



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة جيلالي بونعامادة خميس مليانة
Université Djilali Bounaamade Khemis-Miliana

كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الارض
Faculté des Sciences de la nature et de la vie et des Sciences de la terre

Mémoire de fin d'études

*En Vue de l'obtention du diplôme de Master en
Sciences Agronomiques
Spécialité: Production végétale*

Thème :

Contribution à un application de huils essentiels de thymus fontanisii sur le puceron noir de la feve

Soutenu le 21/05/2022 par :

- M^{elle} BOUAZRI Asmaa
- M^r CHAFAI Alaa-eddine

Devant le jury :

M ^r KOUACHE Benmoussa	MCB	à U.D.B Khemis Miliana	Président
M ^r KARAHACENE Tahar	MCB	à U.D.B Khemis Miliana	Examinateur
M ^r HAMIDI Djamel	MAA	à U.D.B Khemis Miliana	Examinateur
M ^r BRADA Moussa	Professeur	à U.D.B Khemis Miliana	Promoteur

Année Universitaire: 2021-2022

Remerciements

Tout d'abord, nous voudrions remercier mon **Dieu** pour nous avoir permis d'être ce que nous sommes devenus aujourd'hui, et pour nous avoir guidés toujours vers le bon chemin.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à:

- Mr **KOUACHE Benmoussa** Maitre de conférences à l'Université Djillali Bounaamade Khemis Miliana, qui nous a fait l'honneur d'avoir bien voulu juger notre travail et présider le jury.
- Mr **KARA HACENE Tahar** Maitre de conférences à l'Université Djillali Bounaamade Khemis Miliana que nous apprécions sa contribution dans le jury de ce présent travail. Nous le remercions vivement pour l'acceptation de cette participation scientifique.
- Mr **HAMIDI Djamel** Maitre Assistant à l'Université Djillali Bounaamade Khemis Miliana, d'avoir accepté de faire partie de ce jury.
- Nos remerciements les plus vifs et les plus sincères à M'**BRADA Moussa**, Professeur à l'Université Djillali Bounaama de Khemis Miliana, pour son judicieux encadrement, sa disponibilité, ses précieux conseils et ses encouragements qu'il nous a prodigué tout au long de cet mémoire. Nous le remercions davantage de nous avoir faits confiance pour mener à bien ce travail et pour tous les efforts fournis et le temps consacré pour finaliser ce modeste travail.

Dédicaces

Ici se termine mon voyage, grâce à Dieu. D'abord, je dédie ma remise de diplôme à celui qui m'a soutenu tout au long de ma vie, et celui qui ne m'a refusé aucune demande. me répéta jour toujours : « Je suis pour toi dans ce monde et dans l'autre. » J'ai souhaité partager cette joie avec mon père « *Kamel* ».

Je dédie ce travail à ma mère et à la prunelle de mes yeux. Merci, ma mère, d'avoir été à mes côtés tout au long de ces années de soins, d'amour et d'encouragement. Sans l'aide de Dieu et avous, je ne suis pas debout ici aujourd'hui.

A ceux avec qui j'ai connu le sens de la vie « mes frères et sœurs », et à ceux qui se sont distingués par la fraternité et se sont distingués par la loyauté et le don

A ceux qui les ont accompagnés sur les chemins heureux et tristes de la vie que j'ai parcourue, A ceux qui étaient avec moi sur le chemin du succès et de la bonté « chers amis »

A mon frère et ami dans la vie, le pouls de mon cœur et la prunelle de mes yeux, mon petit frère « *Nadhir* »

A mon binôme Asma

A ma deuxième famille, la pharmacie Al-Nasr en général (Yacine, Mohamed, Soumia) et mon frère, qui m'a soutenu en particulier « **Sadek** »

A tous mes amis et mes camarades de la spécialité agronomique

ALAA

Dédicaces

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir,
Qu'il était toujours dans mon esprit et dans mon cœur, je vous dédie aujourd'hui ma réussite.
Que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père Mohamed.

Je dédie ce travail à ma mère, qui m'a donnée la vie, la tendresse et le courage pour réussir, l'amour et la reconnaissance que je te porte. En témoignage, je vous offre ce travail pour vous remercier pour vos sacrifices et pour l'affection dont vous m'aviez toujours entourée.

A mes chers frères Ibrahim et Ilyes

Mes tendres sœurs Amina, Khadija, Selma et Aya

Mes neveux et nièces : Abderrahmen, Abdelilleh, Ishak, Amine, Wassime, Anfel, Lina et Hafsa

Mes tantes Nadjia, Souad et Houria

Sans oublier mes amies Marwa, Hadjer, Rabiha et Ikhlal.

A tous mes amis et mes camarades de la spécialité.

ASMA

Remerciements

Dédicaces

Table des matières

Liste des abréviations

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Partie bibliographique

Chapitre I. La matière végétale : le thym

I-1-	Introduction	4
I-2-	Matériel végétal	
I-2-1-	Le thym	5
I-1-3-	Les huiles essentielles du thym	10

Chapitre II. Le ravageur *AphisfabaeScopoli*, 1763

II -1-	Introduction	21
II -2-	Systématique	21
II -3-	Caractéristiques morphologiques	22
II -3-1-	La tête	22
II -3-2-	Le thorax	22
II -3-3-	L'abdomen	22
II -3-4-	Description	23
II -4-	Cycle biologique	24
II -5-	Dégâts occasionnés par <i>AphisfabaeScopoli</i> .	27
II -6-	Méthodes de lutte	28
II -6- 1-	Lutte physique	28
II -6- 2-	Lutte chimique	28
II -6- 3-	Lutte biologique	28
II -6- 4-	Utilisation des bio-pesticides	29

Partie expérimentale

Chapitre III. Matériel et méthodes

III-1-	Objectif	30
III-2-	Présentation de la zone d'étude	31

III-3-	Matériel	32
III-3-1-	Matériel biologique	33
III-4-	Méthodes	35
III-4-1-	Détermination de la matière sèche	35
III-4-2-	Extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation	35
III-4-3-	Analyse chromatographique en phase gaz couplée à la spectrométrie de masse (CG/SM) de l'huile essentielle	37
III-4-4-	Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles de thymus fontanisii	38
IV-2-	Discussion des résultats	41
IV-3-2-	Traitement par fumigation	52
IV-3-3-	Traitement par contact	55
	Conclusion générale	57
	Références bibliographiques.	60
	Annexes.	72

Liste des abréviations

CPG/SM : Couplage Chromatographie en phase gazeuse/Spectrométrie de masse.

HE : Huile essentielle

HD : Hydro distillation.

M_{HE}: quantité d'huile essentielle récupérée

M_s : quantité de la matière végétale sèche utilisée

R_{HE}: Rendement en huiles essentielles

T : Thymus.

ملخص:

استخلاص الزيوت الأساسية من اوراق الزعتر الجزائري المجني من منطقة عين الدفلى (الجزائر) عن طريق التقطير بالبخار اعطت مردود يتراوح من 3.16 إلى 5.15%، حدد التحليل الكروماتوغرافي 22 مركبا ممثلة ل97.78% من الزيوت. المركبات الرئيسية هي (8.81 % γ -terpinene ، 10.83 % p-cymene (61.5%) Carvacrol التقنية عن طريق رش جرعات مختلفة من الزيت الاساسي لنبات الزعتر (0.1 ، 0.05 و 0.01 %) اعطت نتائج في خفض معدلات الإصابة. على التوالي 75.51% ، 55.48% و 39.06% المعالجة بزيوت الزعتر *fontanessi* باهرة أما بالنسبة للعلاج بالتبخير، فان المعالجة خفضت معدل الإصابة 483 (فرد) أي بنسبة انخفاض 9 % بالنسبة للزعتر *fontanessii* الأساسية لزيوت الزعتر *fontanessi* أما المعالجة بالمامسة لا تعكس نتائج واقعية لكن تعطي فكرة على فعالية المعالجة بالزيوت الذي يعتبر كمضاد طبيعي للحشرات في دراستنا حشرة المن الأسود على الفول

الكلمات المفتاحية: الزعتر، النشاط الحشري، الرش، التبخير، الملامسة، GC/MS، الزيت الاساسي

Abstract:

Extraction of the essential oils (EOs) from the leaves of the aerial parts of *Thymus fontanessii* harvested from the Djendel- Ain Defla region (Algeria) was carried out by hydrodistillation. The best yield obtained varies from 0.74 – 1.5 %. Gas chromatography (GC) and gas chromatography-mass spectrometry (GC /MS) analyzes identified 22 compounds representing 97.78% of all. The major compounds are carvacrol (61.5%) p-Cymène (10.83 %) and γ -terpinène (8.81 %).

The spraying technique at different doses of EO (0.1, 0.05 and 0.01%) gives impressive results by reducing the infestation rate with respectively 75.51%, 55.48% and 39.06%. As for the fumigation treatment, it reduced the final infestation rate at 51.66% a decrease of 483 individus.

Contact treatment does not reflect reality but gives an idea of the effectiveness of treatment with essential oils from thyme as a bioinsecticide on the black bean aphid

Key words: *Thymus*, insecticidal activity, , spraying, fumigation, contact, GC / MS, EO.

Résumé:

L'extraction des huiles essentielles (HEs) des feuilles des parties aériennes de *Thymus fontanessii* récoltées de la région de Djendel (W. Ain Defla) a été réalisée par hydrodistillation. Le rendement obtenu varie de 0.74 – 1.5 %. Les analyses par la chromatographie en phase gaz couplée à la spectrométrie de masse (CG/SM) ont permis d'identifier 22 composés représentant 97.78% de la totalité des constituants. Les composés majoritaires sont : carvacrol p-cymène (10.83 %) et γ -terpinène (8.81 %) L'étude de l'activité insecticide par pulvérisation à différentes doses d'HE (0.1 ; 0.05 et 0.01%) a donné des résultats intéressants par une réduction du taux d'infestation avec respectivement 75.51%, 55.48% et 39.06%. Quant au traitement par fumigation, il a permis de réduire le taux d'infestation final à 51.66% soit une mortalité de 483 individus. Le traitement par contact ne reflète pas la réalité mais donne une idée sur l'efficacité du traitement par les HEs du thym comme bioinsecticide sur le puceron noir des fèves.

Mots clés: *Thymus*, activité insecticide, puceron noir, pulvérisation, fumigation, contact, GC/MS, Huile essentielle.

Liste des figures

Figure 01	<i>Thymus fontanesii</i> Boiss	6
Figure02	Espèces de Thym	8
Figure03	Carte de répartition de trois espèces de genre	9
Figure03	Cellule sécrétrice d'HE dans un rhizome de gingembre	11
Figure04	Cellule sécrétrice ayant libérée son huile essentielle de <i>T. vulgaris</i> ,	11
Figure05	Détail des 8 cellules sécrétrices d'une glande peltée sur calice de <i>lanata</i>	11
Figure06	Glande sécrétrice avec cuticule dans la face inférieure de la feuille d' <i>O. vulgare</i>	11
Figure07	Glande sécrétrice avec cuticule dans la face inférieure de la feuille de l'amenthe des jardins	11
Figure08	Poils sécréteurs de la feuille <i>Thymus vulgaris</i>	14
Figure09	Poils sécréteurs et beaucoup de poils tecteurs de la feuille <i>Thymus vulgaris</i>	14
Figure10	Glandes capitées sur des feuilles de <i>Lavandula multifida</i>	14
Figure11	Pocheschizogènes d'une feuille d' <i>Eucalyptus citronné</i> vues en microscopie électronique à balayage	14
Figure12	Coupe histologique d'une tige de Laurier noble	14
Figure13	Montage d'extraction par hydrodistillation	19
Figure14	Morphologie d'un puceron	23
Figure15	Puceron noir de la fève	23
Figure16	Adulte d' <i>Aphis fabae</i> Scopoli (Forme aptère)	23
Figure17	Adulte d' <i>A. fabae</i> (Forme ailée)	24
Figure18	Cycle biologique d' <i>A. fabae</i>	25
Figure19	Cycle biologique de puceron noir (<i>Aphis fabae</i>)	26
Figure20	Miellat rejeté par les pucerons noirs de la fève	27
Figure21	Colonies du puceron noir sur les feuilles de fève	27
Figure22	Manchons de pucerons noirs sur la fève	28
Figure23	Localisation de lieu de récolte sur la carte d'Ain Defla, Djendel	31
Figure24	<i>Thymus fontanesii</i>	32
Figure25	La fève	33
Figure26	Puceron noir (<i>Aphis fabae</i> Scopoli)	33
Figure27	Séchage de <i>Thymus fontanesii</i>	34
Figure28	Hydro distillateur de type Clevenger	36
Figure29	Dénombrement de puceron d' <i>Aphis fabae</i>	39
Figure30	Evolution de la mortalité du puceron noir du témoin	44
Figure31	Evolution de la mortalité du puceron noir du témoin avec l'acetone	45

Figure 32	Evolution de la mortalité du puceron noir du lot traité à 0,1% d'huile essentielle de thym	46
Figure 33	Evolution de la mortalité du puceron noir du lot traité à 0,05% d'huile essentielle de thym	47
Figure34	Evolution de la mortalité du puceron noir du lot traité à 0,01% d'huile essentielle de thym	48
Figure 35	Mortalité des trois lots de traitements par les HEs et les lots temoin et acétone	51
Figure36	Evolution de la mortalité du puceron noir (<i>Aphisfabae</i>)	52
Figure37	Evolution de la mortalité finale du puceron noir(<i>Aphisfabae</i>)	53
Figure38	Prélèvement des échantillons <i>d'Aphisfabae</i>	55
Figure39	Traitement par contact avec lesHEs de <i>Thymus fontanesii</i>	55

Liste des tableaux

Tableau I	Localisation des principales espèces du genre <i>Thymus</i> en Algérie	7
Tableau II	Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle de <i>Thymus fontanesii</i>	41
Tableau III	Composition chimique de l'huile essentielle de <i>T. fontanesii</i>	42
Tableau IV	Evolution de mortalité de puceron noir du lot témoin	44
Tableau V	Evolution de mortalité de puceron noir du lot témoin avec acetone	45
Tableau VI	Evolution de la mortalité de puceron noir du lot traité à 0,1% d'huile essentielle de thym	46
Tableau VII	Evolution de la mortalité de puceron noir du lot traité à 0,05% d'huile essentielle de thym	47
Tableau VIII	Evolution de la mortalité de puceron noir du lot traité à 0,01% d'huile essentielle de thym	48
Tableau IX	Comparaison des taux de mortalité des traités par les HEs	50
Tableau X	Comparaison taux de mortalité des trois lots traités par fumigation	54

Introduction

Introduction

La fève (*Vicia faba*L.) est la légumineuse à grosses graines, la plus cultivée pour l'alimentation humaine et animale dans les pays du Maghreb (**Kharrat et al., 2002**). Elle joue un rôle important dans le développement de l'économie nationale de ces régions (**Khaldiet al., 2002**). Ses teneurs élevées en protéines (25%) et en glucides (53%), lui confèrent une valeur nutritive très importante (**Larrald&Martinez, 1991**). De ce fait, elle présente une bonne valeur nutritive pour remplacer certaines sources protéiques conventionnelles (**Tawatia&Virk, 1996**). La fève est utilisée en tant qu'engrais vert, pour les sols pauvres dans les régions arides d'Algérie (**Chafi&Bensoltane, 2009**).

Malgré les encouragements accompagnant la culture des légumineuses, notamment, la fève, des problèmes d'ordre abiotique (froid hivernal, gelées printanières, chaleur et salinité) et biotiques (maladies, plantes parasites et ravageurs), restent un véritable obstacle empêchant l'augmentation des rendements (**Maatougui, 1996**).

Parmi les ravageurs, les insectes occupent une place importante, notamment, les pucerons. Le cycle de vie des pucerons témoigne de l'étonnante plasticité adaptative de ce groupe d'insectes, caractère qui contribue de manière considérable à leur succès en tant que ravageurs des plantes. L'une des caractéristiques originales des pucerons est leur capacité à produire, dans une même colonie, des individus ailés et des individus aptères, qui accomplissent des fonctions écologiques différentes (**Wattier, 2013**).

La protection des cultures contre les pucerons a eu recours à divers moyens de lutte, dont l'efficacité s'est accrue suite à l'apparition des produits chimiques de synthèse. Malgré que le traitement chimique reste la technique la plus utilisée actuellement mais malheureusement, il présente de nombreux inconvénients (**Chandrashekar et al., 2003**). En plus des coûts élevés, ces molécules présentent des effets négatifs sur l'environnement (pollution de l'eau, ...) et la santé humaine (résidus) (**Mihaleet al, 2009**). Par ailleurs, elles sont impliquées dans la réduction du potentiel biologique (destruction d'insectes bénéfiques; pollinisateurs, parasitoïdes et prédateurs) (**RuchikaetKumar, 2012**) et l'apparition des souches résistantes chez certains ravageurs (**Ogendoet al., 2003**).

C'est pourquoi, aujourd'hui, pour des raisons écologiques et économiques, il y a nécessité de développer des méthodes de substitution aux pesticides de synthèse dans la protection des cultures et des récoltes. Parmi ces méthodes, les bio-pesticides occupent une place de choix (**Bambara et Tientore, 2008**). Les substances d'origine végétale, sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (**Cseke et al., 1999**).

Face à une telle situation, la recherche de substances naturelles d'origine botanique, à effet insecticide, serait une bonne alternative pour le contrôle des insectes. La flore algérienne mérite d'être explorée davantage. Nous nous sommes intéressés à l'espèce de la famille des Lamiacées qui s'y développent naturellement telle que *T. fontanesii* et mérite d'être prospectée dans le cadre d'une lutte intégrée contre le puceron noir (*Aphis fabae Scop*).

C'est dans ce contexte que s'insère le présent travail qui vise à étudier l'effet des huiles essentielles extraites, réputées pour leurs propriétés insecticides (**Isman, 2006** et **Santosh Shiwakoti et al., 2016**), riches en carvacrol (**Bakkali Aissaoui et El Amrani, 2018**).

Notre étude est subdivisée en deux sections : une section correspondant à une synthèse bibliographique et une autre correspondant au travail expérimental. Chaque section est divisée en deux parties. Concernant la partie bibliographique, le premier chapitre est consacré à la présentation de la matière végétale. Le deuxième chapitre est réservé au ravageur *Aphis fabae Scopoli*, 1763. Quant à la partie expérimentale, le troisième chapitre portera sur le matériel et les méthodes préconisées alors que le dernier chapitre traitera les résultats et leurs discussions qui consistent en :

- L'extraction et la récupération des huiles essentielles par hydrodistillation
- Caractérisation des huiles essentielles par la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG/SM);
- Activité insecticide des HEs du thym par :
 - Pulvérisation
 - Fumigation

Nous terminons ce travail par une conclusion et des recommandations.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I. La matière végétale : le thym

Introduction

Depuis la plus haute antiquité (5000 ans au moins), les huiles essentielles sont reconnues pour leurs puissantes propriétés thérapeutiques et utilisées en Chine, en Inde, au Moyen Orient, Egypte, en Grèce, en Amérique latine (aztèques, Mayas, Incas) et en Afrique **(Metchat,2012)**. Contrairement à ce que pourrait laisser croire leur appellation, les huiles essentielles ne contiennent aucun corps gras, donc pas d'huile à proprement parler **(Pierre,2009)**. Parmi les espèces végétales (800 000 à 1 500 000 selon les botanistes) 10 % seulement sont dites « aromatiques », c'est-à-dire qu'elles synthétisent et sécrètent d'infimes quantités d'essence aromatique par l'intermédiaire de poils, poches ou canaux sécréteurs. Les genres capables d'élaborer les constituants des huiles essentielles sont répartis dans un nombre de familles limité : Myrtacée, Lauracée, Rutacée, Lamiacée, Astéracée, Cupressacée, Placée, Zingibéracées et Pipéracée **(Fekih, 2014)**.

I-1- Matériel végétal

Depuis l'antiquité, l'homme utilisait les plantes comme une source principale de nourriture, par la suite, il s'est développé pour les utiliser comme médicament et remède afin de soigner les différentes maladies. Jusqu'à maintenant, les plantes sont encore destinées à la santé humaine malgré les efforts des chimistes qui essayent de synthétiser de nouvelles molécules. D'après des études statistiques, plus de 25% des médicaments dans les pays développés dérivent directement ou indirectement des plantes **(Damintoti, 2005)**.

La flore algérienne est caractérisée par sa diversité florale : méditerranéenne saharienne et une flore paléo tropicale, estimée à plus de 3000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques. Ces espèces sont pour la plupart spontanées avec un nombre non négligeable (15%) d'espèces endémiques **(Benkiki, 2006)**.

Les plantes médicinales sont toutes les plantes qui auraient une activité pharmacologique pouvant conduire à des emplois thérapeutiques. Cela grâce à la présence d'un certain nombre de substances actives dont la plupart agissent sur l'organisme humain. Elles sont utilisées en pharmacie humaine, animale et en cosmétologie **(Naghbi et al., 2005 ; Babulka, 2007)**.

On appelle plantes aromatiques, les plantes capables de synthétiser une essence ou bien une huile essentielle. Parmi les espèces végétales, seule 10% possèdent cette capacité. Selon les espèces, les organes sécréteurs d'essence peuvent se trouver dans les sommités

fleuries, les graines, les fruits, les feuilles, les rhizomes, les racines et l'écorce (**Chassing, 2006**).

La famille des *Lamiacées* est l'une des plus répandues dans le règne végétal (**Naghibi et al., 2005**). C'est une famille de grande importance aussi bien pour son utilisation dans l'industrie alimentaire et en parfumerie qu'en thérapeutique. Elle est l'une des familles les plus utilisées comme source mondiale d'épices et d'extraits à fort pouvoir antibactérien, antifongiques, anti-inflammatoire et antioxydant (**Bouhdid et al., 2006 ; Hilan et al., 2006 et Belkhiri et Baghiani, 2017**). Il est bien connu que les huiles essentielles extraites des plantes de cette famille possèdent des propriétés pharmacologiques tant sur le plan humain qu'industriel.

