

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn  
Badis-Mostaganem  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE SCIENCES BIOLOGIQUE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présentées par

Mlle **REZOUG** Cherifa

&

Mlle **CHERIEF** Kheira

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN BIOTECHNOLOGIE ET VALORISATION  
DES PLANTES

THÈME

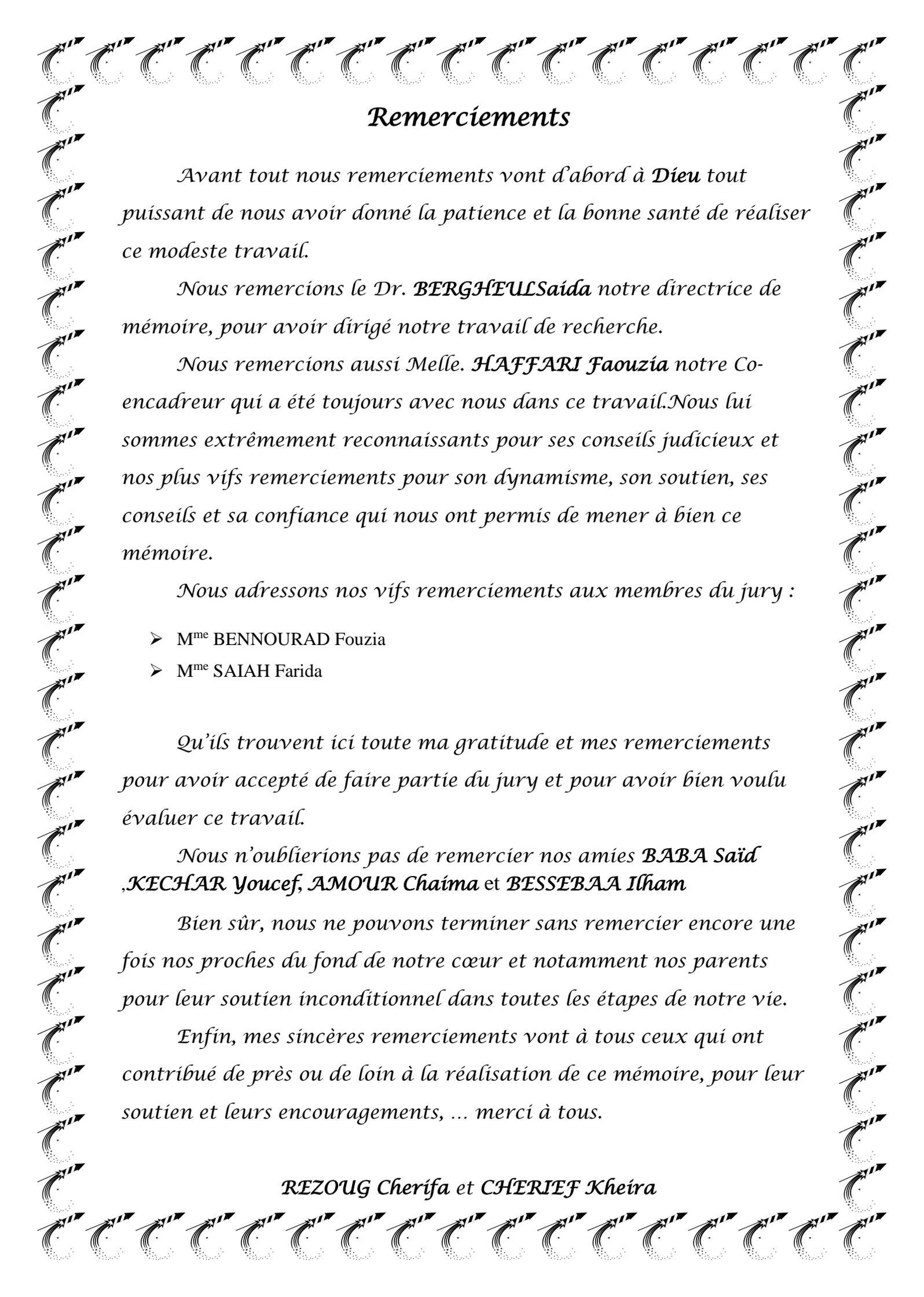
**Effet insecticide de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* L.  
vis-à-vis du puceron noir de la fève (*Aphis fabae*)**

Soutenu publiquement, le juin 2022

Devant le jury :

<b>President</b>	M <sup>me</sup> BENNOURAD Fouzia	M.C.A.	U. Mostaganem
<b>Examinatrice</b>	M <sup>me</sup> SAIAH Farida	M.C.B.	U. Mostaganem
<b>Promotrice</b>	M <sup>me</sup> BERGHEUL Saida	M.C.A.	U. Mostaganem
<b>Co-promotrice</b>	M <sup>lle</sup> HAFFARI Faouzia	Doctorante	U. Mostaganem

Année universitaire 2021/2022

A decorative border of arrows, each with a black and white striped tail and a black arrowhead, pointing towards the top right. The arrows are arranged in a slightly curved line along the top and sides of the page.

## Remerciements

*Avant tout nous remercions d'abord à Dieu tout puissant de nous avoir donné la patience et la bonne santé de réaliser ce modeste travail.*

*Nous remercions le Dr. **BERGHEUL Saïda** notre directrice de mémoire, pour avoir dirigé notre travail de recherche.*

*Nous remercions aussi Melle. **HAFFARI Faouzia** notre Co-encadreur qui a été toujours avec nous dans ce travail. Nous lui sommes extrêmement reconnaissants pour ses conseils judicieux et nos plus vifs remerciements pour son dynamisme, son soutien, ses conseils et sa confiance qui nous ont permis de mener à bien ce mémoire.*

*Nous adressons nos vifs remerciements aux membres du jury :*

- M<sup>me</sup> BENNOURAD Fouzia
- M<sup>me</sup> SAIAH Farida

*Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude et mes remerciements pour avoir accepté de faire partie du jury et pour avoir bien voulu évaluer ce travail.*

*Nous n'oublierions pas de remercier nos amies **BABA Saïd**, **KECHAR Youcef**, **AMOUR Chaïma** et **BESSEBAA Ilham***

*Bien sûr, nous ne pouvons terminer sans remercier encore une fois nos proches du fond de notre cœur et notamment nos parents pour leur soutien inconditionnel dans toutes les étapes de notre vie.*

*Enfin, mes sincères remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, pour leur soutien et leurs encouragements, ... merci à tous.*

**REZOUG Cherifa et CHERIEF Kheïra**

## *Dédicaces*

*Nous dédions ce modeste travail à :*

*A nos chers Parents,*

*Pour tous vos sacrifices pour nous, nul mot ne saura exprimer  
nos amours*

*envers vous. Que Dieu vous protège et vous accorde une longue  
vie, car*

*nous ne pourrions jamais oublier la tendresse et l'amour dévoué  
par lesquels*

*ils nous ont toujours entouré depuis nos enfances.*

*A nos sœurs douces et nos chers frères*

*Que Dieu vous garde, nous vous aimons et nous vous souhaitons  
une vie pleine de succès et de réussite.*

*A nos oncles et à nos tantes*

*A tous les familles REZOUG; CHÉRIEF*

*À tous mes cher(e)s ami(e)s : HAFARI Faouzia, BABAS aïd  
,KECHAR Youcef, AMOUR Chaïma et BESSEBAA Ilham.*

## Résumé

L'objectif de cette étude est de tester l'effet insecticide de l'huile essentielle de *Mentha pulegium.L* sur le puceron noir de la fève *Aphis fabae*. Pour répondre à cet objectif, une extraction par entraînement à la vapeur d'eau des feuilles de *Mentha pulegium.L* a été réalisée. Afin d'évaluer la toxicité de l'huile essentielle de la plante sur l'insecte étudié, deux tests ont été effectués : contact et répulsif. Un rendement très intéressant de l'huile a été obtenu à partir de la plante estimé à 5.2%. Les résultats obtenus par les deux tests montrent que l'huile essentielle de *Mentha pulegium. L* manifestent une activité insecticide remarquable *vis-à-vis* du puceron noir de la fève. Une mortalité totale a été enregistrée pour la dose 1 µl/ml et ceci après deux heures de traitement pour les deux tests comparativement au témoin, avec une DL<sub>50</sub> estimée à 0.7µl/ml.

**Mots clés :** *Aphis fabae*, *Mentha pulegium*, Huile essentielle, tests insecticides, DL<sub>50</sub>

## Abstract

The objective of this study was to test the insecticidal effect of *Mentha pulegium*. L essential oil on the black bean aphid *Aphis fabae*. To achieve this objective, a steam extraction of *Mentha pulegium*. L leaves was performed. In order to evaluate the toxicity of the essential oil of the plant on the studied insect, two tests were carried out: contact and repellent. A very interesting yield of the oil was obtained from the plant estimated at 5.2%. The results obtained from the two tests show that the essential oil of *Mentha pulegium*. L shows a remarkable insecticidal activity against the black bean aphid. Total mortality was recorded for the 1 µl/ml dose after two hours of treatment for both tests compared to the control, with an estimated LD50 of 0.7µl/ml.

Key words: *Aphis fabae*, *Mentha pulegium*, essential oil, insecticide tests, LD50

## Liste des figures

Figure 1: Tige de la fève (Originale, 2022) .....	04
Figure 2 :Les feuilles de la fève (2022Originale,.) .....	05
Figure 3 : Les racines de la fève (Originale, 2022).....	05
Figure 4:Les fleurs de la fève (Originale, 2022).....	06
Figure 5: Les fruits de la fève (Originale, 2022) .....	06
Figure 6 : Les graines de la fève (Originale, 2022) .....	07
Figure 7: Forme aptère du puceron noir de la fève ( <i>A. fabae</i> ) (Originale, 2022) .....	11
Figure 8 : forme ailée du puceron noir de la fève <i>A. fabae</i> (Originale, 2022) .....	12
Figure 9 : Représentation schématique du cycle de vie des pucerons (Turpeau Ait-Ighil et al., 2011). .....	13
Figure 10: la faune auxiliaires d' <i>A. fabae</i> .....	16
Figure 11 : Représentation de la plante de <i>Mentha Pulegium</i> (Originale, 2022). .....	18
Figure 12 :Répartitions géographique de la menthe pouliot dans le monde (Tucker et al., 2007). .....	20
Figure 13: Les étapes de l'obtention d'une huile essentielle .....	23
Figure 14 : <i>Mentha pulegium</i> (Originale, 2022) .....	24
Figure 15 : Population d' <i>A.fabae</i> (Originale, 2022) .....	25
Figure 16 : Dispositif expérimentale du test de toxicité par contact de HE <i>Mentha pulegium</i> (Originale, 2022).....	27
Figure 17 : Dispositif expérimentale du test de toxicité par contact de HE <i>Mentha pulegium</i> (Originale, 2022).....	28
Figure 18 : Dispositif expérimentale du test de répulsive de HE <i>Mentha pulegium</i> (Originale, 2022).....	29
Figure 19 : mortalité par effet de contact des adultes d' <i>A. fabae</i> traités par HE de <i>Mentha pulegium</i> L. ....	32
Figure 20 : Résultats de test de Tukey concernant le paramètre de la mortalité corrigée d' <i>A. fabae</i> en fonction de l'HE de <i>Mentha pulegium</i> .....	32
Figure 21: Courbe linéaire des Probits à différentes doses de l'HE de <i>M. pulegium</i> L. sur <i>A. fabae</i> par contact direct .....	33
Figure 22: Taux de répulsivité de EH de <i>Mentha pulegium</i> L à l'égard d' <i>A fabae</i> .....	34
Figure 23 : Résultats de test de Tukey concernant le paramètre de taux de répulsion d' <i>A. fabae</i> en fonction de l'HE de <i>Mentha pulegium</i> .....	35

