

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou  
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques  
Département des Sciences Biologiques



## *Mémoire de fin d'études*

En vue de l'obtention du diplôme de master académique en Sciences Biologiques  
Spécialité : Biologie des Populations et des Organismes.

### *Thème*

Etude de l'efficacité de trois huiles essentielles  
la Menthe poivrée (*Mentha piperita* L.), la Marjolaine à coquilles  
(*Origanum majorana* L.) et la Sauge sclarée (*Sauge sclarea* L.) à  
l'égard de *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae).

*Travail réalisé par :*

M<sup>elle</sup> BAZI Ilhem

et

M<sup>elle</sup> BELHACEL Kahina

*Devant le jury :*

<b>Présidente :</b>	M <sup>me</sup> TALBI Khammes.N	MAA	UMMTO
<b>Promotrice :</b>	M <sup>me</sup> AIT AIDER.F	MCCA	UMMTO
<b>Co-promotrice:</b>	M <sup>elle</sup> KHELOUL.L	Docteur	UMMTO
<b>Examinatrice :</b>	M <sup>elle</sup> LAOUDI.T	Docteur	UMMTO

**Promotion : 2022/2023**

---

## *Remerciements*

---

*La présentation de ce modeste travail nous offrons l'occasion  
d'exprimer notre profonde gratitude à*

***M<sup>me</sup> AIT AIDER F. MCCA** à UMMTO pour avoir accepté  
d'encadrer notre modeste travail.*

***M<sup>elle</sup> KHELLOUL L.** Docteur à l'UMMTO pour avoir accepté  
d'encadrer notre modeste travail.*

***M<sup>me</sup> TALBI-Khammes N. MAA** de nous avoir fait l'honneur de  
présider le jury.*

***M<sup>elle</sup> LAOUDI T.** pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Enfin nous tenons à remercier tous ceux qui ont participé de près ou  
de loin, dans la réalisation de ce modeste travail, sans oublier ceux  
qui ont contribué à notre formation.*

---

## Dédicaces

---

**A**vec toute mon affection, je tiens à dédier ce travail d'abord à ma petite famille, et à tout personnes qui m'ont aidées de loin ou de près. À celle qui m'a élevé et s'est beaucoup sacrifier afin de me voir réussir, à celle qui me rend heureuse et qui m'a toujours encouragé à aller de l'avant, ma joie, mon bonheur ma moitié ma mère.

À mon très cher père, tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es. Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours.

À ma sœur adorée ma moitié, Nassima tu es ma force dans la vie, merci pour ton soutien et l'amour et l'affection que tu m'offre chaque jour.

À la personne la plus chère pour moi Moh. S, Tu as toujours offert soutien et réconfort, j'exprime envers toi une profonde admiration, reconnaissance et attachement inconditionnels

À ma copine d'amour Kathia, Aux membres de ma famille, Tantes et Oncles cousins et cousines. À tous mes ami(e)s: Hinan, Dylia, Dalila.... À ma chère binôme et amie, Ilhem merci pour ta présence, ton soutien, ton encouragement, merci pour tout.

*B. Kahina*

---

## *Dédicaces*

---

*Je tiens à dédier ce travail d'abord à ma petite famille, et à tout personnes qui m'ont aidées de loin ou de près. A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences, à celle qui me rend heureuse et qui m'a toujours encouragé à aller de l'avant, ma joie, ma moitié ma mère Salihā.*

*A l'homme à qui je dois ma vie, ma réussite, mon respect. Tu as été toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, mon cher père Saïd, que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.*

*A ma chère sœur Sabrine et son mari Mounir, qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. A mon neveu Mohammed Rassim qui est depuis son entrée dans notre vie nous apporté le bonheur, la joie et l'amour que dieu te protège mon petit.*

*A ma petite sœur adorée Hanane, merci pour ton soutien et l'amour et l'affection que tu m'offre.*

*Je dédie ce travail à ma tante, à ma deuxième mère Nana Houa, qui m'a grandi, m'a donnée tout l'amour et l'affection et m'a appris la vie, que Dieu tout puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.*

*A mes copines d'amour Zahina, Hassina, Nissa, pour leurs soutiens, leurs courages, leurs amours, je n'ai regretté jamais votre amitié, merci d'être là. A tous mes amis salim, Dyhia, Dalila...*

*A ma chère binôme Zahina, merci pour ton travail sérieux, ta patience, ton soutien, ton encouragement et ta compréhension.*

*⊗. Them*

---

## *Liste des figures*

---

<b>Figure 1 :</b> Histologie d'un grain de blé (Surget et Barron, 2005). .....	6
<b>Figure 2 :</b> Les œufs de <i>T. confusum</i> G (10 ×4) (Originale, 2023). .....	12
<b>Figure 3 :</b> La larve de <i>T. confusum</i> vue au G (10 x 4) (Originale, 2023). .....	13
<b>Figure 4 :</b> La nymphe de <i>T. confusum</i> G (40×2), (Originale, 2023). .....	13
<b>Figure 5 :</b> L'adulte de <i>T. confusum</i> vue face dorsale (A) et vue face ventrale (B) G (10×4) (Originale, 2023). .....	14
<b>Figure 6 :</b> Cycle de développement de l'insecte de <i>T. confusum</i> . .....	15
<b>Figure 7 :</b> Dégâts de <i>T. confusum</i> sur la semoule commerciale (Originale, 2023). .....	16
<b>Figure 8 :</b> Partie aérienne de <i>M. piperita</i> (Anonyme, 2013). .....	29
<b>Figure 9 :</b> Partie aérienne d' <i>O. majorana</i> (Vasudeva et Goel, 2015). .....	31
<b>Figure 10 :</b> La plante de <i>S. sclarea</i> L (Salvatori, 2005). .....	33
<b>Figure 11 :</b> Les trois huiles essentielles utilisées (Originale, 2023). .....	37
<b>Figure 12 :</b> Elevages de masse de <i>T. confusum</i> (Kassouri et Ferras, 2023). .....	38
<b>Figure 13 :</b> Les nouveaux individus de <i>T. confusum</i> provenant des élevages. ....	38
<b>Figure 14 :</b> Dispositif expérimental du test d'inhalation sur les adultes de <i>T. confusum</i> traités par les différentes doses des trois huiles essentielles (Originale, 2023). .....	39
<b>Figure 15 :</b> Dispositif experimental du test de répulsivité sur les adultes de <i>T. confusum</i> . ....	40
<b>Figure 16 :</b> Les appareils utilisés dans l'analyse chromatographique (Originale, 2023). .....	42
<b>Figure 17 :</b> Taux de mortalité moyen (moyennes ± écart-type) des adultes de <i>T. confusum</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle d' <i>O. majorana</i> en fonction de la dose et de la durée d'exposition. ....	49
<b>Figure 18 :</b> Taux de mortalité moyen (moyennes ± écart-type) des adultes de <i>T. confusum</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle de la menthe poivrée en fonction de la dose et de la durée d'exposition. ....	50
<b>Figure 19 :</b> Taux de mortalité moyen (moyennes ± écart-type) des adultes de <i>T. confusum</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle de la sauge sclarée en fonction de la dose et de la durée d'exposition. ....	51
<b>Figure 20 :</b> Taux de mortalité (Moyenne ± écart-type) des adultes de <i>T. confusum</i> traités avec la mixture sauge x marjolaine à coquilles x menthe poivrée, par inhalation, après 24h. ....	54