De nombreuses propriétés leurs sont conférées : anti-infectieuses, antispasmodiques, antalgiques, toniques, digestives, cicatrisantes...les huiles essentielles par la diversité des constituants qui les composent, sont des substances très actives (**Bakkali, 2008; Hilan et al., 2006**).

Cette famille comprend près de 6700 espèces regroupées dans environ 250 genres (**Miller et al., 2006**). La région méditerranéenne a été le centre principal pour la domestication et la culture de Labiatea, , caractérisées par des plantes productrices d'huiles essentielles (Naghibi et al., 2005). Les genres les plus cités dans la littérature sont : *Salvia officinalis*, *Mentha spicata*, *Origanum vulgare*, *Rosmarinus*, *Ocimum basilicum*, *Thymus vulgaris* (Lee et al., 2005).

I-1-1- le thym

I-1-1- 1-Description botanique

Les thym (*Thymus*) sont des plantes basses sous -ligneuses, pouvant atteindre 40 cm de hauteur (Figure1). Ils possèdent de petites feuilles recourbées sur les bords de couleur verte foncée, et qui sont recouvertes de poils et de glandes (appelés trichomes). Les trichomes contiennent l'huile essentielle majoritairement composée de monoterpènes oxygénés. Les calices et les jeunes tiges sont aussi couverts de ces structures qui libèrent l'essence par simple contact, bien qu'en plus faible densité sur les tiges. Ses petites fleurs zygomorphes sont regroupées en glomérules et leur couleur varie du blanc au violet en passant par le rose (**Bouaoun et al., 2007**).



Figure1 : *Thymus fontanesii* Boiss. & Reut. Mekhateria (Kouach, 2022).

I-1-1- 2-Classification botanique

Selon la classification classique des plantes (Morales, 2002), *Thymus* suit la classification suivante :

Règne :	Plante
Sous règne :	Plante vasculaire
Embranchement :	Spermaphytes
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous classe :	Dialypétales
Ordre :	Labiales
Famille :	Lamiacées
Genre :	<i>Thymus</i>
Espèce :	<i>Thymus vulgaris</i> L (Carl von Linné, 1753). <i>Thymus algeriensis</i> Boiss. & Reut, <i>Thymus ciliatus</i> (Desf.) Benth <i>Thymus fontanesii</i> Boiss. & Reut

I-1-1- 3-Répartition spatiale

I-1-1-3-1-Dans le monde

Le genre *Thymus* est l'un des 250 genres les plus diversifiés de la famille des labiées (Cosentino et al. 1999). Selon Dob et al., (2006), il existe près de 350 espèces de thym réparties entre l'Europe, l'Asie de l'ouest et la méditerranée. C'est une plante très répandue à l'ouest de l'Afrique du nord (Maroc, Tunisie, Algérie et Libye) ; elle pousse également sur les montagnes de l'Éthiopie et d'Arabie du sud - ouest en passant par la péninsule du Sinaï en

Egypte. On peut la trouver également en Sibérie et même en Himalaya. Selon une étude menée par **Nickavar et al., (2005)**, environ 110 espèces différentes du genre *Thymus* se concentrent dans le bassin méditerranéen. C'est pour cela que l'on peut considérer la région méditerranéenne comme étant le centre de ce genre.

I-1-1-3-2- En Algérie

L'Algérie est connue par sa richesse en plantes médicinales eu égard de sa superficie et de sa diversité bioclimatique. Le thym de la famille des Lamiacées ou Labiées, comprend plusieurs espèces botaniques réparties sur tout le littoral et même dans les régions internes jusqu'aux zones arides (**Saidj, 2006**). Parmi ces dernières, certaines sont endémiques de l'Algérie, telles que *Thymus pallescens* de Noé, *Thymus dreatensis* Batt., *Thymus guyoni* de Noé., *Thymus lanceolatus* Desf. et *Thymus algeriensis* (**Hazzitet al., 2009**). Sa répartition géographique est représentée dans le (**Tableau I**).

Tableau I : Localisation des principales espèces du genre *Thymus* en Algérie

Espèces	Localisation	Appellation	Auteurs
<i>Thymus capitatus</i> (Hoffman et Link)	Rare dans la région de Tlemcen	Zaatar	Dob et al., (2006) Saidj, (2006)
<i>Thymus pallescens</i> (Noé)	Plante endémique du nord de l'Algérie	Zaatar	Hazzitet al., (2009)
<i>Thymus dreatensis</i> (Battandier)	Plante endémique des montagnes Aures (Batna région) et les montagnes du Djurdjura (région de l'Est) Kabylie	Zaatar	Quezel et Santa, (1963) Hazzitet al., (2009)
<i>Thymus guyonii</i> (Noé)	Rare dans le sous secteur des hauts plateaux algérois et oranais et constantinois.		Hazzitet al., (2009)

<i>Thymus lanceolatus</i> (Desfontaines)	Le secteur de l'atlas tellien (terni de Médéa et Benchicao) et sous secteur des hauts plateaux algérois, oranais (Tiaret).	Zaatar	Hazzitet <i>al.</i> , (2009)
<i>Thymus pallidus</i> (Coss)	Très rare dans le sous secteur de l'Atlassaharien.	Tizerdite	Dob <i>et al.</i> ,(2006)
<i>Thymus hirtus</i> (Willd)	Commun sauf sur littoral.	DjertilHamrya	Saidj, (2006) Dob <i>et al.</i> ,(2006)
<i>Thymus algeriensis</i> (Boiss et Reuter)	Très commun dans les hauts plateaux algérois et oranais.	Djertil Zaitra	Hazzitet <i>al.</i> , (2009)
<i>Thymus fontanesii</i> (Boiss et Reuter)	commun dans le tel, endémique Est Algérie- Tunisie	Zaatar	Dob <i>et al.</i> ,(2006) Saidj, (2006)
<i>Thymus numidicus</i> (Poiret)	Assez rare dans l'Atlas tellien, grande et petite Kabylie, Skikda et tell constantinois.	Tizaatarte	Dob <i>et al.</i> ,(2006) Saidj, (2006)
<i>Thymus serpyllum</i> (Carl von Linné)	Région de Tebessa	zaatar	Tamert <i>et al.</i> ,(2017) Madi A. (2010)
<i>Thymus vulgaris</i> (Carl von Linné)	Région de Tebessa	zaatar	Tamert <i>et al.</i> ,(2017)

I-1-1-3-2- Répartition du genre *Thymus* à travers la wilaya d'Ain Defla,

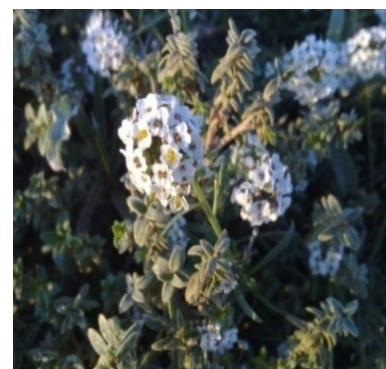
Trois espèces du genre *Thymus* poussant à l'état sauvage sont identifiées dans les deux massifs Dahra Zaccar et Ouarsenis comme étant : *Thymus fontanesii*, *Thymus ciliatus* et *Thymus algeriensis* (Figure 2).



(A)



(B)



(C)

Figure 2. Espèces de Thym (Kouache, 2019)

(A) : *Thymus fontanesii* (B) : *Thymus ciliatus* (C) : *Thymus algeriensis*

La répartition des trois espèces de thym (*T. algeriensis*, *T. ciliatus* et *T. fontanesii*) est variable à travers la wilaya d'Ain Defla (Fig. 3). Cette situation est due principalement aux facteurs pédoclimatiques et le climat semi-aride de la région qui se caractérise par un hiver froid et humide et un été chaud et sec. La température moyenne hivernale est comprise entre 0-6°C et celle estivale oscille entre 32- 40°C. Quant à la pluviosité moyenne annuelle, elle oscille entre 300 et 600 mm de pluie, avec un pic de 800 mm enregistré aux monts de l'Ouarsenis. Les terrains sont tendres, à prédominance marneux dans le Dahra Zaccar, schisto-marneux à l'Ouarsenis avec des altitudes pour Dahra : 700m, Zaccar : 1576m et l'Ouarsenis : 1700m.

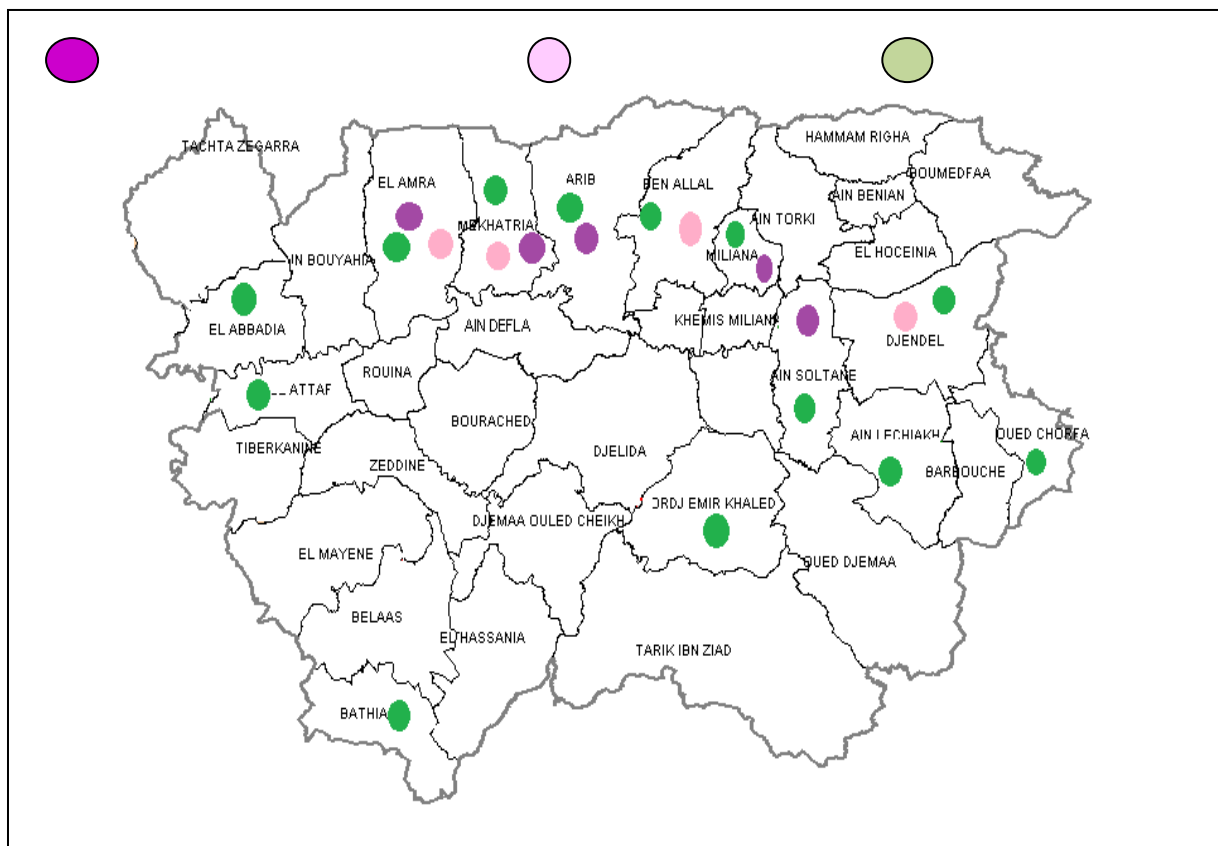


Figure 3: Carte de répartition de trois espèces de genre *Thymus* (*T. fontanesii*, *T. ciliatus* et *T. algeriensis*) dans la wilaya d'Ain Defla (Kouache, 2019)

I-1-1-4- Composition chimique

Le genre *Thymus* est représenté par douze espèces dans la flore d'Algérie, dont *T. algeriensis* Boiss est l'espèce Nord-Africaine la plus endémique et la plus connue sous le nom de "Zaatar". La composition chimique de l'huile essentielle de *T. algeriensis* a été largement étudiée dans différents pays du Maghreb (Ben El Hadj Ali et al., 2015 ; Giweli et al., 2013) et l'existence de plusieurs chémotypes a été mise en évidence.

I-1-1-5- Propriétés thérapeutiques

Thymus algeriensis Boiss&Reut. est une espèce endémique de l'Afrique du Nord. En Algérie, cette espèce est utilisée dans les traitements des affections respiratoires (rhumes, gripes, angines), les troubles gastriques (dyspepsies, crampes, flatuosités), dans le manque d'appétit et la digestion pénible (Guy, 2005). Il est recommandé pour les sciatiques, les douleurs des reins et de la vessie, la colite et les ballonnements, il est utilisé aussi contre la lèpre, la paralysie et les maladies nerveuses (Madi, 2010).

Cette plante aromatique très odorante, est utilisée dans la cuisine algérienne pour faire les différents plats; elle est traditionnellement utilisée pour la préparation de tisanes et pour aromatiser la viande de volaille en particulier (Benbelaïd et al., 2013).

Les huiles essentielles de thym sont également utilisées comme agents antiseptiques dans plusieurs domaines pharmaceutiques (Loic, 2006) et comme aromatisants pour de nombreux types de produits alimentaires (Papageorgio, 1980), stomachique et carminative (Paul, 2008). Leur utilisation est liée à leurs larges spectres d'activités biologiques reconnues (Nielsen et al., 2000 ; Lamiri et al., 2001 ; Cimanga et al., 2002 et Yakhlef, 2010).

I -1-3- Les huiles essentielles du thym

I -1-3-1- Définition

Le terme "huile essentielle" a été inventé au 16^{ème} siècle par le médecin suisse Paracelsus von Hohenheim afin de désigner le composé actif d'un remède naturel (Burt, 2004).

L'huile essentielle est un « produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement par la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition (Afssaps, 2008) et (Laurent et Delene., 2008).

Certaines espèces en sécrétant des huiles essentielles représentent une stratégie pour attirer les insectes pollinisateurs (Belanger et Khanizadeh, 1995 ; Bruneton, 1999). Pour d'autres, elles constituent une arme de défense contre divers agresseurs (champignons, insectes, micro-organismes, herbivores, acariens) (Guinoiseau, 2010).

I-1-3- 2- Lieux de formation et d'accumulation

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, elles sont localisées dans le cytoplasme de certaines cellules végétales sécrétrices qui se situent dans un ou plusieurs organes de la plante, à proximité de la surface des tissus de plantes et recouvertes d'une cuticule (Iritiet *al.*, 2006), à savoir les poches sécrétrices (Myrtacées, Rutacées) ou les canaux sécrétrices (Apiaciaceae ou Asteraceae), les poils sécrétrices ou trichomes (Lamiaceae) et les cellules sécrétrices (Zingiberaceae, Lauraceae) (FekamBoyom, 1992 ; Bruneton, 1993 ; Clarenton, 1999 ; Oussala *et al.*, 2006 ; Piochon, 2008 ; Besombes, 2008 ; Chouitah , 2011), (Figures 4-7).

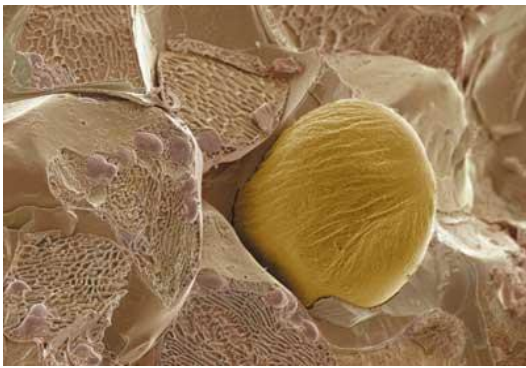


Figure 4. Cellule sécrétrice d'HE dans un rhizome de gingembre *Zingiber Officinale* Roscoe (MEB x 813) (Svoboda *et al.*, 2000)

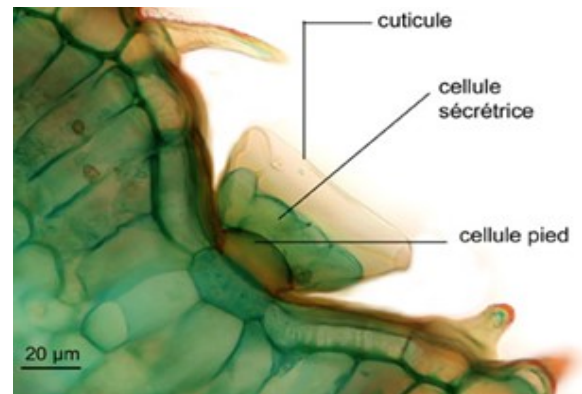


Figure 5. Cellule sécrétrice ayant libéré son huile essentielle de *T.vulgaris* (Bernard, 2012)

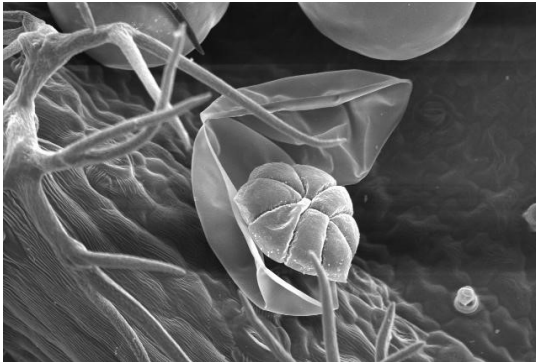


Figure 6.Détail des 8 cellules sécrétrices d'une glande peltée sur calice de *lanata* L. (MEB x500 8kV) (Ouibrahim, 2015)



Figure 7. Glande sécrétrice avec cuticule dans la face inférieure de la feuille d'*O.vulgare*(Svoboda *et* Hampson 1999)

Les figures 4-7 ci-dessus représentent des exemples des lieux de formation et d'accumulation des huiles essentielles

I-1-3- 3- Caractéristiques et propriétés physico-chimiques

A température comprises entre 35°C et 40°C, les huiles essentielles sont liquides constituant ainsi des mélanges complexes de composés organiques (**Gamero, 2003**). Egalement, elles sont volatiles ce qui les oppose aux huiles grasses dites fixes. Cette volatilité leur confère le caractère odorant (**Piochon, 2008**). Elles sont liposolubles ainsi que solubles dans les solvants organiques usuels ainsi que dans l'alcool. Elles sont entraînées à la vapeur d'eau mais très peu solubles dans l'eau (**Afssaps 2008, Vassart - Van Snicko, 2012**). A l'exception de quelques huiles notamment celles de sassafras, de girofle et de cannelle et une variété de thym, qui se présentent sous différentes couleurs notamment rougeâtre pour les huiles de cannelle et une variété de thym et jaune pour celles de la sauge et du romarin officinal, leur densité est en général inférieure à celle de l'eau. Elles sont altérables et sensibles à l'oxydation, nécessitant une conservation dans l'obscurité et dans une ambiance humide. De ce fait, l'utilisation de flacons en verre et opaque est recommandée (**Couic-Marinier et Lobstein, 2013**).

I-1-3-4- Facteurs influençant le rendement et la composition chimiques des HES

Les huiles essentielles présentent une très grande variabilité, tant au niveau de leur composition, qu'au plan du rendement des plantes d'origine. Cette variabilité est fondamentale car les activités biologiques qui en découlent peuvent être très différentes (**Garnéro, 1991; Bruneton, 1999 et Benini, 2007**). Cette variabilité peut s'expliquer par différents facteurs d'origine intrinsèque, spécifiques au potentiel génétique de la plante ; ou extrinsèque, liés aux conditions de croissance et de développement de la plante.

I-1-3-4-1-Chémotype

Le chémotype ou (chimiotype ou race chimique), introduite par Pierre Franchomme en (1975) a été officialisée au sein de l'Union Européenne en 2006. Elle désigne une entité chimique distincte au sein d'une même espèce (**Franchomme, 2003**).

C'est une forme de classification chimique, biologique et botanique désignant la molécule majoritairement présente. Cette classification dépend des facteurs liés directement aux conditions de vie spécifique de la plante, à savoir, le pays, le climat, le sol et la période de récolte qui peuvent influencer sa composition. On parle alors d'une huile essentielle chémotypée (**Zhiri et Baudoux, 2005 ; Fellaht *al.*, 2006 ; Loziene et Venskutonis, 2006**).

I-1-3-4-2-Cycle végétatif

Des variations importantes peuvent se produire au cours du cycle végétal concernant le rendement et la composition chimique en huile essentielle (**Garnero, 1991 et Perry *et al.*, 1999**). Pour une espèce donnée, la proportion des différents éléments constitutifs de l'huile essentielle peut varier de façon importante tout au long du développement. Ainsi, des changements importants sont observés au cours de la vie de la plante (**Bruneton, 2009**).

Hudaib *et al.*, (2002) ont montré l'influence de l'âge ou le stade de développement de la plante sur le rendement et la composition de l'huile. Ainsi, une plante de deux ans donne un rendement de 0.5% alors que celle de 5 ans en donne 0.15% (les plantes étant cueillies à la même période) (**Stefanini *et al.*, 2006 ; Aprotosoie *et al.*, 2010**).

I-1-3-4-3-Tissus sécréteurs

L'huile essentielle est produite et stockée dans les tissus sécréteurs de la plante sous formes de petites gouttelettes comme la plupart des substances lipophiles (**Gonzalez *et al.*, 2007**). Elles sont généralement associées à la présence des structures histologique spécialisés, souvent localisée sur ou à proximité de la surface de la plante (**Degryse *et al.*, 2008**).

Les huiles essentielles sont élaborées par des glandes sécrétrices qui se trouvent sur presque toutes les parties de la plante. Elles sont sécrétées au sein du cytoplasme de certaines cellules où elles se rassemblent.

Il est intéressant de remarquer que les organes d'une même espèce peuvent renfermer des huiles essentielles de composition différente selon la localisation dans la plante (**Degryse *et al.* 2008**).