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Pays producteurs de fève de 2013 à 2017 (FAO, 2019). .....	08
Tableau 2 : Composition chimique de l'HE de <i>Mentha pulegium</i> .....	21
Tableau 3 :le pourcentage de répulsion moyen est répartie suivant six classes.....	30
Tableau 4 : Calcule de la DL50 et la DL100 .....	33
Tableau 5 : Classement de l'huile essentielle <i>Mentha pulegium</i> .L suivant son taux de répulsion.....	34

## Table des matières

Résumé

Liste des figures

Liste des figures

**Table des matières**

Introduction général

### Partie bibliographie

#### Chapitre I : Présentation de la plante hôte(*Vicia faba*)

I.1. Généralités et historique .....	03
I.2. Position systématique .....	03
I.3. Description.....	04
I.3.1. Tige.....	04
I.3.2. Feuilles.....	04
I.3.3. Racines.....	05
I.3.4 Fleurs .....	05
I.3.5. Fruits .....	06
I.3.6.Graine .....	06
I.4.Cycle biologique.....	07
I.5.Utilisation des fèves.....	07
I.6. Principaux pays producteurs de fève de 2013 à 2017 (FAO, 2019).....	10
Chapitre II : Le puceron noir de la fève .....	10
II.3.Description du puceron noir de la fève .....	10
II.3.1. Forme aptère.....	10
II.3.2. Forme ailée .....	11
II.4. Biologie .....	11
II.5.Cycle Biologique.....	12
II.6.Les Dégâts Causés par <i>Aphisfabae</i> .....	13
II.7.1.Lutte préventive.....	14
II.8.Lutte chimique.....	14
II.9.Lutte biotechnique.....	14
II.10.Lutte biologique .....	14
II.11.Ennemis naturels .....	14
a) .Prédateurs.....	15
b) Parasitoïdes .....	15

#### Chapitre III : La plante aromatique « *Mentha Pulegium* »

III.1. Généralité.....	18
III.2.Position Systématique .....	18
III.3.Origine et distribution .....	19
III.4.Description botanique .....	20
III.5. Composition chimiques ( <i>Mentha pulegium</i> ): (Guy;2005).....	20
III.7.Toxicité de la <i>Mentha pulegium</i> .....	21

III.8. Utilisation de l'HE de la <i>M. pulegium</i> comme bio insecticides.....	21
III.5.Utilisations de <i>Mentha Pulegium</i> .....	22
III.5.1.Utilisations médicinales traditionnelles .....	22

## Parti expérimentale

### Chapitre 1: **Matériel et méthodes**

I. Objectif .....	23
I.1. Matériel.....	23
I.1.1. Matériel végétal .....	23
I.1.2. Matériel animal.....	23
I.1.3. Matériels de laboratoire utilisés.....	24
I.2. Méthodes .....	24
I.2.1. Extraction de l'huile essentielle .....	24
Entraînement à la vapeur d'eau : .....	24
I.2.2. Récupération, conditionnement et conservation de l'huile essentielle.....	26
I.2.3. Activité insecticide de l'huile essentielle de la <i>Mentha Pulegium</i> .....	26
I.3. Mode opératoire.....	26
I.3.1. Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de <i>Mentha Pulegium</i> par contact .....	27
I.3.2. Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de <i>Mentha Pulegium</i> par le test répulsif.....	28
I.4. Analyse des données.....	29
I.4.1. Détermination du rendement .....	29
I.4.2. Calcul de la mortalité corrigée.....	29
I.4.3. Evaluation de la répulsivité des huiles essentielles .....	29
I.4.4. Détermination de la DL50 et DL100 .....	30
I.4.5. Analyse statistique des données (ANOVA).....	30

### Chapitre II : **Résultats et discussion**

II.1. Rendement de l'huile essentielle.....	31
II.2. Evaluation la toxicité de l'HE de <i>M. pulegium</i> L. sur la population de <i>Aphis fabae</i> .....	31
II.3.Calcul du DL50 et DL100 .....	33
II.4. Evaluation de l'effet répulsif de l'HE de <i>M. pulegium</i> L. à l'égard de l' <i>Aphis fabae</i> .....	34

### **Conclusion générale**

### **Référence bibliographie**

# **Introduction générale**

Les légumineuses à graines sont une composante essentielle dans les systèmes de culture du bassin méditerranéen dont la fève et la féverole (*Vicia faba* L.) et les pluscultivées (KHARRAT et *al.*, 2002).

La culture de la fève est la quatrième culture légumière la plus importante dans le monde derrière les petits pois, les pois chiches et les lentilles (YAHIA et *al.*, 2012).

En Algérie, la fève reste la plus importante culture vivrière, couvrant une surface de 35147 hectares avec un rendement total de 46856 tonnes (FAO, 2019). La fève occupe la première place parmi les légumineuses en Algérie en raison de sa valeur nutritionnelle élevée et de ses divers usages. Elle est principalement cultivée dans les plaines et les régions sublittorales et a un rôle important dans l'économie nationale et dans la production agricole (AOUAR-SADLI et *al.*, 2008).

Cette légumineuse constitue un aliment très important surtout pour les populations à faibles revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéine d'origine animale (DAOUI, 2007). Elle peut être utilisée également dans l'alimentation animale pour combler le déficit azoté.

Les insectes de la fève occupent une place importante, notamment, les pucerons (WATTIER, 2013). *Aphis fabae* est l'un des ravageurs les plus importants de plusieurs cultures à travers le monde. Il provoque l'enroulement, le dessèchement et la chute des feuilles et transmet plus de 30 virus pathogènes (Volkl et Stechmann, 1998 ; Hamadache, 2003 ; Blackman et Eastop, 2007).

La protection des cultures contre les pucerons a eu recours à divers moyens de lutte. Parmi ces moyens, l'utilisation des produits chimiques qui reste la technique la plus utilisée. Des effets indésirables de l'utilisation immodérée des pesticides ont été mis en évidence, y compris des dégâts sur la faune non cible, ainsi que des effets délétères sur la santé humaine. Dans certains cas, cette utilisation a même conduit à la prolifération des ravageurs du fait de la réduction des populations de leurs ennemis naturels qui limitent leurs infestations (RYCKEWAERT et FABRE, 2001).

Ces dernières années, plusieurs recherches ont permis d'extraire des biopesticides d'origine végétale ; qui peuvent être utilisés dans le domaine de la protection phytosanitaire (CHERMENSKAYA et *al.*, 2010).

L'Algérie, par sa situation géographique, offre une végétation riche et diverse. Un grand nombre de plantes aromatiques y pousse spontanément. L'intérêt porté à ces plantes n'a pas cessé de croître au cours de ces dernières années.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail, ayant pour objectif de mettre en évidence l'activité insecticide de l'huile essentielle des végétaux sur les populations aphidiens, Les solutions testées sont prélevées à partir des feuilles de plante aromatique répandues en Mostaganem, à savoir le *Mentha pulegium.L.*

Après une introduction générale, notre travail est structuré comme suit : le premier et le second chapitre rappellent des données bibliographiques sur la plante hôte *Vicia faba* et l'insecte ravageur *Aphis fabae*. Le troisième chapitre sera consacré à la méthodologie de travail. Le quatrième chapitre annoncera les résultats obtenus et la discussion de ces derniers. Enfin, cette étude se termine par une conclusion assortie de perspectives.

# **Partie bibliographique**

# **Chapitre I : Présentation de la plante hôte (*Vicia faba*)**

### I.1. Généralités et historique

La famille des légumineuses est subdivisée en trois sous famille Caesalpinideae, Mimosoideae, Papilionoideae ou Faboideae. Cette dernière inclue les légumineuses à graines dont *Vicia faba* L. (GEPTS et al., 2005).

La fève est une culture vivrière très appréciée par les agriculteurs 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).

La fève commune des champs (*Vicia faba*) appartient avec la lentille (*Lens culinaris*) et le pois cultivé (*Pisum sativum*) aux principales légumineuses des débuts de l'agriculture.

La plante pousse bien dans les régions sèches et chaudes en été qui bordent la Méditerranée, mais également dans les régions tempérées d'Europe et d'Asie situées plus au nord. L'histoire évolutive de la fève commune est confuse. La plante sauvage, dont elle est issue, n'a pas encore été identifiée. Il se peut d'ailleurs qu'elle soit éteinte. D'autres espèces, voisines, étaient également récoltées autrefois à des fins alimentaires, telle la vesce de Narbonne (*Vicia narbonensis*).<sup>8</sup> Celles-ci ont toutes 14 chromosomes, au lieu de 12, et ne se laissent donc pas croiser avec la fève commune. Au début de sa culture, les graines de la fève commune étaient de la même taille que celles du groupe *narbonensis* étroitement apparenté. Elles se ressemblent à l'état carbonisé, si bien qu'il n'a pas été possible jusqu'ici de déterminer avec plus de précision son berceau au Moyen-Orient.

Les plus anciennes découvertes de *V. faba* ou *V. narbonensis*, qui ne peuvent pas être datées avec précision, remontent à environ 9000 avant J.-C.<sup>9</sup> Dans le cas des découvertes archéologiques faites au nord des Alpes, il ne peut s'agir que de la fève commune, car le climat y est trop frais pour les variétés du groupe *narbonensis*.

## I.2. Position systématique

RETA SANCHEZ et *al.* (2008) rappellent que la fève est classée botaniquement comme suit :

<b>Règne :</b>	Plantae
<b>Division :</b>	Magnoliophyta
<b>Classe :</b>	Magnoliopsida
<b>Ordre :</b>	Fabales
<b>Famille</b>	Fabaceae
<b>Sous famille :</b>	Faboideae
<b>Tribu :</b>	Viciae
<b>Genre :</b>	<i>Vicia</i>
<b>Espèce :</b>	<i>Vicia faba</i> L.

D'après NUSSLY et *al.* (2004), la fève est subdivisée selon la taille des graines.

## I.3. Description

La fève est une plante diploïde ( $2n = 12$  chromosomes) et partiellement allogame (WANG et *al.*, 2012). Elle est formée d'un appareil végétatif et d'un appareil reproducteur. L'appareil végétatif comprend : les racines, la tige et les feuilles. L'appareil reproducteur est formé par les fleurs qui sont à l'origine des fruits et des graines. La fève est une plante herbacée annuelle de taille qui peut dépasser 1.80 m.

### I.3.1. Tige

La tige de fève est simple, dressée, creuse et de section quadrangulaire (Peron, 2006).



Figure 1: Partie tige de la fève (Originale, 2022)

### I.3.2. Feuilles

Les feuilles de fève sont de couleur vert clair, ovales, entières (Dominique, 2010). Elles comportent 2 folioles à la base de la tige puis 3 ou 4 par la suite.



Figure 2 : Partie feuilles de la fève (Originale, 2022)

### I.3.3. Racines

Les racines de fève sont pivotantes parfois, superficielles plus généralement, portant des nodosités renfermant la bactérie spécifique fixatrice d'azote atmosphérique, *Rhizobium leguminosarum*(Laumonier, 1979).



