenuifolium*: Chemical Composition, Cytotoxicity, Antifungal and Anti-Inflammatory Properties. *J Ethnopharmacol.* 130 (3): 593 - 598.
- Teixeira Duarte M. C. T., Figueira G. M., Sartoratto A., Rehder V. L. G. and Delarmelina C. (2005). Anti Candida Activity of Brazilian Medicinal Plants. *J Ethnopharmacol.* 97 (2): 305-311.
- Teuscher E., Anton R. and Lobstein A. (2005). Plantes aromatiques, Épices, aromates, condiments et huiles essentielles, Tec & Doc, Paris.
- Tohidpour A., Sattari M., Omidbaigi R., Yadegar A., Nazemi J. (2010). Antibacterial effect of essential oils from two medicinal plants against Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) *Phytomedicine*, 17: 142-145
- Tunçtürk, M., & Özgökçe, F. (2015). Chemical composition of some Apiaceae plants commonly used in herby cheese in Eastern Anatolia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(1): 55-62.
- Tundis, R., Loizzo, M. R., Bonesi, M., Menichini, F., Mastellone, V., Colica, C., & Menichini, F. (2012). Comparative study on the antioxidant capacity and cholinesterase inhibitory activity of *Citrus aurantifolia* Swingle, *C. aurantium* L., and *C. bergamia* Risso and Poit. peel essential oils. *Journal of food science*, 77(1), H40-H46.
- Turek, C., & Stintzing, F. C. (2013). Stability of essential oils: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 12(1), 40-53.
- Tutin T. G., Heywood V. H., Burges N. A., Moore D. M., Valentine D. H., Walters S. M. and Webb D. A. (1968). *Flora Europaea*, Vol. 2: Rosaceae to Umbelliferae. 1stEd. Cambridge University Press, London, 455p.

- Veillet J. M. (1959). Contribution à l'Etude Morphologique et Anatomique du Genre *Elaeoselinum* au Maroc. *Trav Inst Sci Chérifien Sér Bot.*, Rabat. 63p.
- Villalobos N., Martin L., Macias M. J., Mancheno B. and Grande M. (1994). Gibberellin- Like Activity of Some Tetracyclic Diterpenoids from *Elaeoselinum* Species and their Derivatives. *Phytochem.* 37 (3): 635-639.
- Villaño, D., Fernández-Pachón, M. S., Moyá, M. L., Troncoso, A. M., & García-Parrilla, M. C. (2007). Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical. *Talanta*, 71(1) : 230-235.
- Weidner H., & Rack G. (1984). Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds, *Eschborn GTZ*, p. 54 et 129.
- Wojtunik-Kulesza, K. A., Targowska-Duda, K., Klimek, K., Ginalska, G., Józwiak, K., Waksmundzka-Hajnos, M., & Cieśla, Ł. (2017). Volatile terpenoids as potential drug leads in Alzheimer's disease. *Open Chemistry*, 15(1), 332-343.
- Wood, C. E. (1974). *A Student's atlas of Flowering Plants: Some Dicotyledons of Eastern North America*. Harvard University, Prepared as Part of the Generic Flora of the South eastern U.S. Project, P 78.
- Yildirim A, Mavi A, & Kara AA. (2001). Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. *J Agric Food Chem.* 49(8): 4083-9.
- Yu, Z., Wang, B., Yang, F., Sun, Q., Yang, Z., & Zhu, L. (2011). Chemical composition and anti-acetylcholinesterase activity of flower essential oils of *Artemisia annua* at different flowering stage. *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*, 10(2): 265.
- Zaibet W. (2016). Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de *Daucus aureus* (Desf.) et de *Reutera lutea* (Desf.) Maire, et leur application comme agents antimicrobiens dans le polyéthylène basse densité (PEBD). Thèse de doctorat en science. Département de génies des procédés, faculté de technologie, UFA de Sétif.
- Zaibet W., Laouer H., Amira S., Flamini G., Ramdani M. and Akkal S. (2015). Chemical Composition and Biological Activities of *Daucus aureus* Essential Oils from Eastern Algeria. *J Chil Chem Soc.* 60 (3) : 2986-2993.