Pour **Guignard *et al.* (1985)**, il n'existe pas de règle générale concernant les lieux d'accumulation des métabolites secondaires telles que les huiles essentielles dans l'organisme végétal. Par contre pour **Garneau (2004)**, la plupart des huiles essentielles se retrouvent dans des glandes. Les structures glandulaires et les cellules sécrétrices isolées peuvent se rencontrer dans tous les organes végétaux, végétatifs et reproducteurs. Plusieurs catégories de tissus sécréteurs peuvent coexister simultanément chez une même espèce, voire dans un même organe.

Les structures anatomiques spécifiques spécialisées dans la sécrétion des huiles essentielles sont très diverses : poches sécrétrices schizogènes (Myrtacées) ou poches sécrétrices schizolyzigènes (Aurantiacées), des canaux sécréteurs (Conifères et Apiacées), poils sécréteurs (Lamiacées et Astéracées), et cellules sécrétrices isolées (Lauracées, Magnoliacées et Pipéracées) (**Bruneton, 1999 ; Ghestem *et al.*, 2001**) (figures 15-20).

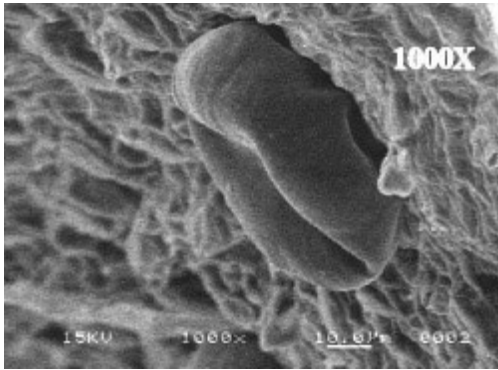


Figure 08: Glande sécrétrice avec cuticule dans la face inférieure de la feuille de la menthe des jardins (Marie-Elisabeth,2005)

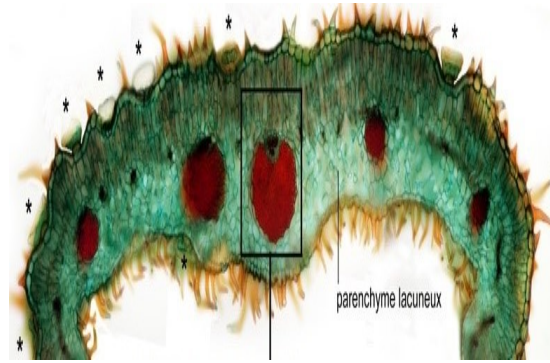


Figure 09:Poils sécréteurs de la feuille *Thymus vulgaris*(Bernard, 2012)



Figure 10. Poils sécréteurs et beaucoup de poils tecteurs de la feuille *Thymus vulgaris* (Bernard, 2012)

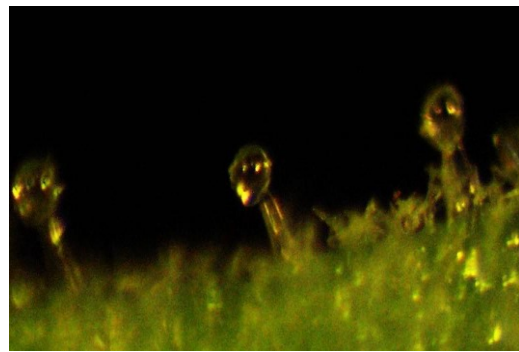


Figure 11. Glandes capitées sur des feuilles de *Lavandulamultifida*(microscopie optique)

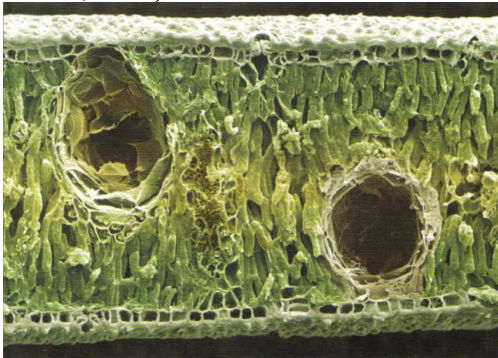


Figure 12:Pochesschizogènes d'une feuille d'*Eucalyptus citronné* vues en microscopie électronique à balayage (image colorisée, x204) (Svoboda et al.,2000).

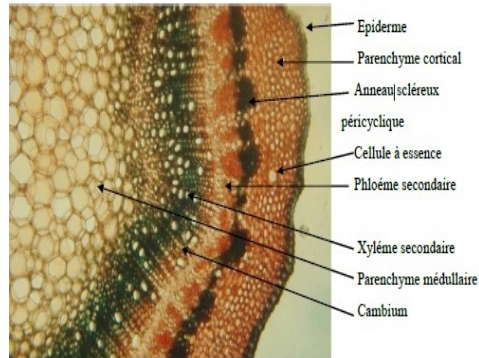


Figure 13: Coupe histologique d'une tige de Laurier noble (X10) (Ouibrahim 2015)

Fig8-13 : Exemples des tissus sécréteurs des huiles essentielles

I-1-3-4-4- Méthode d'extraction

Des études effectuées par certains auteurs avaient montré l'influence de la technique d'extraction sur le rendement et la composition des huiles essentielles (**Huang et al., 1995** et **Gomes et al., 2004**).

La labilité des constituants des HEs explique que la composition du produit obtenu par hydro distillation soit, le plus souvent, différente de celle du mélange initialement présent dans les organes sécréteurs du végétal (**Lucchesi, 2005**).

Toutefois, l'hydrodistillation possède des limites. En effet, le chauffage prolongé et puissant engendre une détérioration de certains végétaux et la dégradation de certaines molécules aromatiques. L'eau, l'acidité et la température peuvent induire des réarrangements.

La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait (**Rivera, 2006**). C'est ainsi que pour certains végétaux fragiles, comme par exemple les pétales de fleurs, une technique d'extraction plus appropriée est utilisée. Il s'agit de la distillation dite sèche. Cette technique ancestrale, utilisée autrefois par les alchimistes arabes (**Lucchesi, 2005 ; Chematet al., 2004**). Avec *Cinnamomunzeylanicum* ou Cannelie de Ceylon, il est possible de produire trois huiles essentielles (**Carette, 2000**) : à partir de ses feuilles, une huile essentielle riche en eugénol ; à partir de son écorce, une huile essentielle riche en cinnaldéhyde et à partir de ses racines une huile essentielle riche en bornéol.

I-1-3-4-5- Conditions de stockage et de conservation

Le stockage des matières premières avant distillation peut également influencer la composition et le rendement des huiles essentielles (**Besombes, 2008**). **Fantino (1990)** a noté des pertes considérables d'huile essentielle lors d'un stockage prolongé au congélateur, mais peu d'évolution sur la composition.

Pour assurer une bonne conservation, c'est-à-dire favoriser l'inhibition de toute activité enzymatique après la récolte, il faut éviter la dégradation de certains constituants ainsi que la prolifération microbienne. La distillation immédiate ou un séchage soigneux étant les deux procédés utilisés. D'après **Carette (2000)**, les huiles essentielles se conservent entre 12 et 18 mois après leur obtention, car avec le temps, leurs propriétés tendent à décroître. Il faut savoir que la durée de conservation des essences de zestes d'agrumes (citron, orange...) est plus courte que celle des autres huiles essentielles (**Roux, 2008**).

I-1-3-5-Activité biologique des huiles essentielles

L'activité biologique d'une huile essentielle est à mettre en relation avec sa composition chimique et les possibles effets synergiques entre ses composants. Sa valeur tient à son intégralité de ses constituants et non seulement à ses composés majoritaires. Les vertus des huiles essentielles sont connues et utilisées depuis longtemps, mais cette utilisation se basait sur des pratiques traditionnelles et des applications sans bases scientifiques précises.

De nos jours, leur emploi se fait sur des bases scientifiques et rationnelles puisque de nombreux travaux de recherche ont porté sur les activités antimicrobiennes et antioxydantes...

I-1-3-5- 1-Activité antifongique

Dans le domaine phytosanitaire et agro-alimentaire, les huiles essentielles pourraient être employés comme agents de protection contre les champignons (**Juarez et al., 2016**) et les micro-organismes envahissant la denrée alimentaire (**Lis- Balchin, 2002**). Les plus étudiées dans la littérature, pour leurs propriétés antifongiques, appartiennent à la famille des *Lamiacées* comme l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* (3,71 µg/ml) contre une espèce de levure *Candida albicans* (**Giordani et al., 2008**). *Lavandula stoechas* (1,6 µg/ml) a été testée contre *Rhizopus stolonifer* et *Mucor sp* (**Mohammedi et Atik, 2011**), *R. officinalis* avec une concentration minimale inhibitrice (15,75 mg/ml) contre *T. schimperi* (**Mekonnen et al., 2016**).

I-1-3-5- 2-Activité insecticide

L'efficacité des huiles essentielles en tant qu'insecticides est la préoccupation de nombreux chercheurs (**Rajgovind, 2016 ; Song, 2016**). Les travaux effectués concourent à mettre en évidence les différents éléments pouvant accroître l'action des huiles essentielles sur les ravageurs. Ces études constituent une étape indispensable pour le développement de l'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les ravageurs de grains ; Pour ces auteurs, les huiles essentielles sont des substances fumigènes dotées de réelles potentialités insecticides à valoriser. **Popović et al., (2013)** ont montré l'activité insecticide de carvacrol présent dans les huiles essentielles (1,14 %) de *Calamintha glandulosa*, *Montana Satureja* et *Teucrium polium* testés contre *Tribolium castaneum*, avec un taux de mortalité très élevé (56,67%) après 24 h.

L'application de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* à une concentration de 15%, que ce soit par contact ou ingestion ou inhalation montre l'effet insecticide sur *Rhizopertha dominica* ravageur de denrée céréalière, avec un taux de mortalité enregistré de 87-100% (**Boutekedjiret et al., 2004**).

Dans le domaine agro-phytosanitaire, plusieurs travaux ont fait référence à l'utilisation des huiles essentielles pour la protection des cultures contre les ravageurs des denrées stockées (NgamoetHance, 2007).

I-1-3-5- 3-Activité larvicide

Les femelles de nombreuses espèces de moustiques se nourrissent de sang de vertébrés vivants, En se nourrissant de sang, certains d'entre elles transmettent des maladies extrêmement nuisibles, telles que la fièvre jaune, la blue tangué, la fièvre aphteuse (Heng,2008). Les larves de moustiques et de chrysalides sont actuellement contrôlées par l'utilisation d'insecticides chimiques de synthèse ; Leur utilisation répétée a perturbé les systèmes de contrôle biologique naturelle, résultant parfois au développement généralisé de résistance ainsi que des effets indésirables sur les organismes non cibles, les résidus toxiques dans les aliments, la sécurité des travailleurs, et le coût élevé de l'approvisionnement (Sman, 2006 ;Muruganet *al.*, 2014). Ces problèmes ont justifié la nécessité de développer des stratégies alternatives à l'aide de produits écologiques. De ce point de vue, des pesticides d'origine végétale, notamment les huiles essentielles, sont prometteurs car ils sont efficaces, sans effet négatif sur l'environnement et facilement biodégradables et souvent peu onéreuses. De nombreuses huiles essentielles peuvent exercer l'activité toxique contre les espèces de moustiques (Lvaet *al.*, 2010 ; Kweka, 2011 ; Liu *et al.*, 2013 ;Sayahet *al.*,2014 ; El-Akhal *et al.*, 2015).

I-1-3-5- 4-Activité acaricide (cas de *Varroa destructor*)

L'extension des acariens incite à la réalisation de nombreux programmes et travaux de recherches, la majorité d'entre eux se sont focalisés sur les aspects de lutte par les moyens chimiques essentiellement.Les produits chimiques restants ont des effets néfastes sur l'environnement (Asgar *et al.*, 2014).L'acarienpeut être trouvé sur les abeilles adultes, sur le couvain, dans les débris de la ruche et dans les denrées alimentaires. Il peut nuire, à la fois etdirectement, aux colonies et aux abeilles en endommageant les ouvrières individuelles durant le stade nymphe (Amdam, 2001).

Les résultats d'efficacité des huiles essentielle contre *Varroa destructor*durant la période hivernale sont respectivement de 76,7 % (*LaurusnobilisL.*), 76,4 % (*Lavandulaofficinalis*)et 74,5 % (*Foeniculumvulgare*).

Selon Kutukoğlu *et al.*, (2012), l'efficacité des traitement par les huiles au printemps était de 83,8 % pour *Lavandulaofficinalis* ; 78,8 % pour *Foeniculumvulgare* et 70,8 % pour *Laurusnobilis*.Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenues par Mahmood *et al.*, (2014) en

utilisant des huiles de clou de girofle et de tabac (11,8%), suivi par l'ail (8,9%), l'olive (8%) et l'huile neem (7,8%), à des concentrations de 5 %, 10 % et 15 % respectivement.

Le *Varroa destructor*(Anderson et Trueman, 2000) est un acarien ectoparasite, hémophagien de l'abeilleasiatique *Apis cerana* qui, au milieu du 20^{ème} siècle, est passé sur un nouvel hôte en l'occurrence l'abeille domestique *A. mellifera*(Oldroyd, 1999). Il demeure la plus grande menace pour l'apiculture (Rosenkranz et al., 2009),cet acarien est l'agent causal de la varroase. Il s'est répandu à travers le monde en un très court laps de temps. Mis à part l'Australie, il est devenu, maintenant, difficile de trouver une colonie d'abeilles indemne de varroa.

I-1-3-5-5-Activité antibactérienne

Les molécules aromatiques possédant l'activité antibactérienne la plus importante sont les phénols, les terpènes ou les terpénoïdes qui ont aussi des effets contre les bactéries et différents autres germes causant des problèmes dans le domaine médical et agroalimentaire. Le mécanisme d'action de ces terpènes n'est pas entièrement compris, il peut se manifester par la rupture de la membrane par les composés lipophiles (Cowan, 1999).

I-1-3-6-Domaine d'utilisation des huiles essentielle

Selon Grysole (2004), les plantes aromatiques donnent les huiles essentielles, une essence destinée à l'utilisation industrielle. Ces huiles essentielles ne sont pas forcément des produits finaux dans la mesure où, une fois produits. Elles peuvent servir d'intrants à la fabrication de plusieurs produits. Elles sont destinées en effet à quatre grands secteurs industriels.

Secteur de la parfumerie et des cosmétiques

L'utilisation des huiles essentielles comme base dans la fabrication de parfums constitue une pratique courante depuis des siècles dans la plupart des civilisations. L'Europe et les Etats -Unis ont développé des industries importantes qui démarquent par leur haut niveau d'exportations dans ce domaine.

I-1-3-6-1-Secteur de la parfumerie technique

La parfumerie technique (qui comprend les produits d'entretien ménagers domestiques ou industriels) fait légalement recourt aux huiles essentielles pour l'image de propriété à laquelle elles sont associées, mais aussi parfois pour leurs propriétés antiseptiques. Dans ce secteur, l'industrie consomme de grandes quantités d'huiles, au meilleur prix possible.

I-1-3-6-2- Secteur alimentation

L'industrie alimentaire utilise les huiles essentielles pour rehausser le goût des aliments, pour parfumer et colorer. Le secteur des boissons gazeuses s'avère un gros

consommateur d'huiles essentielles. Dans ce secteur, les volumes d'huiles essentielles peuvent être très importants.

I-1-3-6- 3- Secteur médicinal

Dans le domaine de la santé, il faut distinguer le secteur pharmaceutique de celui des médecins. Dans ce dernier secteur, les vertus thérapeutiques des huiles sont reconnues et utilisées depuis des siècles dans beaucoup de pays. En effet, ce marché a donné naissance à une industrie des produits naturels comme les produits homéopathiques. Les produits naturels avec effets thérapeutiques ont attiré l'attention des divers groupes pharmaceutiques.

I-1-3-7- Les principales méthodes d'extraction

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales, cette diversité est due à la variété des matières et à la sensibilité considérable de certains constituants. Le choix de méthode la mieux adaptée se fait en fonction de la nature de la matière végétale à traiter, des caractéristiques physico-chimiques de l'essence à extraire et de l'usage de l'extrait.

I-1-3-7- 1-Extraction par hydrodistillation :

Il s'agit de la méthode la plus simple et la plus anciennement utilisée. Le matériel végétal est immergé directement dans un alambic rempli d'eau placé sur une source de chaleur. Le tout est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité. L'huile essentielle étant plus légère que l'eau (sauf quelques rares exceptions), elle surnage au-dessus de l'hydrolat (Piochon, 2008).

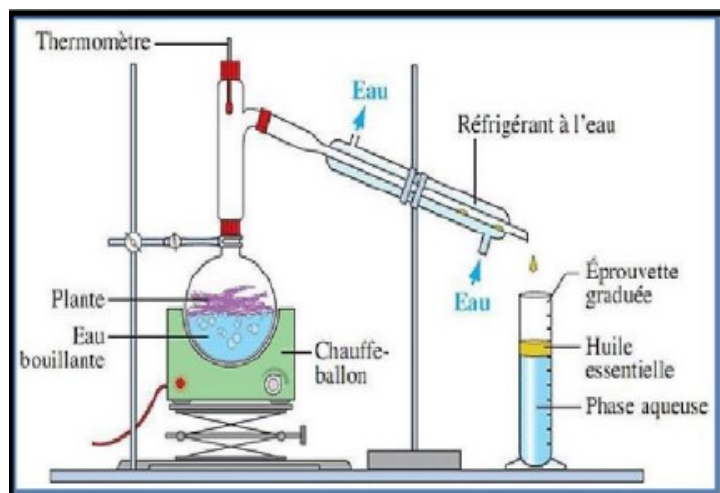


Figure 14. Montage d'extraction par Hydrodistillation.

I-1-3-7- 2-Extraction par 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. De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. La vapeur endommage la structure des cellules végétales et libère ainsi les molécules volatiles pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique " l'huile essentielle". L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile (Lucchesi,2005).

I-1-3-7- 3-Hydrodiffusion

Elle consiste à pulvériser de la vapeur d'eau à travers la masse végétale, du haut vers le bas. Ainsi le flux de vapeur traversant la biomasse végétale est descendant contrairement aux techniques classiques de distillation dont le flux de vapeur est ascendant. L'avantage de cette technique est traduit par l'amélioration qualitative et quantitative de l'huile récoltée, l'économie de temps, de vapeur et d'énergie (Bassereau et al., 2007).

I-1-3-7- 4-Pression à froid

Cette technique sans chauffage est réservée à l'extraction des zestes des agrumes. Le principe est mécanique, il est fondé sur la rupture des péricarpes, réservoirs d'essences olfactives, en passant les agrumes sur des récipients dont les parois sont recouvertes de pics en métal. L'essence est libérée par un courant d'eau, puis décantée. La présence de l'eau peut entraîner des phénomènes d'hydrolyse, de contamination par des pesticides résiduels ou des micro-organismes. Une nouvelle technique physique basée sur l'ouverture des sacs oléifères par éclatement sous l'effet soit d'une dépression, soit par abrasion de l'écorce fraîche, éliminerait l'eau et diminuerait les effets d'oxydation des composés de ces essences(Pierron,2014).

Chapitre II. Le ravageur *Aphis fabae* Scopoli, 1763

II -1-Introduction

Les pucerons ou aphides constituent un groupe d'insectes extrêmement répandu dans le monde. En effet, ils sont signalés dans les régions tropicales et subtropicales, dans les régions tempérées et dans les steppes (Accodji, 1982 In Taghit, 1987). Contrairement à beaucoup d'autres insectes, les pucerons ont longtemps été considérés comme des ravageurs d'importance mineure vis-à-vis des plantes cultivées. Cette situation s'est profondément modifiée au cours des dernières années, à tel point qu'ils sont considérés aujourd'hui comme le groupe entomologique probablement le plus important du point de vue agronomique sur le plan mondial (Leclant, 1978).

II -2-Systématique

D'après Grasse (1951), la classification du puceron (*Aphis fabae*) de la fève est comme suit:

Embranchement	<i>Arthropoda</i>
Sous-embranchement	<i>Mandibulata</i>
Classe	<i>Insecta</i>
Sous-classe	<i>Pterygota</i>
Section	<i>Neoptera</i>
Sous-section	<i>Heterometabola</i>
Ordre	<i>Homoptera</i>
Sous ordre	<i>Stronorhyncha</i>
Super famille	<i>Aphidoidea</i>
Famille	<i>Aphididae</i>
Sous-famille	<i>Aphidinae</i>
Genre	<i>Aphis</i>
Espèce	<i>Aphis fabae</i> Scopoli, 1763

II -3-Caractéristiques morphologiques

Des aphides, les pucerons sont des insectes aux téguments mous de petite taille, mesurant entre 2 à 4mm avec un corps ovale un peu aplati. Ce dernier est partagé en trois parties bien distinctes la tête, le thorax, et l'abdomen (**Tanya, 2002**).

II -3-1-La tête

Généralement, elle est bien séparée du thorax chez les formes ailées, mais non chez les aptères; elle porte deux antennes de longueur très variable de 3 à 6 articles, insérées directement sur le front ou sur des tubercules frontaux plus ou moins proéminentes. Certains articles antennaires possèdent des organes sensoriels; leur partie distale amincie est nommée fouet ou processus terminales à l'arrière de l'œil composé (**Fraival, 2006**).

II -3-2-Le thorax

Il comprend trois segments : le prothorax, le mésothorax, et le métathorax, porte 3 paires de pattes et primitivement deux paires d'ailes. Cependant, chez la plupart des espèces des pucerons coexistent des formes adultes ailées et des formes adultes aptères, chez certaines espèces, la nervation des ailes peut être caractéristique; les ailes antérieures présentent plusieurs nervures (**Hein et al., 2005**). Ce sont toutes des nervures simples, sauf la nervure médiane qui se manifeste chez la plupart des espèces. Selon Godin et **Boivin (2002)**, la nervation peut être :

- Non ramifiée
- Ramifiée, une seule fois
- Ramifiée, deux fois.