---

## *Liste des tableaux*

---

<b>Tableau 1 :</b> Composition chimique du grain de blé (Feillet, 2000). .....	7
<b>Tableau 2 :</b> Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et al. (1970) .....	42
<b>Tableau 3 :</b> Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet des deux huiles testées par inhalation sur les adultes de <i>T. confusum</i> . .....	46
<b>Tableau 4 :</b> Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet des doses des huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de <i>T. confusum</i> . .....	47
<b>Tableau 5 :</b> Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet du facteur temps sur les adultes de <i>T. confusum</i> . .....	48
<b>Tableau 6:</b> Taux moyen de répulsion des huiles essentielles d' <i>O. majorana</i> de <i>M. piperita</i> et de <i>S. sclarea</i> à l'égard des adultes de <i>T. confusum</i> et leur classement selon la méthode Mc Macdonald.....	52
<b>Tableau 7 :</b> Résultats de l'analyse de la variance des trois huiles essentielles testées par répulsion sur les adultes de <i>T. confusum</i> . .....	52
<b>Tableau 8 :</b> Résultats de test fr Newman et Keuls concernant l'effet du facteur des doses des huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de <i>T. confusum</i> . .....	53
<b>Tableau 9 :</b> Résultats de test fr Newman et Keuls concernant l'effet du facteur temps sur les adultes de <i>T. confusum</i> . .....	53
<b>Tableau 10 :</b> Taux moyen de répulsion des huiles essentielles d' <i>O. majorana</i> de <i>M. piperita</i> et de <i>S. sclarea</i> à l'égard des adultes de <i>T. confusum</i> et leur classement selon de la méthode Mc Donalds .....	57
<b>Tableau 11 :</b> Résultats de l'analyse de la variance des trois huiles essentielles testées par répulsion sur les adultes de <i>T. confusum</i> . .....	57

---

## *Sommaire*

---

### **Liste des figures**

### **Liste des tableaux**

Introduction ..... 1

### **Chapitre I: Présentation de la plante hôte : Le blé dur**

1. Généralités sur le blé dur..... 5

2. Taxonomie du blé dur ..... 5

3. Structure et composition biochimique de blé dur..... 5

3.1. Structure du grain de blé ..... 5

3.2. Composition biochimique du grain de blé ..... 6

4. Transformation du blé dur en semoule..... 7

5. Les différents types de blé..... 7

### **Chapitre II: Présentation de l'insecte étudié *Tribolium confusum***

1. Généralités sur la famille des Ténébrionidés ..... 10

2. Origine et distribution de *T. confusum* ..... 10

3. Appellation ..... 11

4. Taxonomie de *T. confusum* ..... 11

5. Description des différents stades de développement..... 12

6. Biologie de *T. confusum* ..... 14

7. Dimorphisme sexuel de *T. confusum* ..... 15

8. Le comportement alimentaire et dégâts ..... 15

9. Les moyens de lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées ..... 16

9.1. La lutte préventive..... 16

9.2. La lutte chimique..... 16

9.3. La lutte physique ..... 17

9.4. La lutte biologique ..... 17

9.5. La lutte biotechnologique.....	18
9.6. La phytothérapie.....	18

### **Chapitre III: Les huiles essentielles**

1. Historique.....	20
2. Définition d'une huile essentielle.....	20
3. Localisation et le rôle physiologique .....	21
4. Composition chimique des huiles essentielles.....	22
4.2. Composés aromatiques.....	24
4.3. Composés d'origine diverse .....	24
5. Les huiles essentielles et leurs constituants comme bio-insecticides .....	25
6. Les avantages des huiles essentielles.....	26
7. Conservation des huiles essentielles .....	26
8. Présentation des plantes aromatiques étudiées .....	27
8.1. Menthe Poivrée ( <i>Menthapiperita</i> ).....	27
8.2. Marjolaine à coquilles .....	30
8.3. Sauge sclarée ( <i>Sauge sclarea</i> ).....	32

### **Chapitre IV: Matériel et méthodes**

1. Matériel .....	36
1.1. Matériel de laboratoire .....	36
1.2. Matériel biologique .....	36
2. Méthodes .....	37
2.1. Élevage de masse .....	37
2.2. Test d'inhalation.....	38
2.3. L'effet par inhalation de la combinaison des trois huiles essentielles après 24h d'exposition.....	39
2.4. Test de répulsivité .....	40
3. Analyse de la composition chimique des huiles essentielles par chromatographie en phase gazeuse .....	42

4. Analyse statistique .....	43
------------------------------	----

## **Chapitre V: Résultats et discussion**

1. Résultats de l'analyse chromatographique des huiles essentielles.....	46
2. Résultats des tests de toxicité des huiles essentielles sur les adultes de <i>T. confusum</i> par inhalation.....	48
2.1. Effet de l'huile essentielle de la marjolaine à coquilles à l'égard de <i>T. confusum</i> .....	48
2.2. Effet de l'huile essentielle de la menthe poivrée à l'égard de <i>T. confusum</i> .....	49
2.3. Effet de l'huile essentielle de la sauge sclarée à l'égard de <i>T. confusum</i> .....	50
3. Résultats de test d'inhalation de la mixture des huiles essentielles après 24h sur les adultes de <i>T. confusum</i> .....	53
Discussion .....	55
4. Résultats des tests par répulsion des trois huiles essentielles sur les adultes <i>T. confusum</i> .	56
Discussion .....	58
Conclusion.....	60
Références bibliographiques .....	62

# **Introduction**

## Introduction générale

---

Quand les aliments frais ne sont pas disponibles, les humains se tournent vers les produits céréaliers stockés tels que : le blé, la semoule, la farine, l'orge et les céréales. Ces produits jouent un rôle prépondérant dans l'alimentation humaine et représentent le groupe agricole le plus échangé sur les marchés internationaux.

En Algérie, les céréales et leurs dérivés sont essentiels au système alimentaire. Ils fournissent plus de 60% de l'apport calorique et de 75 à 80% de l'apport protéique de l'alimentation nationale. La consommation des produits céréaliers en Algérie s'élève à environ 205 kg par habitant et par an (FAO, 1995).

Les denrées stockées sont souvent exposées aux ravages des insectes, notamment *Tribolium confusum* (Jacqueline Duval) (Coleoptera : Tenebrionidae). Ces nuisibles endommagent les grains, entraînant donc des pertes tant qualitatives que quantitatives. Leur présence est favorisée par des conditions climatiques propices à leur croissance et à leur survie. Certains ravageurs commencent à attaquer les graines dès leur maturation et continuent pendant le stockage (Pruthi et Singh, 1950).

De nos jours, la lutte chimique à l'aide de pesticides est le moyen le plus couramment utilisé pour lutter contre ces insectes, que ce soit sur les cultures ou dans les entrepôts de stockage. Cependant, de nombreuses études en toxicologie révèlent les répercussions de ces produits dangereux sur la santé humaine et l'environnement. En effet, l'utilisation de pesticides engendre non seulement des problèmes de résistance chez les insectes nuisibles, mais elle est également préjudiciable à l'environnement et à la santé humaine. De plus, elle implique des problèmes tels que le coût des insecticides, leur manipulation et leur stockage. Face à ces défis liés à l'utilisation des pesticides chimiques, l'utilisation de biopesticides offre une alternative possible. De nombreuses recherches se concentrent sur ces méthodes naturelles (Taibi et al., 2003 ; Delimi et al., 2015).

Depuis des siècles, les agriculteurs utilisaient des techniques traditionnelles en ajoutant des produits locaux tels que les minéraux, les huiles, les feuilles ou des extraits de plantes pour protéger leurs denrées contre les infestations multiples.

Les plantes aromatiques sont parmi les insecticides d'origine végétale les plus efficaces (Shaaya et al., 1997), et les huiles essentielles constituent souvent la fraction bioactive des extraits de plantes. Les huiles essentielles jouent un rôle important dans la recherche phytopharmaceutique dans de nombreux pays du monde. Leur action toxique par

## Introduction générale

---

contact et inhalation, leur effet répulsif ainsi que leurs effets néfastes sur la reproduction des insectes ont été maintes fois prouvés (Lahlou, 2004).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude qui consiste à évaluer l'action bioinsecticide des huiles essentielles de trois plantes menthe poivrée (*Mentha x piperita*), la marjolaine à coquilles (*Origanum majorana*) et la sauge (*Salvia sclarea*) sur les adultes de l'insecte ravageur *T. confusum* dans les conditions de laboratoire.

