

**N° d'ordre: 023**

**Domaine:** Sciences de la Nature et de la Vie  
**Filière:** Sciences vétérinaires

**Mémoire de fin d'études**  
Pour l'obtention du **diplôme de Master** en  
Sciences Vétérinaires

**THEME**

---

**Etude de l'activité insecticide de l'huile essentielle de**  
***Mentha pulegium* à l'égard d'un ravageur des denrées**  
**stockées**  
**« *Tribolium castaneum* »**

---

**Présenté par :**  
M<sup>elle</sup> DERBOUZ Amelia

**Soutenu publiquement, le 06/07/2024 devant le jury :**

Mme CHIKHI-CHORFI N.	MCA (ENSV)	Présidente
Mme DJELLOUT B.	MCB (ENSV)	Promotrice
Mme ZENIA S.	MAA (ENSV)	Examinatrice

**Année universitaire: 2023-2024**



N° d'ordre: 023

**Domaine:** Sciences de la Nature et de la Vie  
**Filière:** Sciences vétérinaires

**Mémoire de fin d'études**  
Pour l'obtention du **diplôme de Master** en  
Sciences Vétérinaires

**THEME**

---

**Etude de l'activité insecticide de l'huile essentielle de**  
***Mentha pulegium* à l'égard d'un ravageur des denrées**  
**stockées**  
**« *Tribolium castaneum* »**

---

**Présenté par :**  
M<sup>elle</sup> DERBOUZ Amelia

**Soutenu publiquement, le 06/07/2024 devant le jury :**

Mme CHIKHI-CHORFI N.	MCA (ENSV)	Présidente
Mme DJELLOUT B.	MCB (ENSV)	Promotrice
Mme ZENIA S.	MAA (ENSV)	Examinatrice

Année universitaire: 2023-2024

# *Remerciements*

*Je tiens d'abord à remercier le tout puissant, notre **DIEU**, le Clément et le miséricordieux, de m'avoir donné la clairvoyance et la persévérance, pour mener à terme ce travail, prière et salut sur notre prophète **MOHAMMED**.*

*J'adresse mes plus sincères remerciements à ma Promotrice **Mme DJELLOUT B.** qui a bien voulu diriger ce travail et qui n'a cessé de m'orienter. Je me permets de lui exprimer mes sincères remerciements pour sa disponibilité, ses précieux conseils qu'elle m'a prodigués et pour son aide durant toute la période d'élaboration de ce travail. C'était comme une deuxième maman pour moi.*

*Profondément Merci.*

*Je tiens à remercier chaleureusement **Dr BENMAAROUF D.** pour son aide si précieuse dans l'élaboration de ce travail*

*Un grand remerciement aux honorables membres du jury :*

***Mme CHIKHI-CHORFI N,** d'avoir acceptée la présidence du jury de mon mémoire et **Mme ZENIA S,** d'avoir accepté d'être l'examinatrice de mon travail.*

*Je remercie tout le personnel professionnel et administratif de l'école nationale supérieure vétérinaire pour les efforts déployés en vue d'assurer le service et le développement des étudiants dans l'enseignement supérieur. Enfin mes remerciements s'adressent à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.*

*Amelia*



# *Dédicaces*

*A ma chère mère Fazia*

*Ma douce et tendre maman. Quoique je fasse, je ne pourrais te rendre ce que tu as fait pour moi. T'es une mère et un père pour nous. Si je suis arrivée là, c'est bien grâce à toi. Que dieu te donne longue vie et te protège pour moi.*

*A la mémoire de mon père El-hanine*

*Certes que tu fais plus partie de ce monde mais t'es toujours et à jamais près de nous. J'espère que tu es fière de moi de là où t'es. Je t'aime papa.*

*Paix à ton âme*

*A mes très chères sœurs : Sadia, Nouara, Taous pour leurs amours*

*A mon cher frère : Lounes la prunelle de mes yeux*

*A ma grand-mère : Taous que dieu te donne longue vie*

*Enfin à toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Amelia*



## Déclaration sur l'honneur

Je soussignée, DERBOUZ Amélia, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sous toute forme de support, y compris internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisé pour écrire ce mémoire.

Signature

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Amélia Derbouz', written in a cursive style.

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : <i>Mentha pulegium</i> ssp. <i>Pulegium</i> .....	4
<b>Figure 2</b> : Morphologie générale de la menthe pouliot.....	5
<b>Figure 3</b> : Vue dorsale d'un adulte de <i>T. castaneum</i> .....	10
<b>Figure 4</b> : Vues dorsale et ventrale de nymphes de <i>Tribolium castaneum</i> .....	10
<b>Figure 5</b> : Larves de <i>Tribolium castaneum</i> .....	11
<b>Figure 6</b> : Cycle de développement de <i>Tribolium castaneum</i> .....	12
<b>Figure 7</b> : Dégâts provoquée par <i>Tribolium castaneum</i> (adultes et larves).....	13
<b>Figure 8</b> : <i>Mentha pulegium</i> (Menthe pouliot).....	15
<b>Figure 9</b> : Elevage en masse des insectes.....	16
<b>Figure 10</b> : <i>Tribolium castaneum</i> .....	16
<b>Figure 11</b> : Dispositif d'hydro distillation type Clevenger.....	17
<b>Figure 12</b> : Dispositif expérimental du test par contact-inhalation sur <i>Tribolium castaneum</i> traités à l'HE.....	19
<b>Figure 13</b> : Représentation graphique du taux de mortalité (%) de <i>T. castaneum</i> traités par différentes doses d'HE de <i>M. pulegium</i> .....	22

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Position systématique de <i>M. pulegium</i> .....	6
<b>Tableau 2</b> : Composition chimique des huiles essentielles de <i>Mentha pulegium</i> .....	7
<b>Tableau 3</b> : Classification de <i>Tribolium castaneum</i> .....	11
<b>Tableau 4</b> : Taux de mortalité de <i>T. castaneum</i> en fonction des doses et du temps (Moyenne $\pm$ écart-type).....	21

## Liste des abréviations

<b>Cm</b>	Centimètre
<b>h</b>	Heures
<b>mm</b>	Millimètre
<b>L</b>	Litre
<b>HE</b>	Huile essentielle
<b>µl</b>	Microlitre
<b>ml</b>	Millilitre
<b>%</b>	Pourcentage
<b>D</b>	Dose
<b>m</b>	Mètre
<b>T</b>	<i>Tribolium</i>
<b>J.-C</b>	Jesu cri
<b>g</b>	Gramme
<b>mn</b>	minute

# Sommaire

<b>Remerciements</b>	
<b>Dédicace</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Introduction générale</b> .....	1

## Partie Bibliographique

<b>Chapitre I : Monographie de la plante étudiée « <i>Mentha pulegium</i> »</b> .....	4
I.1. Description des menthes .....	4
I.2. Origine et description de <i>M. pulegium</i> .....	5
I.3. Taxonomie .....	6
I.4. Répartition géographique .....	6
I.5. Composition chimique .....	6
I.6. Utilisation en médecine traditionnelle .....	7
<b>Chapitre II : Etude de l'insecte ravageur des denrées stockées « <i>Tribolium castaneum</i> »</b> .....	9
II.1. Généralités sur les <i>Ténébrionidae</i> .....	9
II.2. Caractères généraux de <i>Tribolium castaneum</i> .....	9
II.3. Description morphologique du <i>Tribolium castaneum</i> .....	9
II.3.1. Adulte .....	9
II.3.2. Nymphe .....	10
II.3.3. Larves .....	10
II.3.4. Œufs .....	11
II.4. Position systématique .....	11
II.5. Cycle de développement de <i>T. castaneum</i> .....	12
II.6. Origine et répartition géographique .....	12
II.7. Dégâts causés par <i>Tribolium</i> .....	13
II.8. Importance économique .....	13
II.9. Moyens de lutte utilisés contre <i>T. castaneum</i> .....	14
II.10. Utilisation d'extraits de végétaux .....	14

## Partie expérimentale

<b>Matériels et Méthodes</b> .....	15
<b>I. Objectif de l'étude</b> .....	15
<b>II. Matériel</b> .....	15
II.1. Matériel végétal .....	15
II.2. Matériel animal .....	16
<b>III. Méthodes</b> .....	17

III.1. Extraction de l'huile essentielle.....	17
III.2. Principe d'hydrodistillation.....	17
III.3. Protocole d'extraction.....	18
III.4. Evaluation de l'activité insecticide d'huile essentielle de <i>Mentha pulegium</i> .....	18
III.4.1. Préparation des lots d'insectes.....	18
III.4.2. Préparation de la solution d'huile essentielle.....	18
III.4.3. Evaluation de la toxicité par inhalation-contact de <i>Tribolium castaneum</i> ....	18
III.4.4. Calcul des mortalités.....	19
IV. Analyse statistique.....	20
<b>Résultats et discussion.....</b>	<b>21</b>
I. Evaluation de l'effet insecticide de l'HE de <i>Mentha pulegium</i> .....	21
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>24</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Résumés (Français, anglais, arabe)</b>	

*Introduction  
Générale*

## Introduction Générale

L'utilisation d'insecticides botaniques comme alternative aux insecticides chimiques constitue une voie prometteuse pour contrôler les ravageurs des denrées stockées, avec une incidence moindre sur la santé humaine et l'environnement. De nombreuses études se concentrent sur des approches de lutte différentes, en mettant particulièrement l'accent sur l'emploi de substances végétales à action insecticide (**Cissokho et al., 2015**).