Zarrad, K., Hamouda, A. B., Chaieb, I., Laarif, A., & Jemâa, J. M. B. (2015). Chemical composition, fumigant and anti-acetylcholinesterase activity of the Tunisian *Citrus aurantium* L. essential oils. *Industrial crops and products*, 76:121-127.

ANNEXES

Annexes

Figure 01 : Chromatogramme de l'HE de *Turgenia latifolia*Figure 02 : Chromatogramme de l'HE des Tiges d'*E. thapsioides* de Mahouane

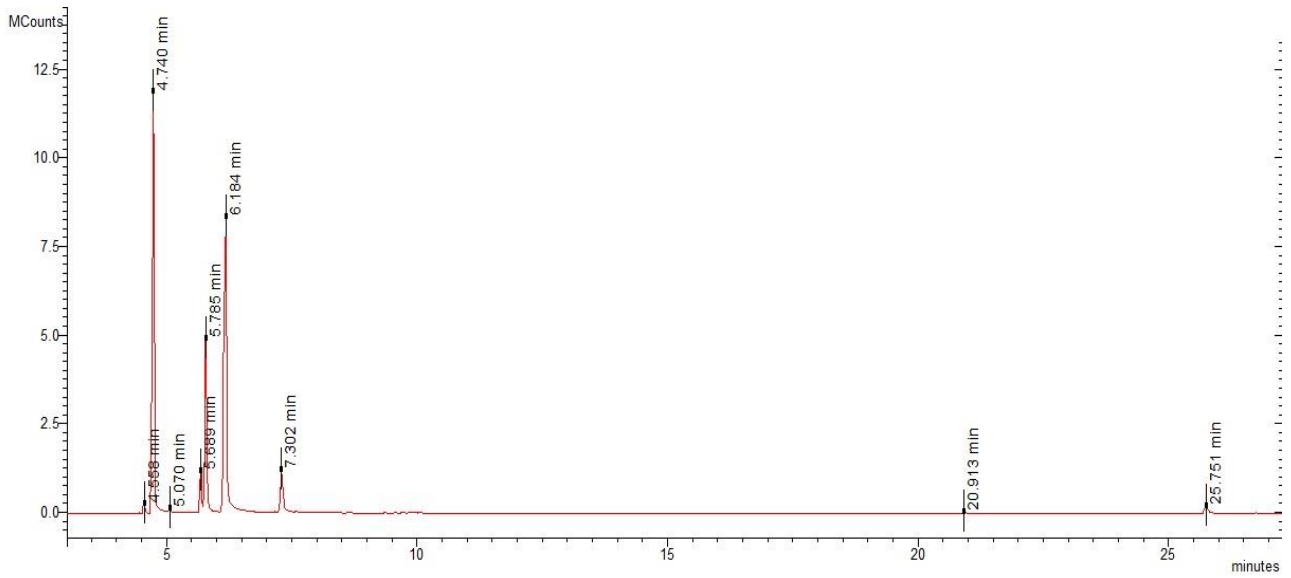


Figure 03 : Chromatogramme de l'HE des Fleurs d'*E.thapsioides* de Mahouane

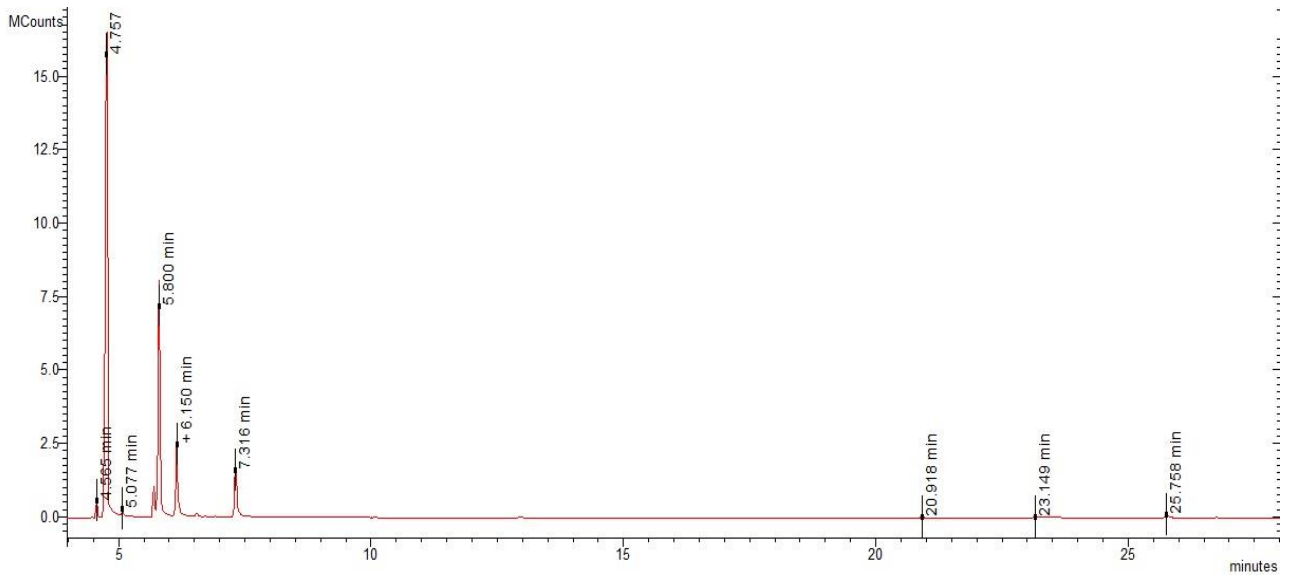


Figure 04 : Chromatogramme de l'HE des Graines d'*E.thapsioides* de Mahouane