Notre travail se compose de deux parties.

**Partie I :** Synthèse bibliographique qui présente et explique les divers termes utilisés dans ce mémoire. Elle comprend trois chapitres traitant de la plante hôte (blé dur), le ravageur (*T. confusum*), un aperçu sur les huiles essentielles, et une introduction aux trois plantes aromatiques testées.

**Partie II :** La partie expérimentale comprend le matériel utilisé, les méthodes adoptées ainsi que les résultats obtenus et leur discussion.

Enfin, notre travail se termine par une conclusion et quelques perspectives.

## **Chapitre I**

### **Présentation de la plante hôte : Le blé dur**

# Chapitre I Présentation de la plante hôte : Le blé dur

---

## 1. Généralités sur le blé dur

Les céréales occupent une place prépondérante dans les programmes de recherche agricole. Ils sont la principale source de nutrition humaine et animale dans le monde.

Parmi ces céréales, nous avons le blé dur, qui se classe parmi les trois céréales majeures avec le maïs et le riz, est la plus consommée par l'homme et couvre une grande superficie. Il en existe deux types : le blé tendre et le blé dur, qui se différencient par la friabilité des grains. Les grains de blé tendre sont blancs et friables, tandis que les grains de blé dur sont jaunes et plus durs. Le blé dur appartient à la famille des Poacées, c'est une plante monocotylédone et annuelle du genre *Triticum* (Simon, 1989). Le blé dur, cultivé en région méditerranéenne, est une espèce allotétraploïde ( $2n = 4x = 28$ ) à sept paires de chromosomes homologues associés à deux génomes distincts, A et B (Schuhwerk et al., 2011).

Ses épis sont barbus, la paille souple et fragile et ses feuilles sont larges. Il a une amande dure à texture vitreuse et se fragmente en semoule (Soltner, 2005).

## 2. Taxonomie du blé dur

Selon Ozenda (2000), le blé est classé comme suit :

- **Règne** : Plantae.
- **Sous règne** : Cormophytes.
- **Embranchement** : Spermaphytes.
- **Sous-embranchement** : Angiospermes.
- **Classe** : Monocotylédones.
- **Ordre** : Poales.
- **Famille** : Poaceae.
- **Genre** : *Triticum*.
- **Espèce** : *Triticum durum* (Desf).

## 3. Structure et composition biochimique de blé dur

### 3.1. Structure du grain de blé

Depuis la fécondation des fleurs, les grains de blé se sont formés ; ils ont grossi peu à peu et mûri au soleil. Chaque épi en porte de 45 à 60 environ. La taille du grain de blé est d'environ 6 mm, sa couleur varie du jaune pâle à l'ocre roux, selon la variété du blé. Sa forme rappelle celle d'un petit œuf, marqué toutefois sur toute sa longueur par une légère fente : le

## Chapitre I Présentation de la plante hôte : Le blé dur

sillon ou se trouve le faisceau nourricier du grain. Une fine brosse de poils est attachée à son extrémité la plus arrondie (Figure 1) (Belaid, 2000).

Le grain de blé présente une structure relativement complexe. Trois parties sont à distinguer : les enveloppes, l'albumen, et l'embryon (souvent appelé « germe ») (Gérard et Martin, 2014).

**Enveloppes :** Elles représentent 12 à 17% du poids du grain de blé, sont soudées à l'albumen. Elles regroupent : la brosse, le péricarpe, le tégument séminal, la bande hyaline et l'assise protéique.

**Albumen :** C'est la partie centrale de la graine représentant 80 à 82% du poids du grain de blé, appelé également « amande ». Il est constitué de grains d'amidon entourés d'un réseau de gluten. L'albumen peut être vitreux et dur (dans le cas du blé dur), ce qui nous donne de la semoule.

**Germe :** Le germe représente 2 à 3% du poids du grain de blé. Il est constitué de l'embryon entouré du scutellum, il donnera le germe de blé. Le germe est la partie la plus riche en nutriments (Melkonian et *al.*, 2022).

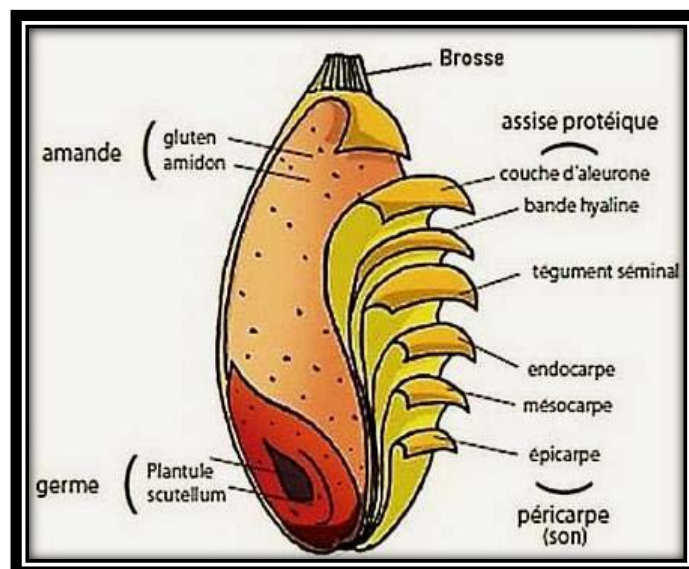


Figure 1: Histologie d'un grain de blé (Surget et Barron, 2005).

### 3.2. Composition biochimique du grain de blé

Le grain de blé est principalement composé d'amidon, qui représente environ 70% de la matière sèche du grain (Tableau 1). Il comprend également 10% à 15% de protéines et 8% à

## Chapitre I Présentation de la plante hôte : Le blé dur

---

10% de pentosanes (polysaccharides non amylacés), qui sont les principaux composants des parois cellulaires des protéines. Les protéines sont présentes dans tous les tissus du grain de blé, avec des concentrations plus élevées dans la couche germinale et la couche d'aleurone (Feillet, 2000).

**Tableau 1** : Composition chimique du grain de blé (Feillet, 2000).

Composants	Teneur (%)
Amidon	67-71
Protéines	10-15
Pentosanes	8-10
Cellulose	2-4
Sucre libre	2-3
Lipides	2-3
Matières minérales	1.5-2.5

### 4. Transformation du blé dur en semoule

La semoule de blé dur est considérée comme la plus consommée et supportée par toutes les catégories sociales (Fares et *al.*, 2010). C'est une substance très dure et transparente (Bakhella et Akil, 1996) et constitue une exportation importante pour les producteurs de blé dur (Le bail, 2001).

Selon le code alimentaire, la semoule est définie comme « le produit préparé à partir de grains de blé dur, par les procédés de fraisage ou de broyage qui constituent à éliminer essentiellement le son et le germe, le reste est broyé à un degré adéquat de finesse » (Codex Alimentaire Standard, 178-19991). La semoule est constituée de fragments de grains de taille géométrique supérieure à 150  $\mu\text{m}$  (Abesassis et *al.*, 2010).

On l'appelle semoule de blé dur car elle résiste au broyage et fournit de la semoule à la place de la farine. La dureté est directement liée à la semoule. Il y a de la semoule moulue de blé tendre, mais elle n'est pas bien moulue car la différence est dans la dureté (Rousselot, 2005).

### 5. Les différents types de blé

Il existe plusieurs types de blé, notamment le blé dur et le blé tendre.