Les insectes nuisibles peuvent causer des pertes partielles, voire totales, des denrées cérésières stockées. Ces insectes sont responsables d'une perte annuelle mondiale de grains stockés estimée entre 10 et 40 % (**Rajashekar et al., 2010**). L'utilisation de pesticides est la méthode la plus courante pour limiter leurs activités, mais elle entraîne de nombreux effets indésirables. Diverses études ont confirmé que l'utilisation excessive de pesticides chimiques entraîne des conséquences néfastes, telles que la réduction de la biodiversité et l'apparition de résistances aux insecticides. La résistance des insectes de stockage à divers insecticides a été signalée pour de nombreux insectes, dont *Rhyzopertha dominica* (F.), *Sitophilus oryzae* (F.), *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) et *Tribolium castaneum* (Herbst), contre le malathion, le pirimiphos-méthyl, le fenitrothion et la phosphine (**Sartori et al., 1990**).

Les extraits de plantes, en particulier les huiles essentielles, offrent une alternative pour la protection des aliments stockés. Leur utilisation a été largement étudiée au cours de la dernière décennie, suscitant un intérêt scientifique croissant comme en témoigne le nombre d'études sur l'efficacité des huiles essentielles dans la préservation des céréales et des denrées stockées (**Tunc et al., 2000 ; Camara, 2009**).

Face à la menace que représentent les insectes ravageurs des stocks, la lutte repose principalement sur l'utilisation de pesticides de synthèse. Bien que ces produits soient efficaces dans des conditions optimales, ils ont beaucoup d'inconvénients. Parmi ceux-ci, on peut citer l'accoutumance des insectes, la sélection de souches résistantes (**Benhalima et al., 2004**), ainsi que les intoxications, la pollution de l'environnement et les désordres écologiques (**Regnault-Roger et al., 2002**). Ces problèmes montrent bien qu'il est urgent de trouver des méthodes alternatives de lutte. Les extraits de plantes, qui ont des propriétés insecticides et/ou insectifuges, pourraient être une solution. Ils

sont généralement peu coûteux, efficaces et faciles à adopter par les producteurs des pays en développement.

Les insectes les plus redoutés dans les stocks de grains et les plus difficiles à combattre sont ceux dont le développement se déroule à l'intérieur des grains, tels que le charançon (*Sitophilus sp.*), le capucin (*Rhyzopertha dominica*) et l'alucite du maïs et du riz (*Sitotroga cerealella*). Leur présence favorise l'apparition d'insectes secondaires tout aussi dangereux, qui se multiplient dans les poussières et les farines, comme le *Tribolium sp.* (Fleurat-Lessard, 2011).

L'espèce *Tribolium castaneum* est parmi les ravageurs secondaires des produits stockés, cette espèce est incapable d'infester et endommager les grains sains mais nécessite un substrat qui a été auparavant affecté par des ravageurs primaires (Upadh-Yay et al., 2018). Elle augmente la température et l'humidité des grains stockés pour générer un environnement favorable pour la propagation fongique, ce qui signifie une augmentation de la dégradation et de la détérioration des grains (Yun et al., 2018).

L'Algérie, grâce à sa situation géographique, possède une végétation riche et variée avec de nombreuses plantes aromatiques qui poussent naturellement. L'intérêt pour ces plantes a beaucoup augmenté ces dernières années. Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à extraire l'huile essentielle d'une plante de la famille des *Lamiaceae* : *Mentha pulegium* (Menthe pouliot). Cette plante, originaire de la région d'Ath Yenni (Wilaya de Tizi-Ouzou), est connue pour ses propriétés médicinales.

Notre étude vise à contribuer à la recherche de molécules naturelles pouvant remplacer les insecticides chimiques utilisés dans les milieux de stockage. Nous proposons d'évaluer l'activité insecticide de l'huile essentielle extraite à partir de la plante sur une espèce d'insecte ravageur des denrées stockées : *Tribolium castaneum* dans des conditions de laboratoire. Nous avons évalué l'effet de cette huile essentielle par inhalation-contact.

Notre étude est organisée en deux parties. Une première étude bibliographique qui se décline par 02 chapitres :

- Le premier chapitre est dédié à la monographie de la plante étudiée : *Mentha pulegium*
- Le deuxième chapitre traite de la bio-écologie de l'insecte ravageur des denrées stockées : *Tribolium castaneum*.

Une deuxième étude expérimentale est consacrée au matériel utilisé dans nos expérimentations ainsi que les méthodes adoptées. Les résultats obtenus sont présentés et discutés. Enfin nous terminons cette étude par une conclusion générale et quelques perspectives.

*Partie*  
*Bibliographique*

# *Chapitre I*



# Chapitre I. Monographie de la plante étudiée

## « *Mentha pulegium* »

### I.1. Description des menthes

Les Menthes, du nom latin *Mentha*, sont des herbacées vivaces, indigènes et très odorantes appartenant à la famille des Lamiacées (**Jahandiez et Marie, 1934**). Sur le plan des principes chimiques, la plupart des espèces de menthe doivent leur odeur et leur activité à leurs huiles essentielles ou essences de menthe (**Benayad, 2008**).

Autant les menthes sont faciles à reconnaître à leur odeur tout à fait caractéristique, autant elles sont difficiles à distinguer les unes des autres, en raison des formes intermédiaires et des origines hybrides qui les relie (**Benayad, 2008**).

La menthe pouliot, *Mentha pulegium*, est l'espèce la plus exploitée pour ses vertus médicinales et aromatiques (**Rana et al., 1997 ; Cantino, 1998**). Elle est représentée par deux sous espèces : *Mentha pulegium ssp. vulgaris* et *Mentha pulegium ssp. pulegium* (**Quézel et Santa, 1962**). Cette dernière fera l'objet de notre étude (**Figure 1**).



**Figure 1:** *Mentha pulegium ssp. pulegium* (**Gerenutti, 2014**)

## I.2. Origine et description de *M. pulegium*

*Mentha pulegium*, très répandue dans l'aire méditerranéenne, est connue sous le nom de « menthe pouliot ». Elle est fréquente dans les milieux humides et elle est parfois cultivée comme plante condimentaire pour ses feuilles très aromatiques. Le nom de « pouliot » vient du latin *pulegium*, qui dérive de *pulex* : la puce ; la plante ayant la propriété d'éloigner les puces (Bekhechi, 2008). Malgré son utilisation ancestrale pour aromatiser les sauces, les desserts et les boissons, son intérêt économique demeure limité.

C'est une plante de 10 à 30 cm de hauteur, à inflorescence formée de nombreux verticillés denses, feuillés et distants (Quézel et Santa, 1963). Sa saveur est fortement aromatique et son odeur est intense. Les feuilles, opposées, petites, sont ovales presque entières (légèrement dentelées) et munies d'un court pétiole. Les fleurs, qui apparaissent l'été, de juillet à fin septembre, sont rose lilas, parfois blanches échelonnées le long de la tige (Figure 2). Chaque inflorescence, en cyme, est axillaire par une bractée foliacée. Elle englobe jusqu'à 30 fleurs. Deux préfeuilles, réduites, naissent à la base de chaque inflorescence. Le calice, persistant et finement velu, est en cloche. Il est faiblement bilabié, strié et à 5 dents subégales (les 2 dents inférieures sont plus étroites). La corolle est gamopétale formée de cinq pétales soudés. Le fruit est constitué de 4 akènes (Quézel et Santa, 1963 ; Arvy et Gallouin, 2003).



**Figure 2** : Morphologie générale de la menthe pouliot (Bencheikh, 2012)

### I.3. Taxonomie

D'après **Quézel et Santa (1963)** et **Guignard et Dupont (2004)**, la systématique de *Mentha pulegium* est la suivante (**Tableau 1**).

**Tableau 1** : Position systématique de *Mentha pulegium*

<b>Embranchement</b>	Phanérogames ou Spermaphytes
<b>Sous-embranchement</b>	Angiospermes
<b>Classe</b>	Dicotylédones
<b>Sous-classe</b>	Gamopétales
<b>Ordre</b>	Lamiales
<b>Famille</b>	<i>Lamiaceae</i>
<b>Genre</b>	Mentha
<b>Espèce</b>	<i>Mentha pulegium L.</i>

### I.4. Répartition géographique

C'est une espèce spontanée dans l'ensemble de l'Europe, l'Asie, l'Amérique et le nord de l'Afrique (du Maroc à l'Égypte). En France, cette plante est très commune jusqu'à 1800 m d'altitude (**Gamisans et Jeanmonod, 1993**).