II -3-3- L'abdomen

L'abdomen porte généralement dans sa partie postérieure une paire de cornicules (ou siphons) de forme et de longueur très variables, parfois pourvues d'une réticulation ou surmontées d'une collerette (**Hein et al., 2005**). Les cornicules manquent dans quelques genres et parfois même selon les formes dans une même espèce (**Lien et Sparks, 2001**). Le dernier segment abdominal (10^{ième}) forme la queue (cauda) plus ou moins développée et de forme variable selon les espèces (**Fredon, 2008**).



Figure15. Puceron noir de la fève (Bouazri, 2022)

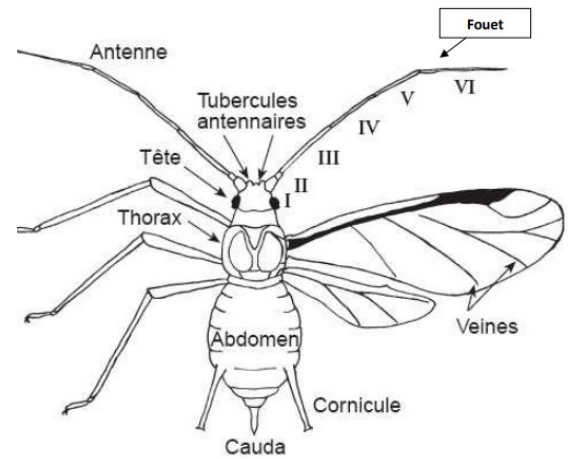


Figure14. Morphologie d'un puceron (Sekkat, 2007)

II -3-4-Description

a) Forme aptère

La forme aptère du puceron noir de la fève *A. fabae* mesure environ 2mm (Hulle et al., 1999). Elle est de couleur vert olive foncé à noir mat, recouverte d'une forte sécrétion cireuse blanche. Les cornicules sont coniques nettement plus longues que la cauda (Fig.16). Ce dernier est digitiforme et trapu (Leclant, 1999).



Figure16. Adulte d'*A. fabae* (Forme aptère) (Chaubet, 2017)

b) Forme ailée

Sous sa forme ailée, *A. fabae* est plus allongée que l'aptère. Elle est de couleur sombre, avec des antennes courtes qui représentent environ les deux tiers de la longueur du corps (**Hulle et al., 1999**). D'après **Leclant (1999)**, le troisième article antennaire porte un grand nombre de sensorial secondaires disposés irrégulièrement. Parfois, il existe quelques sensoria sur le quatrième article antennaire (**Fig 17**).



Figure 17 : Adulted'*A. fabae* (Forme ailée) (Chaubet, 2017)

A. fabae est très polyphage. Il peut vivre sur plus de 200 plantes hôtes. Les hôtes primaires sont principalement des arbustes : le Fusain d'Europe (*Euonymuseuropaeus*), la boule de neige (*Viburnumopulus*) et le seringat (*Philadelphuscoronarius*). Ses plantes hôtes secondaires peuvent appartenir aux Fabacées, Chénopodiacées, Astéracées, Brassicacées, Solanacées, ainsi que diverses cultures florales et ornementales (**Hulle et al., 1999**).

II -4- Cycle biologique :

Les pucerons sont dotés d'une capacité de multiplication très élevée : 40 à 100 descendants par femelle, ce qui équivaut à 3 à 10 pucerons par jour pendant plusieurs semaines (**Kos et al., 2008**). Une femelle aphide (comme le puceron vert du pêcher ou le puceron cendré du chou) est capable d'engendrer jusqu'à 30 à 70 larves (**Benoit, 2006**).

Le puceron noir de la fève est diécique (**Le Bohec et al., 1981;Hulle et al., 1999**). Il alterne son développement entre son hôte primaire, en général le Fusain, et ses hôtes secondaires, des plantes herbacées appartenant à de très nombreuses familles botaniques. Dès le mois de mars, après l'éclosion des œufs d'hiver, plusieurs générations parthénogénétiques se développent sur l'hôte primaire. La proportion d'ailés augmente alors au sein des colonies.

Les premiers ailés s’observent au cours du mois d’avril. Ces individus seront à l’origine de colonies en manchons parfois très denses sur les plantes hôtes secondaires sauvages et cultivées. Les ailés impliqués dans la reproduction sexuée apparaissent à l’automne et regagnent l’hôte primaire. La fécondation et la ponte interviennent au courant du mois d’octobre. La reproduction sexuée n’est pas toujours obligatoire chez ce puceron. Dans les régions à climat doux, des populations peuvent se maintenir tout l’hiver sur des hôtes secondaires en continuant à se multiplier par parthénogenèse (**Hulle et al., 1999**).

Si les conditions sont favorables, le puceron noir de la fève peut donner une génération tous les 8 à 10 jours à la fin du printemps, ce qui explique leurs pullulations soudaines (**Anonyme, 1987**)

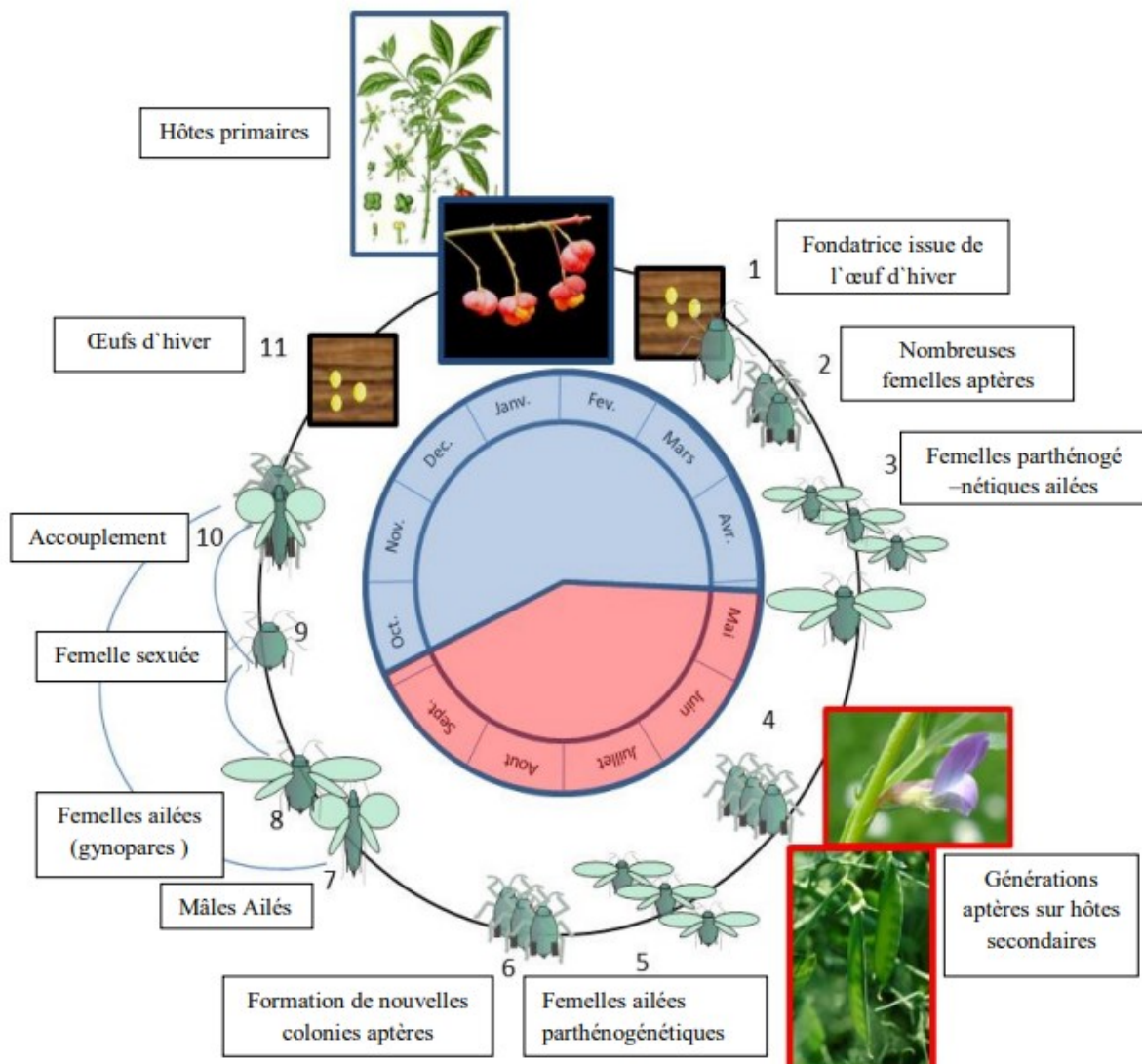
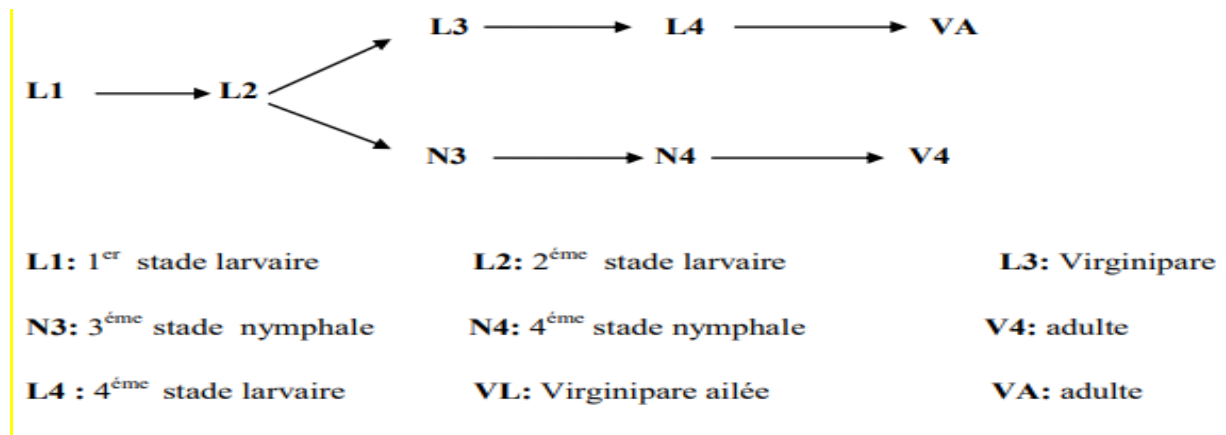


Figure 18 : Cycle biologique d'*A. fabae*(Anonyme, 2017)

Les pucerons sont hémimétaboles, les œufs sont minuscules à peu près sphériques. Habituellement gris foncé ou noir, mesurent environ 0.5 à 1 mm de long et sont pondus en groupe ou isolément selon les espèces (Sutherland, 2006). Les différents stades larvaires ressemblent aux adultes aptères mais de petite taille et certains caractères sont parfois moins prononcés (Fredon, 2008).

On peut schématiser le développement larvaire d'un puceron comme ci-dessous:



Le passage des pucerons par ces stades successifs en se débarrassant de l'exosquelette (Phénomène de mue) est dû à la cuticule rigide qui inhibe la croissance progressive (Dedryver, 1982).

Le cycle biologique des pucerons noir est complexe. On peut résumer ce cycle comme suite (Figure 19) : œuf d'hiver fécondé subit une éclosion au printemps qui donne femelle « Fondatrices» donnant par parthénogenèse une 1ère génération et aussi des jeunes Pucerons. Appelés Virgini-pares par viviparité évoluant en aptères ou ailés (plusieurs génération en été), puis en individus sexués (sexupares) en automne dont les femelle, après accouplement, donnent les œufs d'hiver avec ou non changement d'hôte au cours de ce cycle (Lambert, 2005).

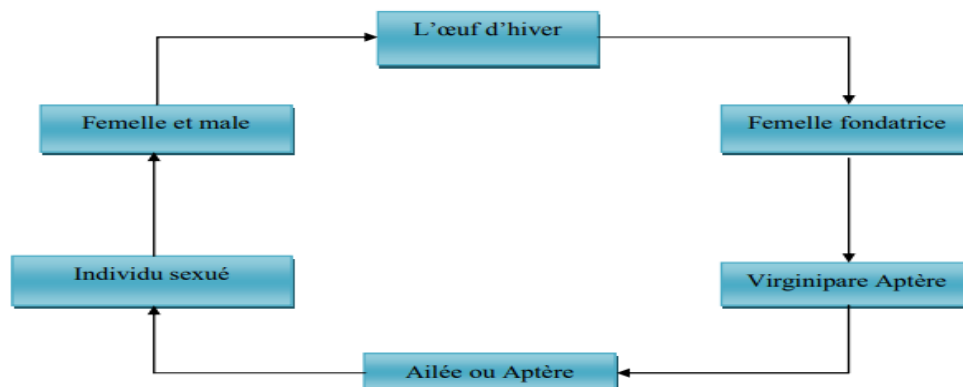


Figure 19 : Cycle biologique de puceron noir (*Aphis fabae*) (Lambert, 2005).

II -5- Dégâts occasionnés par *Aphis fabae*

Les pucerons causent d'importants dommages culturels en s'alimentant directement dans les éléments criblés du phloème, dans lesquels ils prélèvent la sève phloémienne riche en sucres, composés azotés et autres nutriments essentiels à leurs développements et reproduction **(Dinant et al., 2010)**

L'alimentation phloémienne des pucerons sur la fève engendre un arrêt de croissance de la plante, l'enroulement et la chute prématurée des feuilles, la diminution du nombre de gousses et des graines ainsi qu'une réduction de la taille des graines **(Akello et Sikora, 2012)**. En s'alimentant de la sève, les pucerons injectent continuellement des sécrétions salivaires toxiques dans les tissus de la plante hôte **(Tjallingii, 2006 ; Giordanengo et al., 2010)**.

Les pucerons rejettent une substance épaisse et collante par le système digestif appelée le miellat. Ce composé déposé sur les feuilles et au pied de la plante hôte est riche en sucre et en acides aminés. La forte concentration en sucre du miellat (90 à 95 % de matière sèche) favorise le développement de la fumagine qui forme un dépôt noirâtre à la surface des feuilles de la plante hôte, réduit la photosynthèse et provoque même une asphyxie de la plante attaquée par les pucerons **(Leroy et al., 2009)**.

De plus, le puceron noir de la fève peut transmettre plus de 30 virus phytopathogènes **(Blackman et Eastop, 2007)**. Ces virus affectent les processus physiologiques de la plante, en diminuant le taux de photosynthèse, en réduisant la teneur en chlorophylle (jaunisse) et en augmentant les taux de respiration **(Radwan et al., 2008)**.



Figure 20 : Miellat rejeté par les pucerons noirs de la fève **(Hamraoui, 1994)**.



Figure 21 : Colonies du puceron noir sur les feuilles de fève **(Hamraoui, 1994)**.



Figure 21. Manchons de pucerons noirs (*Aphis fabae*) sur la fève
(Bouazri, 2022)

II -6- Méthodes de lutte

La protection des plantes cultivées contre les attaques doit faire appel à un ensemble de techniques diversifiées qu'il est nécessaire d'appliquer à bon escient.

II -6- 1-Lutte physique

La lutte physique concerne toutes les techniques mécano-thérapeutiques destinées à réduire l'infestation, telles que l'utilisation de piégeage par les bacs jaunes et le piégeage par aspiration et l'élimination des mauvaises herbes (hôtes secondaires) susceptibles d'héberger des populations des pucerons (Ryckewaert et Fabre, 2001).

II -6- 2- Lutte chimique

Le contrôle des populations de pucerons repose essentiellement sur l'épandage d'insecticides chimiques. Cependant, de nombreuses limites à l'utilisation des insecticides existent comme le coût élevé des traitements, le problème de résistance et de résidus qui incitent l'homme à s'orienter vers d'autres moyens de lutte pour freiner les dégâts causés par ces dangereux déprédateurs (Dedryver et al., 2010).

II -6- 3- Lutte biologique

Les pucerons sont attaqués par un large éventail d'ennemis naturels. Il s'agit notamment de micro-organismes, champignons entomopathogènes (Entomophthorales et Hyphomycètes), de prédateurs et de parasitoïdes (Dedryver et al., 2010).

Les auxiliaires ont longtemps été utilisés comme agents de lutte biologique avec divers degrés de succès(**Hesketh et al. 2008**).

II -6- 4- Utilisation des biopesticides

L'utilisation des substances naturelles des plantes en tant que biopesticides dans la protection des graines de légumineuses permet de limiter la toxicité des insecticides d'origines chimiques. Ils se présentent sous plusieurs formes d'extraits aqueux (**Gwinner et al.,1996 ; Aouinty et al., 2006**), extraits organiques (Regnault-Roger et al., 1993) et huiles végétales (**Kellouche, 2005**). Selon **Lambert(2005)**,le pyrèthre, molécule issue de la plante de chrysanthème (*Chrysanthemum cinerariifolium*), agit par contact en paralysant les pucerons.

PARTIE
EXPERIMENTALE

Chapitre III. Matériel et méthodes

III.1.Objectif

L'objectif de ce travail est :

- L'extraction et la récupération des huiles essentielles de *Thymus fontanesipar* hydrodistillation,
- La caractérisation phytochimique des HEs extraites par GC/MS,
- D'étudier l'effet insecticide des HEs extraites sur *Aphis fabae* par fumigation, inhalation et par contact.

III.2.Présentation de la zone d'étude

a. Situation géographique

Djendel est une commune de la wilaya d'Aïn Defla, située à 38 km à l'est du chef lieu de wilaya de 32 km et au sud-ouest de la wilaya de Médéa.

b. Le climat

Djendel présente un climat méditerranéen, caractérisé par un climat froid en hiver et chaud en été et automne très bref. La température moyenne hivernale est comprise entre 0°C et 6°C et celle estivale oscille entre 31°C et 40°C. L'été s'étend sur 5 à 6 mois environ avec des masses d'air chauds à partir du mois de mai, et la pluviosité moyenne annuelle varie de 500 à 600 (Andi 2013).



Figure 22. Localisation du lieu de récolte à Djendel (chafai, 2022)

III-3- Matériel

III-3-1-Matériel biologique

III-3-1-1- Le Matériel végétal : *Thymus fontanesii*.

Thymus fontanesii, objet de notre étude, appelé «Zaâteur» en arabe est une plante spontanée, raide, dressée, à rameaux étalés(Saidj 2006). Très commun dans les régions montagneuses, c'est une espèce endémique en Algérie. C'est un petit arbrisseau qui ne dépasse pas 20 cm de hauteur à feuilles petites linéaires ou linéaires-lancéolées recourbées sur les bords de couleur vert foncé, et qui sont recouvertes de poils et de glandes. Les épis florifères sont courts et étroits ; ses petites fleurs zygomorphes sont regroupées en glomérules et leur couleur blanc, à odeur très agréable et spécifique(Figure23).



Figure23. *Thymus fontanesii*

(KOUACH, 2022)

III-3-1-2- 1-La Fève

La famille des légumineuses est subdivisée en trois sous famille : Caesalpiniée, Mimosoideae et Papilionoideae ou Faboideae, cette dernière inclut les légumineuses à graines dont *Vicia faba* L. (Gets et al., 2005). La fève est une culture vivrière très appréciée par les agriculteurs(Figure24) car elle constitue une source importante de protéines aussi bien pour l'alimentation humaine qu'animale et permet une économie de la fertilisation azotée (Dridi et al., 2011).



Figure24 : La fève (Chafai, 2022)

III-3-1-1- Matériel Animal

III-3-1-1- 1-*AphisfabaeScopoli*

AphisfabaeScopoli, 1763 (Homoptera, Aphididae) est un puceron de couleur noir mat et recouvert d'une forte sécrétion cireuse blanche. Les cornicules sont coniques nettement plus longues que la cauda ; Cette dernière est digitiforme et trapue (Leclant, 1999).

A. fabae vit en colonies compactes, à l'extrémité des plantes de fève (Figure 25). Il provoque l'enroulement, le dessèchement et la chute des feuilles (Hamadache, 2003). De plus, cet insecte peut transmettre plus de 30 virus pathogènes (Blackman et Eastop, 2007).

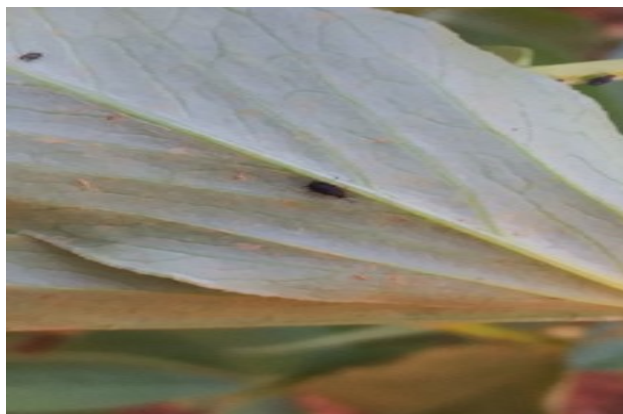


Figure25. Puceron noir (*Aphisfabae*) (Bouazri, 2022)

III-3-1-1- 2-Récolte et séchage du thym

L'espèce de thym utilisée dans cette étude a été identifiée par Mr Kouache Benmoussa, (Enseignant chercheur au niveau de l'Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana), comme étant *T. fontanesii* (Figure 26).

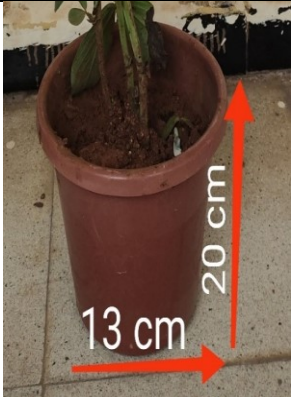





La récolte des parties aériennes de notre espèce de thym a été effectuée le 03/03/2022, dans leur habitat naturel situé dans la région de Djendel (W. Ain Defla). Les échantillons ont été ensuite séchés pendant 10 et 15 jours, dans un endroit sec et à l'abri des rayons solaires. Les parties utilisées ont été coupées en petits morceaux et pesées.