Le blé dur est principalement utilisé pour faire de la semoule et des pâtes, tandis que le blé tendre est utilisé pour faire de la farine pour la fabrication du pain, de pâtisseries et autres aliments.

## Chapitre I Présentation de la plante hôte : Le blé dur

---

La semoule est produite en broyant le blé dur en petites particules. Ces particules sont ensuite triées par taille pour obtenir différentes qualités de semoule, allant de la plus fine à la plus grossière.

On distingue des catégories différentes de semoule dont chacune est obtenu par une succession de plusieurs broyages (Feillet, 2000) :

- **Semoule grossière (SG)** : la taille des particules de cette catégorie est comprise entre 900 et 1100  $\mu\text{m}$ , pour un usage domestique (Madani, 2009). Cette semoule est principalement utilisée pour la production de gros couscous (Feillet, 2000).
- **Semoule grossière moyenne (SGM)** : la taille des grains de semoule de cette catégorie se situe entre 550 et 900  $\mu\text{m}$ . Ils servent à faire des galettes, des couscous (Madani, 2009).
- **Semoule sassée super extra (SSSE)** : elles proviennent de noyau central de l'amande de grain de blé dur, pauvre en minéraux. Ces particules ont une taille de 180 à 500  $\mu\text{m}$  et sont utilisées pour fabriquer des pâtes alimentaires de haute qualité (Feillet, 2000).
- **Semoule sasse super fine (SSSF)** : la dimension des particules de cette catégorie est comprise entre 140 à 250  $\mu\text{m}$ , sont utilisées pour fabriquer des pâtes courantes (Feillet, 2000). Elles proviennent des couches périphériques du grain, comparée à la semoule 3SE, cette dernière contient plus de parties périphériques et elle a un taux de cendres plus élevé (Madani, 2009).

## **Chapitre II**

### **Présentation de l'insecte étudié *Tribolium confusum***

## 1. Généralités sur la famille des Ténébrionidés

Les Ténébrionidés (Ténébrionidae) sont une famille d'insectes comprenant environ 20 000 espèces de coléoptères mesurant de 2 à 80 mm de long. Leur morphologie est très variée et ils ressemblent généralement à des carabes.

Ces insectes jouent un rôle essentiel dans les écosystèmes désertiques. Leurs téguments durs et souvent très convexes les protègent de la déshydratation. Bien que souvent noirs, avec rarement des caractéristiques métalliques, certaines espèces peuvent être rouges, vertes, bleues ou même dépigmentées avec un revêtement blanc dans le cas des espèces désertiques (Delobel et Tran, 1973).

La plupart des adultes et leurs larves sont détritivores. Ils se nourrissent de matières végétales sèches ou décomposées, de bois déperissant ou de champignons, quelques espèces s'attaquent aux plantes vivantes. Peu d'espèces sont carnassières et quelques autres vivent dans les nids des fourmis (Benazzeddine, 2010).

Les ténébrions se distinguent par leurs antennes, la forme de leurs yeux et le nombre d'articles sur chaque tarse. Les yeux sont presque toujours échancrés et les tarsi suivent un schéma de 5-5-4.

Certains ténébrionidés émettent un liquide foncé et sombre nauséabond quand ils sont dérangés ou sont en danger. Ce liquide colore ensuite les doigts pour quelques jours, comme si on avait touché de la teinture d'iode (Anonyme, 2014).

## 2. Origine et distribution de *T. confusum*

Le *T. confusum* est une espèce originaire d'Asie qui s'est répandue dans le monde entier en raison de son association avec les produits alimentaires stockés (Anonyme, 1955). Selon Lapesme (1944), cette espèce préfère les régions tempérées et remonte assez loin dans le nord d'Europe et de l'Amérique, même sous les climats froids (Le bail, 2001). Ce coléoptère est fréquemment présent dans les lieux sombres comme caves et celliers, placards des cuisines ; comme aussi dans les entrepôts, les silos et les magasins où les céréales, les noix, les légumes secs et autres denrées alimentaires sont stockés (Mallamaire, 1965).

### 3. Appellation

L'insecte *T. confusum*, également connu sous le nom de coléoptère meunier, est une espèce de coléoptère de la famille des Ténébrionidés qui a été décrite pour la première fois par Jacquelin Duval en 1868.

Le nom commun attribué à ce ravageur en langue française est le tribolium brun de la farine, et dans les autres langues courantes, ce ravageur est connu sous le nom de confuse de flour beetle, masonbeetle en Anglais, « Tribolioconfuso » escarabajo americano de la harina en Espagnol (Delobel et Trans, 1993).

### 4. Taxonomie de *T. confusum*

Selon Gretia (2009), la classification de *T. confusum* est la suivante :

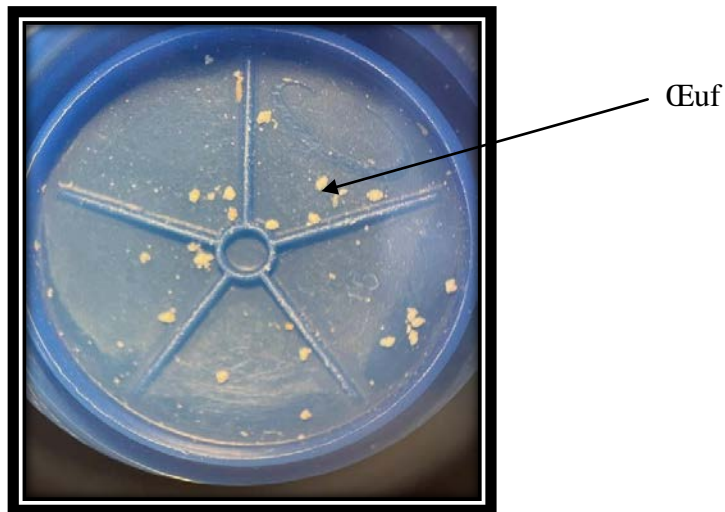
- **Règne** : Animalia.
- **Embranchement** : Arthropoda.
- **Sous-embranchement** : Hexapoda.
- **Classe** : Insecta.
- **Sous-classe** : Pterygota.
- **Ordre** : Coleoptera.
- **Sous-ordre** : Polyphaga.
- **Famille** : Tenebrionidae.
- **Genre** : *Tribolium*.
- **Espèce**: *Triboliumconfusum* (DUVAL).

## 5. Description des différents stades de développement

Le cycle de vie de *T. confusum* comprend quatre stades.

- **L'œuf:** Le premier stade de développement de *T. confusum* est l'œuf, ce dernier est pondu par la femelle adulte et est de couleur blanche. Les œufs de *T. confusum* sont recouverts d'une substance visqueuse qui leur permet d'adhérer à la denrée infestée (Lepesme, 1944). Les œufs sont pondus individuellement et dispersés dans la farine, mais peuvent être fixés sur la face interne d'un récipient (Good, 1933).

Ils mesurent environ 0,5 mm de longueur et sont ovales (Steffan, 1978). Après une incubation d'environ 4 jours, les œufs éclosent et libèrent des larves qui commencent immédiatement à chercher de la nourriture (Figure 2).



**Figure 2 :** Les œufs de *T. confusum* G (10 ×4) (Originale, 2023).

- **La larve**

La larve de *T. confusum* est un petit insecte blanc et mou qui mesure environ 2 mm de longueur. Elle se nourrit principalement de farine et de grains de céréales.

Au cours de son développement, la larve subit plusieurs mues, au cours desquelles elle perd sa peau externe et en développe une nouvelle. Après environ 20 jours, la larve atteint le stade de nymphe (Figure 3) (Steffan, 1978).



Figure 3 : La larve de *T. confusum* vue au G (10 x 4) (Originale, 2023).