En Algérie, *Mentha pulegium* est très abondante et pousse spontanément (**Quézel et Santa, 1963**). Elle se rencontre dans les zones humides et généralement marécageuses, près des routes, et elle est plus abondante dans les pâturages de montagnes (**Chalchat et al., 2000**).

### I.5. Composition chimique

La composition chimique de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* a été étudiée et se caractérise par un squelette menthanique (**Tableau 2**). En effet, les analyses montrent que cette huile est principalement dominée par la présence de pulégone à 80.3% au Maroc (**Bouchra et al., 2003**), 65.9-83.1% en Inde (Agnihotri et al., 2005), 73.4% en Uruguay (Lorenzo et al., 2002) et 43.5% en Egypte (**El-Ghorab, 2006**) ; soit par la pipériténone 83.7-97.2% en Grèce (**Kokkini et al., 2002**) ou encore la pipéritone 70.0% en Autriche (**Zwaving et Smith, 1971**).

Les autres compositions chimiques résultent de l'association de la pulégone avec : la piperiténone au Portugal à 35.1/27.4% (Mata *et al.*, 2007), en Bulgarie 27.2-49.7/19.4 - 57.7% (Stoyanova *et al.*, 2005) et en Grèce 32.8 - 75.8/5.1-35.0% (Cook *et al.*, 2000), l'isomenthone en Suisse 20.0 - 34.6/18.9 - 42.1% (Sticher et Flück, 1968), en Grèce 32.8- 75.8/4.3-28.6% (Kokkini *et al.*, 2004) et en Turquie 32.1-43.8/41.7-52.0% (Başer *et al.*, 1999), la menthone en Iran 37.8-20.3% (Aghel *et al.*, 2004), en Turquie 26.6-57.3/ 25.1-59.1% (Başer *et al.*, 1999) et au Japon 50.5/26.4% (Fujita et Fujita, 1967).

**Tableau 2 :** Composition chimique des huiles essentielles de *Mentha pulegium* (Sutour, 2010)

constituants	Maroc	Inde Himalaya	Egypte	Uruguay	Autriche	Grèce
menthone	0,3	8,3-8,7	-	3,6	8,0	-
isomenthone	-	3,8-4,0	-	12,9	-	-
cis-isopulégone	-	-	-	1,4	-	-
menthol	0,7	-	-	0,1	-	-
néomenthol	-	-	-	-	-	-
pulégone	80,3	65,9-83,1	43,5	73,4	-	-
piperitone	0,9	1,3-3,2	12,2	0,1	70,0	-
piperiténone	-	-	-	0,9	-	83,7-97,2

Constituants	Grèce	Bulgarie	Grèce	Turquie	Japon
menthone	0,1-2,8	1,1-5,8	2,2-8,8	<b>25,1-59,1</b>	<b>26,4</b>
isomenthone	4,3-28,6	<b>3,8-14,3</b>	<b>7,5-20,5</b>	-	-
cis-isopulégone	-	<b>3,8-14,3</b>	tr-0,1	-	-
menthol	tr-1,4	tr-1,8	-	-	-
pulégone	<b>32,8-75,8</b>	<b>27,2-49,7</b>	<b>40,8-53,7</b>	<b>26,6-57,3</b>	<b>50,5</b>
piperitone	0,5-5,2	5,1-6,5	2,0-11,4	-	-
piperiténone	<b>5,1-35,0</b>	<b>19,4-57,7</b>	<b>3,9-10,6</b>	-	-

Constituants	Turquie	Iran	Portugal	Suisse	Turquie	Iran
menthone	-	<b>20,3</b>	-	1,4-4,4	<b>36,4</b>	3,0
isomenthone	<b>41,7-52,0</b>	-	-	<b>18,9-42,1</b>	-	-
néomenthol	-	-	-	-	<b>19,0</b>	-
pulégone	<b>32,1-43,8</b>	<b>37,8</b>	<b>35,1</b>	<b>20,0-34,6</b>	<b>25,2</b>	2,3
piperitone	-	-	-	tr-0,8	-	<b>38,0</b>
piperiténone	-	6,8	27,4	-	-	<b>33,0</b>

#### I.6. Utilisation en médecine traditionnelle

Depuis l'antiquité, les Menthes conservent une grande diversité d'emplois et occupent une large place dans la thérapeutique. Elles fortifient tout le système nerveux, stimulant diffusible et aussi un sédatif diffusible, la menthe rend d'éminents services contre la nervosité et les différentes manifestations nerveuses (Benayad, 2008).

La menthe pouliot, connue sous le nom vernaculaire arabe de « Fliyou », est largement utilisée en médecine populaire dans de nombreuses cultures (**Agnihotri *et al.*, 2005 ; Diaz-Maroto *et al.*, 2007**). Les parties aériennes fleuries de cette plante sont traditionnellement utilisées pour leurs propriétés antimicrobiennes, expectorantes, carminatives et antispasmodiques dans le traitement du rhume, la bronchite, la tuberculose, la sinusite, le choléra, les intoxications alimentaires, les flatulences et les coliques intestinales (**Zargari, 1990 ; Delille, 2007**).

# *Chapitre II*



## Chapitre II : Etude de l'insecte ravageur des denrées stockées « *Tribolium castaneum* »

### II.1. Généralités sur les *Ténébrionidae*

Selon **Balachowsky, (1962)**, les *Ténébrionidae* sont des coléoptères de formes très variées ; à téguments le plus souvent rigides ; noir mat ou luisant de teinte sombre ; coloré ou métallique par interférence ; aptères ou ailées ; avec nervation alaire du type primitif ; 5 sternites abdominaux ; pattes long ou tout au contraire ; contractées ; souvent fouisseuses.

Un certain nombre de *Ténébrionidae* ont été signalés comme nuisibles sur les plantes cultivées et d'autres s'attaquent aux denrées alimentaires stockées ou emmagasinées. Parmi ces dernières le genre *Tribolium* comprend deux espèces principales cosmopolites et nuisibles : *Tribolium castaneum* Herbst ; et *Tribolium confusum* Duval.

### II.2. Caractères généraux de *Tribolium castaneum*

*Tribolium castaneum* (*Tribolium* rouge de la farine) est un insecte appartenant à la famille des *Tenberionidaes*, c'est un des insectes des stocks le plus ubiquiste et le plus polyphage. Les adultes et les larves ne s'implantent généralement dans les grains qu'après les attaques de ravageurs primaires (**Camara, 2009**), ou lorsque les grains sont brisés (**Seck, 1992**).

*T. castaneum* est considéré comme un ravageur secondaire strict causant d'importants dégâts sur les stocks de très nombreuses denrées amylacées notamment les farines de céréales (**Bonneton, 2010**).

### II.3. Description morphologique du *Tribolium castaneum*

#### II.3.1. Adulte

L'adulte mesure de 3 à 4 mm, de couleur uniformément brun rougeâtre (**Figure3**). Il est étroit, allongé, à bords parallèles. Le dernier article des antennes est légèrement renflé. Le prothorax a généralement des bords tranchants et les ailes sont fréquemment réduites.

Les tarses antérieurs et moyens comportent 5 articulations, alors que les tarses postérieurs n'en ont que quatre. Les angles sont simples, mais denticulés. Les téguments sont presque toujours très robustes et de teinte foncée (**Christine, 2001**). Il est très difficile de distinguer les mâles

des femelles sauf au stade nymphal. **Hinton (1948)** rapporte qu'il est possible de les séparer, le mâle porte au niveau des pattes une épine à soie.



**Figure 3 :** Vue dorsale d'un adulte de *T. castaneum* (**Christine, 2001**)

### II.3.2. Nymphe

La nymphe a une forme cylindrique. Elle est de couleur blanchâtre virant vers le jaune. La partie terminale de l'abdomen porte deux épines (**Figure 4**) (**Christine, 2001**).



**Figure 4 :** Vues dorsale et ventrale de nymphes de *Tribolium castaneum* (**Christine, 2001**)

### II.3.3. Larves

Les larves sont vermiformes et pourvues de pattes, à l'extrémité du dernier segment abdominal, il y a une paire de courts appendices, les « urogomphes ». La larve mesure 6 mm, environ 8 fois plus longue que large, d'un jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes (**Figure 5**). La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtres (**Godon et Willm,1998**).



**Figure 5 :** Larves de *Tribolium castaneum* (Christine, 2001)

### II.3.4. Œufs

Les œufs sont blanchâtres ou sans couleur et microscopiques dans la taille, avec des particules de nourriture adhérentes à la surface (Weidner et Rack, 1984).