Figure 3 : Partie racines de la fève (Originale, 2022)

### I.3.4 Fleurs

Selon Gallais et Bannerot (1992), les fleurs classiques de Légumineuses sont portées aux aisselles des noeuds reproducteurs en grappes de 2 à 12 selon le type. Les fleurs sont grandes, 2 à 3 cm, blanches tachées de noir (Patrick et *al.*, 2008).



Figure 4:Partie fleurs de la fève (Originale, 2022)

### I.3.5. Fruits

Les fruits sont des gousses contenant, selon le type, de 3 à 12 grains (**Gallais et Bannerot, 1992**).



Figure 5: Partie fruits de la fève (Originale, 2022)

### I.3.6. Graine

Les graines de fève sont charnue, vertes et tendres à l'état immature, à complète maturité, elle développe un tégument épais et coriace de couleur brun-rouge, à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à couleur presque circulaire (Chaux et Four, 1994).



Figure 6 : Partie graines de la fève (Originale, 2022)

### I.4. Cycle biologique

La fève est une plante annuelle, son cycle complet, de la graine à la graine est d'environ 5 mois (CHAUX et FOURY, 1994).

D'après BRINK et BELAY (2006), le développement de la fève est caractérisé par cinq stades principaux : germination et levée, développement végétatif, développement reproductif, sénescence de la gousse et sénescence de la tige.

### I.5. Utilisation des fèves

Selon Gordon (2004) Mezani (2011), cette légumineuse a une teneur en protéine élevée de l'ordre de 300 g/kg et est une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, de vitamines (B9 et C) et de minéraux (en particulier le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer et le zinc).

Dans le langage courant, *OTV. faba major* correspond à la fève potagère, essentiellement cultivée dans le Bassin méditerranéen, en Amérique du Sud et en Asie du Sud-Est (Chine en particulier) pour la consommation humaine. *OTV. faba*

*equina* et *V. faba minor* représentent la féverole au sens large, plus répandue en Europe Occidentale et du Nord et plus particulièrement destinée à l'alimentation du bétail (Gallais et Bannerot, 1992).

Selon Brink et Belay (2006), la fève se cultive en plein champ pour ses graines mûres et sèches, et en jardin potager pour ses graines ou ses gousses immatures. Les gaines mûres et sèches sont un aliment très répandu, et dans de nombreux pays, ce sont les graines vertes que l'on consomme, cuites à l'eau ou crues, comme légume. Sa valeur nutritive est traditionnellement attribuée à son contenu élevé en protéine qui varie de 25 à 35% malgré son déséquilibre en acides aminés soufrés.

**I.6. Principaux pays producteurs de fève en 2020 (FAO, 2022).**

Tableau 1 : Pays producteurs de fève en 2020 (FAO, 2022).

<b>Pays</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Production (qx)</b>	<b>Rendement (qx/ha)</b>
Chine	826597	1723598	20852
Ethiopie	504570	1070637	21219
Australie	214892	313000	14565
Allemagne	58700	235800	40170
Egypte	24420	88109	36081
Italie	67520	134930	19984
Algérie	39849	49857	12511
Mexique	33390	33071	34994
Iran	7918	17486	22084
Argentine	1892	16859	89107

## **Chapitre II : Puceron noir de la fève «*Aphis fabae***

### II.1.Généralités

D'après Dedryver (2010), les pucerons qui ont une alimentation phloémienne; absorbe la sève élaborée des plantes détournant à leur profit une partie des éléments nutritifs nécessaires à la croissance de ces derniers. De plus au cours de leur prise alimentaire, ils injectent une salive souvent toxique pour la plante et peuvent lui transmettre des virus à l'origine de graves maladies. Ils concourent donc à affaiblir les plantes de diverses manières du fait de leur fort pouvoir multiplicateur et de leur capacité de dispersion, ils sont responsables de pertes importantes de rendement et de quantité chez de nombreux plants cultivés.

### II.2.Position Systématique

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Super-ordre	Endopterygota
Ordre	Homoptera
Famille	Aphididae
Genre	<i>Aphis</i>
Espèce	<i>Aphisfabae</i>

(D'après SCOPOLI, 1763).

### II.3.Description du puceron noir de la fève

#### II.3.1. Forme aptère

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



Figure 7: Forme aptère du puceron noir de la fève (*A. fabae*) (Originale, 2022)

### II.3.2. Forme ailée

Sous sa forme ailée, *A. fabae* est plus allongée que l'aptere (Hulle et *al.*, 1999). Elle est de couleur sombre, avec des antennes courtes et 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 sensoria secondaires disposés irrégulièrement. Parfois il existe quelques sensoria sur le quatrième article antennaire.



Figure 8 : forme ailée du puceron noir de la fève *A. fabae* (Originale, 2022) .

#### II.4. Biologie

Les pucerons sont hémimétaboles, les oeufs 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).

#### II.5. Cycle Biologique

Une des plus remarquables caractéristiques des pucerons est leur polymorphisme, lié à leur cycle de vie souvent très compliqué, où peuvent se succéder des formes aptères et ailées, des individus sexués (mâles et femelles) et parthénogénétiques (femelles) (Balachowsky et mesnil, 1934). Ces 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).

Selon Hulle *et al.* (1999), le cycle du puceron noir de la fève se déroule comme suit  
Temps. En automne et hiver les pucerons se développe sur des plantes hôtes primaires arbustes tels que le fusain d'Europe et le seringat et 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. Puis à partir d'avril-mai les pucerons se développe sur des plantes hôtes secondaires très diverses comme la fève, le haricot, la pomme de terre, le betterave sur lesquelles ils forment des colonies denses. 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 (Vanlerbergbe-masutti, 1996 ; Hulle *et al.*, 1999).

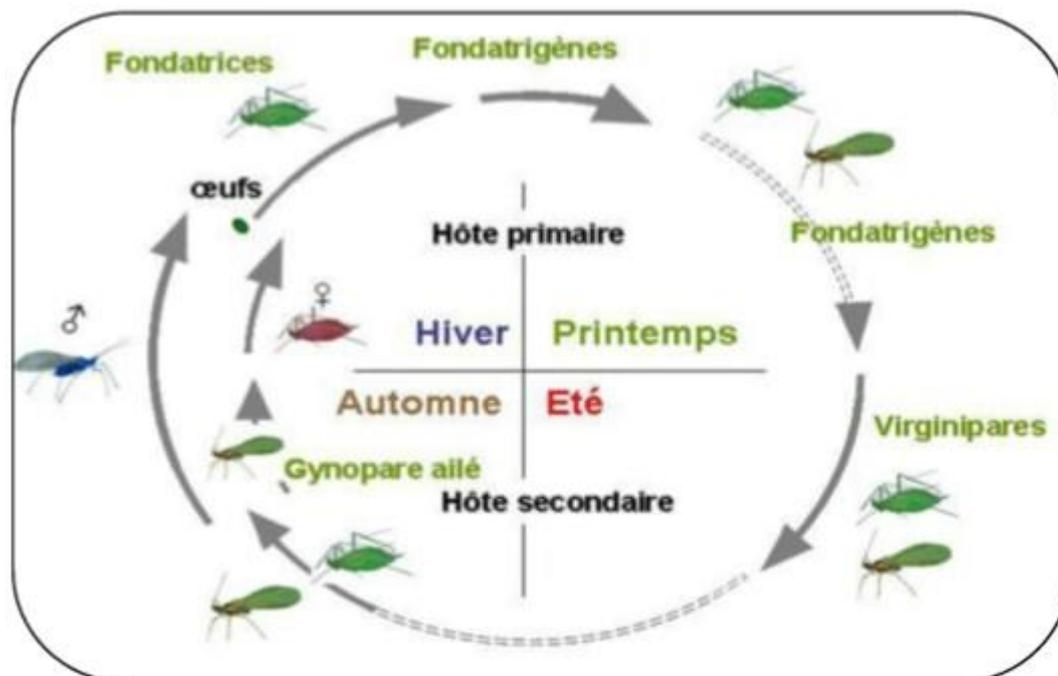


Figure 9 : Représentation schématique du cycle de vie des pucerons (TURPEAU AIT-IGHIL et al., 2011).

## II.6. Dégâts Causés par *Aphis fabae*

*Aphis fabae* est l'une des espèces polyphages qui s'attaquent à plus de 200 espèces de plantes, parmi lesquelles la betterave, la fève, la féverole, le haricot, la pomme de terre, la carotte, l'artichaut, le tabac, ainsi que certaines cultures florales et ornementales (Fraval, 2006).

Les pucerons causent d'importants dommages cultureux 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 développement 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).

**II.7. Lutte préventive**

Elle se base sur les différentes pratiques culturales et l'entretien de la culture tels que la détermination d'une date de semis et récolte adéquate, la destruction par désherbages ou binages des plantes sauvages susceptibles d'héberger des espèces nuisibles aux plantes cultivées au début du printemps, la rotation des cultures avec une plante qui serait attrayante pour les pucerons et les associations culturales (Lambert, 2005).

**II.8. Lutte chimique**

Ce fait par l'utilisation des pesticides sélectifs largement utilisé ,plus efficace et dotés d'un effet de choc élevé et d'une bonne rémanence, appartenir à des familles chimiques différentes, afin d'éviter ou de retarder le phénomène de résistance(Lambert, 2005)..

**II.9. Lutte biotechnique**

La lutte biotechnique est basée sur le comportement de certains insectes qui sont attirés par différents attractifs visuels (couleur) ou olfactifs (aliments, phéromones). Ces couleurs et ces substances peuvent être utilisés pour le piégeage de masse, le piégeage d'avertissement ou les traitements par tâches (Dedryver, 2010).

**II.10. Lutte biologique**

Ce fait par l'emploi de plusieurs ennemis naturels tels que :

- ✓ les coccinelles (Coleoptera, Coccinellidae) qui sont très voraces consommant jusqu'à 100 pucerons par jour.
- ✓ Les chrysopes (Neuroptera, Chrysopidae)qui ont des larves qui peuvent chacune manger jusqu'à 500 puceron par jour, les larves de syrphes (Diptera,Syrphidae qui dévore chaque jour 40 à 50 pucerons (Georcret et Scheromm ,1995).
- ✓ Les parasitoïdes dont les larves se développent dans les pucerons et vivent audétriment de ces derniers, tels que les guêpes *Pompilidae*,les Hyménoptères Chrysididae qui peuvent parasiter jusqu'à 250 pucerons (Leclant, 1999).

### II.11. Ennemis naturels

Les ennemis naturels d'*A.fabae* peuvent être classés en deux catégories : les prédateurs et les parasitoïdes. Les premiers se nourrissent en chassant les pucerons et les deuxièmes pondent à l'intérieur des pucerons et les larves s'y développent.

#### a) Prédateurs

Les prédateurs tuent et consomment leurs proies souvent aux stades larvaires. L'adulte peut soit avoir le même régime alimentaire que la larve (comme les forficules), soit être polliniphage, nectariphage, ou encore se nourrir de miellat des Homoptères (comme les syrphes). Les prédateurs sont généralement plus grands que leur proies (VINCENT et CODERRE, 1992 ; VAN DRIESCHE et BELLOWS, 1996 ; BOLLER et al., 2004). Les espèces prédatrices les plus importantes se retrouvent principalement chez les Coléoptères, les Névroptères, et les Diptères (BOIVIN, 2001).