- **La nymphe** : La nymphe est un insecte immobile et son aile qui mesure environ 3 mm de longueur (Figure 4). Les pattes, les pointes des mandibules et les urogomphes prennent une couleur brun foncé, lorsque les pupes sont presque matures (Ho, 1969). Selon Lepesme (1944), la nymphe femelle possède à la face ventrale, au-dessus de la paire d'urogomphes à extrémité très aigüe et brun foncée, deux petites cornes qui, chez le mâle, se réduisent à une légère protubérance déprimée.



Figure 4 : La nymphe de *T. confusum* G (40x2) (Originale, 2023).

- **L'adulte ou l'imago** : Les nymphes muent et donnent naissance aux adultes. Ces derniers sont des coléoptères oblongs bruns rougeâtres, de 4,0 à 4,5 mm de long et de 1,0 à 1,2 mm de largeur (Figure 5). Morphologiquement, les mâles et les femelles sont indiscernables. La tête peut être vue d'en haut et la cage thoracique est légèrement parallèle aux côtés. Les pattes sont courbées, les os postérieurs du tarse ont quatre segments et les

antennes à 11 anneaux sont cylindriques (Zohry, 2007). Les antennes sont perlées, agrandies dans les trois derniers segments (Balachowsky, 1962).



**Figure 5** : L'adulte de *T. confusum* vue face dorsale (A) et vue face ventrale (B) G (10×4) (Originale, 2023).

## 6. Biologie de *T. confusum*

Les femelles de *T.confusum* sont très prolifiques, elles pondent environ 450 œufs sur les matières alimentaires (farine, grains cassés) auxquelles ils adhèrent grâce à une sécrétion collante, dans des conditions optimales de 30 ou 33°C pour 70% d'humidité relative. La longévité de l'insecte dépasse généralement 6 mois et peut atteindre 4 ans. Les œufs éclosent au bout de 5 à 12 jours, ils sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler, les larves circulent librement dans les denrées infestées et puis se nymphosent (Delobel et Tran, 1993).

Le premier accouplement a lieu environ 2 jours après l'émergence des imagos et dure de 3 à 15 minutes. Les jeunes larves passent par 5 à 12 stades larvaires selon des conditions de température et d'humidité. Les larves circulent librement dans la denrée infestée où elles se nymphosent en petites nymphes nues blanches qui deviennent graduellement jaunes puis brunes (Figure 6). L'émergence de l'adulte a lieu six jours après la nymphose à 32,5°C et une humidité relative de 70%, la durée du cycle est de 24 à 26 jours. C'est une espèce dont l'optimum thermique se situe entre 32°C et 35°C. Son développement s'arrête au-dessous de 22°C, le cycle évolutif est fortement prolongé en temps froid. En absence d'alimentation, *T. confusum* exerce le cannibalisme, il dévore les œufs et les larves de son congénère (Steffan in Scotti, 1978).

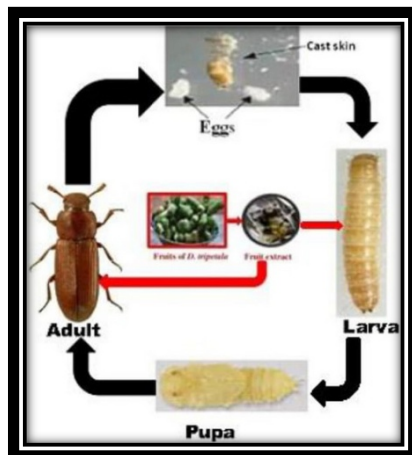


Figure 6 : Cycle de développement de *T. confusum* (Anonyme, 2018).

### 7. Dimorphisme sexuel de *T. confusum*

L'identification précise des mâles et des femelles de *T. confusum* est importante pour la surveillance et le contrôle de cette espèce nuisible.

Cependant, il peut être difficile d'identifier les mâles et les femelles de *T. confusum* en raison de leur petite taille et de leur couleur uniforme. Des techniques telles que l'examen microscopique des parties génitales peuvent être nécessaires pour une identification précise.

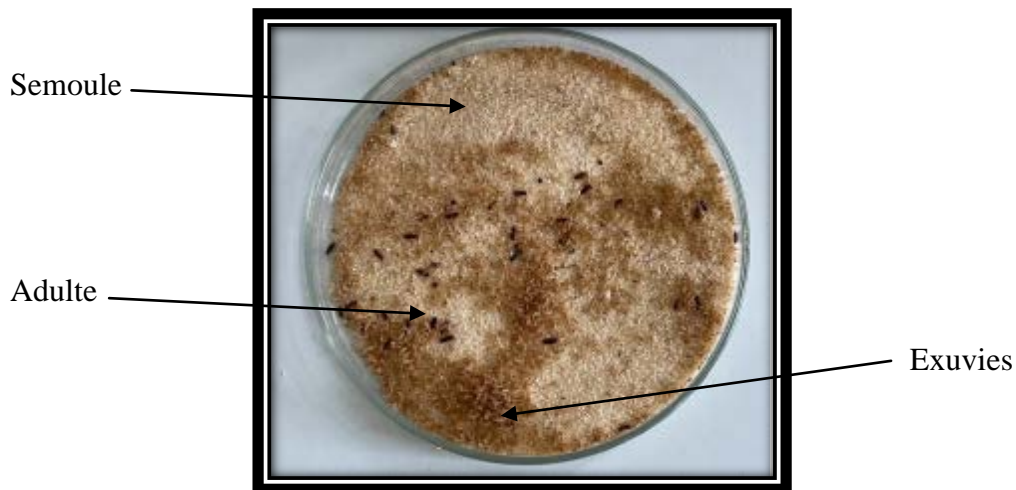
Les mâles de *T. confusum* ont des élytres plus longs que les femelles. Les élytres sont les ailes antérieures dures qui protègent les ailes postérieures souples de l'insecte. Chez les mâles, les élytres recouvrent presque complètement l'abdomen, tandis que chez les femelles, ils ne couvrent que partiellement l'abdomen.

De plus, les mâles ont des tarsi plus larges que les femelles. Les tarsi sont les parties des pattes situées entre les articulations du pied et les griffes. Chez les mâles, les tarsi sont plus larges et plus plats que chez les femelles. Ces différences physiques peuvent être utilisées pour distinguer les mâles des femelles de *T. confusum* (Anonyme, 2018).

### 8. Le comportement alimentaire et dégâts

Le *Tribolium* recherche principalement les féculents pulvérulents tels que la farine, le son et les intermédiaires (Lepesme, 1944). Les adultes excrètent des substances riches en quinones qui confèrent une odeur particulièrement désagréable et une couleur très dégradée aux aliments ingérés (Figure 7). Cette matière est irritante pour les humains et peut causer des maux d'estomac (Regnault-Roger, 2002). Les adultes sont très polyphages, et les larves et les adultes se nourrissent essentiellement de grains cassés et attaquent les grains endommagés,

étant ainsi secondairement carnivores. Souvent, l'infestation par les triboliums favorise le développement de moisissures, entraînant des réductions importantes de la qualité et de la valeur des grains (Steffan in Scotti, 1978).



**Figure 7 :** Dégâts de *T. confusum* sur la semoule commerciale (Originale, 2023).

## 9. Les moyens de lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées

De tous les ravageurs, ce sont les insectes qui causent d'importantes pertes économiques au niveau du stockage des céréales. Ils sont à l'origine de la plupart des dommages subis dans les réserves des denrées stockées et sont susceptibles de causer des dégâts aux grains stockés (Karahacane, 2015). Le contrôle de *T.confusum* implique souvent l'utilisation de pesticides et de méthodes de gestion intégrée des ravageurs tel que :

### 9.1. La lutte préventive

Cette méthode consiste en une hygiène rigoureuse des moyens de transport, et des machines de récolte. Il est nécessaire de nettoyer les locaux de conservation et de vérifier les crevasses et les endroits qui peuvent recouvrir des insectes. Le grain doit être sec avant le stockage. Ces mesures sont indispensables pour réduire ou prévenir toute infestation (Ducom, 1982).