### II.4. Position systématique

La classification de *Tribolium castaneum* selon Perrier *et al.* (1984) est rapportée dans le (Tableau 3)

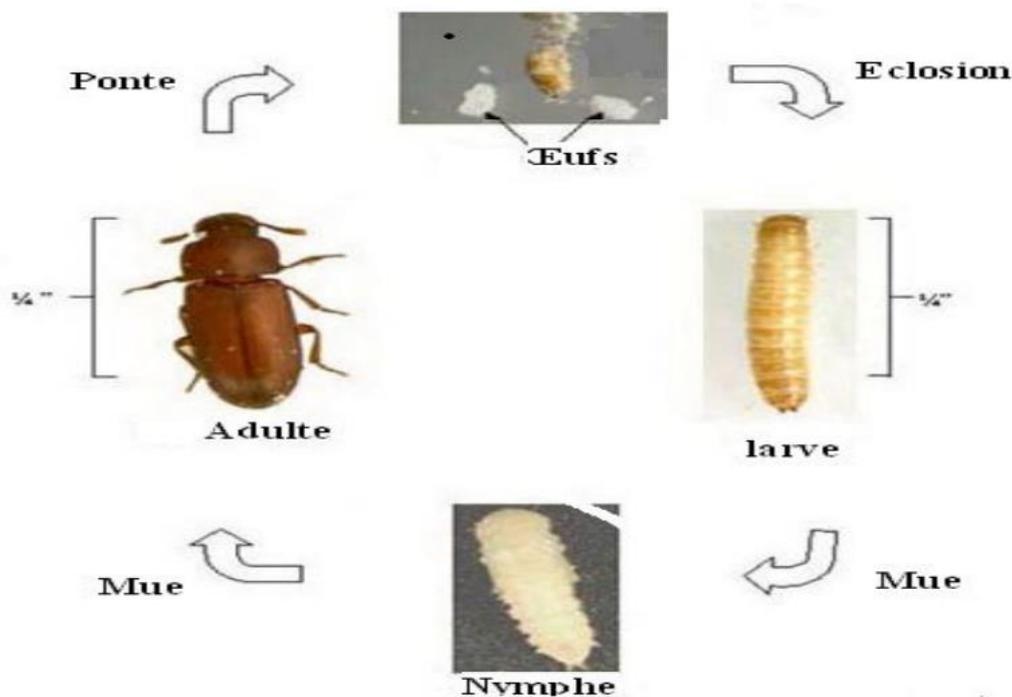
**Tableau 3 :** Classification de *Tribolium castaneum* (Perrier *et al.*,1984)

<b>Règne</b>	Animal
<b>Phylum</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Hexapoda
<b>Ordre</b>	Coleoptera
<b>Famille</b>	<i>Tenebrionidae</i>
<b>Genre</b>	Tribolium
<b>Espèce</b>	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst, 1797)

## II.5. Cycle de développement de *T. castaneum*

La longévité de l'insecte est de 2 à 8 mois suivant les conditions abiotiques. Dès l'âge de trois jours, la femelle pond quotidiennement une dizaine d'œufs qui, vers 30°C, éclosent au bout de cinq jours. Les œufs sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler. Les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphosent sans cocon. À 30°C, la vie larvaire dure à peu près trois semaines et l'adulte émerge de la nymphe six jours après sa formation.

C'est une espèce dont l'optimum thermique se situe entre 32 et 33 °C, son développement cessant au-dessous de 22 °C et qui résiste très bien aux basses hygrométries. La femelle pond entre 500 et 800 œufs. La durée du cycle dure environ un mois. (Delobelet Tran, 1993 ; Cruz *et al.*, 1988).



**Figure 6 :** Cycle de développement de *Tribolium castaneum* (Arab, 2012)

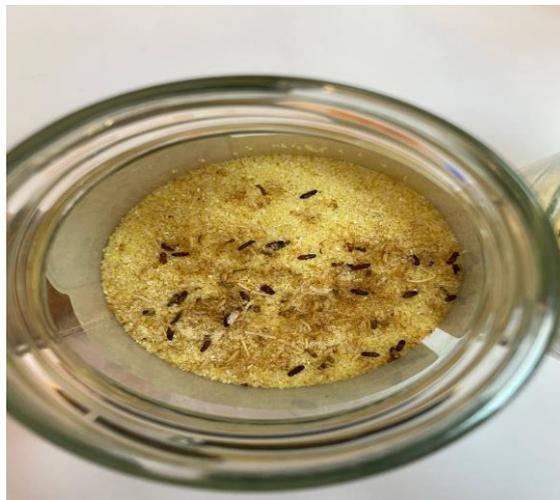
## II.6. Origine et répartition géographique

*T. castaneum* est originaire de l'Asie du Sud, on l'a trouvé dans de la nourriture placée dans la tombe de Toutankhamon (1345 avant J.-C.), il est actuellement cosmopolite. Il existe dans le monde de très nombreuses lignées présentant des caractères de résistance attestée aux

insecticides, aussi bien fumigants que non fumigants (**Delobel et Tran, 1993**). Par temps chaud, les adultes volent et peuvent être transportés par le vent dans les maisons ou d'autres bâtiments (**Dave et al., 2001**). Il est très abondant dans les régions tropicales (**Christine, 2001**).

### **II.7. Dégâts causés par *Tribolium***

Les *Tribolium* peuvent entraîner des dégâts très importants en consommant les denrées, mais ils contaminent aussi ces denrées avec leurs fèces, des odeurs, des toiles de soie, des cadavres et des mues (**Figure 7**). De plus, l'humidité issue du métabolisme de leurs pullulations et les produits d'excrétion azotée favorise l'apparition de moisissures dans les lieux de stockage (**Mebarkia et Guechi, 2001**). Le *Tribolium* cherche surtout les denrées amylacées pulvérulentes comme la farine (**Lepesme, 1944**).



**Figure 7** : Dégâts provoquée par *Tribolium castaneum* (adultes et larves)  
(**Photo originale,2024**)

Les adultes secrètent une substance nauséabonde riche en quinones qui communique au lot infecté une odeur particulièrement désagréable. Sur les graines d'arachide, le *Tribolium* provoque un accroissement notable de la teneur en acides gras dans l'huile qui en est extraite et s'attaque au blé, maïs, orge, sorgho, millet ; manioc, igname, arachide, coton, ricin, cacao (**Delobel et Tran, 1993 ; Cruz et al., 1988**).

### **II.8. Importance économique**

Cette espèce a eu une longue association avec l'alimentation humaine stockée et a été trouvé en association avec un large éventail de produits de base dont les céréales, farine, pois, haricots,

cacao, noix, fruits secs et épices, mais les produits de céréales moulues, comme la farine semblent comme leur aliment préféré (**Campbell et Runnion, 2003**).

La larve et l'adulte de *Tribolium castaneum* attaquent les grains de préférence déjà endommagés par d'autres insectes. Ils escortent souvent les charançons dont ils parachèvent les dégâts. D'autres auteurs rapportent que les larves et les adultes peuvent s'attaquer aux grains de céréales sains. **Desmarchelier (1988) et Sinha et al., (1988)** ont observé et récolté des larves et des adultes sur les grains de céréales et la farine stockés. Cette dernière devient alors brune et a une odeur désagréable, qui peut persister dans les produits transformés (**Christine, 2001**). Ils souillent les grains et la farine par les dépouilles des mues larvaires.

### **II.9. Moyens de lutte utilisés contre *T. castaneum***

Le contrôle de cet insecte se font généralement sur l'utilisation des insecticides synthétiques tels que Pyrethrine, Dichlorovos et le Malathion, ce qui a entraîné plusieurs problèmes, y compris les perturbations de l'environnement, l'augmentation des coûts d'application, la résurgence des ravageurs, la résistance des ravageurs aux pesticides, et des effets mortels sur les organismes non ciblés (**Sahaf et al., 2008**).

### **II.10. Utilisation d'extraits de végétaux**

Le développement de résistance par les insectes aux insecticides a permis de développer d'autres matières actives à base d'extraits végétaux pouvant avoir des modes d'actions différents à ceux des insecticides déjà utilisés. Les végétaux produisent des composés secondaires comme les Terpènes, les composés soufrés et les alcools ; Leur utilisation en tant que biopesticides dans la protection des graines de légumineuses ou de céréales stockées contre les insectes à fait l'objet de nombreuses études notamment en zone tropicale. Ces extraits végétaux à propriétés insecticides sont utilisés sous forme de poudre, d'extrait organique, d'extrait aqueux et d'huile essentielle (**Arthur, 1996**).

*Partie*  
*Expérimentale*

*Matériel et  
Méthodes*

# Matériels et Méthodes

## I. Objectif de l'étude

Dans le cadre de la lutte contre les ravageurs des denrées stockées, 03 objectifs ont été fixés pour notre étude expérimentale :

- Choix d'une plante à propriété insecticide de la famille des *Lamiaceae* : *Mentha pulegium* (Menthe pouliot) sur la base d'une enquête ethnobotanique réalisée auprès de la population locale de la région de Tizi-Ouzou.
- Extraction de l'huile essentielle de la plante sélectionnée.
- Etude de l'activité insecticide de l'huile essentielle extraite sur les adultes de *Tribolium castaneum* ; insecte ravageur des denrées stockées.

## II. Matériel

### II.1. Matériel végétal

La récolte de *Mentha pulegium* (Menthe pouliot) a été faite au niveau de la région d'Ath Yenni (Wilaya de Tizi-Ouzou), durant la période d'Avril 2024 (**Figure 8**). L'identification de la plante a été effectuée par comparaison avec les spécimens de l'herbier du département de botanique de l'ENSA.