#### b) Parasitoïdes

Les parasitoïdes représentent un groupe d'auxiliaires qui se développent sur ou dans un autre organisme « hôte » dont ils tirent leur moyen de subsistance. Quand l'insecte parasitoïde émerge de la momie tant qu'adulte, il se nourrit habituellement sur le miellat, le nectar ou le pollen, bien que quelques adultes se nourrissent des fluides du corps des hôtes et que d'autres exigent de l'eau additionnelle (ALTIERI et al., 2005 ; ABEDJALIL et ABOUDDI, 2015).

Les principaux parasitoïdes de pucerons sont représentés par la sous-famille des Aphidiinae (Hymenoptera : Braconidae) (Fig. 9g) et le genre *Aphelinus* (Hymenoptera : Aphelinidae) (Fig. 9h). Ces deux groupes pondent leurs oeufs à l'intérieur du corps des larves et des adultes de leur hôte et dont le développement entraîne la mort de l'hôte (LE RALEC et al., 2010).

La lutte biologique peut être effectuée aussi avec des insecticides naturels, à base de pyrèthre, molécule issue de la plante de chrysanthème *Chrysanthemum cinerariifolium*, qui agit par contact en paralysant les pucerons. Le traitement se fait par pulvérisation de l'ensemble du feuillage et l'opération est répétée jusqu'à mort totale des pucerons (Lambert, 2005).

Un autre traitement écologique peut être utilisé, il consiste à pulvériser du savon noir dilué à 5% ou des produits à base d'huile minérale qui agissent simplement en étouffant les insectes recouverts d'une pellicule huileuse (Salin, 2011).



a-Adulte de Coccinelle



b- Larve de coccinelle



c-Adulte de Chrysope



d- Larve de Chrysope



e- Adulte de Syrphe



f- Larve de syrphe



j- Adulte de *Lysiphlebus fabarum*



h- Adulte de Syrphe

Figure 10: la faune auxiliaires d'*A. fabae*

**Chapitre III : La plante  
aromatique « *Mentha Pulegium* »**

### III.1. Généralité

*Mentha pulegium* est une plante odorante qui appartient à la famille des Lamiacées, est très répandue dans le nord de l'Europe, dans la région méditerranéenne et dans l'Asie. (BouchikhiTani, 2010 ; Marotti et *al.*, 1994)

Elle est fertile dont la descendance semble assez homogène, se distingue des autres menthes par son port étiré, ses tiges en partie couchées sur le sol, ses fleurs rosées disposées au long de la tige et des rameaux, et son calice obturé. (Benayad, 2008).

C'est une plante de 10 -30 cm à inflorescence formée de nombreux verticillatres denses, feuillés et distants (BouchikhiTani, 2010; Quezel et *al.*, 1963). Sa saveur est fortement aromatique et son odeur est intense, fraîche et pénétrante. Le nom de pulegium vient de latin de pulex, la puce car la plante a la propriété d'éloigner les puces. La menthe est utilisée dans les produits cosmétiques et dans les préparations culinaires pour aromatiser les sauces, les desserts et les boissons. (Bekhechi, 2008). La menthe est considérée bénéfique pour la santé. (Bouchikhi, 2010).



Figure 11 : Représentation de la plante « *Mentha Pulegium* » (Originale, 2022).

### III.2.Position Systématique

Selon Quezel et Santa (1963) ; Guignard et Dupont (2004), la classification qu'occupe *Mentha pulegium* L. dans la systématique est la suivante:

<b>Règne :</b>	Plantes
<b>Embranchement :</b>	Phanérogames ou Spermaphytes
<b>Sous-embranchement :</b>	Angiospermes
<b>Classe :</b>	Eudicots
<b>Sous-classe :</b>	Astéridées
<b>Ordre :</b>	Lamiales
<b>Famille :</b>	Lamiacées
<b>Genre :</b>	<i>Mentha</i> (Tourn.) L.
<b>Espèce :</b>	<i>Mentha pulegium</i> L.

**Nom vernaculaire algérien :** fliyou;

**Français :** La menthe pouliot.

### III.3.Origine et distribution

Pouliot (*Mentha pulegium*) est une plante vivace aromatique et sauvage ou plante jardin. C'est une espèce spontanée dans l'ensemble de l'Europe, est trouvé dans des sols humides autour de la méditerranée et à l'ouest de l'Asie (de Chypre au Turkménistan) et au nord de l'Afrique (du Maroc à l'Egypte). En France, cette plante est très réponde jusqu'à 1800m d'altitude.

- **Principaux pays producteurs :** Les Etats Unis, le Maroc et l'Espagne.
- **Principaux pays exportateurs :** Les parties aériennes sont peu commercialisées alors que l'huile essentielle est exportée par les Etats Unis (**Boukenna et Bouzidi ; 2007**).

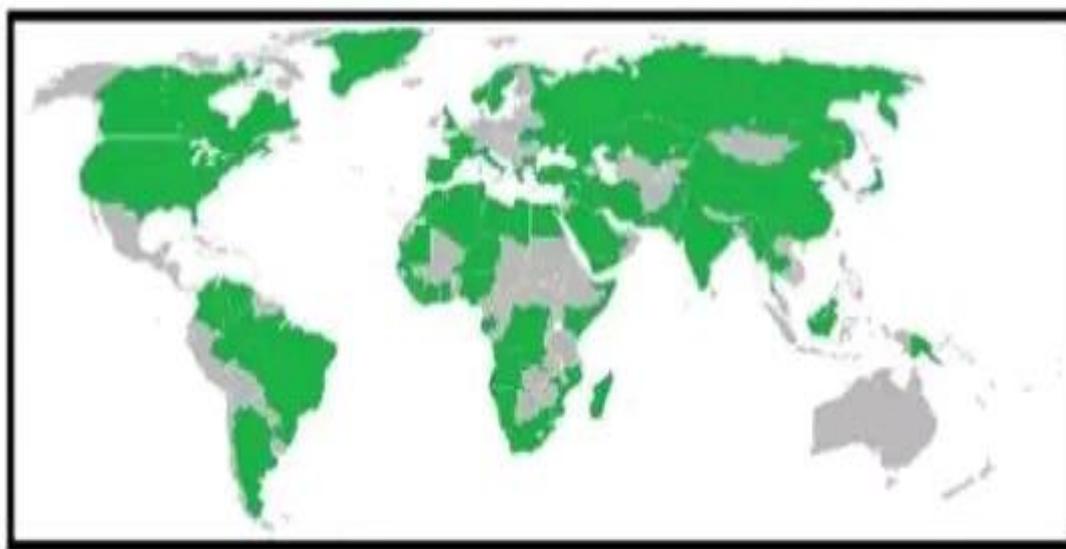


Figure 12 : ■ Répartition géographique de la menthe pouliot dans le monde  
(Tucker et al., 2007).

#### III.4. Description botanique

La menthe pouliot est une plante vivace aromatique, fertile. La tige est dressée, ramifiée, quadrangulaire et rougeâtre. Elle peut atteindre jusqu'à 30-40cm de hauteur. Les organes d'élaboration de l'huile essentielle de cette plante sont les cellules épidermiques des feuilles et des fleurs qui évoluent en glande sécrétrice où s'accumule l'huile.

#### III.5. Composition chimiques (*Mentha pulegium*)

Le tableau suivant explique en détail les constituants avec leurs quantités de l'HE de *Mentha pulegium*

Tableau 2 : Composition chimique de l'HE de *Mentha pulegium* (Guy;2005)

Constituants	Quantité (%)
$\alpha$ -pinene Cyclohexanone-3-	0.52
Methyl	0.26
$\beta$ -pinene	0.39
Myrcene	0.16
Octanol-3	1.86
-2-carene	0.07
Limonène	1.88
p-mentha-3,8-diene	1.44
Menthone	0.19
Pinocarvone	1.27
Menthol	0.72
<b>Dihydrocarvone</b>	4.64
<b>R(+)-pulégone</b>	71.48
<b>Carvone</b>	5.66
Peperitone	1.13
Caryophyllene	0.33
$\beta$ -eudesmol	0.28
$\gamma$ -eudesmol	0.49
<b>Total</b>	<b>92.77</b>

### III.6. Toxicité de *Mentha pulegium*

L'emploi des parties aériennes de la menthe pouliot en qualité de condiment et aux doses usuelles, ne présente aucun risque de toxicité ni aigue, ni chronique. L'HE est hépatotoxique à cause de sa teneur en pulégone. Des intoxications ont en effet été observées après ingestion de 5 g d'essence et des cas mortel sont signalés après absorption de 30 ml. L'emploi de la menthe pouliot pour la préparation de tisane d'agrément n'est pas recommandé (Anton, 2005).

### III.7. Utilisation de l'HE de *M. pulegium* comme bio insecticides

La menthe pouliot constitue un des principaux moyens de lutte contre la vermine (Leclerc, 1976). En la rependant dans l'air d'une pièce elle éloigne les parasites et insectes piqueurs. On en met dans les niches ou paniers des chiens, près des réserves à

gains, de salaison et de fromages car l'odeur déplaît aux puces et aux petits rongeurs. On en brûle dans les locaux infestés par les puces, et on l'utilise aussi sous forme de lotion, sur le pelage des animaux domestique pour les débarrasser de ces nuisibles parasites (Baba, 1999).

### **III.8.Utilisations de *Mentha Pulegium***

#### **III.8.1.Utilisations médicinales traditionnelles**

L'augmentation de la résistance aux antibiotiques des agents pathogènes associés à des maladies infectieuses ainsi que des effets indésirables des antibiotiques a suggéré l'utilisation d'huile de *Mentha pulegium L.* comme l'antibiotique ou de remplacement. Une autre utilisation de cette plante est bien considérée comme un insectifuge, tant pour l'homme et des animaux domestiques. Toutefois, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour évaluer les valeurs pratiques de l'application thérapeutique. (Lorenzi et *al.*, 2002)

Plusieurs travaux approuve que cette plante est un bon tonique digestif, il stimule les sucs digestifs, soulage les flatulences et les coliques ; un bon remède pour les maux de tête et d'infections respiratoires mineures aidant à garder la fièvre et la congestion à vérifier ; un puissant stimulant à la muscle utérin encourageant la menstruation ; l'externe il peut être utilisé pour soulager les rhumatismes et la goutte. (Bencheikh, 2012)

# **Partie expérimentale**

# **Matériels et Méthode**

**I. Objectif**

L'objectif de ce travail est de tester *in vitro* l'effet bio insecticide de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* L à l'égard du puceron noir de la fève (*A.fabae*).

**Présentation du lieu de travail**

Notre travail expérimental a été effectué au niveau des laboratoires de biochimie et de biologie végétale à l'Université Abdelhamid ben Badis (Mostaganem).

**I.1. Matériel****I.1.1. Matériel végétal**

L'identification des échantillons a été réalisée au laboratoire de Biologie Végétale de l'Université Abdelhamid Ibn Badis par Dr. Sakale enseignant à l'université de Mostaganem. La partie prise en considération pour réaliser cette étude est la partie aérienne (les feuilles). Cette dernière provient d'une parcelle de Achaàcha, récoltée de la région de Mostaganem durant le mois de Mars 2022. Les feuilles ont été par la suite séchées à l'ombre à une température ambiante.



Figure 13:Partie feuille de *Mentha Pulegium* (Originale, 2022)

### I.1.2. Matériel animal

Les individus d'*A.fabae* ont été collectés à partir d'une parcelle de fève au niveau de la région d'Achaàcha (Wilaya de Mostaganem).