### 9.2. La lutte chimique

En raison de son efficacité et de la facilité de son application, les produits chimiques sont actuellement les techniques les plus largement utilisés pour lutter contre les ravageurs (Magan et Olsen, 2004). Généralement, deux méthodes de traitement sont adoptées :

➤ **Traitement par contact :** Il consiste à utiliser un produit insecticide qui agit par contact sur les déprédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue. Il existe deux types de produits insecticides :

- Les insecticides organiques de synthèse (Organochlorés, Organophosphorés, *etc.*)

- Les insecticides non organiques qui sont des composés arsenicaux, fluorés ou Soufrés ou bien de l'acide cyanhydrique (Dajoz, 2002).

➤ **Traitement par fumigation :** La fumigation consiste à utiliser un gaz toxique pour réaliser un traitement curatif qui laisse, « in fine », un grain indemne d'insectes (y compris œufs et nymphes de charançon) et surtout, indemne de résidus toxiques. Cette technique concerne un gaz unique, le seul autorisé pour les céréales : la phosphine (Cruz et Troude, 1988).

L'application de ces insecticides chimiques ont des effets néfastes sur l'environnement, le développement de résistances aux insecticides chez certains ravageurs et des problèmes de santé car leurs résidus sont présents dans la chaîne alimentaire et peuvent provoquer des intoxications (Pretty et Hine, 2005; Schuster et Smeda, 2007; Finko et *al.*, 2011).

### 9.3. La lutte physique

Elle concerne les techniques mécano-thérapeutiques susceptibles de rendre le stock sain. Elle consiste en l'utilisation de la température basse (froid) ou haute (chaud) (Arrab, 2016).

➤ **L'irradiation et la lutte par le froid:** Il s'agit notamment d'abaisser les températures de stockage, qui ralentissent le développement des insectes une fois que les températures descendent en dessous de 10°C (Gueye et *al.*, 2010).

➤ **L'insolation:** C'est une pratique effectuée le plus souvent avant de stocker les récoltes. Grâce à la chaleur et à la lumière directe du soleil, elle permet de sécher et de fuir les insectes (Lale et Vidal, 2003).

➤ **La lutte par le chaud:** Consiste en une augmentation de la température (température supérieure à 50°C) entraînant ainsi la mort des insectes. Le passage du produit dans le séchoir élimine les insectes présents dans les grains (Gueye et *al.*, 2010).

### 9.4. La lutte biologique

Cette méthode fait partie du développement durable et de la protection des écosystèmes. Son objectif est d'utiliser ses ennemis naturels qui sont les prédateurs, les parasites ou les agents

pathogènes, et les produits végétaux naturels comme des poudres minérales des huiles végétales, les huiles essentielles pour réduire les populations des insectes ravageurs (Momar, 2012; Belouaer et Selahdja, 2020).

Actuellement, la lutte biologique est la méthode la plus favorisée dans les programmes de recherche, ses intérêts économiques et agricoles permettent le maintien d'un équilibre bioécologique (Amari et *al.*, 2014).

### **9.5. La lutte biotechnologique**

Les moyens utilisés dans cette méthode sont les phéromones synthétiques, qui peuvent détruire le comportement des adultes par confusion de substances odorante répulsives. Les régulateurs de croissance des insectes (IRG) sont efficaces dans une certaine mesure, cela engendre une diminution du taux de la copulation et par conséquent le déclin de la génération suivante (Gwinner et *al.*, 1996).

### **9.6. La phytothérapie**

Parmi les moyens utilisés par les plantes pour se défendre contre leurs déprédateurs, les bio pesticides d'origine botanique sont appelés à un avenir meilleur, car la demande en produits phytosanitaires sans danger, de faible rémanence et qualifiés de produits verts est actuellement en hausse antifongique (Constant, 2009). Cependant, en tant que sources de médicaments, les plantes sont toujours sous exploitées en particulier dans le domaine de la microbiologie médicale. Il est certain que la plupart des antibiotiques prescrits dérivent des microorganismes (Mohammedi, 2013). Les plantes sont utilisées pour lutter contre les ravageurs en raison de leurs effets répulsifs, que ce soit par contact ou par inhalation. Ils se trouvent sous plusieurs formes : Extraits organiques et aqueux, poudres de plantes, huile végétale et l'huile essentielle.

## **Chapitre III**

### **Les huiles essentielles**

### 1. Historique

Le terme « huile essentielle » (HE) est une contraction de l'expression « huile quintessentielle ». Son origine provient de l'idée aristotélicienne selon laquelle la matière est constituée de quatre éléments, à savoir : le feu, l'air, la terre et l'eau. Le cinquième élément, autrement nommé quintessence, était alors considéré comme étant l'esprit ou la force vitale. Dans le passé, les anciens assimilaient la distillation et l'évaporation, comme des procédés permettant d'extraire l'esprit de la plante. Cette dernière qualification fait une fois de plus référence au concept d'extraction de la force vitale de la plante. Au cours de la Renaissance, un médecin réformateur suisse, du nom de Paracelse (1493-1541), donna un sens particulier au terme huile essentielle. Sa théorie le définit comme le dernier extrait possible le plus sublime correspondant à la « QuintaEssentia », le principe actif du médicament. L'isolation de cet extrait devrait être, selon lui, le but de la pharmacie (Bardeau, 2009 ; Lardry et Haberkorn, 2007).

L'histoire des HE commence cependant 2000 à 3000 ans avant cette époque. Chez les Egyptiens, l'essence de térébenthine était déjà utilisée et tout porte à penser que certains parfums étaient obtenus sous forme d'huiles distillées. L'art de la distillation, initié par les Egyptiens, Indiens et Perses, s'améliora grandement au cours du 9<sup>ème</sup> siècle sous l'impulsion des Arabes avec, notamment, le développement de l'alambic attribué à Avicenne (980-1037). Durant les siècles qui suivirent, les HE étaient principalement utilisés pour leurs vertus thérapeutiques et ne nécessitaient qu'une production minimale, ce qui n'est plus le cas de nos jours. Avec Paracelse se développèrent l'Alchimie et la notion de « Quintessence » des plantes qui tomba aussitôt dans l'oubli (Gilly, 1997).

Il aurait fallu attendre 1928 pour que « l'aromathérapie moderne » soit ressuscitée grâce à un chimiste français, Gatefosse, qui constata les énormes pouvoirs de guérison des HE. Les progrès de la science et des techniques d'analyses permirent de véritables investigations de ces molécules, contribuant au redéploiement international de l'aromathérapie à l'échelle du monde entier (Roux, 2008).

### 2. Définition d'une huile essentielle

Une huile essentielle est un produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement

à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition (Afnor, 2000).

Le terme « huile » s'explique par la propriété que présentent ses composés de se solubiliser dans les graisses et par leur caractère hydrophobe. Le terme « essentielle » fait référence au parfum, à l'odeur plus ou moins forte dégagée par la plante et au fait qu'elles soient inflammables (Bruneton, 1999). Les différents procédés d'extraction des huiles essentielles permettent de définir plusieurs termes qui sont utilisés dans la pratique courante :

- **Concrète**: extrait à odeur caractéristique, obtenu à partir d'une matière première fraîche d'origine végétale, par extraction au moyen d'un solvant non aqueux suivie d'une élimination de ce solvant par un procédé physique.
- **Résinoïdes** : extrait à odeur caractéristique, obtenu à partir de matière première sèche d'origine végétale, par extraction à l'aide d'un solvant non aqueux, suivie de l'élimination de ce solvant par un procédé physique.
- **Pommade florale** : corps gras parfumé obtenu à partir de fleurs soit par « enfleurage à froid » soit par « enfleurage à chaud ».
- **Absolute**: produit ayant une odeur caractéristique, obtenu à partir d'une concrète, d'une pommade florale ou d'un résinoïde par l'extraction à l'éthanol à température ambiante. La solution éthanolique obtenue est généralement refroidie et filtrée dans le but de supprimer les cires ; l'éthanol est ensuite éliminé par distillation.
- **Eau florale** : obtenue lors de la distillation des plantes par condensation de la vapeur d'eau chargée d'huile essentielle, et séparation des deux phases obtenues en HE et eau florale moins concentrée en composés odorants.
- **Hydrolat** : résulte de la macération d'une plante dans l'eau (Bruneton, 1999).