Figure 26 : séchage de *Thymus fontanesii* (Chafai, 2022)

III-3-1-3- Matériel utilisé

Le matériel utilisé est représenté ci-dessous :

 <p>Pot</p>	 <p>Flacon vaporisateur</p>	 <p>Box en verre avec armature en aluminium</p>
 <p>Chalumeau</p>	 <p>Combustible</p>	 <p>Enfumeur</p>

III-2-Méthodes

III-2-1-Détermination de la matière sèche

La matière sèche du thym, est déterminée par le procédé de dessiccation de 1gr de la matière végétale séché à l'air libre (**Linden et Lorient, 1994**) dans une étuve isotherme ventilée à la pression atmosphérique pendant 24h, à une température de $105^{\circ}\pm 2$ C (**Aoac, 1990**)

$$MS\% = (\text{Pds Sec} / \text{Pds Frais}) \times 100$$

Pds Frais : poids du matériel végétal séché à l'air libre,

Pds Sec : poids du matériel végétal après passage à l'étuve,

MS % : Matière sèche,

III-2-2-Extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation

Le procédé d'extraction utilisé est l'hydrodistillation. Un appareil de type Clevengerest réalisée au niveau du Laboratoire "1" de Production Végétale du Département des Sciences Agronomiques de la Faculté. La durée d'extraction est de 120 mn (fig. 14).

Cinquante (50 g) des parties aériennes de *T. fontanesii* récoltées en mois de mars et séchées à l'air libre pendant huit jours jusqu'à la stabilisation du poids, sont utilisés. 500 ml d'eau distillée sont ajoutés.

Toutes les expériences sont réalisées en trois répétitions chacune. Les résultats sont exprimés par rapport au poids sec de la matière végétale utilisée.

Lorsque l'eau arrive à ébullition, l'éclatement des cellules permet la sortie de l'essence aromatique. Les vapeurs chargées d'huile essentielle passent à travers le condenseur, les gouttelettes ainsi produites s'accumulent dans un collecteur. L'huile essentielle, de faible densité surnage en surface de l'eau. L'huile ainsi obtenue est récupérée par décantation et mise dans des flacons étiquetés et opaques puis stockée à $+4^{\circ}\text{C}$ dans un réfrigérateur afin de les analyser.

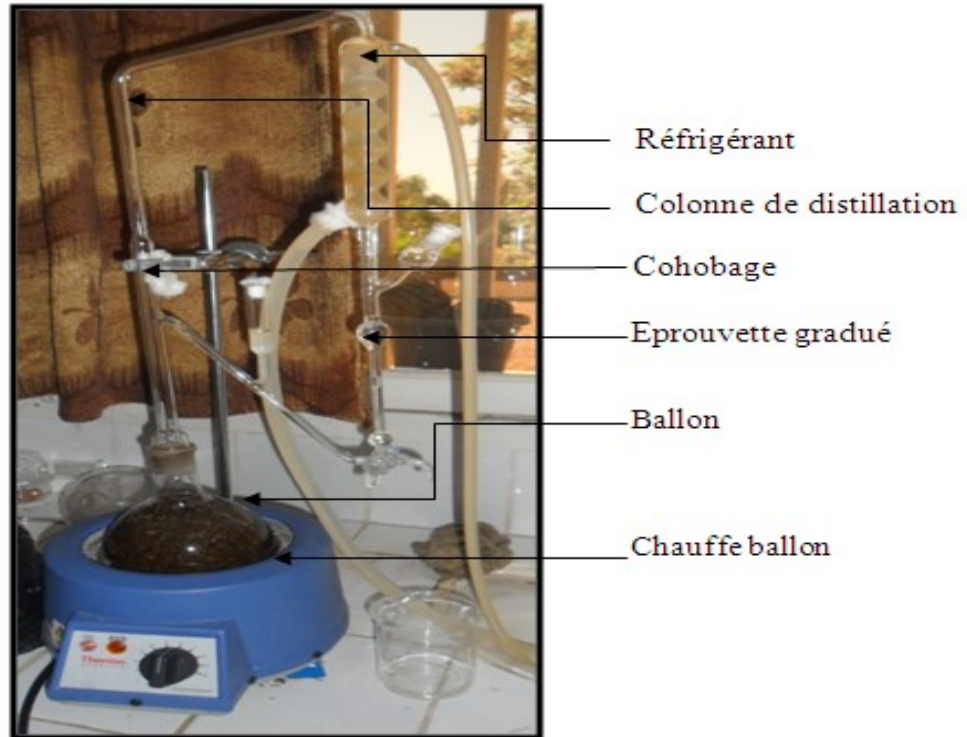


Figure 27.Hydrodistillateur de type Clevenger (**Kouach,2022**)

III-4-2-1-Calcul du rendement

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue après l'extraction et la masse de la matière végétale utilisée (**Afnor,1986**). Le rendement (R_{HE}) est exprimé en pourcentage et est donné par la formule suivante :

$$R_{HE} (\%) = (M_{HE} / M_s) \times 100$$

R_{HE} : Rendement en huiles essentielles,

M_{HE} : quantité d'huile essentielle récupérée (gr)

M_s : quantité de la matière végétale sèche utilisée (gr)

III-4-2-2-Cinétique d'extraction

La cinétique d'extraction a pour but de fixer le temps nécessaire pour extraire le maximum d'huile et pour éviter les pertes de temps et d'énergie, La cinétique consiste à déterminer le rendement en fonction du temps d'extraction (**Bachelot et al., 2006**).

Dans notre étude, le rendement est déterminé par prélèvement de l'huile essentielle à des intervalles de temps réguliers de 15 minutes s'étalant de 0 à 120 mn. Le début de l'extraction commence dès la formation de la première goutte du distillat, cette étape correspond à la mise à la température d'ébullition d'eau.

III-2-3-Analyse chromatographique en phase gaz couplée à la spectrométrie de masse (CG/SM) de l'huile essentielle

Dix milligrammes d'huile essentielle ont été dissous dans cinq millilitres d'éther d'éthylque, puis 1 μ L de cette solution est utilisé pour l'analyse par la chromatographie en phase gazeuse et par la chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC-MS).

• Analyse GC-MS

L'analyse a été réalisée avec un système CG Agilent HP 6890 couplé à un détecteur sélectif de masse réseau HP 5973 Agilent actionné par le logiciel HP EnhancedChemStation, Les conditions analytiques ont été fixées comme suit: Colonne capillaire Agilent HP-5MS (30 mx 0,25 mm, df=0,25 μ m), injecteur sans éclats à 250°C (mode sans division), programme de température: de 40°-250°C à 6°C/min, phase mobile: gaz porteur hélium à 1 ml/min, Les spectres de masse ont été enregistrés en mode EI (70 eV), gamme de masse scannée: de 35 à 500 amu, Les températures de source et de quadripôle ont été fixées à 230°C et 150°C, respectivement, L'identification des composants a été réalisée sur la base d'indices de rétention chromatographiques et par comparaison des spectres enregistrés avec la banque spectrale calculée (Wiley 275, L) (Adams,2001), Pour les hydrocarbures sesquiterpéniques, d'autres confirmations ont été obtenues en comparant les spectres de masse avec les données de la littérature (Adams, 2001et Joulain, König, 1998), Les indices de rétention (RI) ont été calculés au moyen d'un mélange de n-alcanes homologues (C₇-C₃₀) analysés dans les mêmes conditions chromatographiques que celles utilisées pour l'analyse des huiles essentielles (Adams, 2001).

L'identification des différents composants est basée sur la comparaison des temps de rétention de chaque composant, leurs spectres de masse et leurs indices de Kovats(KI) donnés par la littérature (Joulain, König, 1998 ; Adams, 2001)avec ceux des composés standards de la banque de données informatisées (Wiley 275,L), ceux décrits par Adams (2001) et également la base de données élaborée par l'Unité de valorisations des ressources naturelles a l'université de khemis Miliana

III-4-4-Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles de thymus fontanisii

Le protocole expérimental adopté est appliqué sur 12 plantes infestées par *Aphis fabae Scopoli, 1763* (fig. 27), après le test de diagnostic d'existence. Les plantes sont divisées en trois groupes.

- Un groupe contient 3 plantes infestées pour le traitement par fumigation
- 5 plantes infestées pour le traitement par pulvérisation réparties en cinq lots de trois concentrations différentes. Les teneurs en HE de thym utilisées sont : 0.1% ; 0.05% et 0.01%, lot témoin et lot traité par l'acétone.
- 5 boîtes de pétri contenant chacune 20 sujets de *Aphis fabae Scopoli*, traités par les HEs de thym à des doses 0.1% ; 0.05% et 0.01% ; lot traité par l'acétone et le lot témoin.

Les blocs étaient distants l'un de l'autre de 20 cm avec même orientations. Cependant des vérifications sont effectuées tels que :

- La mortalité des pucerons.
- Le comportement des plantes

III-4-4-1-Test de diagnostic d'existence d'*Aphis fabae Scopoli, 1763*

Un test diagnostic utilisant la méthode biologique « pose des langes » ou « couvre-fond » a été réalisé avant l'application des traitements pendant la période printanière sur des plantes de fève infestées par *Aphis fabae Scopoli*. Cette méthode consiste à équiper le fond d'un bloc par un papier pour compter les pucerons morts. En effet, les pucerons noirs tombent au fond et sont ensuite enlevés et examinés soigneusement à l'aide d'une loupe pour détecter les *Aphis fabae* morts parmi les nombreux débris. Cette méthode a duré 7 jours au cours desquels le changement de papier et l'estimation de la population *Aphis fabae* morte se fait parallèlement le matin.



Figure28 : Dénombrement de puceron d'*Aphisfabae* (Chafai,2022)

De nombreuses études ont montré l'intérêt de cette technique pour évaluer, contrôler et réduire la population de *Varroa* au sein des colonies, En effet, il permet la détection de la présence du parasite puis de confirmer et d'évaluer le degré d'infestation. Aussi, le diagnostic permet d'établir une méthode à suivre pour préserver les abeilles dans les meilleures conditions possibles (Harbo et Harris, 2004).

Deux méthodes biologiques seront testées, à savoir : la pulvérisation (par contact) et la fumigation. Le but principal de ces essais est de déterminer la méthode d'application la plus efficace.

III-2-4-2-Traitement d'*Aphisfabae*

III-2-4-2-1-Traitement despucerons noirs par pulvérisation

Ce travail a été effectué durant le moi de mai 2022. Cinq (05) plantes de fève ont été choisies ; Elles ont été divisées en cinq groupes : l'un est désigné comme témoin, les trois autres sont à des concentrations de 0,1% ; 0,05% et 0,01% d'huile essentielle de thym dilué dans l'acétone, le cinquième test est réservé à l'acétone Les plantes infestées ont été traitées une fois/ jour en pulvérisant directement à l'intérieur du bloc et ce, pour assurer un bon contact du traitement avec les *Aphisfabae*, les papiers seront ensuite retirées et examinées attentivement au moyen d'une loupe pour y détecter les pucerons mortset les compter tous les jours.

III-2-4-2-2-Traitement par fumigation

Cinquante grammes (50 gr) de la matière fumigène est placée dans l'enfumeur et doit se consumer d'une forte source de chaleur et le plus rapidement possible. Les différents blocs de pucerons qui constituent le lot traité reçoivent des bouffées de fumée pendant 5mn par le

trou afin de se diffuser à l'intérieur de la ruche. Les traitements ont commencé le 08 Mai 2022, le dénombrement des *Aphisfabae* morts commence dès le deuxième jour à l'aide d'une loupe.

III-2-4-2-3-Traitement par contact

Un millilitre (1ml) des concentrations de 0,1% ; 0,05%, et 0,01% d'huile essentielle de thym dilué dans l'acétone ont été appliqués sur les pucerons de nombre de 20 sujets par boîte de pétri plus deux boîtes (témoin et acétone).

Le dénombrement des *Aphisfabae* morts commence après une demi-heure à l'aide d'une loupe. Ce travail a été effectué le 28 avril 2022,

Chapitre IV. Résultats et discussion

IV-1- Matière sèche

Les résultats de la teneur en matière sèche de nos échantillons de *T. fontanesii* récoltés durant le mois de Mars ont révélé un taux moyen de 56% quasiment similaires à ceux enregistrés par Guernoug (2017) avec des valeurs comprises entre 51% et 55% de matière sèche.

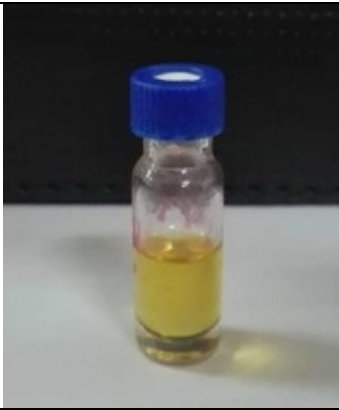
IV-2-Etude phytochimique de *Thymus fontanesii*

IV-2-1- Extraction des huiles essentielles

Les échantillons de *Thymus fontanesii* ont fourni un rendement en HE qui varie entre 0.74% -1.5% au mois de mars qui correspond à la période de dormance de la plante. Ce rendement est plus élevé que celui obtenu par Amarti et al., (2010) qui est de 0,3 % ± 0,07, Ce dernier est plus faible par rapport à celui rapporté par (Dob et al., 2006) et qui est de 1,13%.

Hudaïb et al.,(2002) ont souligné l'importance du choix de la période de récolte du thym pour obtenir une huile de qualité et en quantité. Ils ont trouvé que le rendement diffère d'une période à une autre ; Le meilleur rendement (1,2%) est obtenu pour la plante récoltée fin juillet. De même, ils ont montré l'influence de l'âge ou du stade de développement de la plante sur le rendement et la composition de l'huile. La plante de deux ans donne un rendement de 0,5% alors que celle de cinq ans donne un rendement de 0,15% , la plante étant cueillie à la même période (Faleiro et al.,2003).

Tableau II : Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii*

Caractéristiques	Normes (Afnor, 2000)	Résultats obtenus	
Aspect	Liquide mobile et limpide	Liquide	
Couleur	Jaune pale	Jaune	
Odeur	Très aromatique Epicée rappelant celle du thymol	Epicée rappelant celle du thymol	
Saveur	Douce	Douce	

IV-2-1-2-Caractérisation des huiles essentielles de *Thymus fontanesii*

L'analyse chromatographique de l'huile essentielle de notre échantillon a permis d'identifier 22 composés qui représentent environ 97.78% (TableauII).

Les composés majoritaires des HEs extraites sont principalement le carvacrol (61.5%), p-Cymène (10.83%) et γ -terpinène (8.81%). Ces résultats diffèrent par rapport à ceux obtenus par Ksouri et al., (2015), dont les composés majoritaires sont camphor (16,7%); 1,8 cinéol (13,9%) et α -pinene (13,6%). Alors que Zayyad et al.,(2014), ont signalé la présence du Thymol (37,78%), et α -terpinène (15,13%). Giwali et al., (2013) ont obtenu le thymol (38,50%) et p-cymene (8,91%). Kouache (2019) a obtenu le carvacrol (61.5%) et p-Cymène (10.8%) comme composants majoritaires.

Tableau III : Composition chimique de l'huile essentielle de *T. fontanesii*

N°	Composés	Tr	Teneur (%)
1	α -thujène	13,50	0.90
2	α -pinène	13,92	1.50
3	Camphène	14,75	0,07
4	Sabinène	16,70	0,32
5	β -pinène	16,45	0,16
6	Myrcene	17,48	1.60
7	α -phellandrene	18,27	0,17
8	Carène	18,67	0,07
9	α -terpinène	19,16	1.37
10	<i>P</i> -Cymène	19,96	10.83
11	Limonène	20,21	0,58
12	γ -terpinène	22,33	8.81
13	Linalol	25,25	1.87
14	Camphre	14,75	Trace
15	Bornéol	29,70	0,34
16	Menthol	30,53	0.15
17	α -Terpèneol	31,56	0.36
18	Thymol	39,00	0.91
19	Carvacrol	40,55	61.5
20	Nerol	42,94	0.21
21	Acetate de Geranyl	43,65	0,015
22	β -Caryophellene	54,92	0,53
Monoterpènes			97,43
Sesquiterpènes			0,35
Total des composés identifiés			97,78

Lors de l'extraction, les huiles essentielles de *T.fontanesii* sont récupérées et la composition a été déterminée pour chaque fraction. Nous remarquons l'existence d'un polymorphisme au niveau de la composition chimique avec un composé majoritaire commun : le carvacrol. La composition chimique de *T.fontanesii* est marquée par la présence du carvacrol (6.5%), p-Cymène (10.8 %) et α -terpinène (8.8 %) comme constituants majoritaires. Le taux de carvacrol augmente avec la durée d'extraction à l'inverse des autres composants comme γ -terpinène, p-Cymène et α -pinène. Par ailleurs, ces composants présentent des corrélations deux à deux entre eux (Belkamel et al., 2013).

Russo et al., (1998) indiquent que dans le cas des composés phénoliques (thymol et carvacrol), la voie métabolique se fait par l'aromatisation du γ -terpinène en p-cymène, suivie de l'hydroxylation enzymatique du p-cymène en thymol et carvacrol. Selon Poulou et Croteau (1978), le γ -terpinène et le p-cymène sont les précurseurs biogénétiques (via un hydroxylation enzymatique) des deux terpènes phénoliques, le thymol et son isomère le carvacrol.

IV-3- Activité insecticide des huiles essentielles de *Thymus fontanesii*

La présente étude présente les différents traitements appliqués sur les plants de fèves atteintes par *Aphis fabae* et l'évaluation de l'activité insecticide pour chacun d'entre eux. Les différents traitements sont la pulvérisation, la fumigation et par contact.

IV-3-1-Traitement par pulvérisation.

Le traitement par pulvérisation a été appliqué une fois pour chaque colonie au cours de la période de traitement et ce à différentes doses, à savoir : 0,1 ; 0,05 et 0,01%. Suite à ces applications, nous avons calculé le nombre de pucerons morts et le pourcentage de mortalité de pucerons par rapport au nombre total de pucerons présents ainsi que le nombre total de pucerons morts.

1- Lot témoin (lot1)

Les résultats obtenus pour le lot témoin montrent une augmentation des individus morts entre (1 et 4 jours) comprise entre 11 et 25 individus mort puis une diminution allant de 25 jusqu'à sept individus respectivement de 4 à 7 jours (**Figure 29** et Annexe).

Ces variations pourraient être expliquées par le déroulement de notre expérimentation qui a coïncidé avec la période printanière. Cette dernière a été caractérisée par des températures variant de 22-28°C. Ces constatations vont dans le même sens des travaux

antérieurs de Prost (1987) et de Chiron et al., (2008) avec des application sur l'acarien *Varroa destructor*.

Tableau IV : Evolution de la mortalité du puceron noir du lot témoin (Annexe)

Echantillons	Témoin		
	Jours	Mortalité	% (Morts)
1 ^{er}	11	10,68	1,11
2 ^{ème}	14	13,59	1,42
3 ^{ème}	14	13,59	1,42
4 ^{ème}	25	24,27	2,53
5 ^{ème}	21	20,39	2,13
6 ^{ème}	11	10,68	1,11
7 ^{ème}	7	6,80	0,71
Total mortalité	103		10,44
Total Insectes initiaux	987		

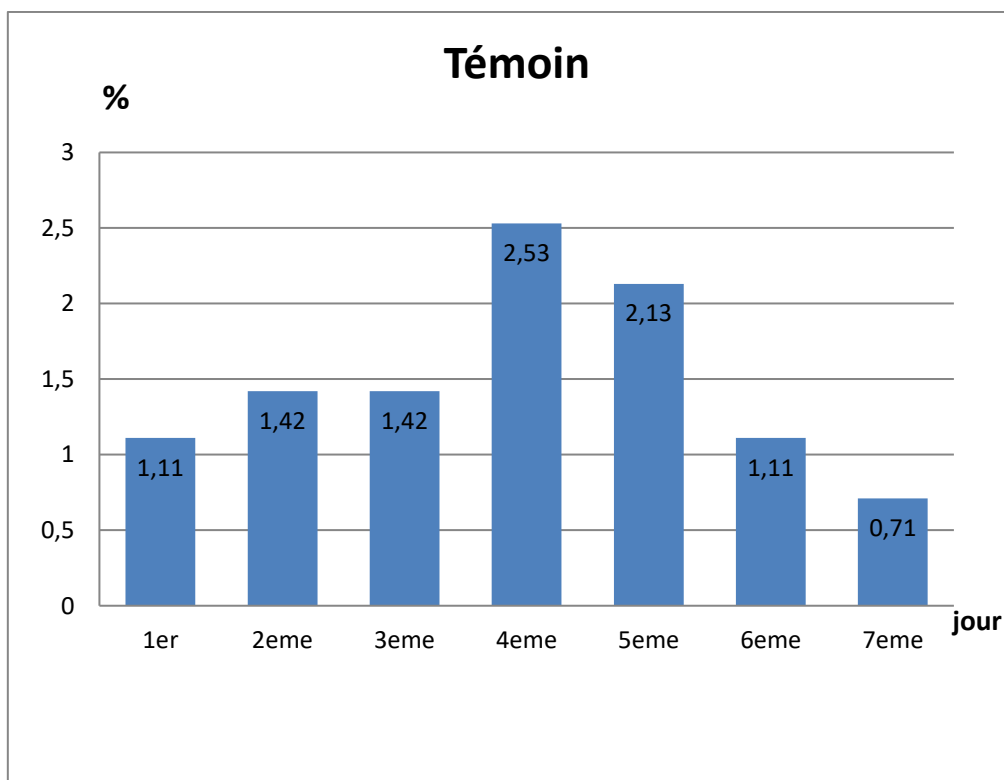


Figure 29. Evolution de la mortalité du puceron noir du témoin

1- Lot témoin acétone

Les résultats de mortalité du puceron noir de lot témoin avec l'acétone est illustré par la figure30 et présentés dans l'annexe X.