Les insectes sont placés dans une boîte en plastique contenant des feuilles vertes en quantité suffisante pour la nutrition avant de les distribués dans les boîtes Pétri.

L'insecte a été identifié par des guides entomologiques sous loupe binoculaire par Melle Haffari faouzia doctorante spécialiste en « Protection des végétaux » à l'université de Mostaganem.



**Figure 14 : Echantillons d'*Aphis fabae* utilisés lors de l'expérimentation (Originale, 2022)**

## I.2. Méthodes

### I.2.1.Extraction de l'huile essentielle

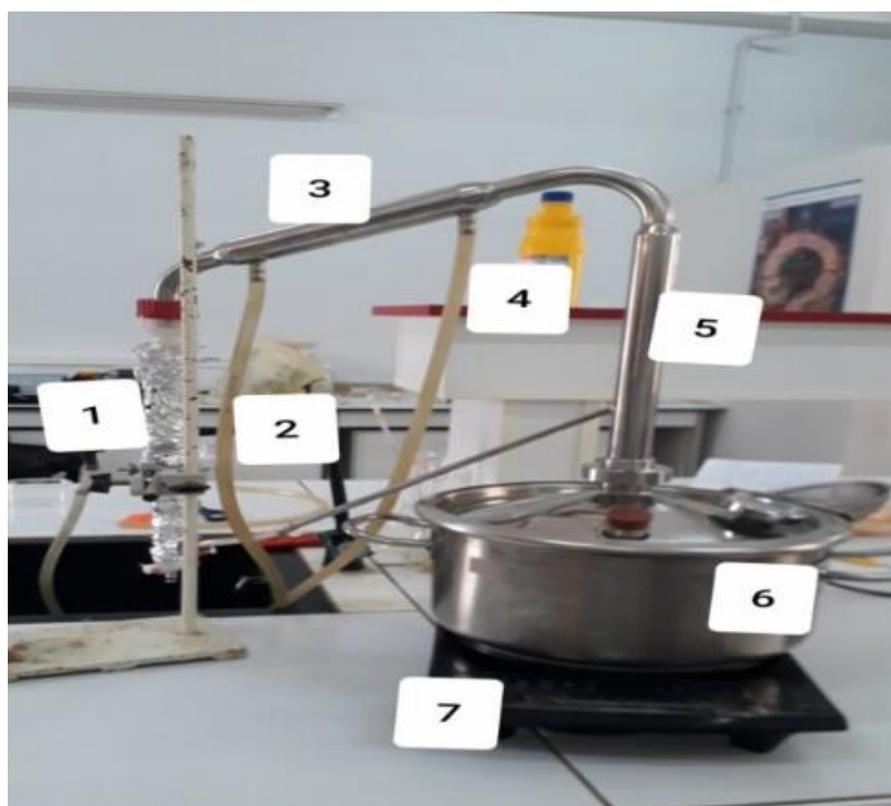
- **Extraction par entrainement à la vapeur**

Le principe de cette méthode consiste à percoler la matière végétale par de la vapeur d'eau distillée, l'huile essentielle (HE) est récupérée par décantation.

L'opération dure deux heures. Elle consiste à chauffer l'eau à basse pression afin que ses vapeurs traversent et imprègnent la matière végétale. Les vapeurs se chargent alors

en molécules aromatiques et les entraînent ensuite dans le serpentin réfrigérant. Le temps de distillation affecte la composition de l'huile essentielle dans la mesure où l'hydro diffusion des composés volatils présents dans les tissus végétaux à travers les parois cellulaires constitue l'étape limitant du processus. Le mélange huile essentielle-eau est recueilli par un col de cygne et refroidi dans un condenseur : la séparation se fait le plus souvent par simple décantation dans un vase florentin (Crouzet, 1998).

La réduction de la pression de marche provoque un abaissement des températures d'ébullition et de condensation. Inversement, toute augmentation de pression entraîne une élévation de ces températures (Cicile, 2002). L'élévation de la température permet l'accroissement de la solubilité et de la diffusivité du soluté et la diminution de la viscosité. Elle doit être limitée pour éviter les risques d'extraction des composés nuisibles et la dégradation thermique du soluté (Leybros et Fremeaux, 1990).



**Figure 15: Dispositif de la distillation à la vapeur d'eau (Original, 2022)**

- 1 : tube gradué    2 : entrée de l'eau    3 : réfrigérant    4 : sortie d'eau  
5 : condenseur    6 : cocotte-minute    7 : plaque chauffant

### **I.2.2. Récupération, conditionnement et conservation de l'huile essentielle**

La conservation de l'huile essentielle exige certaines précautions indispensables (BURT, 2004). L'huile essentielle récupérée est conditionnée dans un tube à essai protégé avec de papier d'aluminium, hermétiquement pour éviter toute dégradation de l'huile essentielle due à l'action de l'air et de la lumière. Les flacons sont conservés à une température de  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .

### **I.2.3. Activité insecticide de l'huile essentielle de la *Mentha Pulegium***

Le test d'activité insecticide sur les pucerons *d'Aphis fabae* a été inspiré de la technique de l'organisation mondiale de la santé (OMS, 1963).

Un échantillonnage aléatoire sur la culture de la fève a été réalisé dans la parcelle de la région de Achaàcha de Mostaganem.

### **I.3. Mode opératoire**

Les bioessais au laboratoire s'effectuent selon la méthode IRAC (2009). Pour préparer les boîtes Pétri, du tulle est mis sur la partie supérieure de chaque boîte préalablement troué à l'aide d'un scalpel chauffé, pour permettre une circulation de l'air à l'intérieure de la boîte tout en empêchant le puceron de s'enfouir, le fond est recouvert d'une couche de papier absorbant légèrement humide. Ce dernier permet de garder l'humidité et la fraîcheur de la feuille le plus longtemps possible. vingt pucerons *Aphis fabae* (larves *et* adultes) portés sur des feuilles fraîches de la fève sont introduits dans quatre boîtes Pétri. Le même nombre de puceron est placé dans des boîtes pulvérisées par l'eau distillée pour constituer le témoin. Les boîtes de Pétri avec leurs contenus sont placées dans les conditions de laboratoire (température ambiante:  $28^\circ\text{C}$  ; humidité relative 80%) pour les différentes tests. Les observations sont effectuées chaque heure pour déterminer l'effet du traitement sur la mortalité des pucerons en fonction du temps.

### I.3.1. Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de *Mentha Pulegium* par contact

Les bio-essais au laboratoire ont été effectués selon la méthode de contact direct entre huile essentielle et insecte. Les essais par contact des huiles essentielles sont réalisés selon la méthode décrite par Nadio *et al.*, 2015. Les tests ont été réalisés *in vitro* dans des conditions de laboratoires suivant un dispositif complètement aléatoire.

Pour l'huile essentielle de *Mentha Pulegium* Quatre concentrations ont été préparées : 0.1µl, 0.3µ, 0.6µl et 1µl.. (Figure 17) La dose zéro (0), constituée d'eau distillée, a servi de témoin absolu (contrôle). Pour chaque concentration, les expériences ont été faits sur l'*Aphis fabae* placés dans des boites de Pétri distincts.

Pour cet essai vingt pucerons sont placés dans des boites de Pétri aérées de 9 cm de diamètre et de 1.8 cm de hauteur contenant du papier filtre de même diamètre que la boîte de Pétri humidifiée afin de garder l'humidité et la fraîcheur de la feuille le plus longtemps possible. Dans chaque boîte on met des feuilles saines de la fève préalablement imprégnées par l'extrait à différentes concentrations. Les essais ont été répétés Cinq fois pour chaque dose. Toutes les boîtes ont été infestées par vingt insectes qui ont été prélevées à l'aide d'un pinceau et placés sur des feuilles saines. Enfin, on observe le nombre des insectes mort après 15min, 30min, 60min, 120min et 180min.



Figure 16 : Dispositif expérimental du test de toxicité par contact de l'HE de *Mentha Pulegium* (Originale, 2022)

### I.3.2. Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de *Mentha Pulegium* par le test répulsif

L'effet répulsif des huiles essentielles à l'égard des pucerons (*Aphis fabae*) a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier Wattman. Ainsi, les disques de papier wattman de 8 centimètre de diamètre utilisés à cet effet ont été divisés en deux parties égales. Cinq concentrations de l'huile essentielles ont été préparées (0.1 $\mu$ l, 0.3 $\mu$ l, 0.6 $\mu$ l et 1 $\mu$ l) (Figure19). Trois répétitions ont été effectuées pour chaque concentration. À l'aide d'une micropipette, une quantité de (0.1 $\mu$ l, 0.3 $\mu$ l, 0.6 $\mu$ l et 1 $\mu$ l) d'HE de chaque solution a été uniformément répartie sur une moitié de chaque disque, tandis que l'autre moitié a reçu uniquement de 0,5 ml de l'acétone dilué à 1%. Après évaporation complète du solvant, les deux moitiés de disque ont été ressoudées au moyen d'une bande adhésive. Le disque de papier filtre ainsi reconstitué a été placé dans une boîte de Pétri de 9cm de diamètre. Enfin, on observe leur déplacement après une période de 5mn, 30mn, 1h et 2h.

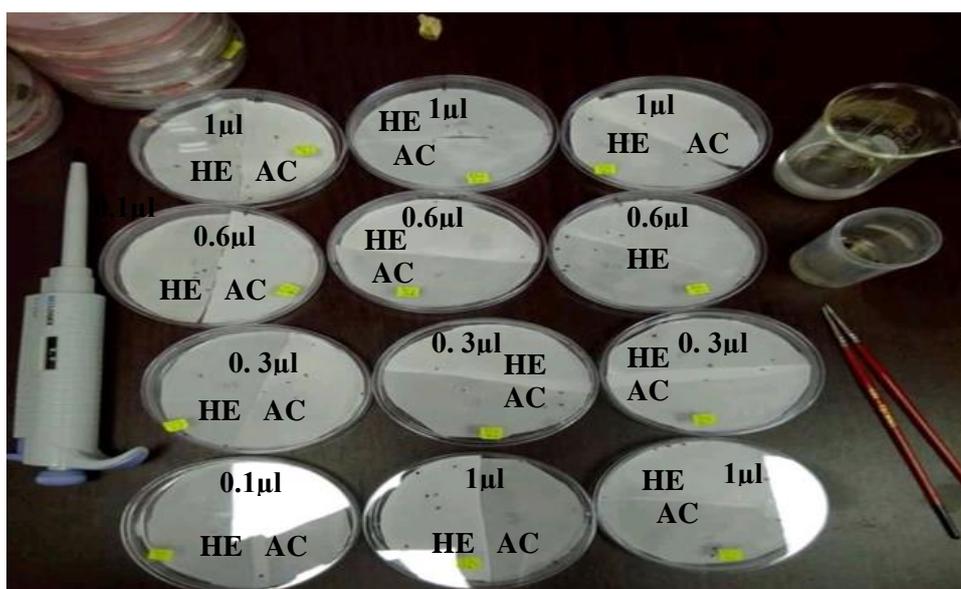


Figure 17 : Dispositif expérimental du test répulsif de l'HE *Mentha Pulegium* (Originale, 2022)

#### I.4. Analyse des données

##### I.4.1. Détermination du rendement

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

$$R = \frac{Ph}{Pp} \times 100$$

**R** : rendement en HE exprimé en pourcentage (%).

**Ph** : Poids de l'HE en gr.

**Pp** : Poids de la masse végétative en gr.

##### I.4.2. Calcul de la mortalité corrigée

Afin de trouver l'efficacité d'un produit traité, il est nécessaire de corriger la mortalité des insectes, car le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par la substance toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. Il existe en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par ce toxique. Pour cela, les pourcentages de mortalité doivent être corrigés, la formule à suivre est :

$$Mc\% = \frac{(M0\% - MT\%)}{(100 - MT\%)} \times 100$$

**MC(%)** : pourcentage de mortalité corrigée.

**M0(%)** : pourcentage de mort dans la population traitée avec l'huile.

**Mt(%)** : pourcentage de morts dans la population témoin.

##### I.4.3. Evaluation de la répulsivité des huiles essentielles

L'effet répulsif des huiles essentielles à l'égard de *A. fabae* a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par McDonald & al, 1970. Au bout de 2 heures, on a relevé le nombre d'insectes présents sur la partie de disque traitée à l'huile essentielle (Nt) et le nombre de ceux présents sur la partie traitée uniquement à l'acétone (Nc). Le pourcentage de répulsion (PR) a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$PR = \frac{Nc - Nt}{Nc + Nt} \times 100$$

**NC** : le nombre d'insectes présents sur la partie de disque traité uniquement de l'acétone.

NT : le nombre d'insectes présents sur la partie traitée avec la solution de l'huile.