**Figure 8** : *Mentha pulegium* (Menthe pouliot) (photo originale 2024)

## II.2. Matériel animal

L'élevage en masse de l'insecte a été réalisé au laboratoire de Biochimie de l'ENSV (**Figure 9**). Un nombre indéterminé d'adultes de *Tribolium castaneum* a été placé dans des bocaux en verre contenant de la semoule (**Figure10**). Les bocaux ont été conservés dans une étuve à une température de  $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$  et une humidité relative de 70-80% (**Gonzales, 2014**). La semoule provient d'un marché local d'Alger. L'identification de ces insectes a été effectuée par Pr MARNICHE Faiza du laboratoire de Zoologie de l'ENSV.



**Figure 9 :** Elevage en masse des insectes (**Originale 2024**)



**Figure 10 :** *Tribolium castaneum* (**Originale 2024**)

### III. Méthodes

#### III.1. Extraction de l'huile essentielle

L'extraction de l'huile essentielle de la plante a été réalisée par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger (**Clevenger,1928**). L'huile essentielle a été obtenue à partir des parties aériennes de la plante (tiges et feuilles) afin de tester son activité insecticide.

Cette extraction a été réalisée au niveau du laboratoire de Biochimie de l'ENSV.

#### III.2. Principe d'hydrodistillation

La technique d'extraction consiste à chauffer un mélange d'eau et de matière végétale sèche jusqu'à ébullition (**Figure 11**). La chaleur provoque la rupture des cellules végétales, libérant ainsi les huiles essentielles qui sont des composés organiques volatils et odorants. Les vapeurs produites entraînent ces composés volatils vers le réfrigérant. La condensation de ce mélange gazeux permet la séparation en deux phases liquides distinctes :

- Une phase organique (huile essentielle) qui contient la majorité des composants odorants.
- Une phase aqueuse (hydrolat).



**Figure 11** : Dispositif d'hydro distillation type Clevenger (**Originale 2024**)

### **III.3. Protocole d'extraction**

La partie aérienne (tiges et feuilles) de la plante est découpée en morceaux, puis pesés à l'aide d'une balance de précision. Une quantité de 100 g est ensuite placée dans un ballon de 2 L contenant 1,5 L d'eau distillée. Les vapeurs chargées d'huile essentielle traversent un tube vertical, puis passent dans un serpentin de refroidissement où elles se condensent. Les gouttelettes ainsi formées s'accumulent dans un tube préalablement rempli d'eau distillée. L'extraction dure 3 heures à partir du début de l'ébullition (**Bouhaddouda, 2016**).

L'huile essentielle est ensuite récupérée dans un flacon en verre teinté, fermé hermétiquement et est conservée au réfrigérateur à une température de 4°C jusqu'à son utilisation.

### **III.4. Evaluation de l'activité insecticide d'huile essentielle de *Mentha pulegium***

#### **III.4.1. Préparation des lots d'insectes**

A l'aide de fines pinces, dix insectes adultes (sans sexage) de *Tribolium castaneum* sont prélevés et placés dans des boîtes de Pétri. Ces lots préparés, seront distribués dans les boîtes de Pétri contenant le papier filtre traité.

#### **III.4.2. Préparation de la solution d'huile essentielle**

Les doses d'HE préparées à partir de la solution mère pour l'évaluation de l'activité insecticide vis-à-vis de *Tribolium castaneum* sont au nombre de 04 avec 05 répétitions chacune :

- D1=15 µl/ml ;
- D2 =18,75 µl/ml ;
- D3= 23,44µl/ml ;
- D4= 29,29 µl/ml.

L'acétone est le solvant utilisé pour la préparation de ces solutions.

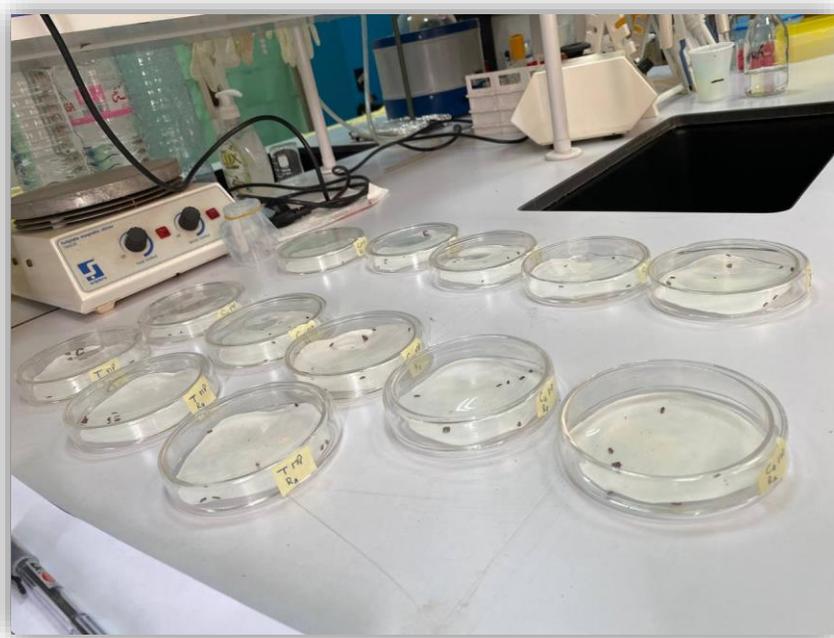
#### **III.4.3. Evaluation de la toxicité par inhalation-contact de *Tribolium castaneum***

L'évaluation de la toxicité a été effectuée en utilisant la méthode du papier filtre. Chaque dose de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* a été appliquée de manière uniforme sur un papier filtre

de 9 cm de diamètre, qui a ensuite été placé dans une boîte de Pétri de la même taille. Pour le groupe témoin, le papier filtre a été traité uniquement avec de l'acétone.

Un lot de 10 insectes adultes de *Tribolium castaneum* a été placé dans chaque boîte de Pétri contenant le papier filtre traité. Chaque dose, ainsi que le groupe témoin, a été testée avec cinq répétitions (**Figure 13**). Les boîtes de Pétri ont été scellées avec du parafilm.

Les mortalités ont été enregistrées pour chaque boîte à des intervalles de : 30 mn ; 1h ; 2h ; 4 h ; 8h ; 16h ; 32h ; 64h ; 128h.



**Figure 12:** Dispositif expérimental du test par contact-inhalation sur *Tribolium castaneum* traités à l'HE (**Originale 2024**)

#### III.4.4. Calcul des mortalités

La mortalité observée est exprimée après correction par la formule d'Abbott (**Abbott, 1925**).

$$\mathbf{Mc} = [(\mathbf{Mo}-\mathbf{Mt}) / (100-\mathbf{Mt})] \times 100$$

**Mc** : taux de mortalités corrigées (%)

**Mo** : taux de mortalité des lots traités (%)

**Mt** : taux de mortalités observées chez les témoins (%)

#### **IV. Analyse statistique**

Toutes les informations ont été enregistrées dans une base de données classique (Excel 2010). Le logiciel XLSTAT Version 7.1 Copyright © 1995-2004 Addinsoft a été utilisé pour effectuer la vérification et le traitement statistique des données. L'analyse descriptive a inclus le calcul des taux de mortalité, présentés sous forme de moyenne  $\pm$  écart-type, en fonction des doses administrées et du temps observé. Des graphiques ont été créés pour visualiser l'évolution des taux de mortalité enregistrés.

*Résultats et  
Discussions*

## Résultats et Discussion

### I. Evaluation de l'effet insecticide de l'HE de *Mentha pulegium*

L'évaluation de la toxicité se fait par le comptage des insectes morts et le calcul de la mortalité moyenne corrigée. Les résultats montrent une activité insecticide intéressante de l'HE de *Mentha pulegium* dose et temps dépendante. En effet, l'activité insecticide de l'HE est proportionnelle à la concentration et au temps d'exposition.