### 3. Localisation et le rôle physiologique

#### ➤ Localisation

Parmi les espèces végétales, 10% seulement sont dites « Aromatiques ». La capacité à accumuler l'HE est cependant la propriété de certaines familles de plantes réparties au sein de l'ensemble du règne végétal, aussi bien représentées par la classe des Gymnospermes que celle des Angiospermes (Roux et Catier, 2007).

Les huiles essentielles sont produites dans le protoplasme cellulaire des plantes aromatiques et représentent les produits du métabolisme secondaire (Rai et *al.*, 2003). La synthèse et l'accumulation de ces métabolites dans les organes sont associées à la présence de structures histologiques spécialisées : cellules sécrétrices. Les cellules sécrétrices sont rarement isolées, mais le plus souvent regroupées dans des poches (Myrtaceae, Rutaceae), dans des canaux sécréteurs (Apiaceae, Composeae) ou dans des poils sécréteurs (Lamiacées). Ces cellules sont le plus souvent à la périphérie des organes extérieurs de la plante (Porter, 2001).

La partie de la plante utilisée pour obtenir l'huile essentielle doit être précisée, soit pour des questions de rendement (par exemple : la fleur de lavande contient beaucoup plus d'huile essentielle que la tige), soit parce que la composition chimique de la partie considérée conduira à une application spécifique très intéressante (c'est le cas d'oranger amer (*Citrus aurantium*, Rutaceae): l'épicarpe frais du fruit fournit l'essence de Curaçao utilisée pour confectionner des cocktails, les fleurs fournissent l'huile de Néroli (eau de fleur d'oranger amer), les feuilles et les petits rameaux fournissent l'essence de petit grain de bigaradier). Sur le plan quantitatif, les teneurs en huiles essentielles des plantes sont très faible, souvent inférieur à 1%. Des teneurs fortes comme celle du bouton florale du giroflier (15 %) sont rares et exceptionnelles (Porter, 2001 ; Rai et *al.*, 2003).

### ➤ Rôle physiologique

Le rôle biologique des HE dans la plante n'est pas bien défini, il est vraisemblable qu'elles aient un rôle écologique (Rai, 2003). Elles permettent entre autre à la plante de se défendre contre les agressions extérieures. Elles ont des propriétés attractives ou répulsives vis-à-vis des prédateurs (herbivores, insectes..).

Par leurs odeurs, elles interviennent dans la pollinisation. Ainsi, par leur pouvoir antiseptique protègent les cultures en inhibant la multiplication des bactéries et parasites du sol (Porter, 2001 ; Rai, *al.*, 2003).

## 4. Composition chimique des huiles essentielles

Aujourd'hui, 300 huiles essentielles parmi 3000 sont importantes d'un point de vue commercial. Les plantes aromatiques en produisent en quantité suffisante. Les plantes considérées riches en HE appartiennent le plus souvent à la famille des Lamiacées (origan,

lavande, thym, sauge, menthe, *etc.*), des Apiacées (anis, cumin, carvi, *etc.*), des Myrtacées (eucalyptus, niaouli, *etc.*), des Pinacées (pin, cèdres, *etc.*), des Rutacées (citron, orange), et des Lauracées (cannelle, camphrier, *etc.*) (Lardry et Haberkorn, 2007).

La composition chimique d'une huile essentielle peut varier au sein d'un même genre botanique, ces variations peuvent s'observer au sein d'une même espèce. Elle dépend en fait de différents paramètres extrinsèques (le sol, l'environnement, le climat), intrinsèques (le degré de maturité, les facteurs génétiques, la localisation), technologiques (le type de culture, le mode de récolte), ainsi que les modes d'extraction.

Les huiles essentielles et les arômes sont issus du métabolisme secondaire de la plante et peuvent être stockés dans diverses structures telles que les cellules épidermiques, les cellules sécrétrices internes, les poils sécréteurs ou les trichomes. Ils sont des mélanges complexes de substances volatiles constituées d'environ de 40 à 60 composés à des concentrations différentes (Caissard et Baudino, 2012).

La majorité des HE sont composées de 3 ou 4 molécules majoritaires et de très nombreuses molécules minoritaires. Ces constituants appartiennent, de façon quasi-exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes d'une part et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, beaucoup moins fréquents, d'autre part.

### 4.1. Terpènes et terpénoïdes

Dans le règne végétal, les terpénoïdes sont classés dans la catégorie des métabolites secondaires. Leur classification est basée sur le nombre de répétition de l'unité de base : isoprène ; Hémiterpène (C5), monoterpènes (C10), sesquiterpènes (C15), diterpènes (C20). Ils représentent le groupe le plus important (Bruneton, 1999).

#### ➤ Monoterpènes

D'après Bruneton(1993), plus de 900 monoterpènes connus se trouvent principalement dans 3 catégories structurelles : les monoterpènes acycliques, monocycliques ou bi-cycliques. Ils constituent parfois plus de 90 % d'HE. Dans cette catégorie de composés, il existe de nombreuses molécules fonctionnalisées, à savoir, par exemple:

**Alcools:** acyclique (géraniol, citronellol), monocycliques (menthol), bicycliques (bornéol).

**Aldéhydes :** le plus souvent acycliques (géranial, néral, citronellal).

**Cétones :** acycliques (tagétone), monocyclique (menthone, isomenthone, carvone, pulégone), bicycliques (camphre, fenchone).

**Esters :** acycliques (acétate ou propionate de linalyle, acétate de citronellyle), monocycliques (acétate de menthyle), bicycliques (acétate d'isobomyle).

**Ethers :** 1,8-cinéole (eucalyptol) mais aussi les éthers cycliques tétrahydrofuraniques ou di- et tétrahydropyraniques qui pour certains jouent un rôle majeur dans l'arôme des fruits (oxyde de linalol ou de la rose).

**Peroxydes:** ascaridole.

**Phénols :** thymol, carvacrol.

### ➤ Sesquiterpènes

C'est la classe la plus diversifiée des terpènes puisqu'elle contient plus de 3000 molécules. Les variations structurales dans cette série sont de même nature que dans le cas précédent, carbures, alcools et cétones étant les plus fréquents.

### 4.2. Composés aromatiques

Contrairement aux dérivés terpéniques, les composés aromatiques sont moins fréquents dans les HE. Très souvent, il s'agit d'allyle et de propénylphénol. Ces composés aromatiques constituent un ensemble important car ils sont généralement responsables des caractères organoleptiques des HE. On peut citer en exemple l'eugénol qui est responsable de l'odeur du clou de girofle (Willem, 2004).

### 4.3. Composés d'origine diverse

En général, ils sont de faible poids moléculaire, entraînés lors de l'hydrodistillation, sont des hydrocarbures aliphatiques à chaîne linéaire ou ramifiée porteurs de différentes fonctions par exemple : l'heptane et la paraffine dans l'essence de camomille.