Selon le classement proposé par Mc Donald et ses collaborateurs (Taponjou et al., 2003) le pourcentage de répulsion moyen est réparti suivant six classes, la classe 0 étant celle qui contient moins de 0,1% de répulsion.

Tableau 3 :le pourcentage de répulsion moyen est répartie suivant six classes

Classe	Intervalle de répulsion	Propriété de la substance traitée
Classe0	PR<0,1%	Non répulsive
Classe1	10-20%	Très faiblement répulsive
Classe2	20-40%	Faiblement répulsive
Classe3	40-60%	Modérément répulsive
Classe4	60-80%	Répulsive
Classe5	80-100%	Très répulsive

#### I.4.4. Détermination de la DL<sub>50</sub> et DL<sub>100</sub>

L'un des moyens d'estimer l'efficacité d'un produit est le calcul de la DL<sub>50</sub> qui correspond à la quantité de substance toxique entraînant la mort de 50% d'individus d'un même lot. Elle est déduite par le tracé de la droite de régression mortalité / dose. De ce fait, les pourcentages de mortalité corrigés sont transformés en probit selon la méthode de Finney (1952).

#### I.4.5. Analyse statistique des données (ANOVA)

Pour estimer les effets insecticides des huiles essentielles, une analyse de la variance (ANOVA) avec deux critères de classification a été effectuée avec le nombre d'insectes morts en fonction des concentrations et du temps à l'aide du logiciel SPSS version 26. La comparaison des moyennes de différentes huiles essentielles a été effectuée par le test de Tukey à  $\alpha = 0.05$ .

## **II. Résultats et discussion**

### II.1. Rendement de l'huile essentielle

L'huile essentielle de la plante étudiée obtenue par extraction à la vapeur d'eau est de couleur jaune clair (Figure 21), dégageant une forte odeur agréable avec un aspect liquide et huileux. Le rendement en huiles essentielles de 500g de feuilles sèches extraites par entraînement à la vapeur après deux heures d'extraction est de **5.2 %**.

Ces résultats ne concordent pas avec ceux de la littérature. En effet, l'étude réalisée par Hammadi (2017) a prouvé que le rendement de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* est de 3,24%.

### II.2. Evaluation la toxicité de l'HE de *M. pulegium* L. sur la population de *Aphis fabae*

La figure 11, représente l'efficacité de l'HE de *M. pulegium* sur les individus de l'*Aphis fabae*. La mortalité apparaît dès les premières heures après l'exposition, le taux de mortalité des individus augmente avec le temps et la dose. Après 15 min de traitement, l'HE montre une faible toxicité pour les doses 0.1, 0.3 et 0.6 µl/ml qui ont obtenus des taux respectifs de 16% , 17% et 19%.

Par ailleurs, après 1 heure de traitement, une efficacité très forte pour les doses 0.1 µl/ml, 0.3 µl/ml, 0.6 µl/ml et 1 µl/ml avec un taux de mortalité respectifs de 45, 54, 65, 80%, et une mortalité totale (100%) pour la dose 1 µl/ml enregistré après 2h et 3 heures de traitement.

Alors que

le témoin n'a enregistré aucune mortalité durant toute la période de traitement.

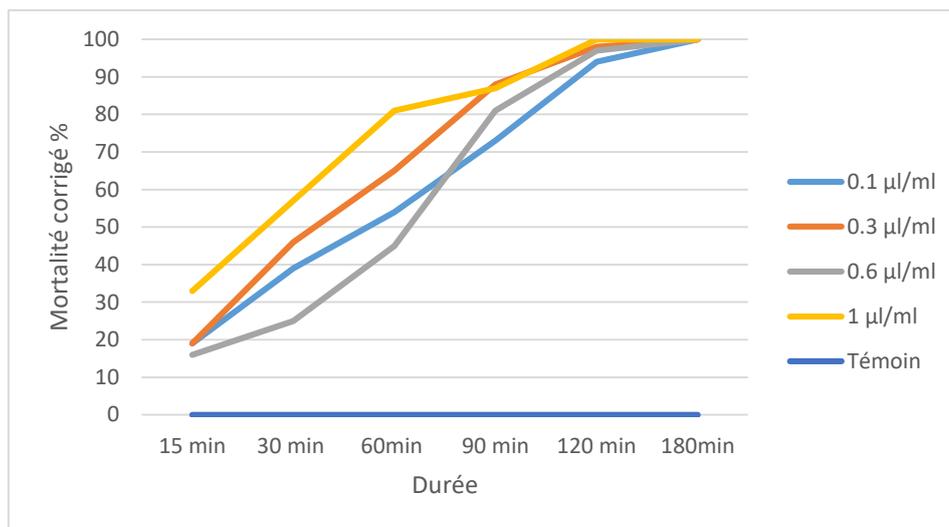


Figure 18 : Evolution de la mortalité par effet de contact des adultes d'*A. fabae* traités par HE de *Mentha pulegium L.*

L'analyse de la variance des résultats obtenus montre qu'il y'a une différence très significative ( $F= 7.830P=0.000$ ) pour les deux facteurs dose et durée de traitement. Le traitement statistique effectué sur nos résultats par le test de Tukey (SPSS.26) ont révélé la présence de deux groupes homogènes on fonction de la concentration utilisé (Fig.20).

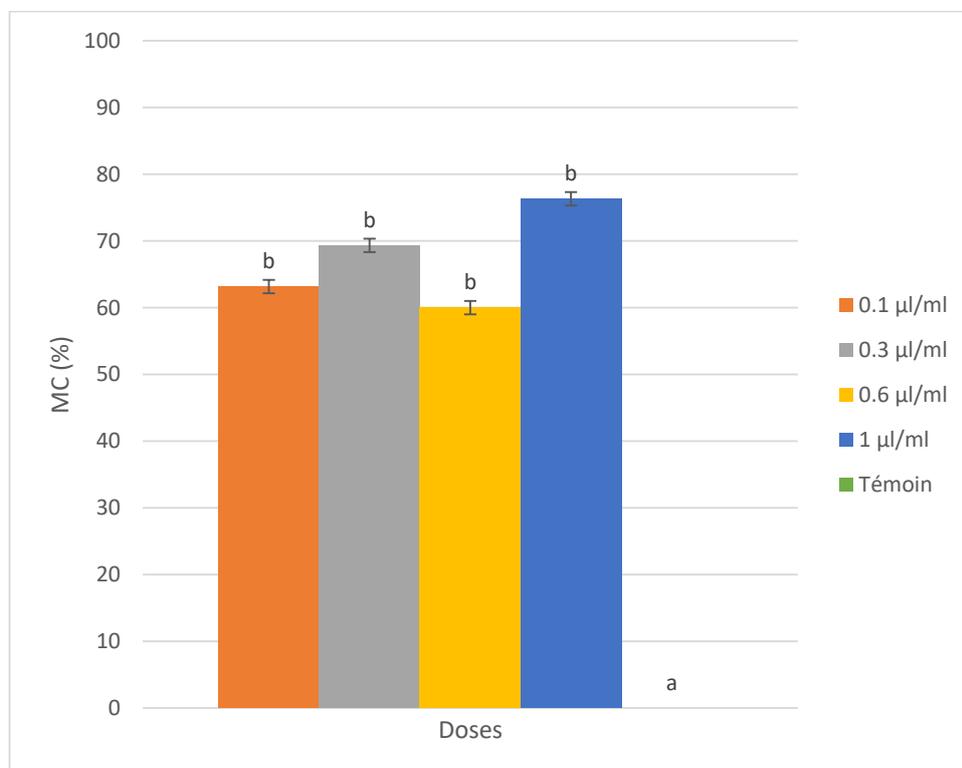


Figure 19 : Résultats de test de Tukey concernant le paramètre de la mortalité corrigée d'*A. fabae* en fonction de l'HE de *Mentha pulegium*

II.3.Calcul du DL50 et DL100

Le calcul de la dose létale de mortalité des adultes de *A.fabae* a été réalisé selon la droite de régression tracée en fonction des Probits des mortalité et logarithme des doses (Fig. 13).Les résultats de la DL<sub>50</sub> et la DL<sub>100</sub> sont rassemblés dans le tableau 4.

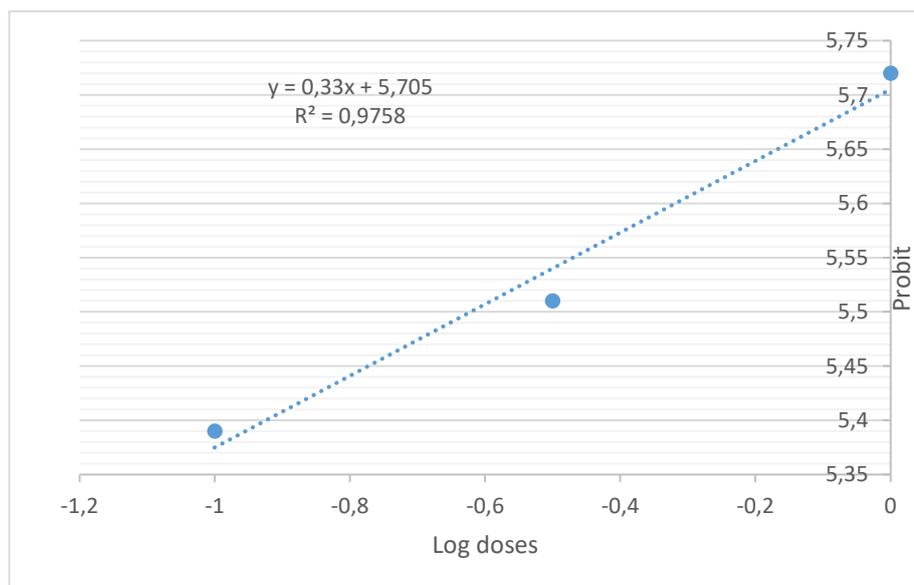


Figure 20: Courbe linéaire des Probits à différentes doses de l'HE de *M. pulegium* L. sur *A. fabae* par contact direct

Tableau 4 : Calcule de la DL50 et la DL100

L'équation	Mortalité		La dose létale (µl /ml)		
	50%	100%	DL50	DL100	
y=0.33x+5.705	5.00	8.09	0.7	1.19	