Tableau V : Evolution de la mortalité du puceron noir du lot témoin avec l'acetone

Echantillons	Acétone		
	Mortalité	% (Morts)	% /Mort final
1 ^{er}	46	46,46	5,25
2 ^{ième}	14	14,14	1,60
3 ^{ième}	7	7,07	0,80
4 ^{ième}	15	15,15	1,71
5 ^{ième}	8	8,08	0,91
6 ^{ième}	7	7,07	0,80
7 ^{ième}	2	2,02	0,23
Total mortalité	99		11,29
Total Insectes initiaux	877		

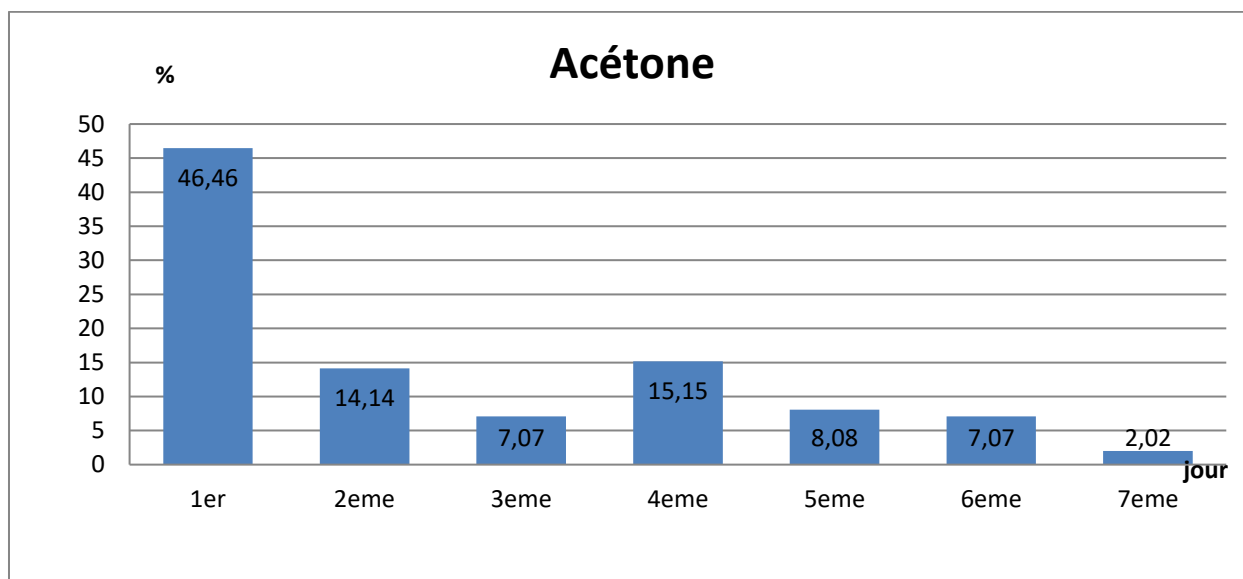


Figure 30. La mortalité de puceron noir du témoin avec l'acétone.

Le pourcentage de la mortalité moyenne du puceron enregistré chez le lot témoin avec l'acétone décroît durant la période du traitement ; Il a atteint un pic durant le premier jour du traitement (de 46 à 2 pucerons). Toutefois, cette mortalité demeure faible et reviendrait à la présence de conditions favorables de vie du puceron, à savoir, une colonie en période

printanière et des températures favorables allant de 22 à 28°C. Cette supposition rejoint les conclusions des travaux antérieurs de **LeConte et al., (2000)** qui émet que les températures élevées favorisent l'activité du puceron.

1-2- Lot traité à 0,1% d'huile essentielle de thym

Dès le premier traitement, nous avons enregistré une mortalité moyenne de 268 individus, plus élevée par rapport au lot témoin (**Fig. 31 et annexe**). Ceci prouve que le puceron serait sensible au thym. Cet effectif a diminué à 27 individus après le septième jour.

Ces résultats montrent que cette dynamique de mortalité reviendrait au traitement. Les températures sont favorables au développement des pucerons. En d'autres termes, l'effet insecticide du traitement par l'huile essentielle à la dose de 0,1% serait important.

Tableau VI : Evolution de la mortalité de puceron noir du lot traité à 0,1% d'huile essentielle de thym

Echantillon	Concentration de l'HE à 0.1 %		
	Mortalité	% (Mort)	% /Mort final
1 ^{er}	268	36,51	27,57
2 ^{ème}	196	26,70	20,16
3 ^{ème}	96	13,08	9,88
4 ^{ème}	43	5,86	4,42
5 ^{ème}	36	4,90	3,70
6 ^{ème}	68	9,26	7,00
7 ^{ème}	27	3,68	2,78
Total mortalite	734		75,51
Totale Insectes initial	972		

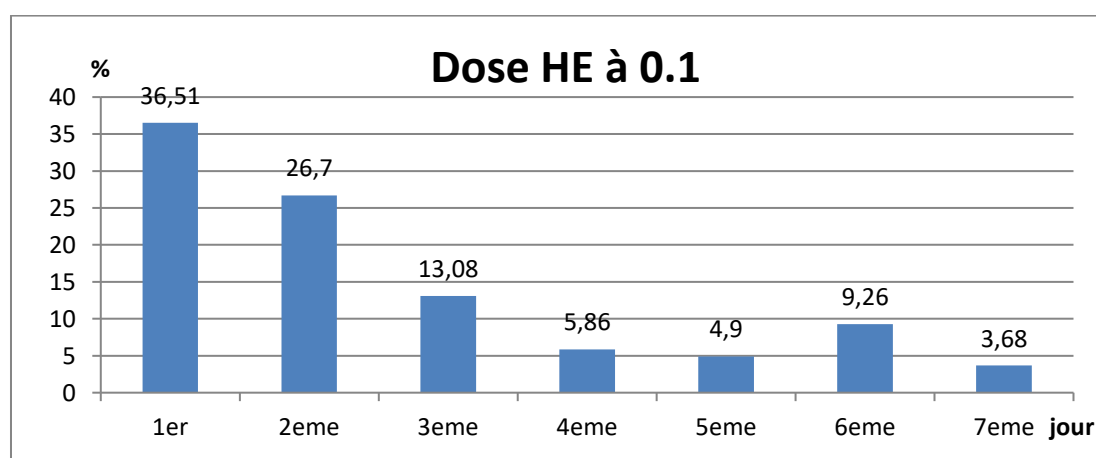


Figure 31. Evolution de la mortalité de puceron noir du lot traité à 0,1% d'huile essentielle

3- Lot traité à 0,05% d'huile essentielle de thym

Le lot traité à 0,05% d'huile essentielle de thym a présenté une mortalité allant de 171 à 13 individus (**Fig.32 et annexe**). Cette situation s'expliquerait par la présence d'une colonie de pucerons bien développés sur le plant de fève. En revanche, la présence du puceron réduit après le traitement s'expliquerait par l'effet des HEs. Le puceron se trouvera ainsi exposé aux effets de l'huile essentielle du thym à la dose de 0,05%,

Tableau VII : Evolution de la mortalité de puceron noir du lot traité à 0,05% d'huile essentielle

Echantillon	Teneur en HE à 0.05			
	Jours	Mortalité	% (Morts)	% /Mort final
1 ^{er}		171	35,19	19,52
2 ^{eme}		98	20,16	11,19
3 ^{eme}		56	11,52	6,39
4 ^{eme}		66	13,58	7,53
5 ^{eme}		44	9,05	5,02
6 ^{eme}		38	7,82	4,34
7 ^{eme}		13	2,67	1,48
Total mortalite		486		55,48
Total initial des Insectes		876		

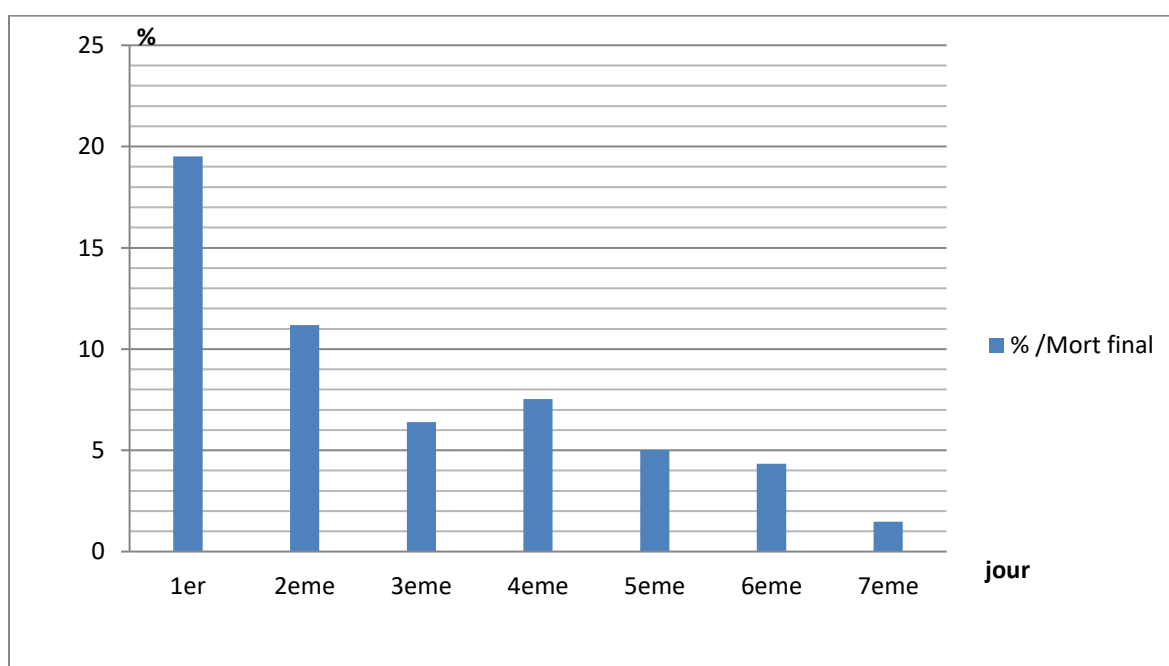


Figure 32 : Evolution de la mortalité de puceron noir du lot traité à 0,05% d'huile essentielle

4- Lot traité à 0,01% d'huile essentielle de thym

L'application du traitement à la dose de 0,01% a présenté une faible mortalité avec un pic durant le deuxième jour avec un effectif de 97 individus. Cette augmentation de mortalité laisse supposer que le traitement à la dose de 0,01% détruirait le puceron qui se trouve à la surface externe du groupe de pucerons et l'effet expliquerait la concentration des HEs (**Figure 33**).

Il a été observé ensuite, une diminution de la mortalité après le deuxième jour « 49 à 14 pucerons ».

Tableau VIII : Evolution de la mortalité du puceron noir du lot traité à 0,01% d'huile essentielle

Echantillons	D HE à 0.01		
	Jours	Mortalité	% (Morts)
1 ^{er}	75	20,60	8,05
2 ^{ième}	97	26,65	10,41
3 ^{ième}	49	13,46	5,26
4 ^{ième}	62	17,03	6,65
5 ^{ième}	40	10,99	4,29
6 ^{ième}	27	7,42	2,90
7 ^{ième}	14	3,85	1,50
Total mortalité	364		39,06
Total initial des Insectes	932		

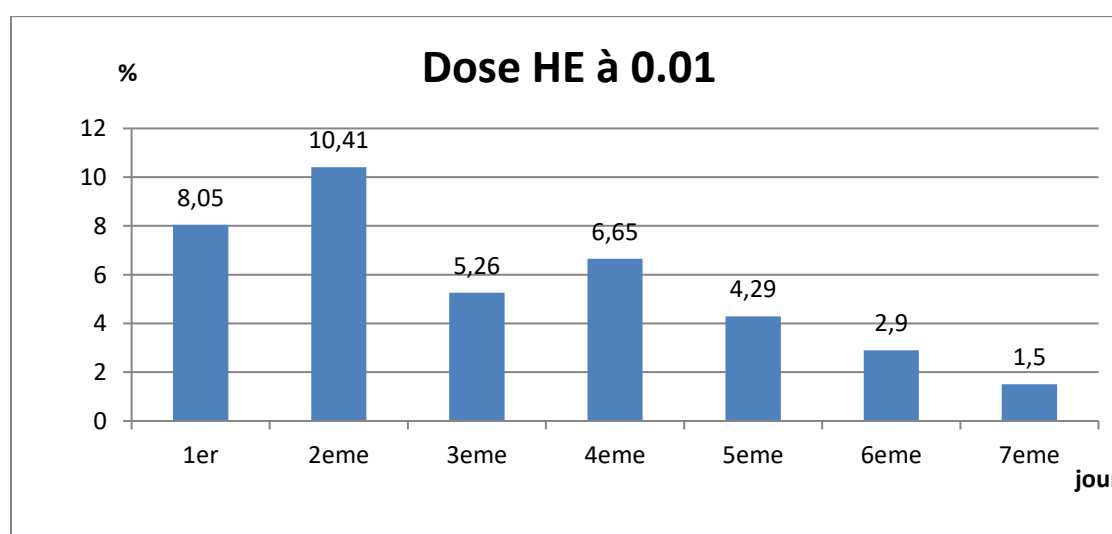


Figure 33. Evolution de la mortalité de puceron noir du lot traité à 0,01% d'huile essentielle

-4- Discussion des résultats

Les résultats des mortalités du puceron sont illustrés par la figure X et présentés dans l'annexe 10.

L'annexe X montre que l'effet insecticide est positif sur *Aphis fabae* avec une certaine supériorité montrée par le lot traité avec les HES à concentration 0.1%, soit un pourcentage de mortalité final de **75.51%**. Mais, il est à signaler que le traitement a perturbé le cycle et la couleur des feuilles et la tige de la plante.

Concernant les doses de traitement (0.05 et 0.01%), le pourcentage de mortalité final est respectivement (55.48 et 39.06%).

Les composés majoritaires des HES extraites sont principalement le carvacrol (61.5%), p-Cymène (10.83%) et γ -terpinène (8.81%).

Il existe une forte corrélation entre le pourcentage de pucerons morts et les concentrations des huiles testées. Une explication possible de ce résultat serait la présence du carvacrol (61.5%), comme composant majeur et l'effet synergique avec d'autres monoterpènes, tels que le p-cymène (10.8%), et le γ -terpinène (8.8%). En effet, des études antérieures ont montré que le carvacrol était acaricide contre plusieurs espèces de tiques, alors que le carvacrol et le γ -terpinène agissaient comme acaricides et insecticide (IORI et *al.*, 2005). Des composés structurellement apparentés tels que le p-cymène, le thymol seraient efficaces comme acaricides, il aurait une activité insecticide contre le puceron (Burley et *al.*, 2008). Le γ -terpinène, une autre substance active de l'huile de thymus, aurait un très bon effet insecticide.

Tableau IX : Comparaison des taux de mortalité des divers lots de traitements par les HEs

Echantillon	Témoïn			Acétone			Dose d'HE à 0.1			Dose d'HE à 0.05			Dose d'HE à 0.01		
	Mortalité	% (Morts)	% /Mort final	Mortalité	% (Morts)	% / Mort final	Mortalité	% (Morts)	% / Mort final	Mortalité	% (Morts)	% / Mort final	Mortalité	% (Morts)	% /Mort final
1 ^{er}	11	10,68	1,11	46	46,46	5,25	268	36,51	27,57	171	35,19	19,52	75	20,60	8,05
2 ^{ième}	14	13,59	1,42	14	14,14	1,60	196	26,70	20,16	98	20,16	11,19	97	26,65	10,41
3 ^{ième}	14	13,59	1,42	7	7,07	0,80	96	13,08	9,88	56	11,52	6,39	49	13,46	5,26
4 ^{ième}	25	24,27	2,53	15	15,15	1,71	43	5,86	4,42	66	13,58	7,53	62	17,03	6,65
5 ^{ième}	21	20,39	2,13	8	8,08	0,91	36	4,90	3,70	44	9,05	5,02	40	10,99	4,29
6 ^{ième}	11	10,68	1,11	7	7,07	0,80	68	9,26	7,00	38	7,82	4,34	27	7,42	2,90
7 ^{ième}	7	6,80	0,71	2	2,02	0,23	27	3,68	2,78	13	2,67	1,48	14	3,85	1,50
Total mortalité	103		10,44	99		11,29	734		75,51	486		55,48	364		39,06
Total initial Insectes	987			877			972			876			932		

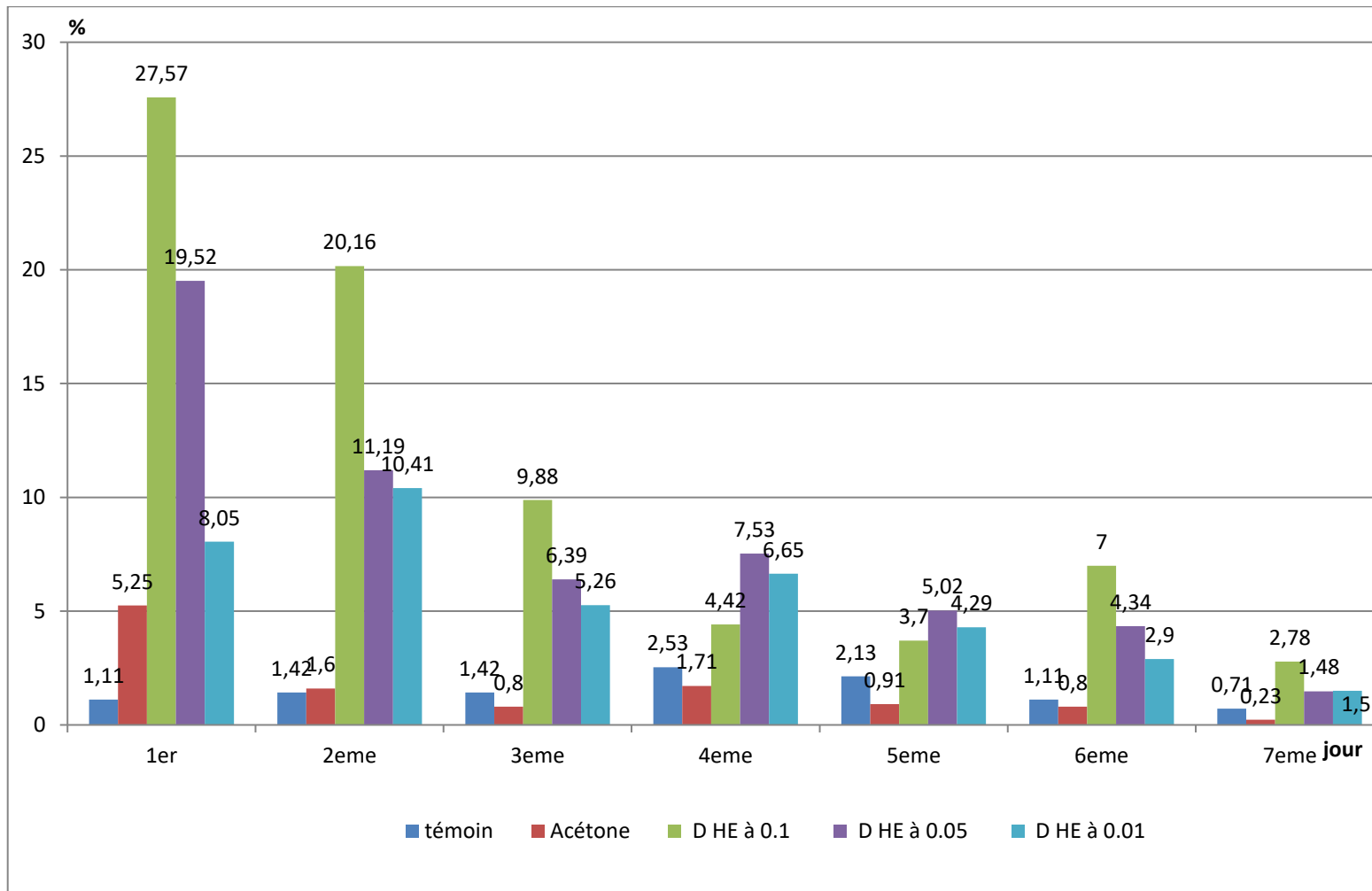


Figure 34. Taux de mortalité des trois lots de traitements par les HEs

IV-3-2-Traitement par fumigation

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence l'activité insecticide de *T. fontanesii* par la méthode prophylactique : la fumigation. Cette méthode semble être intéressante dans la lutte contre le puceron car la matière fumigène placée dans l'enfumoir (50 g) doit se consumer sous une forte source de chaleur et le plus rapidement possible.

Les différentes boxes qui constituent le lot traité ont reçu des fumées pendant 5mn par deux trous, d'un seul côté, et ce pour permettre à la fumée de se diffuser à l'intérieur de la ruche, du lot témoin et du lot avec combustible.

Les résultats du diagnostic de la mortalité sont regroupés dans le tableau VIII et illustrés par les figures 35 et 36.

Les résultats obtenus (tableau), montrent que les box(témoin , combustible et traite) sont infestés par le puceron noir et présentent un pourcentage de mortalité final variable de 22.05%, 30.84% et 51.66% respectivement pour les Box temin, combustible et traité par fumigation. Ceci dénote une hétérogénéité dans le (%) de mortalité.