Les résultats de l'évaluation de l'efficacité de l'HE sont portés sur le tableau 4

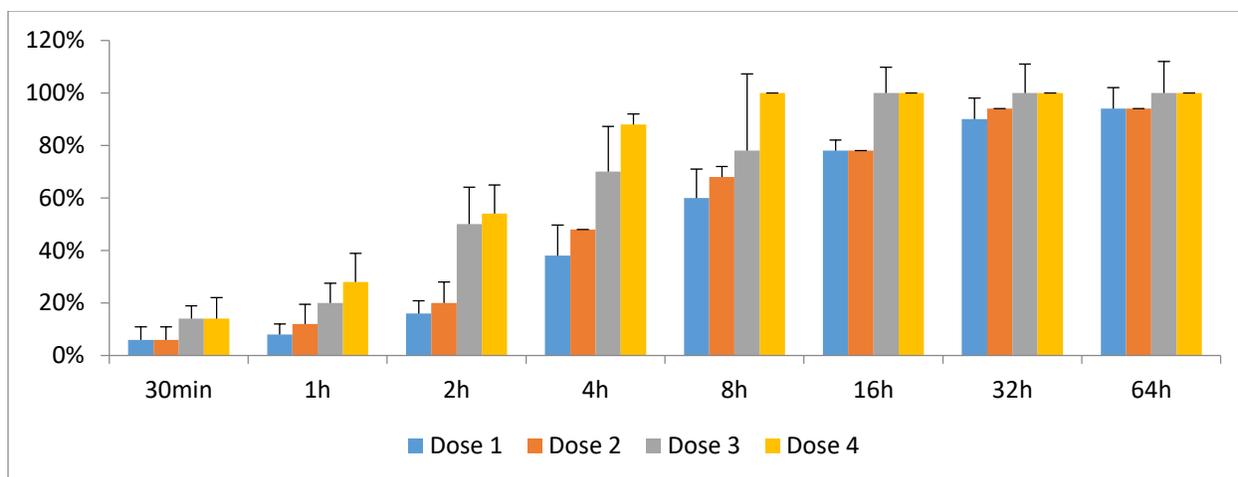
**Tableau 4:** Taux de mortalité de *T. castaneum* en fonction des doses et du temps (Moyenne  $\pm$  écart-type)

Lecture Dose	% des mortalités ( moyenne $\pm$ écart-type)							
	30min	1h	2h	4h	8h	16h	32h	64h
Témoin	0	0	0	0	0	0	0	0
Dose 1	6 $\pm$ 4,90	8 $\pm$ 4	16 $\pm$ 4,90	38 $\pm$ 11,66	60 $\pm$ 10,95	78 $\pm$ 4	90 $\pm$ 8	94 $\pm$ 8
Dose 2	6 $\pm$ 4,90	12 $\pm$ 7,48	20 $\pm$ 14,14	48 $\pm$ 17,20	68 $\pm$ 29,26	78 $\pm$ 9,80	94 $\pm$ 10,95	94 $\pm$ 12
Dose 3	14 $\pm$ 4,90	20 $\pm$ 7,48	50 $\pm$ 8	70 $\pm$ 0	78 $\pm$ 4	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0
Dose 4	14 $\pm$ 8	28 $\pm$ 10,95	54 $\pm$ 10,95	88 $\pm$ 4	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0

L'analyse du tableau ci-dessus montre des taux de mortalité moyens entre 6% et 14% pour les doses D1, D2, D3 et D4, après 30min d'exposition. Au bout de 2h, D4 et D3 affichent respectivement 54% et 50% de mortalité, contre 20 et 16% de mortalité pour D2 et D1. Après 4h de traitement 88% et 70% de mortalités sont enregistrées pour D4 et D3 respectivement. Alors que pour D1 et D2 le maximum de mortalité atteint est de 48%.

A partir de 8h et 16h d'exposition, on note 100% de mortalité pour D4 et D3 respectivement. Les doses D1 et D2 affichent 100% de mortalité qu'à partir de 64h et 32h respectivement. Aucune mortalité n'a été enregistrée chez le lot témoin.

La mortalité des adultes de *T. castaneum* évolue proportionnellement avec les concentrations d'huile essentielle et la durée d'exposition (**figure 13**).



**Figure 13:** Représentation graphique du taux de mortalité (%) de *T. castaneum* traités par différentes doses d'HE de *M. pulegium*

La figure 13 montre une augmentation du taux de mortalité des insectes en fonction du temps et de la dose de l'HE.

Plusieurs études ont démontré l'effet insecticide des HEs sur divers ravageurs des denrées stockées (REF). L'HE d'origan est particulièrement appréciée pour ses propriétés insecticides, **Khalfi et al. (2008)** ont montré que l'HE d'origan possède des propriétés insecticides significatives contre *Rhizopertha dominica*, un insecte attaquant les céréales entreposées. De même, **Kordali et al., (2008)** ont démontré que l'HE d'origan entraîne la mortalité de 68,3 % de *Sitophilus granarius* et de 36,7 % des adultes de *Tribolium confusum*. Cette activité insecticide est principalement attribuée au carvacrol, composant majeur de l'HE d'origan.

Dans le même contexte, **Sahaf et al., (2007)** ont constaté une forte activité insecticide de l'huile essentielle de *Carum copticum* (Apiaceae) à l'égard *Sitophilus oryzae* et *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae), avec un taux de mortalité de 100% pour une concentration de 185,2 µl /ml et un temps d'exposition de 12h.

Des études ayant porté sur *T. castaneum* confirment que les HEs des plantes aromatiques et médicinales sont efficaces pour lutter contre les ravageurs des denrées alimentaires, sans laisser de résidus et étant biodégradables. **Abdelli et al., (2016)** ont constaté qu'une inhalation de l'HE de

*Mentha pulegium* provoquait une mortalité de 100% chez les adultes de *Tribolium castaneum* et de *Sitophilus oryzae* exposés à des doses de 10 et 20 µL pendant 24 h.

Selon **Kim et al., (2003)**, l'efficacité des huiles essentielles dépend de leur composition et de l'espèce d'insecte traité. En effet, **Shaaya et al., (1997)**, décrivent un *T. castaneum* plus résistant que *S. oryzae* ou *Rhyzopertha dominica* au traitement à l'HE de menthe, par fumigation. L'activité insecticide des HEs peut également dépendre du sexe des insectes. Selon **Regnault-Roger et Hamraoui (1994)**, les mâles d'*Acanthoscelides obtectus* sont plus sensibles aux HEs que les femelles. Dans nos conditions expérimentales, nous n'avons étudié l'effet sexe lors de l'évaluation de l'activité insecticide.

Le mode d'action des huiles essentielles chez les insectes fait aujourd'hui l'objet de nombreuses études . A cet effet , des travaux citent les monoterpènes comme insecticide inhibant la reproduction des insectes (**Regnault-Roger et Hamraoui, 1993 ; Ngamo et Hance, 2007**). Leur volatilité et nature lipophile permettent une pénétration rapide et une interférence avec les fonctions physiologiques des insectes (**Lee et al., 2002**).

Les huiles essentielles sont de nos jours connues comme des neurotoxines à effets aigus interférant avec les transmetteurs octopaminergiques des Arthropodes. Ces huiles sont peu toxiques pour les animaux à sang chaud et très toxiques chez les insectes (**Bakkali Aissaoui et al., 2018**).

*Conclusion et  
Perspectives*

## Conclusion et perspectives

L'objectif principal de cette étude consiste à évaluer, en conditions de laboratoire, l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* sur *Tribolium castaneum*, un insecte ravageur des denrées stockées. L'évaluation de la toxicité se fait par le comptage des insectes morts et le calcul de la mortalité corrigée.

Les résultats montrent une activité insecticide intéressante de l'HE de *Mentha pulegium* dose et temps dépendante. En effet, dans le cas de l'huiles testée, l'efficacité augmente avec la dose d'HE et le temps d'exposition.

Nous avons testé quatre doses de cette huile essentielle par inhalation-contact. L'efficacité varie en fonction de la dose et de l'huile essentielle utilisée. Les taux de mortalité augmentent avec la concentration de l'huile et la durée d'exposition. La dose la plus élevée (D4) a provoqué une mortalité de 100 % des adultes après 8 heures, tandis que la dose D3 a nécessité 16 heures pour obtenir un effet similaire. Les doses plus faibles (D1 et D2) ont entraîné des mortalités de 94 % après 64 heures et 32 heures d'exposition respectivement.

Ces résultats indiquent qu'il est nécessaire d'utiliser des doses plus élevées d'huile essentielle de *Mentha pulegium* pour une efficacité accrue contre *T. castaneum*. La mortalité des adultes augmente en fonction de la dose et de la durée d'exposition.

Au terme de cette étude, il est essentiel de reconnaître que l'efficacité des huiles essentielles contre les insectes nuisibles peut varier en fonction de nombreux facteurs, tels que l'espèce d'insecte, le dosage, la durée d'exposition, les conditions environnementales, ainsi que l'origine et la qualité de l'huile essentielle.

Cette approche de lutte biologique pourrait constituer une alternative intéressante pour les pays en développement, comme l'Algérie, en raison de leur riche biodiversité florale

En perspective, notre étude ouvre la voie à plusieurs axes de recherche, notamment :

- ❖ L'extraction des huiles essentielles à partir de plantes aromatiques locales et l'identification de leurs composés actifs ;
- ❖ L'évaluation de l'activité insecticide des principaux composés de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* sur *Tribolium castaneum* et d'autres ravageurs des denrées stockées ;
- ❖ L'évaluation des effets des huiles essentielles sur la qualité organoleptique et nutritionnelle des denrées alimentaires susceptibles d'être infestées par les insectes.