#### II.4. Evaluation de l'effet répulsif de l'HE de *M. pulegium* L. à l'égard de l'*Aphis fabae*

Les résultats des pourcentages de répulsion obtenus, révèle que les individus de l'*A. fabae* réagissent différemment à l'huile essentielle de *Mentha pulegium*. La figure 14 et le tableau 7 montrent que l'augmentation de taux de répulsivité accroît en fonction tardif avec le temps et la durée. Selon le classement de Mc Donald, l'HE de *M. pulegium* après 2heurs de traitement, dont faiblement répulsifs pour les doses 0.1 $\mu$ L et 0.3 $\mu$ L alors qu'elles sont répulsive à la concentration 0.6 $\mu$ L et 0.6 $\mu$ L

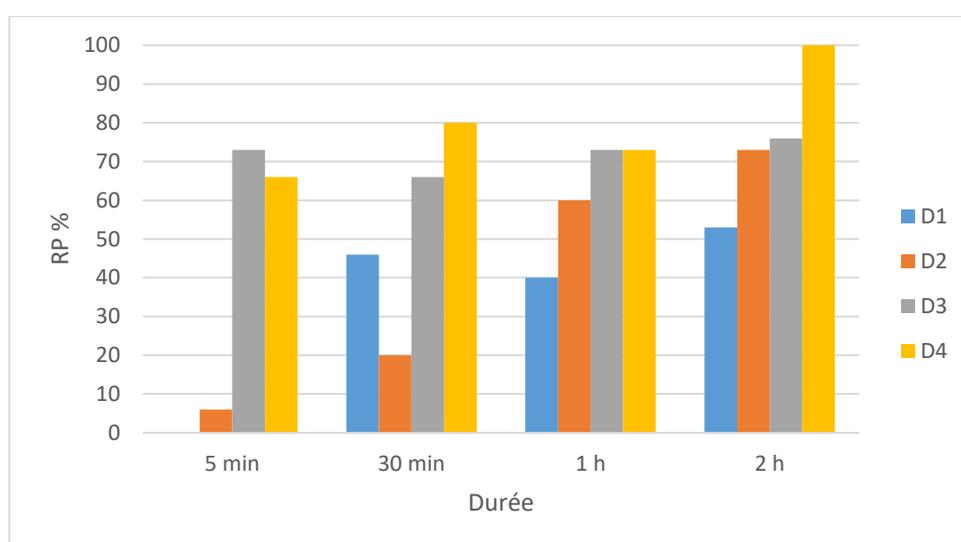


Figure 21: Taux de répulsivité de HE de *Mentha pulegium* L à l'égard d'*A. fabae*

Tableau 5 : Classement de l'huile essentielle *Mentha pulegium* L suivant son taux de répulsion

Dose	Moyenne	Classe
0.1 $\mu$ l/ml	34.75	Faiblement répulsive
0.3 $\mu$ l/ml	39.75	Faiblement répulsive
0.6 $\mu$ l/ml	72	Répulsive
1 $\mu$ l/ml	79.75	Répulsive

L'analyse de la variance des résultats obtenus prouve qu'il y'a une différence très significative ( $F= 4.514$  ;  $P= 0.024$ ) pour les facteurs : dose et durée de traitement. Le traitement statistique effectué sur nos résultats est le test de Tukey (SPSS.26), trois

groupes homogènes ont été classés pour le paramètre de mortalité par l'effet de contact de l'HE (Fig.23).

Les travaux réalisés sur la caractérisation et l'effet biocide des huiles essentielles. Ont montré que beaucoup d'huiles essentielles possèdent des activités neurotoxiques établis contre les insectes (Sanon et *al.*, 2002). Selon Benayad (2008) noté que l'huile essentielle de *M. pulegium* se caractérise par son haut taux en pulégone (73,33%), et de menthone (8,63%).Khelfi (2007) montre que la toxicité de *M.pulegium.L.* à l'égard de l'*Aphis fabae* est plus une forte que les autres plantes aromatiques testés.

L'huile essentielle de *M.pulegium.L* provoque un effet de choc remarquable sur les larves des insectes traité par rapport à ceux des adultes.

Les résultats obtenus montrent un effet significatif de l'huile essentielle des. Cet effet toxique pourraient dépendre de la composition chimique de l'huile testé et du niveau de sensibilité des insectes (Ndomo et *al.*, 2009).

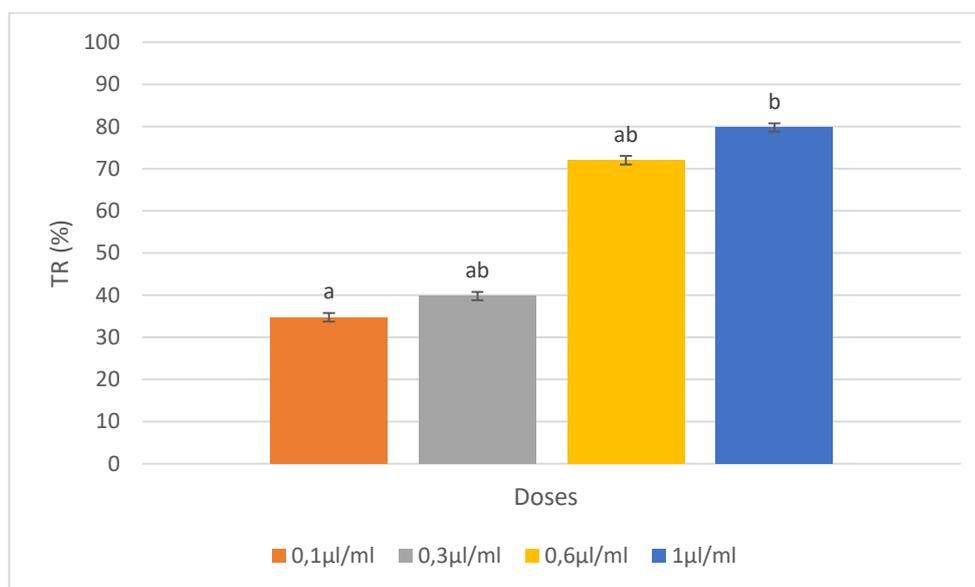


Figure 22 : Résultats de test de Tukey concernant le paramètre de taux de répulsion d'*A. fabae* en fonction de l'HE de *Mentha pulegium*

Les plantes médicinales et aromatiques produisent des métabolites secondaires qui sont des composés naturels avec une large diversité de structures chimiques.

Les huiles essentielles sont parmi les métabolites secondaires produites par les végétaux qui sont des substances et composés naturels bioactifs.

Ces dernières années, il y a eu un intérêt croissant pour l'utilisation des insecticides naturels. De nombreux chercheurs ont été intéressés par les composés biologiquement actifs isolés des huiles essentielles de plantes.

Ce travail avait pour objectifs d'évaluer l'activité insecticide de l'huile de *Mentha pulegium*.L sur les populations d'*Aphis fabae*.

Les deux tests de l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Mentha pulegium*.L « *in vitro* » a fait ressortir que l'insecte étudié a présenté une sensibilité importance *vis-à-vis* de l'huile essentielle. En effet, toutes les concentrations de l'huile ont conduit à la mortalité de la totalité des pucerons noirs.

A travers cette étude et d'après les résultats obtenus ; on peut conclure que l'huile de *Mentha pulegium*.L a présenté un effet insecticide remarquable à l'encontre du puceron noir de la fève.

En perspective, il serait intéressant de poursuivre cette étude par :

- La réalisation d'un fractionnement de l'extrait, afin d'identifier les molécules responsable de l'activité insecticide
- L'utilisation d'autres concentrations plus faibles que celle utiliser dans cette étude
- Approfondir ces résultats par l'utilisation d'autres techniques d'extraction.

## Référence bibliographie

- **AFNOR ., 2000**: Recueil de normes Francaises “Huiles essentielles”, AFNOR, Paris. AFNOR NFT 75- 006. 2000.)
- **AKELLO J. et SIKORA R., 2012**. Systematic acropetal influence of endophyte seed treatment on *Acyrtosiphonpisum* and *Aphis fabae* offspring development and reproductive fitness. *Biological Control*, 61: 215-221.)
- **AMINA TAALBI. , 2015** : Variabilité chimique et intérêt économique des huiles essentielles de deux menthes sauvages : *Mentha pulegium* (Fliou) et *Mentha rotundifolia* (Domrane) de l’ouest algérien.)
- **ANTON R ET ANNELEISE L (2005)**. Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles, lavoisier, édition Tec &Doc.
- **ANTON R ET ANNELEISE L (2005)**. plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles, lavoisier, édition Tec &Doc.
- **ANTON R. ET LOBSTEIN A., 2005** : Plantes aromatiques. Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc, Paris, 522p.
- **ANTON R., LOBSTEIN A, 2005** : Plantes aromatiques. Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc, Paris.
- **BABA AISSA F., 2000** : Encyclopédie des plantes utiles, librairie moderne, Rouïba, 368.
- **BALACHOWSKY A.S. ET MESNIL, 1934**. Les insectes nuisibles aux arbres fruitiers, à la vigne,aux céréales et aux graminées des prairies. Ed. Victor Massé. T I, Paris, 627 p.)
- **BEKHECHI, C. (2008)**. Analyse les huiles essentielles de quelques espèce aromatique de la région de Tlemcen par ( PG ,CP ), (S /I et RMN )et étude de leur pouvoir antibactérien .258 p.)
- **BENAYAD, N. (2008)**. les huiles essentielles extraites des plantes medicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrees alimentaires stockees . 63 p.)
- **BENCHEIKH, D. (2012)**. Polyphenols and antioxidant properties of extracts from *Mentha pulegium*L. and *Matricariacamomilla*L., magister en biochimie.,universitéferhat abbes setif. 89 p.)

- **BENGOUGA,(2018).** Evaluation de la résistance naturelle de quelques cultivars de fève (*Vicia faba* L.) propres à la région de Biskra à l'égard des thrips (Thysanoptera: Thripidae),2018).
- **BOUCHIKHI TANI, Z. (2011).** Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelidesobtectus*(Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineolabisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. 189p.)
- **BOUKENNA M et BOUZIDI M (2007).** Extraction et analyse de l'huile essentielle de *Mentha viridis*L (menthe verte) et de la mentha pulegium (menthe pouliot). Thèse d'Ingéniorat en Agronomie UMMTO.)
- **BOULEMTAFES-BOUKADOUML A ; BENAOUDA1 N ; DERBAL1H et BENZAOUI A (2008).** Analyse énergétique et thermique du processus de séchage de la menthe par énergie solaire Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger 89 – 96.
- **BOURAS A., BENHAMZA S., 2013.** Impact de deux extraits végétaux, le basilic *Ocimum basilicum* et l'ail *Allium sativum*, dans la lutte contre la mineuse de la tomate *Tutaabsoluta* sur six varités de Tomate *Lycopersicon esculentum* sous abris plastique l'I.T.D.A.S. de Hassi Ben Abdellah –Ouargla. P30-31-32.
- **BRINK M. et BELAY G., 2006.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1 : céréales et légumes secs, Prota, Pays bas, 327 : 221-223.)
- **BRUNETON J, 1993,** Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales. 2 ème édition, Tec & Doc. Lavoisier. Paris, 632-915p.
- **BRUNETON J., 1993 :** Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.p: 915.
- **BRUNETON J., 1999 :** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3ème éd. Ed. Tec & Doc, *La voisier*, Paris.
- **BURT S., 2004:** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. Int. J. Food Microbiol. 94: 223-253.
- **CHAKAEVA A. 2010.**Insectoacaricidal and deterrent activities of extracts of Kyrgyzstan plants against three agricultural pests. *IndustrialCropsProducts*, 32: 157 – 163).