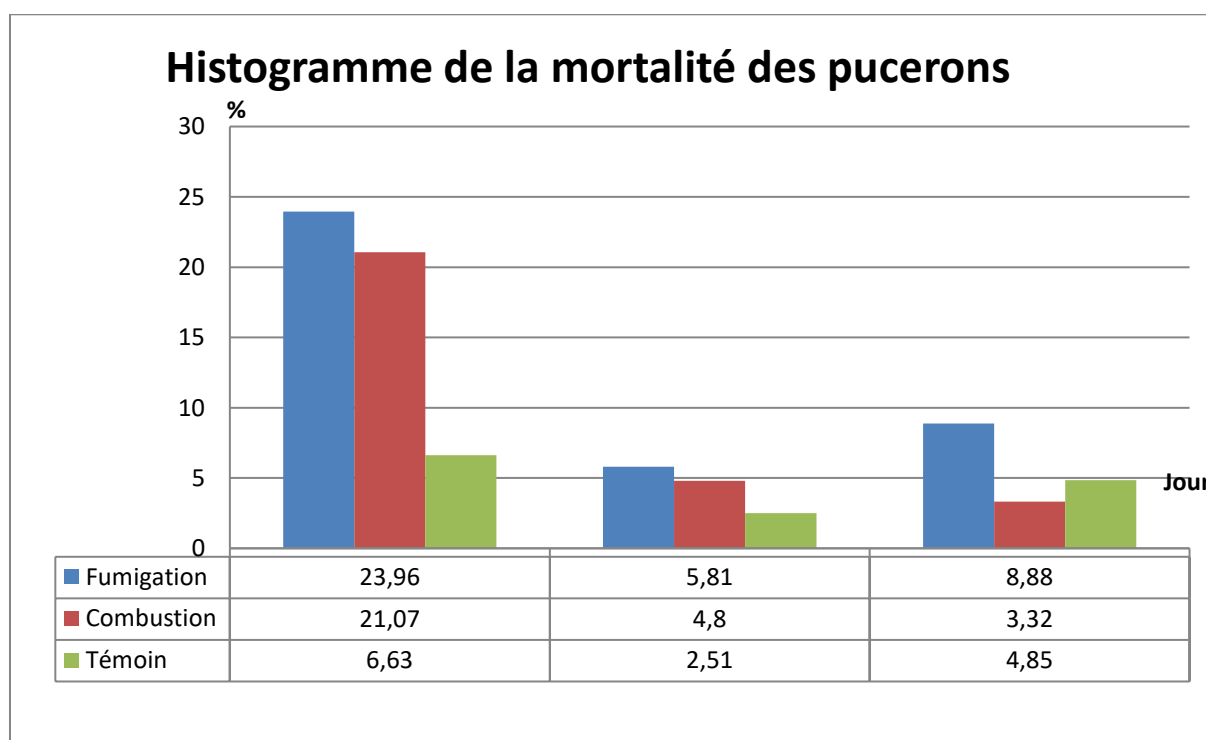


Figure 35. Evolution de la mortalité du puceron noir

La figure 35 illustre les résultats des mortalités des trois jours d'observation, des trois boîtes et montre qu'il y a une diminution progressive de la mortalité après le deuxième comptage. Cette diminution s'expliquerait par :

- Une oscillation de la température après le deuxième comptage entre 24 et 34°C (combustible et traité) cela est due à la chaleur dégagée par le combustible qui influence positivement sur la mortalité du puceron noir contrairement pour le box témoin.

A partir de ces observations, nous pouvons avancer que le traitement par fumigation avec le thym a un effet positif sur la mortalité *d'Aphis fabae*.

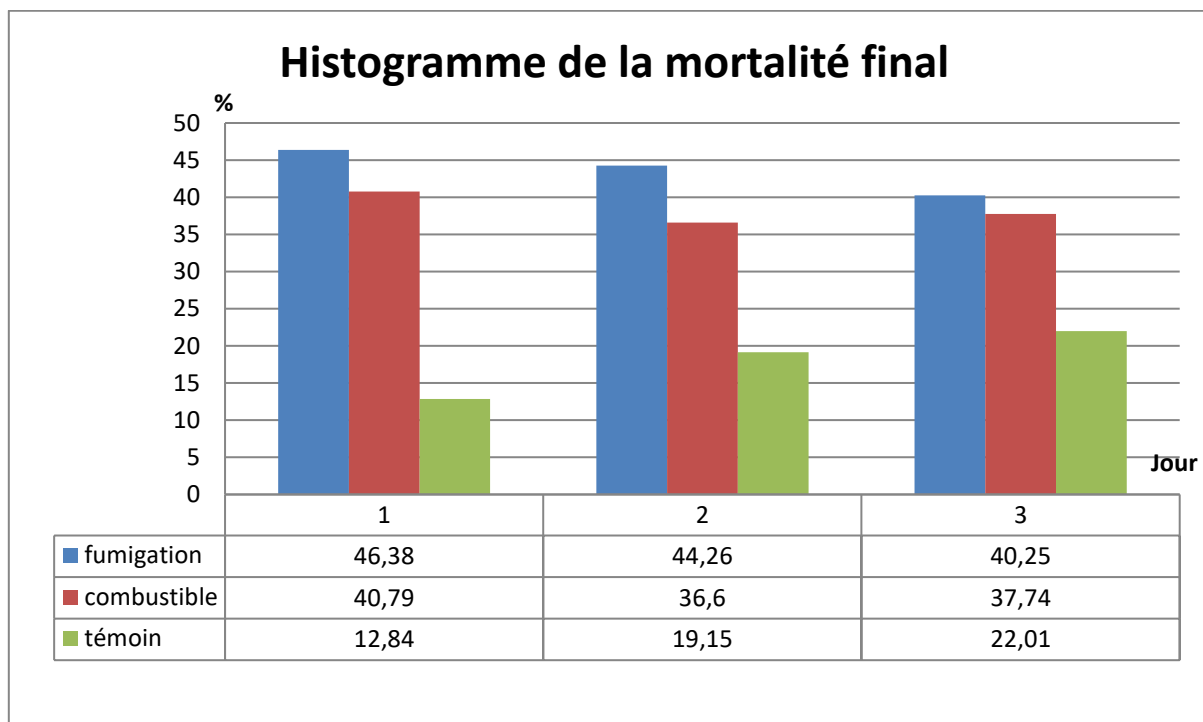


Figure 36. Evolution de la mortalité finale du puceron noir

Tableau X : Comparaison des taux de mortalité des trois lots de traitement par fumigation

Echantillons	Témoïn			Combustible			Fumigation		
	Mortalité	% (Morts)	% /Mort final	Mortalité	% (Morts)	% /Mort final	Mortalité	% (Morts)	% /Mort final
1 ^{ier}	64	40,25	8,88	104	44,26	5,81	224	46,38	23,96
2 ^{ième}	60	37,74	8,32	86	36,60	4,80	197	40,79	21,07
3 ^{ième}	35	22,01	4,85	45	19,15	2,51	62	12,84	6,63
Mortalité	159		22,05	235		30,84	483		51,66
Totalinitial Insectes	721			762			935		

3-Traitement par contact

Les résultats de mortalité d'*Aphisfabas* après traitement par pulvérisation de 1ml des concentrations de 0,1% ; 0,05% et 0,01% d'huile essentielle diluée dans l'acétone sur les pucerons du nombre de 20 sujets par boîte de pétri plus deux boîtes (témoin et acétone).

Le dénombrement des *Aphisfabae* morts commence après une demi-heure à l'aide d'une loupe. Ce travail a été effectué du 28 avril 2022,

Cette expérience donne une idée sur l'efficacité des HEs mais ne reflète pas la réalité, car la mortalité est totale (100%) après 60 minutes de traitement pour les trois boîtes traitées à différentes concentrations d'HEs.



Figure 37. Prélèvement des échantillons d'*Aphisfabae*



Figure 38. Traitement par contact avec les HEs de *Thymus fontanesii*

Conclusion générale

Conclusion générale

Le travail a été mené dans le cadre de la valorisation des huiles essentielles de Lamiacées algériennes et particulièrement le thym poussant à l'état sauvage dans la wilaya de Ain Defla Dans et ce, dans le but d'une éventuelle lutte biologique contre le *puceron noir* de la fève.

L'extraction des huiles essentielles de *T. fontanesii* est réalisée par hydrodistillation. La caractérisation des extraits est réalisée par CG/MS ainsi qu'une évaluation de leur potentiel insecticide. Le meilleur rendement obtenu varie de 0.74% à 1.15% durant le mois de Mars. Cette période est caractérisée par une photopériode minimale empêchant la biosynthèse des huiles essentielles. En plus, elle coïncide avec la période de dormance durant laquelle la plante dégage peu d'huiles essentielles attirant les insectes pollinisateurs.

22 composés sont identifiés représentant 97.78% de la totalité des constituants pour l'espèce *T. fontanesii*. Les composés majoritaires sont le carvacrol (61.5%), p-Cymène (10.8%) et γ -terpinène (8.8%). L'huile essentielle extraite est de chémotype carvacrol. Ce composé majoritaire est caractérisé par ses propriétés antimicrobiennes, antioxydants et insecticides.

La mise au point d'outils complémentaires notamment biologiques est devenue nécessaire compte tenu de l'évolution et la persistance de cet insecte *Aphis fabae Scopoli* face aux moyens classiques de lutte. Parmi ces outils, les substances naturelles d'origine biologique à effet insecticide, serait une bonne alternative pour le contrôle des *Aphis fabae* telle que le thym. Ce dernier représente une piste à développer, en testant leur effet sous forme de pulvérisation, de contact et de fumigation et sous des conditions environnementales diverses.

La technique de traitement par pulvérisation à différentes doses (0,1 ; 0,05 et 0,01%) donne des résultats impressionnants par une réduction du taux d'infestation avec respectivement 75.51%, 55.48% et 39.06%, respectivement. Le nombre moyen d'insectes éliminés par jours étaient de 105, 69 et 52 respectivement.

Quant au traitement par fumigation, il ressort clairement que le traitement par le thym engendre une mortalité importante d'insectes lors de trois jours de traitement. En revanche, pour le traitement par la fumée de thym, la mortalité est plus importante que le témoin et le combustible avec respectivement 161, 78 et 53 insectes morts. Le traitement par fumigation a réduit le taux d'infestation de 51.66%.

Enfin, le traitement contre le puceron noir par les huiles essentielles de thym s'est révélé très efficace dans des conditions bien déterminées, et sans effet néfaste sur le développement de la culture et mériterait d'être proposé comme un bio-insecticide contre le puceron, un traitement naturel, simple et sans contre-indications. Cependant, le choix d'une méthode ou stratégie de lutte contre le puceron ne dépendra pas seulement du choix de traitement mais de la période d'application, de la dose et de la voie d'administration, conditions indispensables, pour la réussite du traitement. Cependant, des recherches complémentaires seraient nécessaires pour évaluer l'efficacité des HEs étudiées par :

Fractionnement des différents constituants des huiles essentielles afin de connaître la ou les molécules à l'origine des effets insecticides et, l'éventuelle synergie entre elles ;

Elaboration des produits pharmaceutiques (modèle biologique), à base des composés des huiles essentielles pour traiter des pathologies, moins coûteuses et facilement utilisables par les agriculteurs.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

A

Abramson CI., Wanderley PA., Wanderley M.J.A., Silva J.C.R et Michaluk LM. (2007). The Effect of essential oils of sweet fennel and pignut on mortality and learning in africanized Honeybees (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae) *NeotropicalEntomology*36 (6), pp. 828-835.

Adamfrère. (1964). Les croisements et l'apiculture de demain. Paris: SNA, 1985, 127p.

Adams RP. (2001). Identification of Essential Oils Components by Gas Chromatography / Mass Spectrometry. AlluredPubl., Carol Stream, USA.

AFNOR (1986). Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles », AFNOR. Paris. 57 p.

Afssaps.(2008). Pharmacopée européenne. Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles. Agence Française de Sécurité Sanitaire des produits de santé.

Amarti F., Satrani B., Ghanmi M., Aafi A., Farah A., Aarab L., El Ajjouri M., Guedira A et Chaouch A. (2011). Activité antioxydante et composition chimique des huiles essentielles de quatre espèces de thym du Maroc. *Acta BotanicaGallica*, 158, 513-523

Amarti F., Satrani B., Ghanmi M., Farah A., AafiA., Aarab L., El Ajjouri M et Chaouch A. (2010). Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. Du Maroc. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. Volume 14 N°1*

Amdam GV., Hartfelder K., Norberg K., Hagen A. et Omholt S.W.(2004). Altered physiology in worker honey bees (Hymenoptera: Apidae) infested with the mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae): a factor in colony loss during overwintering. *J Econ Entomol. Jun ;97 (3):741-7.*

Anderson DL. et Trueman JWH. (2000). *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental and Applied Acarology*, 24, 165-189

Anonyme., 1987. Fabuleux insectes Science et vie : 68-69p.

.Aprotosoie AC., Spac A D., Hancianu M., Miron A., Tanasescu VF., Dorneanu V et Stanescu U.(2010). The chemical profile of essential oils obtained from fennel fruits (*Foeniculum vulgare* Mill.). *FARMACIA*, 58 (1). pp. 46-54

Asgar E., Sendi J J., Aliakbar A And Razmjou J.(2014). Chemical Composition and Acaricidal Effects of Essential Oils of *Foeniculum vulgare* Mill. (Apiales: Apiaceae) and *Lavandula angustifolia* Miller (Lamiales: Lamiaceae) against *Tetranychusurticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Psyche: A Journal of Entomology. Volume 2014, Article ID 424078, 6 pages*

B

Babulka P. (2007). Plantes médicinales du traitement des pathologies rhumatismales : de la médecine traditionnelle à la phytothérapie moderne. *Phytotherapie* 5(3):137-145

Bachelot C., Blaise A., Corbel T. & Le Guernic A. (2006). Les huiles essentielles : extraction et comparaison. Licence de Biologie. Bretagne U.C.O Nord, France. pp: 1-18

Bakkali Aissaoui A., Amrani A., Zantar S et Toukour L. (2018). Activité Acaricide Des Huiles Essentielles Du *MenthaPulegium*, *OriganumCompactum* Et *Thymus Capitatus* Sur L'acarien Phytophage *TetranychusUrticae* Koch (Acari : Tetranychidae). *European Scientific Journal January 2018 edition Vol.14, No.3* ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431

Belanger A. S., Khanizadeh (1995). Influence de la composition chimique des huiles essentielles de différents géotypes de fraisiers sur la résistance aux acariens. *Rivista Italiana EPPOS. 14*, 443-445,.

Belkhiri F., et Baghiani A. (2017). Plantes médicinales Activités antioxydantes et antibactériennes Etude de cas : *Tamuscommunis* et *Carthamuscaeruleus*. Edition Éditions Universitaires Européennes OmniScriptum GmbH & Co. KG ISBN 978-3-330-86516-7

Ben El Hadj Ali I., Zaouali Y., Bejaoui A and Boussaid M. (2010). Variation of the chemical composition of essential oils in Tunisian populations of *Thymus algeriensis* Boiss. Et Reut. (Lamiaceae) and implication for conservation. *Chemistry & Biodiversity*, 7, 1276-1289.

Benbelaïd F., Khadir A., Abdoune M A., and Bendahou M. (2013). Phytochemical screening and *in vitro* antimicrobial activity of *Thymus lanceolatus* Desf. from Algeria. *Asian Pac J Trop Dis.* 2013 Dec; 3(6): 454–459. doi: 10.1016/S2222-1808(13)60100-0

Benkiki N. (2006). Etude phytochimique des plantes médicinales algérienne. *Rutamontana*, *Matricaria pubescens* et *Hypericum perfoliatum*. Thèse de Doctorat, Université Al-Hadj Lakhdar Batena, p. 112, 116, 117, 119, 123, 124, 133.

Bernard. (2010). *Thymus vulgaris*, histologie. Forum le naturaliste. De la loupe au microscope

Besombes C. (2008). Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. *Thèse de doctorat.* Université de La Rochelle, 289p

Blackman R.L. et Eastop V.F., 2007. Taxonomic issues In: VAN EMDEN H.F., HARRINGTON R. (Eds.), *Aphids as Crop pests.* CABI International, Oxford shire, U.K. 968-1003.

Bouaoun D., Hilan C., Garabeth F. and Sfeir R. (2007). Etude de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle d'une plante sauvage *Prangos asperula* Boiss. *Phytothérapie* 5: 129-134.

Bouhdid S., Idaomar M., Zhiri A., Bouhdid D., Skali N S and Abrini J. (2006). *Thymus* essential oils: chemical composition and *in vitro* antioxidant and antibacterial activities. *Biochimie, Substances Naturelles et environnement, Congrès International de biochimies, Agadir.* 324-327.

Boutekdjiret C., Belabbes R., Bentahar F., Bessière J M., et Rezzoug S A. (2004). Isolation of rosemary oils by different processes. *J. Essent. Oil Res*, Vol. 16, pp : 195–199.

Bruneton J. (1993). Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales. *Tec. & Doc.* Lavoisier, 2ème édition, Paris. 915p.

Bruneton J. (1999). Pharmacognosie, Phytochimie – Plantes médicinales – 3ème Ed Techniques et documentations.Lavoisier 3ème édition. Paris. pp: 227-310-312-313-314-494.

Bruneton J. (2009). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, Ed : Tec &Doc,Lavoisier, 4ème édition, Paris, 1269p.

Bruneton J., 1999.phytochimie, plantes médicinales, Ed. Technologie et documentation.

Burt S., (2004).Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*94(3):, pp.223-253.

C

Carette AS. (2000). La lavande et son huile essentielle. *In* Besombes C., 2008. Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. *Thèse de doctorat.* Université de La Rochelle, 289p.

Chouitah O, 2011 "Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de Glycyrrhizaglabra", Thèse de doctorat, Faculté des sciences, Université d'Oran.

Cowan M.M., 1999.Plante products as antimicrobialagents.*Clinicalmicrobiologyreviews* 12 :564-582 p.

Chemat F., Lucchesi M.E., Smadja J., Favretto L., Colnaghi G and Visinoni F. (2006).Microwave accelerated steam distillation of essential oil from lavender: a rapid, clean and environmentally friendly approach. *Anal. Chim. Acta* 555, 157–160.

ClarentonN.(1999).La lavande (*Lavandulaangustifolia*, Mill.).

Couic-Marinier F., Lobstein A. (2013). Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine. *Actualitéspharmaceutiques*; 52 (525) : 18-21.

Chassaing V. (2006).L'Aromathérapie: les huiles essentielles au service du cheval; Ed: Violaine Chassaing ; p: 4- 8.

Cimanga K., Kambu K., Tona L., Apers S., De Bruyne T., Hermans N., Totté J., Pieters L and Vlietinck AJ.(2002). Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *J. Ethnopharmacology*, 79, 213-220.

Cosentino S., Tuberoso C.I.G., Pisano B., Satta M., Mascia V., Arzedi E., Palmas F. (1999).*In vitro* antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian *Thymus* essential oils. *Letters of Applied Microbiology*, 29: 130–135

D

Damintoti, K., Mamoudou H.D., Simpore J. and Traore A.S.(2005). Antioxidant and antibacterial activities of polyphenols from ethnomedicinal plants of Burkina Faso, *African Journal of Biotechnology* 4 (8), 823-828.

- Dedryver CA (2007).** Pucerons : des dégâts et des hommes. *Biofutur*. 279: 22-25.
- Dedryver Ca, Le Ralec A, Fabre F., 2010.** The conflicting relationships between aphids and men: A review of aphid damage and control strategies. *C.R. Biologies*. 333: 539- 553.
- Dedryver, C.A 1982.** –Qu'est-ce qu'un puceron journ.D'info et d'études «les pucerons des cultures, Le 2,3 et 4 mars 1981.Ed.Bourd,Paris.Pp9-20. »
- Degryse AC., Delpla I et Voinier M.A. (2008).** Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. *Atelier santé environnement -IGS- EHESP*, 87p.
- Dinant S, Bonnemain J-L, Girousse C, Kehr J., 2010.** Phloem sap intricacy and interplay with aphid feeding. *C. R. Biologies*. 333: 504-515.
- Dob T., Dahmane D., Chelghoum C.(2006).**Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Thymus algeriensis*Boiss&Reut – the International Journal of Aromatherapy ; Vol .16 ; pp 95-100
- Dob T., Darhmane D., Benabdelkader T. and Chelghoum TC.(2006).** Studies on the essential oils and antimicrobial activity of *Thymus algeriensis* Boiss. &Reut. *Int. J. Aromatherapy*, 16 (2), 95-100.
- Dongmo P M J., Tchoumboungang F., Ndongson B., Agwanande W., Sandjon B., Zollo P H A and MenutC.(2010).** Chemical characterization, antiradical, antioxidant and anti-inflammatory potential of the essential oils of *Canarium schweinfurthii*and *Aucoumeaklaineana*(Burseraceae) growing in Cameroon. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 1 (4): pp. 606-611.

E

- El-Akhal F., Greche H., Ouazzani C F., Guemmouh R et El Ouali A L.(2015).**Composition chimique et activité larvicide sur *Culex pipiens*d'huile essentielle de *Thymus vulgaris*cultivées au Maroc Chemical composition and larvicidalactivity of *Culex pipiens*essential oil of *Thymus vulgaris*grown in Morocco *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (1) (2015) 214-219 *El-Akhal et al ISSN : 2028-2508 CODEN: JMESC*N 214.

F

- Faleiro M L., Miguel M G., Ladeiro F., Venancio F., Tavares R., Brito J C., and Pedro LG. (2003).**Antimicrobial activity of essential oils isolated from Portugueseendemic species of *Thymus*. *Letters in appliedmicrobiology*, 36 (1), 35-40.
- Fantino NS. (1990).**Etude du polymorphisme au d'une population de lavande (*Lavandulaangustifolia* Mill.)- Détermination de critères précoces de sélection. Thèse de doctorat.Université de La Rochelle.p :41-45.
- FekamBoyom F. (1992).** Huiles essentielles de quelques Annonacées du Cameroun : teneur, caractéristiques chimiques et propriétés pharmacodynamiques. Thèse de doctorat, Université de Yaoundé.

Fellah S, Romdhane M, Abderraba A (2006).Extraction et etude des huiles essentielles la salviaofficinalis . L Journal de la Société Algérienne de la Chimie .;Vol.16 ;N°2 ;pp 193-202.
Fralval, 2006. Les pucerons.Insectes 3n°141.