*Références  
Bibliographiques*

## Références bibliographiques

1. **Abdelli, M., Moghrani, H., Aboun, A. Maachi, R., 2016.** Algerian *Mentha pulegium* L. leaves essential oil: Chemical composition, antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities. *Industrial Crops and Products* 94:197-205
2. **Agnihotri, V. K., Agarwal, S. G., Dhar, P. L., Thappa, R. K., Baleshwar Kapahi, B. K., Saxena, R. K. Qazi G. N., 2005.** Essential oil composition of *Mentha pulegium* L. growing wild in the north-western Himalayas India. *Flavour Frag. J.*, 20: 607–610.
3. **Arab R., 2012.** Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. et *Peganum harmala* L. sur l'insecte des céréales stockées *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera, Tenebrionidae). Mémoire présenté à la faculté sciences Département de biologie Pour l'obtention du diplôme de MAGISTER, université Ferhat Abbas-setif.
4. **Arthure F.H., 1996.** Grain protectants: current status and prospects for the future prod. *Stored Res.*, Vol.32: 203-293.
5. **Arvy, M.P., Gallouin, F., 2003.** Epices, aromates et condiments. Ed. Belin, Paris, 412p.
6. **Aziez M., Hammadouche O., Mallem S. et Tacherifet S., 2003.** Le guide pratique pour l'agréeur céréales et légumineuses alimentaires. C. N. M. Z., Algérie, 55 p.
7. **Bakkali Aissaoui A., Zantar S., El Amrani A. 2018.** Étude de la composition chimique de l'huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis* et évaluation de son effet acaricide sur l'acarien ravageur *Tetranychus Urticae* Koch (Acari, Tetranychidae). *Afrique science* 14(3). p411 – 423.
8. **Balachowsky A., 1962.** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées leur mœurs, leurs destructions. Ed. Paris. PP.1245-1268.
9. **Başer, K. H. C., Kürkcüoğlu M., Tarimicilar G., Kaynak G., 1999.** Essential oils of *Mentha* species from northern Turkey. *J. Essent. Oil Res.*, 11: 579- 588.
10. **Bekhechi, C., 2008.** Analyse des huiles essentielles de quelques espèces aromatiques de la région de Tlemcen par CPG, CPG-SM et RMN 13 C et étude de leur pouvoir antibactérien. Thèse de Doctorat. Université de Tlemcen, Algérie, 209 p.
11. **Benayad, N., 2008.** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Projet de recherche. Faculté des Sciences Rabat, Maroc, 240 p.
12. **Bencheikh, D. 2012.** Polyphenols and antioxidant properties of extracts from *Mentha pulegium* L. and *Matricaria camomilla* L., magister en biochimie., Université Ferhat Abbas Setif. 89 p
13. **Benhalima H., Chaudhry M.Q., Mills K.A., & Price N.R., 2004.** Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *J. Stored Prod. Res.*, 40, 241-249.
14. **Bonneton, F. 2010.** Quand *Tribolium* complémente la génétique de la drosophile. *Médecine /Sciences*, 26

15. **Bouchra, C., Achouri, M., Idrissi Hassani, L. M., Hmamouchi M., 2003.**Chemical composition and antifungal activity of essential oils of seven Moroccan Labiatae against *Botrytis cinerea* Pers: Fr. Phytochem., 89: 165-169.
16. **Camara A., 2009.**Lutte contre *Sitophilus oryzae* l. (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basseguinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales thèse du doctorat, 173p
17. **Campbell J. F et Runnion C., 2003.**Patch exploitation by female red flour beetles, *Tribolium castaneum*. Journal of Insect Science, 3(20), 8p.
18. **Chalchat, J.C., Gorunovic, M.S., Maksimovic, Z.A., Petrovic, S. D., 2000.**Essential oil of wild growing *Mentha pulegium* L. from Yugoslavia. J. Essent. Oil Res., 12: 598–600.
19. **Chaubey, M. K. 2012.**Acute, lethal and synergistic effects of some terpenes against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). Ecologia Balkanica. 4(1): 53-62.
20. **Christine B., 2001.**Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique.2ieme Edition,124-154.
21. **Cissokho PS, Guèye MT, Sow EH, Diarra K. 2015.**Substances inertes et plantes à effet insecticide utilisées dans la lutte contre les insectes ravageurs des céréales et légumineuses au Sénégal et en Afrique de l'Ouest. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 9(3) : 1644-1653.
22. **Cook, C.M., Maloupa, E., Kokkini, S., Lanaras, T., 2000.**Differences between the inflorescence, leaf and stem essential oils of wild *Mentha pulegium* L plants from Zakynthos Greece. J. Essent. Oil Res., 12: 598-600.
23. **Cruz J.F., Troude F., Griffon D. et Hébert J.P., 1988.** Conservation des grains en régions chaudes, Techniques rurales en Afrique. 2ème Ed France, 545p.
24. **Dave A., Colin J., Demianyk P.G., Fields D.S., Jayas J.T.M., William E.M., Blaine T., Noel D.G.W., 2001.**Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures (Éd. Rev.) (Manitoba) Canada. 59 p
25. **Delille, L., 2007.**Les plantes médicinales d'Algérie. Berti Editions, Alger, 240 p.
26. **Delobel A. et Tran M., 1993.** Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chauds, Faune tropicale XXXII. Paris. 103-106 p.
27. **Delobel A., Tran M., 1993.**Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. ORSTOM/CTA. Faune tropicale 32. Paris. Désertiques méridionales, Tome II, Ed. CNRS, Paris, 424p.
28. **Desmarchelier J.M., 1988.**The relationship between wet-bulb temperature and the intrinsic rate of increase of eight species of stored product Coleoptera. J. stored prod.Res, 24(2), 107 113.
29. **Diaz-Maroto, M.C., Castillo, N., Castro-Vazquez, L., Gonzalez-Vinas, M.A. & Perez Coello, M.S., 2007.**Volatile composition and olfactory profile of pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) plants. Flavour Frag. J., 22: 114-118.

30. **El-Ghorab A. H., 2006.**The chemical composition of *Mentha pulegium* L. essential oil from Egypt and its antioxidant activity. *J. Essential oil Bearing Plants*, 9 : 183–195
31. **Fleurat-Lessard F., 2011.**Détermination des facteurs de transfert des résidus de pesticides des céréales traitées aux produits transformés par une approche expérimentale à priori, 2ème rencontres techniques du RMT QUASAPROVE R Paris - 16 juin 2011 Journée séminaire : Evaluation et gestion des insectes et des résidus pesticides dans les grains stockés après récolte.
32. **Fujita Y., Fujita S. I., 1967.** Essential oil of *Mentha pulegium* and *M. grattefossei* view from the standpoint of comparative biochemistry. *Nippon Kagaku Zasshi*, 88: 767-768.
33. **Gamisans, J, Jeanmonod, D., 1993.**Catalogue des plantes vasculaires de la Corse (seconde édition). Edition des conservatoires et jardin botaniques de la ville de Genève, Chambésy, 258 p.
34. **Gerenutti M., Modesto L., Valessandra carrara V., Alves magalhãesS., 2014.**Maternal exposure to aqueous extract of *Mentha pulegium* L. inducing toxicity to embryo development in rats. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*. Vol. 8(22) : 609-61.
35. **Godon B. et Willm C., 1998.**Les industries de première transformation des céréales.Lavoision tec, doc Paris, 656-657.
36. **Guignard, J.L., Dupont F., 2004.** Botanique : Systématique moléculaire, 13ème éd. Ed. Masson, Paris, 237 p.
37. **Hinton H.E., 1948.** A Synopsis of the genus *Tribolium* Macleay with some remarks on the evolution of its species. *Bull. Ent. Res.*, 39, 13-55
38. **Jahandiez E. Marie R., 1934.**Catalogues des plantes du Maroc, spermatophytes et ptéridophytes. Tome III. Ed. Paul Le chevalier, Paris.
39. **Khalfi-Habes O., Boutekedjiret C.et Sellami S. 2008.**Activité biologique de trois huiles essentielles extraites de plantes algériennes sur *Rhyzoperthadominica*(F.) (Coleoptera:Bostrychidae).Br.5708.6p.
40. **Kim K.S., Lee S., Lee Y.S., Jung S.H., Park Y., Shin K.H., Kim B.K. 2003.**Anti-oxidant activities of the extracts from the herbs of *Artemisia apiacea*. *J. Ethnopharmacol*, 85, 69-72
41. **Kokkini, S., Handilou, E., Karousou, R., Lanaras, T., 2002.** Variations of pulegone content in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) plants growing wild in Greece. *J. Essent. Oil Res.*, 14: 224-227.
42. **Kordali S., Cakir A., Ozer H., Cakmakci R., Kesdek M., Mete E. 2008.**Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and pcymene. *Bioresour.Technol.*99. P 8788–8795
43. **Koul, O., Walia, S., Dhaliwal, G. S. 2008.**Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopesticides international*, 4(1), 63-84
44. **Lee HK., Park C., Ahn YJ. 2002.**Insecticidal activities of asarones identified in *Acorus gramineus* rhizome against *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutoidae). *Jap. Soc. Appl. Entomol. Zool.* 37 (3), p. 459–464.