- **CHAUX CL. ET FOURY CL., 1994.** Production légumessecs. Légumineuses potagères légumes et fruits. Tome 3. Technique et documentation Lavoisier. 7-13p.)
- **CHERMENSKAYA T.D., STEPANYCHEVA E.A., SHCHENIKOVA A.V S.H. et DAOUI K., 2007.** Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficacité d'utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au)
- **CICILE J.-C., 2002.** Distillation. Absorption Etude pratique. Techniques de l'ingénieur J 2610 pp 1-20.
- **COUIC-MARINIER F. et LOBSTEIN A., 2013 :** Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine. Actualités pharmaceutiques.
- **CROUZET, J, 1998.** Arômes alimentaires. In : Techniques de l'ingénieur, Agroalimentaire F 4100, 1–16, Paris.
- **DEDRYVER CA., 2010.** Les pucerons : biologie, nuisibilité, résistance des plantes. Journées techniques fruits et légumes biologique, pp :23-26)
- **DEDRYVER. C. A., 2010 -** Les pucerons: biologie, nuisibilité, résistance des plantes. *Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques* – 14 et 15 déc. 2010 à Angers)
- **DOMINIQUE M., 2010.** La production légumière. Educagri. Dijon. 163p.)
- **DRIDI B.A.M., LOUMEREM M., HOUIMLI S.I.M., JABBES N. et TLAHIG S., 2011.** Caractérisation phénol-morphologique de quelques lignées de fève (*Vicia faba* L.) sélectionnées et adaptées aux conditions de cultures dans les régions arides en Tunisie. *Africafocus*.24 (1):72.)
- **ELICOH-MIDDLETON JR., CHITHAN K et THEOHARIS C (2000).** Effect of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart diseases and cancer. *Pharmacology and Experimental therapeutics*, 4(52): 673-751.exoticascultivadas. InstitutoPlantarum, p 512.)
- **FAO.** Food and Agriculture Organisation.2019)
- **FINNEY, D. J., ED. 1952-** Probit Analysis. Cambridge, England, Cambridge University Press.
- **FRAVAL A., 2006.** Les pucerons. Insectes 3 n°141, office pour les insectes et leur environnement, France, 2eme trimestre, pp 03-08.)

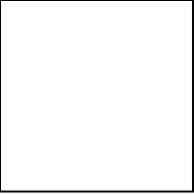
- **FREDON., 2008** – fiche technique sur les pucerons Sutherland C. A., 2006 - *Aphids and Their Relatives*. Ed, College of Agriculture and Home Economics. New Mexico.)
- **GALLAISA. ET BANNEROT H., 1992**. Amélioration des espèces végétales cultivées. INRA. Paris. 765 pp.)
- **GEORCRET ET SCHEROMMO., 1995**. Lutte contre les insectes ravageurs des cultures : les apports de la biologie. Ed. INRA, France, 42p)
- **GEPTS P., BEAVIS W.D., BRUMMER E.C., SHOEMAKER R.C., STALKER H.T., WEEDEN N.F. et YOUNG N.D., 2005**. Legumes as a model plant family: Genomics for food and feed report of the cross legume advances through genomics conference. *Plant physiology*, 137:1228c1235.)
- **GIORDANENGO P., BRUNISSEN L., RUSTERUCCI C., VINCENT C., VAN BEL A., DINANT S., GIROUSSE C., FAUCHER M. et BONNEMAIN J.L 2010**. Compatible plantaphid interactions: how aphidsmanipulate plant responses. *C. R. Biologies*. 333: 516-523.)
- **GUY G (2005)**. Les plantes aromatiques et huile essentielle a graisse, édition l'Harmattan.
- **HULLE. M., TURPEAU-AIT IGHIL. E., ROBERT. Y., & MONET. Y., 1999** – *Les pucerons des plantes maraichères*. Cycle biologique et activités de vol. Ed A.C.T.A. I.N.R.A. Paris.)
- **KALEMBA D. &KUNICKA A., 2003**: Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*. 10: 813-829. 6.
- **KEBIECHE MOHAMED (2009)**. Activité biochimique des extraits flavonoïdiques de la plante *Ranunculus repens* L : effet sur le diabète expérimental et l'hépatotoxicité induite par l'Epirubicine. Doctorat en biochimie. Université Mentouri Constantine.
- **KHARRAT M., SADIKI M. et MAATOUGUI M.E.H., 2002**. Analyse de la stabilité du rendement de lignées améliorées de fève et de féverole dans la région du Maghreb. Proceedings du 2ème séminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « *Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb* », Hammamet, Tunisie, 100p.)
- **KIMBARIS A.C., SIATIS N.G., DAFERERA D.J., TARANTILIS P.A., PAPPAS C.S.et POLISSIOU M.G., 2006**: Comparison of distillation and

ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*). *Ultrason Sonochem.* 13: 54-60.

- **KOS K., TOMANOVIC Z., PETROVIC-OBRAĐOVIC O., LAZNIK Z., MATEJ VIDRIH M., et TRDAN S., 2008.** Aphids (Aphididae) and their parasitoids in selected vegetable ecosystems in Slovenia, *Journal of Applied Microbiology.* Numéro 6, :1-16.)
- **KRISTER H., 2008.** Pucerons, mildiou, limaces... - prévenir, identifier, soigner bio, J.P.Thorez, Mens, Terre Vivante, Ed. APMIS, Finlande, 517p.)
- **LAMBERT L., 2005.** Les pucerons dans les légumes de serre : Des bêtes de sève. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Québec. 7p.)
- **LAUMONIER R., 1979.** Culture légumières et maraichère, Tome III. Ed. J.B. BAILLIERE. 276p.)
- **LECLANT F., 1999.** Les pucerons des plantes cultivées. Clefs d'identification. I- Grandes cultures. Ed. ACTA, INRA. Paris. 64p.
- **LECLANT F., 1999.** Les pucerons des plantes cultivées. Clefs d'identification. I- Grandes cultures. Ed. ACTA, INRA. Paris, 64p.)
- **LEYBROS J. et FREMEAUX P., 1990.** "Extraction solide-liquide aspects théoriques." techniques de l'ingénieur, traité Génie des procédés. J1 077 06.
- **LORENZI, H., MATOS, F. J. A. (2002).** Plantas medicinais do Brasil: Nativase.
- **MAROTTIM, M., PICCAGLIA, R., GIOVANELLI, E. (1994).** Effects of planting time and mineral fertilization on Peppermint (*Mentha piperita* L.) essential oil composition and its biological activity, *Flavour and Fragrance J.*, 9, p: 125-129.)
- **MAURICE HULLE, 2019** (les pucerons des insectes passionnants et problématiques (212), magazine Passion Entomologie.)
- **MCDONALD L. L; GUY R. H ; SPEIRS R.D, 1970-** Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants and attractants against stored product insects. Marketing Research Report n° 882. Washington : Agricultural Research Service United State Department of agriculture. Washington. 183.
- **NARISHETTY, S.T.K ., PANCHAGNULA, R . , 2004:** journal of controlled release 95, 367379.

- **NUESSLY GS., HENTZ MG., BEIRIGER R. et SCULLY BT., 2004.** Insects associated with faba bean, *Vicia faba* (Fabales: Fabaceae), in southern Florida. *Florida entomologist*. 87 (2): 204-211.
- **PARIS M., HURABIELLE.M (1986).**Abrégé de Matière médicale, pharmacognosie.
- **PEER SCHILPEROORD, ALVANEU, ANDREA SCHILPEROORD, RONI VONMOOS, ERSCHMATT., 2016.**Plantes cultivées en Suisse. La fève commune des champs ; p12 ;DOI :10.22014/97839524176-e4.)
- **PERRON J. Y., 2006.** Production légumineuses. 2ème Ed. Duc, Paris, 613 p.)
- **PIOCHON M (2008).**Étude Des Huiles Essentielles D'espèces Végétales De La FloreLaurentienne: Composition Chimique, Activités Pharmacologiques Et Hémi-Synthèse. Université Du Québec À Chicoutimi.
- **QUEZEL, P., ET SANTA, S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome II, Ed. CNRS, Paris.)
- **RETA SANCHEZ D.G., SANTOS SERRATO CORONA J., VIRAMONTES R.F., CUETO WONG J.A., PADILLA S.B. et CESAR J.S., 2008.**Cultivos alternativos con potencial de uso forrajero en la comarca lagunera. Ed. Primera, Mexico. 41p.)
- **RYCKEWAERT. P. et FABRE. F., 2001.** Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures maraîchères a la réunion. Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius. Ed. CIRAD, Saint Pierre, La Réunion.)
- **SADLI M., LOUADI K. et DOUMANDJI S.E 2008.**Pollination of the broad bean (*Vicia faba* L. var. *major*) (Fabaceae) by wild bees and honey bees (Hymenoptera: Apoidea) and its impact on the seed production in the Tizi-Ouzou area (Algeria). *African Journal of Agricultural Research*, 3 (4): 266-272).
- **SALIN C., 2011.** Lutte biologique contre le puceron du fraisier pour faire face à l'imprévisible 'imprévisible diversité des pucerons, associer plusieurs hyménoptères parasitoïdes. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Université catholique de Louvain. p62.)
- **SANTOYO S., CAVERO S., JAIME L., IBANEZ E. AND SENORANS F.J. &REGLERO G., 2005:** Chemical composition activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil obtained via supercritical fluid extraction. *Journal of Food Protection*. 68: 790-795.

- **SINGH A.K., BHATT B.P., UPADHYAYA A., KUMAR S., SUNDARAM P.K., SINGH BK., CHANDRA N. et BHARATI R.C 2012.** Improvement of faba bean (*Vicia faba* L.) yield and quality through biotechnological approach: A review. *African Journal of Biotechnology*. 11(87): 15264-15271.)
- **TAPONDJOU L A., ALDER C., BOUDA H., FONTEM D A., 2003,** Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et d'*Eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche duniébé, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera, Bruchidae). Cahier d'études et de recherches francophones / Agriculture, Vol. 12. N°6. Pp 401-407.
- **TJALLINGII W.F., 2006.** Salivary secretions by aphids interacting with proteins of phloem wound responses. *Journal of Experimental Botany*, 57 (4): 739-745.)
- **TUCKER, A., RFCNACZ, I. (2007).** *Mentha*: Un Aperçu De La Classification Et Les Relations.
- **TURPEAU-AIT IGHIL E., DEDRYVER CA., CHAUBET B. et HULLE M., 2011.** Les pucerons des grandes cultures : cycles biologiques et activités de vol. Ed. Quae, Paris. 33p.)
- **WATTIER C., 2013.** Pucerons et paroi végétale: implication directe ou indirecte de pectine méthylestérase dans la résistance d'*Arabidopsis thaliana*. Thèse de Doctorat en Biologie Cellulaire et Moléculaire, Université de Picardie Jules Verne. France, 171p.
- **YAHIA Y., GUETAT A., ELFALLEH W., FERCHICHI A., YAHIA H. et LOUMEREM M., 2012.** Analysis of agro morphological diversity of southern Tunisia faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm. *African Journal of Biotechnology*. 11 (56): 11913- 11924.)



*m*