Fredon, 2008. Fiche technique sur les pucerons,France

G

Garnéro J. (1991). Les huiles essentielles, leur obtention, leur composition, leur analyse et leur normalisation. Ed. *Encyclopédie des médecines naturelles*, Paris, France, pp. 2-20.

Garnero P., Ferreras M., Karsdal MA., Nicamhlaioibh R., Risteli J., Borel O., Qvist P., Delmas PD., Foged NT and Delaissé JM (2003).The type I collagen fragments ICTP and CTX reveal distinct enzymatic pathways of bonecollagen degradation.*JBone Miner Res.* ;18 (5):859-67.

Ghestem A., Seguin E., Paris M. et Orecchioni A.M., (2001).Le préparateur en pharmacie. Dossier 2 : Botanique, Pharmacognosie, Phytothérapie, Homéopathie. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

Giordanengo P, Brunissen L, Rusterucci C, Vincent C, Van Bel A, Dinant S, Girousse C, Faucher M, Bonnemain J-L., 2010. Compatible plantaphidinteractions: how aphidsmanipulate plant responses. *C. R. Biologies.* 333: 516-523

Giordiani R., Hadeff Y. et Kaloustian J. (2008).Compositions and antifungal activities of essential oils of some Algerian aromatic plants. *Fitoterapia*, 79, 199–203.

Giweli AA., Džamić AM., Soković MD., Ristić MS and Marin PD. (2013). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of *Thymus algeriensis*wild-growing in Libya. *Central European Journal of Biology*, 504–511

Gomes A. V. da C., Vieira F da S., Crespi M. P. A. L. de., Coll J. .F C. and Pessoa M. F. (2004).Performance and carcass characteristics of rabbits under different particle size of sugar cane bagasse as fibre source. *VeterinariaNoticias*, 10 (1): 87-92

González-Gómez R., Otero-Colina G., Villanueva-Jiménez JA., Peña-Valdivia CB., Santizo-Rincón JA. (2012). Repellency of the oily extract of neem seeds (*Azadirachta indica*) against *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Experimental and AppliedAcarology*, 56, 261-70.

Grasse P.P., 1951.Traité de zoologie. Anatomie, Systématique, InsectesSupérieurs et Hémiptéroïdes. Ed. Masson et Cie, T. X, Fasc II, Paris, 1947 p.

Guernoug A et Guernoug N (2017) : Elaboration d'une carte de répartition du genre thymus et étude de la composition chimique de *Thymus Algeriensis*Boiss. &Reut et de *Thymus fantanesii*Boiss. &Reut dans la région de Djendel -wilaya deAinDefla Mémoire UDBKM 71p

Guinoiseau E. (2010). Molécules, antibactérienne issues d'huiles essentielles : séparation, identification et mode d'action. Thèse de Doctorat de l'Université de Corse, option : Biochimie- Biologie moléculaire, France. 50p.

Guy Gilly.(2005).Les plantes aromatique et huiles essentielles a grasse – botanique-culture - chimie-production et marché.préface de Hubert Richard ; L’Harmattan.

Gwinner J., Hanisch R., Mück O., 1996.Manuel sur la manutention et laconservation des grains après récolte. Deutsche GesellschaftfürTechnischeZusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn, R.F.A., 388p

H

Hamadache A., 2003. La féverole. Inst. Techn. Gr. Cult (T.T.G.C) ,13p

Hazzit M., Baaliouamer A., Verissimo AR., Faleiro ML and Miguel MG. (2009). Chemical composition and biological activities of Algerian Thymus oils. *Food Chemistry*, 116, 714-721.

Heng SS., Huang CG., Chen WJ., Kuo YH and Chang ST. (2008). Larvicidal activity of tectoquinone isolated from red heartwood-type *Cryptomeria japonica* against two mosquito species. *Bioresour Technol* 99: 3617 –3622.

Heni S., Bennadja S and Djahoudi A. (2015). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Thymus ciliates* growing wild in North Eastern Algeria *Journal of Applied Pharmaceutical Science* Vol. 5 (12), pp. 056-060, December, 2015

Hilan C, Sfeir R, Jawich D Et Aitour S (2006).Huiles essentielles de certaines plantes médicinales libanaises de la famille des lamiaceae. *Lebanese Science Journal*;vol 67 ;pp43-51

Huang Z.J., Curtin K.D. and Rosbash M. (1995). PER protein interactions and temperature compensation of a circadian clock in *Drosophila*. *Science* 267(5201): 1169--1172.

Hudaib M., Speroni E., PietraAMDi and CavriniV.(2002). GC/MS evaluation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variation during the vegetative cycle. *Journal of Pharmaceutical BiomedicalAnalysis*. 29, 691-700.

Hulle M, Turpeau- Ait Ighil E, Robert Y, Monnet Y.,1999. Les pucerons des plantes maraîchères : cycles biologiques et activités de vol, INRA, Paris, pp. 28-58-134.

Isman M B. (2006). Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Ann. Rev.Entomol.*, 51, pp.45–66.

J

Joulain D. and König WA. (1998).*The Atlas of Spectral Data of Sesquiterpene Hydrocarbons*. E.B. – Verlag Hambourg

Juárez ZN., Bach H., Sánchez-Arreola E., Bach H and Hernández LR .(2016). Protective antifungal activity of essential oils extracted from *Buddlejaperfoliata* and *Pelargonium graveolens* against fungi isolated from stored grains. *J Appl Microbiol.*;120 (5):1264-70.doi: 10.1111/jam.13092

K

Kellouche A., 2005. Etude de la bruche du pois chiche, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) : Biologie, physiologie, reproduction et lutte. Thèse. Doc d'état. Univ. Tizi-Ouzou, Algérie. 154p.

Kutukoğlu F., Girişgin A O and Aydin L. (2012). Varroacidal efficacies of essential oils extracted from *Lavandula officinalis*, *Foeniculum vulgare*, and *Laurus nobilis* innaturally infested honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies Turk. *J. Vet. Anim. Sci.* 36(5): 554-559 TUBİTAK doi: 10.3906/vet-1104-12.

Kweka EJ., Nyindo M., Mosha F and Silva AJ. (2011). Insecticidal activity of the essential oil from fruits and seeds of *Schinus molle* Raddi against African malaria vectors. *Parasit Vectors* 2011, 4: 129

L

Lambert L., 2005. Les pucerons dans les légumes de serre : Des bêtes de sève. Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation, Quebec. 302p

Lamiri A., Lhaloui S., Benjilali B. and Berrada M. (2001). Insecticidal effects of essential oils against Hessian fly, *Mayetiola destructor* (Say). *Field Crops Res.*, 71, 9-15.

Leclant F., 1978A. Etude bioécologique des aphides de la région méditerranéenne. Implications agronomiques. T. 1. Thèse Doctorat., Univ. sci et tech. Languedoc, Montpellier, 135 p

Leclant F., 1999. Les pucerons des plantes cultivées : clefs d'identification. II cultures maraichères, INRA, Paris, pp. 9-14.

Leroy P, Capella Q, Et Haubruge É., 2009. L'impact du miellat de puceron au niveau des relations tritrophiques entre les plantes-hôtes, les insectes ravageurs et leurs ennemis naturels. *Biotechnology Agronomy Society and Environment* 13: 325-334.

Lis-Balchin M. (2002). Lavender: the genus *Lavandula*. Taylor and Francis, London. p: 37, 40, 50, 155-200.

Liu XC., Dong HW., Zhou L., Du SS and Liu ZL. (2013). Essential oil composition and larvicidal activity of *Toddalia asiatica* roots against the mosquito *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Parasitol*, 112: 1197 – 1203.

Loïc G. (2006). Les plantes et les médicaments. L'origine végétale de nos médicaments. Edit: Delachaux et Niestlé. Collection: Les guides du naturaliste. P: 252.

Lucchesi ME. (2005). Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes : Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de Doctorat en Sciences, discipline : Chimie, Université de la Réunion, Faculté des Sciences et Technologies, Pp 19.

LvaAj., Almeida Dl., Ronchi Sn., Bento Ac., Scherer R., Ramos Ac and Cruz Zma. (2010). The essential oil of Brazilian pepper, *Schinusterebinthifolia*Raddi in larval control of *Stegomyia aegypti* (Linnaeus, 1762). *ParasitVectors* 2010, 3: 79.

M

Madi A. (2010). Caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales (Thym et Saugé) et la mise en évidence de leurs activités biologiques thèse de magister 100p.

Marie-Elisabeth Lucchesi. (2005).Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles.These de doctorat.147p.Université de la Réunion.

Meradsi F., 2009. Contribution à l'étude de la résistance naturelle de la fève *Vicia faba*L. au puceron noir *AphisfabaeScopoli*, 1763 (Homoptera: Aphididae). Thèse de Magister. Université El-Hadj Lakhdar -Batna-. 73p

Metchat S, 2012 Etude des caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles extraites à partir des graines de *Petroseliniumsativum* et de *Apiumgraveleons*", Thèse de Master, Faculté des sciences, Université Hassiba Ben Bouali-CHlef, 2012.

Miller R.E, Conville M.J, Woodrow I.E (2006).Glycosides from therare australien endemic rainforest *Clerodendrumgray* (Lamiaceae). *Phytochemistry* ; vol67, pp43- 51.

Mohammedi Z. et AtikF.(2011). Pouvoir antifongique et antioxydant de l'huile essentielle de *Lavandulastoechas* L. *Revue « Nature & Technologie »*. n° 06/Janvier 2012. Pages 34 à 39.

Murugan K., James Pitchai G., Madhiyazhagan P., Nataraj T., Nareshkumar A., Jiang-Shiou H., Chandrasekar R., Nicoletti M., Amsath A. and Ranjeet B. (2014). Llarvicidal, repellent and smoke toxicity effect of neem products against malarialvector, *anopheles stephensi**International Journal of Pure and Applied Zoology* ISSN (Print): 2320-9577 Volume 2, Issue 2, pp: 71-83, 2014

N

Naghbi F, Mohammadi M.S Et Ghorbani A (2005). Labiatae family in medicine in Iran : from Ethnobotany to pharmacology-Iranian Journal of Pharmaceutical esearch ; Vol.2 ;pp63-79.

Nickavar B., Mojab F. and Dolatabadi R. (2005). Analysis of the essential oils of two *Thymus* species from Iran. *Food Chemistry*, 90 :609-611.

Nielsen P.V. and Rios R.(2000).Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil. *Int. J. Food Microbiol.*, **60**, 219-229.

O

Oldroyd B.P. (1999). Coevolution while you wait: *Varro jacobsoni*, a new parasite of western honeybees, Trends Ecol. Evol. 14, 312–315.

Ouibrahim A. (2015). Evaluation de l'effet antimicrobien et antioxydant de trois plantes aromatiques (*Laurus nobilis* L., *Ocimum basilicum* L. et *Rosmarinus officinalis* L.) de l'Est Algérien. Diplôme de Doctorat, université Badji Mokhtar – Annaba, Spécialité : Toxicologie

Oussalah M., Caillet S., Saucier L., Lacroix M. (2006). Antimicrobiale effects of selected plant essential oils on the growth of a *Pseudomonas putida* strain isolated from meat. Meat Sci. 73:236–244.

P

Papageorgio V. (1980). GLC-MS computer analysis of the essential oil of *Thymus capitatus*. *Planta Medica Suppl.*, 29-33.

Paul Schauenberget Ferdinand Paris (2008). Guide des plantes médicinales .Espagne . Isbn :978-2-603-01454-4 .p 295-296.

Perry N. B., Anderson R. E., Brennan N. J., Douglas M. H., Heaney A. J., Mc Gimpsey J. A. and Smallfield B. M. (1999). Essential Oils from Dalmatian Sage (*Salvia officinalis* L.) : Variations among Individuals, Plant Parts, Seasons, and Sites. *Journal Agric. Food Chem.* 47 (5), 2048–2054.

Pierre V, 2009 Huiles essentielles, leur vertus bienfaisantes", Edition presses du châtelet, Paris, 2009

Pierron Charles. 2014. Les huiles essentielles et leurs expérimentations dans les services hospitaliers de France : exemples d'applications en gériatrie gériatologie et soins palliatifs. Thèse de Doctorat Université de Lorraine. p 27.

Piochon M. (2008). Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore Laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et héli-synthèse. Mémoire de maîtrise, option ressources renouvelables. Université du Québec à Chicoutimi

Piochon, M., 2008 Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et héli-synthèse.: ProQuest.

Popovic A., Šucur J., Orcic D And Štrbac P. (2013). Effects of essential oil formulations on the adult insect *tribolium castaneum* (herbst) (col., tenebrionidae). *Journal of Central Européen Agriculture*, 14(2), p.181-193 doi: 10.5513/jcea01/14.2.1246

Q

Quézel P. and Santa S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome II. CNRS. Ed. Paul Le chevalier, Paris.

R

Radwan Dem, Lu G, Ali Fayez K, Younis Mahmoud S.,2008. Protective action of salicylic acid against bean yellow mosaic virus infection in *Vicia faba* leaves. *Journal of Plant Physiology*. 165: 845-857.

Rajgovind S., Gaurav S., and Nakuleshwar DutJasuja. (2016). Essential Oil Yield Pattern and Antibacterial and Insecticidal Activities of *Trachyspermum ammi* and *Myristica fragrans*. Volume 2016 Article ID 1428194, 7 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1428194>

Rosenkranz T., Katranidis A., Atta D., Gregor I., Enderlein J., Grzelakowski M., Rigler P., Meier W., Fitter J.(2009). Observing proteins as single molecules encapsulated in surface-tethered polymeric nanocontainers. *Chembiochem* 10(4):702-9

Roux-Sitruk D., 2008– Conseil en aromathérapie, Ed : Pro-officina. France. Scotti G., 1978 : Les insectes et les acariens des céréales stockées, Ed. Coed. AFNORI. T. F. C, 238P.

Ryckewaert P. Et Fabre F., 2001. Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures maraichères à la Réunion. Food and agricultural research Council, Réduit, Mauritius. Ed CIRAD ,Saint Pierre, La Réunion. 248p.

S

Saidj F. (2006). Extraction de l'huile essentielle de thym : *Thymus numidicus* kabylica- Thèse de magistère en Technologie des hydrocarbures, Université Boumerdes, Algérie.

Sayah M Y., El Ouali Lalami A., Greech H., Errachidi F., Rodi El Kandri And Ouazzani Chahdi (2014). Larvicidal Activity of Aromatic Plant Extracts on Larvae of Mosquitoes Vectors of Parasitic Diseases *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 7 No. 3 Aug. 2014, pp. 832-842 2014 Innovative Space of Scientific Research Journals <http://www.ijias.issr-journals.org/>.

Silano V. and Delbò M. (2008). Assessment report on *Foeniculum vulgare* Miller. EMEA, European Medicines Agency. London ; 23p.

Silou T. (2003). Variations individuelle et saisonnière de la teneur et de la composition des huiles essentielles d'*E. citriodora* acclimaté à Pointe-Noire (Congo-Brazzaville). Université Marien Ngouabi. Faculté des sciences, pp. 1-6.

Sman MB. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Ann Rev Entomol*, 51: 45 – 66.

Song Ja-Eun Kim, Jeong-Moon Lee, Na-Hyun Yang, Ji-Yeon Lee, Hoi-Seon (2016). Acaricidal and Insecticidal Activities of Essential Oils against a Stored-Food Mite and Stored-Grain Insects. Journal of Food Protection®, Number 1, January 2016, pp. 4-178, pp. 174-178(5)

Svoboda K. P. and Hampson J. B. (1999). Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and other related pharmacological activities. <http://www.csl.gov.uv/ienica/seminars>.

Svoboda K.P., Svoboda T.G., Syred A. (2000). Secretory structures of aromatic and medicinal plants. Microscopix Publications. 60p.

T

Tamert A., · Latreche A. and · Aouad L. (2017). Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of Extracts of *Thymus serpyllum* and *Thymus vulgaris* from the Mount of Tessala (Western Algeria). *Phytothérapie* (2017) 15:384-394. DOI 10.1007/s10298-017-1132-1

Tanya, 2002- Aphids .Bio-Intégral Resource Center, Berkely

Tjallingii W.F., 2006. Salivary secretions by aphids interacting with proteins of phloemwound responses. *Journal of Experimental Botany*. 57 (4): 739-745

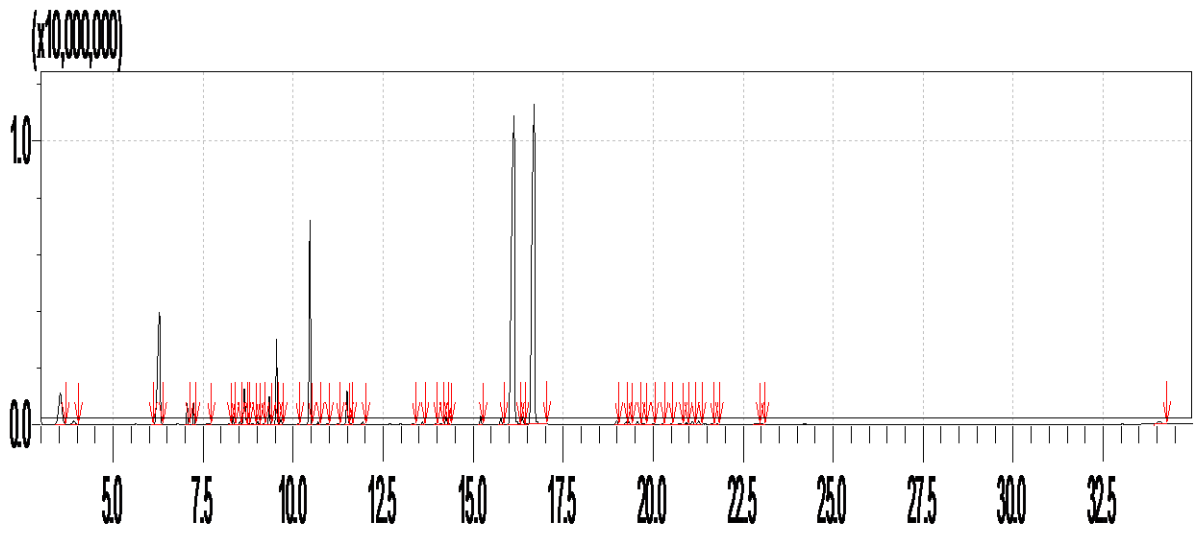
V

Vassart - Van Snick (2012). Aromathérapie; I.P.I. Besançon, 05/2012

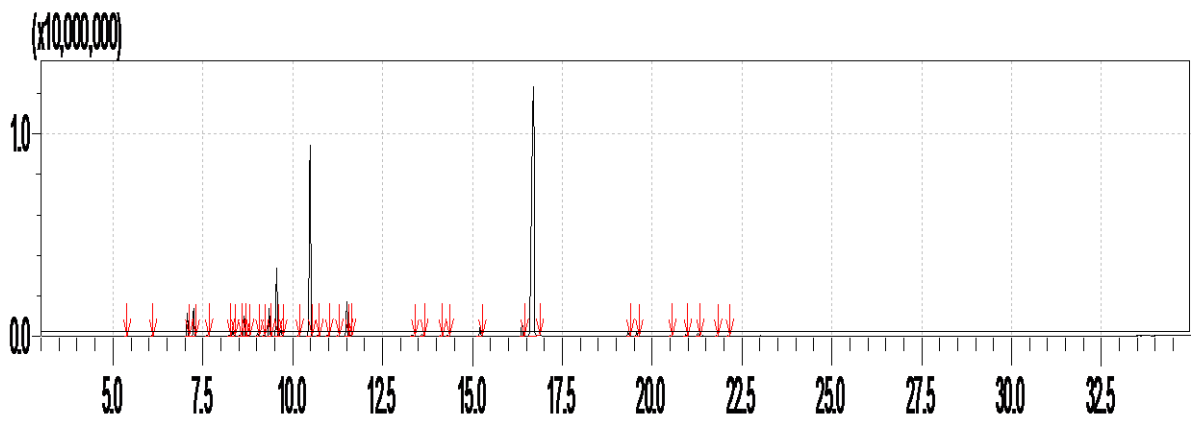
Y

Yakhlef G. (2010). Etude de l'activité biologique des extraits de feuilles de *Thymus vulgaris* et *Laurusnobilis* L. Thèse de Magister, Université El Hadj Lakhdar Batna.

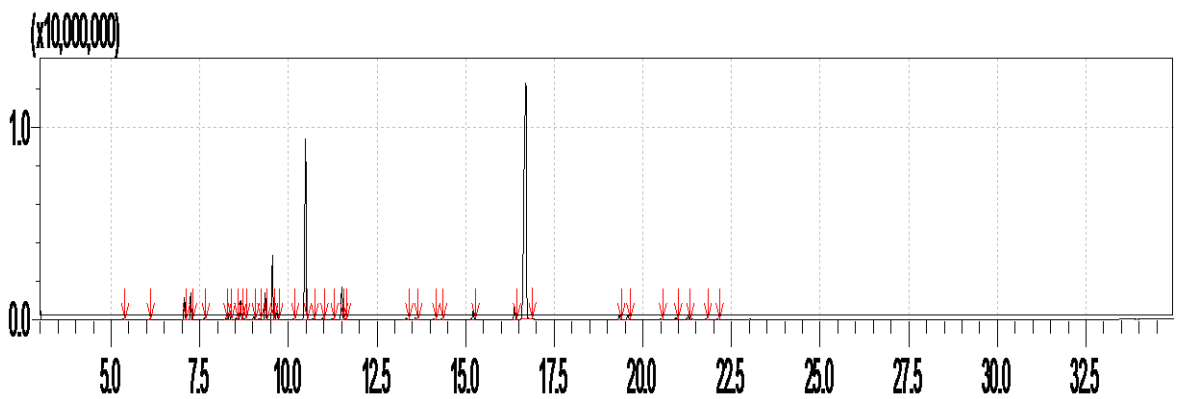
ANNEXES



Annexe 1 : chromatogramme 1



Annexe 2 : chromatogramme 2



Annexe 3 : chromatogramme 3