45. **Lee R.E., Lee. M.R., Strong G; Gunderson J. M., 1993.**Résistance au froid des insectes et micro-organismes actifs nucléant la glace, y compris leur utilisation potentielle pour la lutte biologique. *J. Insectes physiologie*. 39(1), Pp 1-12
46. **Lee S.E. 2002.**Biochemical mechanisms conferring cross-resistance to fumigant toxicites of essential oils in a chloropyrifos-ethyl resistant strain of *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera: Sylvanidae). *Journal of Stored Products Research*, 38: 157-166.
47. **Lepesme P., 1944.** Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industries entreposés Ed.Chevalier., Paris, 335p.
48. **Lieutaghi Pierre, 1999.** Le livre des bonnes herbes, Actes Sud, 517 p.
49. **Lorenzo, D., Paz, D., Dellacassa, E., Davies P., Vila R., Cañigüeral, S., 2002.** Essential Oils of *Mentha pulegium* and *Mentha rotundifolia* from Uruguay. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 45(2): 519-524.
50. **Mata, A. T., Proença, C., Ferreira, A. R., Serralheiro, M. L. M., Nogueira J. M. F., Araújo M. E. M., 2007.**Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as Portuguese food spices. *Food Chem.*, 103: 778-786.
51. **Mebarkia A., Khalfi O. et Guechi A., 2001.** Problèmes phytosanitaires des céréales stockées en régions semi-aride. Journées Scientifiques et Techniques Phytosanitaires, 12 et 13 Nov, MAP, INPV EI-Harrach, 119-126.
52. **Ngamo L. S. T. et Hancet. H. 2007.**Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*, vol. 25, no 4, p. 215-220.
53. **Perrier R., 1964.** La faune de la France- Tome VI : Les Coléoptères 1ère partie. Ed. Lib. Delagrave, Paris. 192p.
54. **Quezel, P., Santa S., 1963.**Nouvelle Flore de l'Algerie et des Regions Desertiques Meridionales. 2nd Edn., Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France, 783 p.
55. **Rajashekar Y., Gunasekaran N., Shivanandappa T., 2010.** Insecticidal activity of the root extract of *Decalepis hamiltonii* against stored product insect pests and its application in grain protection. *J Food Sci Technol* 47 :310–314.
56. **Regnault-Roger C. et Hamraoui. 1993.**Efficiency of plants from south of France used as traditional protectant of *Phaseolus vulgaris* L. against its bruchid *Acantholides obtectus* Say: *Journal of Stored Products Research*, 29, 259-264.
57. **Regnault-Roger C., Hamraoui A. 1994.** Comparison of the insecticidal effect of intact and waterdistillated aromatic plants on *Acanthosce/ides obtectus* Say. *ChemoEcology*, 5-6, 1-5.
58. **Regnault-Roger C., Philogène B. J. R., Vincent C., 2002.**Biopesticides d'origines végétales. Tec & Doc Eds, Paris, 337 p.
59. **Sahaf B. Z., Moharramipour S., Meshkatsadat M.H., 2007.** Chemical constituents and fumigant toxicity of essential oil from *Carum copticum* against two stored product beetles. *Insect Science*, 14(3) pp :213-218.
60. **Sahaf B.Z., Moharramipour S. et Hadi M., 2008.** Meshkatsadat Fumigant toxicity of essential oil from *Vitex pseudo-negundo* against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus oryzae* (L.), *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 11, 175–179.

61. **Sartori M.R., Pacheco I.A., Villar R.M.G., 1990.**Resistance to phosphine in stored grain insects in Brazil In : Proceedings of the 5th.International Working Conference on Stored-Product Protection Bordeaux, France, 2,1041-1104.
62. **Seck, D. 1992.**Importance économique et développement d'une approche de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs, mil et niébé en milieu paysan Proceedings deuxième séminaire sur la lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel, Bamako (Mali), 2-4 Janvier 1990.
63. **Shaaya E., Kostjukovski M., Eilberg J. Sukprakarn C. 1997.**Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. Journal of Stored Product Research, 33 (1): 7-15.
64. **Sinha R.N., Demianyk C.J. et Mc Kenzie R.I.H., 1988.** Vulnerability of common wheat cultivars to major stored - product - beetles. Canadian J. of Plant Sci., 68 (2),337-343.
65. **Sticher, O., Flück, H., 1968.**Die Zusammensetzung von genuinen, extrahierten und destillierten ätherischen Ölen einiger Mentha-Arten. Pharm. Acta Helv., 43: 411-446.
66. **Sutour S., 2010.**Etude de la composition chimique d'huiles essentielles et d'extraits de menthe de Corse et de Kumquats. Thèse de doctorat. Université de Corse, 222 p.
67. **Syed Shayfur R., Mizanur R., Mohammad Mizanur R.K., Shameem A.B., Balaram R. et Fakruddin Shahed S. M., 2007.** "Ethanollic extract of melgota (Macarangapostulata) for repellency, insecticidal activity against rice weevil (Sitophilus oryzae)". African Journal of Biotechnology, 6(4), PP. 379-383.
68. **Tunc I. Berger. B. M., Erler. F. et Dagli. F., 2000.**Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored product insects. Journal of Stored Products Restarch. 36 (2) : PP. 161-168.
69. **Weidner, H., Rack, G., 1984.**Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds, Eschborn, 80 p
70. **Zargari, A., 1990.** Herbal Medicines. Publication of Tehran University, Iran, p.p. 14-18.
71. **Zwaving, JH, Smith, D., 1971.**Composition of the essential oil of Austrian Mentha pulegium. Phytochem., 10: 1951-1953.

## Résumé

L'utilisation d'insecticides contre les ravageurs des grains stockés est d'un secours utile pour l'homme. Les recherches actuelles dans ce domaine s'orientent de plus en plus vers l'identification de molécules naturelles.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* (Menthe pouliot) sur une espèce d'insecte ravageur des denrées stockées : *Tribolium castaneum*, dans des conditions de laboratoire. Nous avons évalué l'effet de cette huile essentielle par inhalation - contact en testant quatre doses.

L'huile essentielle de *Mentha pulegium* s'est avérée efficace contre *Tribolium castaneum* aux doses D3 et D4, provoquant une mortalité rapide de 100 % des adultes en 8 et 16 heures, respectivement. Des doses plus faibles (D1 et D2) nécessitent plus de temps pour atteindre une efficacité similaire. La mortalité augmente proportionnellement à la dose et à la durée d'exposition. Ces résultats suggèrent un potentiel prometteur pour l'huile essentielle de *Mentha pulegium* comme agent de lutte contre les ravageurs des denrées stockées.

**Mots-clés :** Huiles essentielles, *Tribolium castaneum*, *Mentha pulegium*, mortalité, contact, inhalation

## Summary

The use of insecticides against stored grain pests is of significant benefit to humans. Current research in this field is increasingly focused on identifying natural molecules.

The main objective of this study is to evaluate the insecticidal activity of the essential oil of *Mentha pulegium* (Pennyroyal) on a species of stored grain pest: *Tribolium castaneum*, under laboratory conditions. We evaluated the effect of this essential oil by inhalation-contact, testing four doses.

The essential oil of *Mentha pulegium* proved effective against *Tribolium castaneum* at doses D3 and D4, causing 100% adult mortality within 8 and 16 hours, respectively. Lower doses (D1 and D2) required more time to achieve similar efficacy. Mortality increased proportionally with dose and exposure time. These results suggest a promising potential for *Mentha pulegium* essential oil as a control agent against stored grain pests.

**Keywords:** Essential oils, *Tribolium castaneum*, *Mentha pulegium*, mortality, contact, inhalation.

## ملخص

يعد استخدام المبيدات الحشرية ضد آفات الحبوب المخزنة بمثابة مساعدة مفيدة للإنسان تركز الأبحاث الحالية في هذا المجال بشكل متزايد على تحديد الجزيئات الطبيعية

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقييم نشاط المبيد الحشري للزيت العطري لنبات الغبيرة (النَّعْنَاع البرِّيّ أو الفُونَنجُ أو القليو) على نوع من الآفات الحشرية للمواد الغذائية المخزنة : خنفساء الدقيق الصدفية، تحت الظروف المخبرية. قمنا بتقييم تأثير هذا الزيت العطري من خلال الاستنشاق والاتصال عن طريق اختبار أربع جرعات. تبين أن زيت النعناع البري ، مما يتسبب في وفيات سريعة بنسبة 100% D3 و D4 الأساسي فعال ضد خنفساء الدقيق الصيدلانية عند تناول الجرعات مزيدا من الوقت لتحقيق فعالية مماثلة. وتزداد D2 و D1 للبالغين خلال 8 و 16 ساعة على التوالي. تتطلب الجرعات الأقل الوفيات بشكل متناسب مع الجرعة ومدة التعرض. تشير هذه النتائج إلى إمكانات واعدة لزيت النعناع البري الأساسي كعامل للسيطرة على آفات الأغذية المخزنة

الكلمات المفتاحية : الزيوت العطرية خنفساء الدقيق الصدفية، النعناع البري (القليو)، الوفيات، الاتصال، الاستنشاق