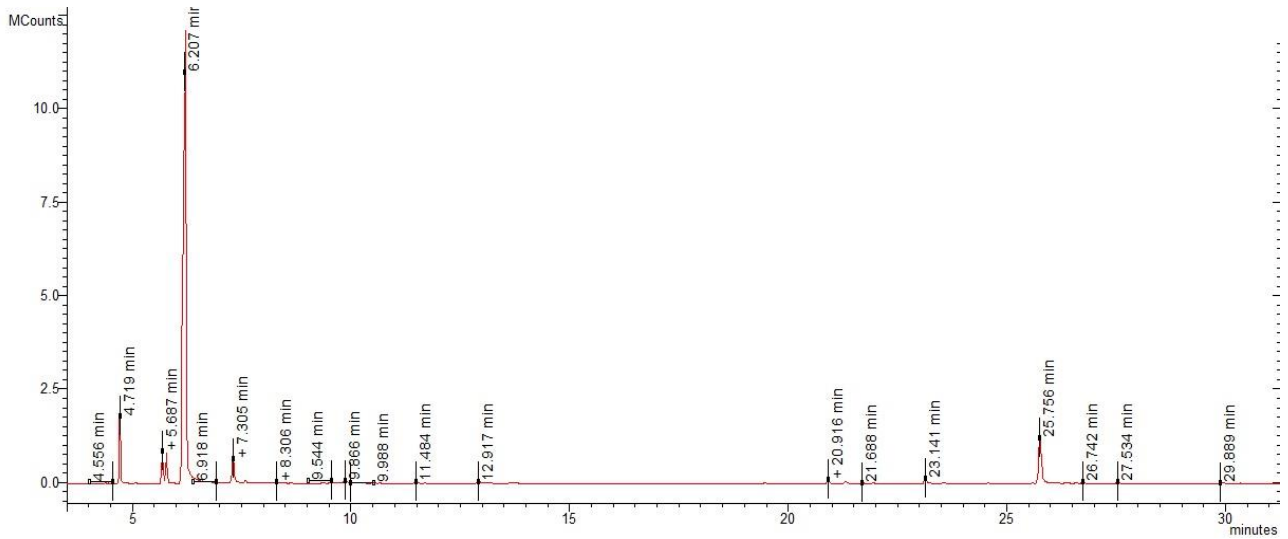


Figure 05: Chromatogramme de l'HE des Tiges d'*E.thapsioides* de Megres

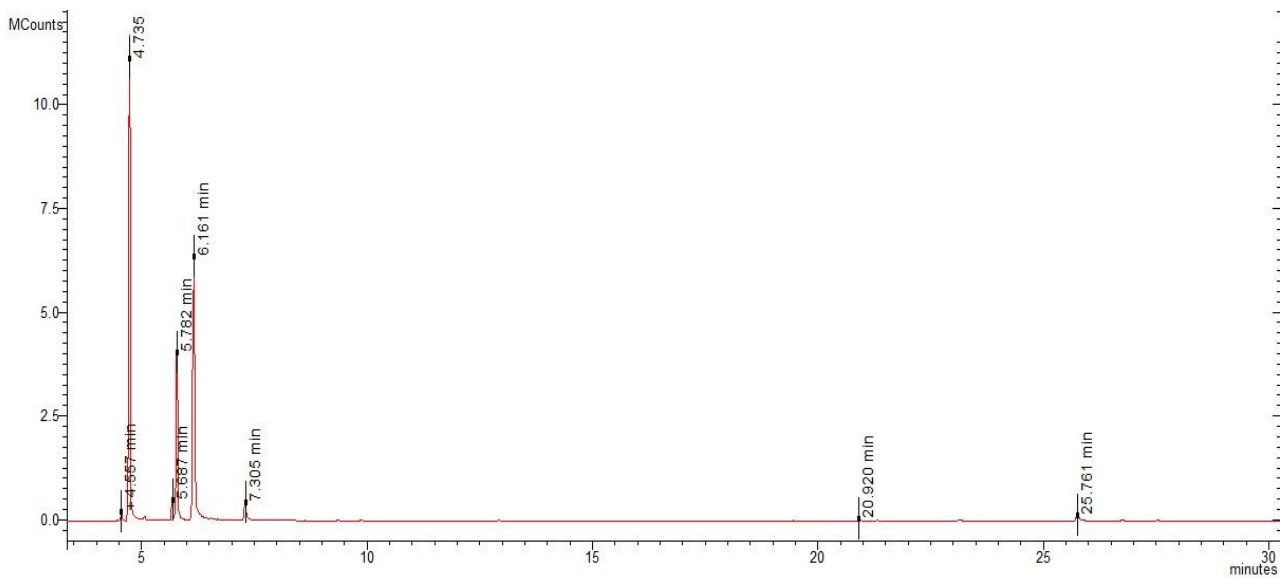


Figure 06 : Chromatogramme de l'HE des Fleurs d'*E.thapsioides* de Megres

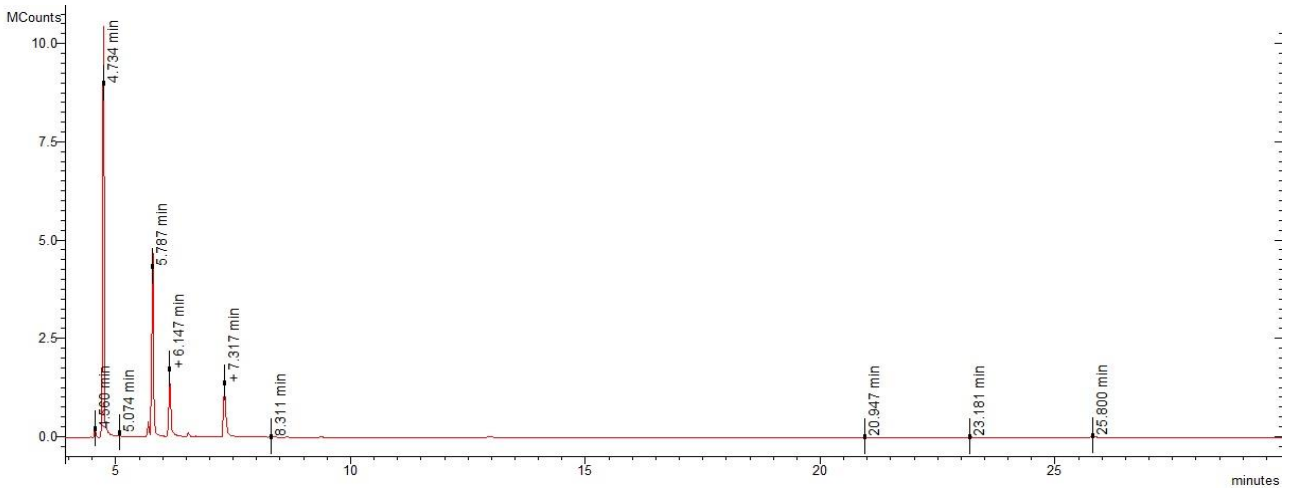


Figure 07 : Chromatogramme de l'HE des Graines d'*E.thapsioides* de Megres