## 5. Les huiles essentielles et leurs constituants comme bio-insecticides

Les insecticides synthétiques sont largement utilisés pour le contrôle phytosanitaire. Par contre, ces produits chimiques peuvent entraîner des résidus toxiques dans les plantes. De même, ils peuvent provoquer la pollution de l'environnement à cause de leur lente dégradation et avoir des effets néfastes sur la santé humaine (Kordali et al., 2008). Ceci a conduit à des réglementations de plus en plus sévères visant la restriction de leur utilisation ou leur interdiction totale.

Le marché des bio-pesticides est en croissance à l'échelle de la planète pour pallier aux inconvénients issus de l'utilisation des produits synthétiques. Plus d'une centaine d'espèces végétales dotées de propriétés insecticides sont répertoriées. La recherche s'est alors orientée vers les composés naturels issus des plantes comme produits alternatifs (Nerio et al., 2010).

Les propriétés phytosanitaires des diverses huiles essentielles et extraits des plantes sont rapportées. Parmi les différents axes étudiés, la famille des Lamiacées s'est montrée avoir des HE ayant des effets répulsifs sur les diptères et les coléoptères. À titre d'exemple, l'HE de la menthe est efficace sur une large gamme d'insectes (*Tribolium castaneum*, *Stitophilus oryzae*, *Acanthoscelides obtectus*, etc.) (Kumar et al., 2011). L'HE de l'origan a causé la mortalité de 68,3 et 36,7% des adultes des coléoptères *S. granarius* et *T. confusum* respectivement (Kordali et al., 2008). L'HE du basilic et d'orange (Rutacées) sont toxiques sur les deux coléoptères fréquemment trouvés dans les graines stockées, le *Sitophilus zeamais* et le *T. castaneum* (Kim et Lee, 2014). L'HE de la sauge sauvage s'est montrée efficace contre le coléoptère *T. castaneum* (El AbdouniKhiyari et al., 2014). D'autres travaux publiés montrent que l'HE de l'anis (Apiacées) et son composé majeur trans-Anéthole, a accéléré la mortalité des larves et des adultes de *Culex quinquefasciatus* (Diptères) (Pavela, 2014). L'application de l'HE de l'ail (Alliacées) est toxique sur les coléoptères *S.oryzae* et *T. castaneum* (Yang et al., 2010). L'HE d'eucalyptus (Myrtacées) exerce une activité toxique sur les larves et les nymphes du diptère *Musca domestica* (Kumar et al., 2012).

Les activités répulsives des HE sont liées généralement à la présence des monoterpènes et sesquiterpènes. Dans certains cas, les composés peuvent agir en synergie améliorant leur efficacité. Par exemple, les fortes activités des HE du basilic et de l'eucalyptus sont dues aux composants présents dans leurs fractions montrant de forte activité répulsive tels que l' $\alpha$ -pinène, le limonène, le citronellol, le citronellal, le camphor et le thymol

(Nerio et *al.*, 2010). Le mode d'action des HE peut être par contact, inhalation, ingestion ou par combinaison de ces modes (Werdin González *etal.*, 2014).

### 6. Les avantages des huiles essentielles

L'utilisation des huiles essentielles pour lutter contre les ravageurs des denrées stockées présente plusieurs avantages par rapport aux pesticides chimiques. Tout d'abord, les huiles essentielles sont des produits naturels qui ne contiennent pas de produits chimiques nocifs pour l'environnement ou la santé humaine.

De plus, les huiles essentielles ont une odeur agréable qui peut être utilisée pour masquer les odeurs désagréables des produits stockés. Enfin, les huiles essentielles sont souvent moins chères que les pesticides chimiques, ce qui peut aider les agriculteurs et les producteurs à économiser de l'argent sur les coûts de production (Couderc, 2001).

**Les insecticides d'origine botanique :** Les huiles essentielles, les extraits de plantes et les acides sont plus durables que les insecticides synthétiques car ils sont moins susceptibles de causer une résistance chez les insectes. Ils sont également plus respectueux de l'environnement car ils ne contaminent pas les sols, les eaux souterraines et les autres organismes vivants. Bien que les insecticides d'origine botanique soient considérés comme étant plus sûrs que les insecticides synthétiques, leur efficacité peut varier selon le type d'insecte ciblé. Il est important de choisir le bon type d'insecticide en fonction du type d'insecte et de l'environnement dans lequel il se trouve (Benayad, 2013).

### 7. Conservation des huiles essentielles

Pour éviter au possible l'altération des huiles essentielles, il existe des normes spécifiques sur l'emballage, le conditionnement et le stockage des HE ainsi que sur le marquage des récipients contenant des huiles essentielles (Laurent, 2017).

#### ➤ **Le conditionnement**

Les contenants d'huiles essentielles doivent être neufs ou en bon état, propres, secs (séchés à la vapeur) et entièrement scellés (ISO, 1999).

Remplir des flacons avec de très petites quantités d'huiles essentielles en évitant les emballages et les bouchons en plastique qui peuvent être sensibles au contenu (Kaloustian et Hadji minaglou, 2012).

### ➤ Etiquetage

Les informations qui doivent figurer sur l'étiquète sont les suivantes :

- Nom scientifique et vernaculaire de la plante.
- La partie de la plante utilisée.
- L'origine de la plante ou lieu de production.
- Mode d'obtention de l'HE.
- La variété et le chemotype s'il existe.
- Numéro de lot, date de production et date de péremption.
- Nom, adresse et numéro de téléphone du fournisseur (Chabert, 2013).

### ➤ La conservation

Les huiles essentielles doivent être conservées :

- A l'abri de l'air, en présence d'un gaz inerte tel que l'azote.
- A l'abri de la lumière, on utilisera des flacons propres et secs en aluminium vernissé, en acier inoxydable ou en verre teinté anti-actinique, presque entièrement remplis et fermés de façon étanche (les huiles essentielles étant très volatiles)
- A froid, de préférence à + 4 °C (Kaloustian et Hadji Minaglou, 2012).
- Afin de limiter au maximum le contact de l'HE avec l'oxygène de l'air, il est également conseillé de bien refermer le flacon d'HE après utilisation (Velé, 2015).
- Il est recommandé de conserver le flacon d'origine (avec la notice) pour éviter les erreurs. Il doit toujours être bien scellé par un bouchon étanche afin d'éviter l'évaporation et tout type de dégradations. Les conserver de préférence « debout » pour éviter l'action corrosive des HE sur le compte-gouttes et le bouchon en plastique.

## 8. Présentation des plantes aromatiques étudiées

### 8.1. Menthe Poivrée (*Menthapiperita*)

#### ➤ Origine, distribution géographique et culture

*Mentha x piperita* est un hybride issu d'un croisement naturel entre *Menthaaquatica* (menthe aquatique) et *Menthaspicata* (menthe verte). Son nom latin (piperita), signifiant « poivre », dérive de l'arôme fort, poivré et froid très caractéristique de l'huile essentielle contenue dans ses feuilles (Baudoux, 2002).

La menthe poivrée est originaire d'Angleterre. Elle est cultivée presque partout dans le monde : Europe centrale et du Sud, Amérique du Sud, Amérique du Nord, Asie, Afrique du Nord. En fait, elle se produit sur tous les continents et s'adapte à tous les climats, sauf les plus extrêmes. Elle préfère les sols frais, limoneux et calcaires et peut pousser dans les climats montagneux tempérés et humides à des altitudes allant jusqu'à 900 - 1000 m, à condition qu'elle soit irriguée pendant les sécheresses estivales (Zybak, 2000).

La menthe poivrée est généralement plantée en mars-avril, bien qu'elle préfère un sol humide ou, à l'inverse, un sol sec, selon les espèces. La taille peut se faire en mars, juillet et août. La récolte a lieu de mai à octobre. Il est souhaitable de planter la plante dans un endroit ensoleillé. Elle nécessite un sol frais, bien drainé, fertile, riche en calcaire et argile. Un pH de 6 -7 est requis. Elle se reproduit grâce à ses stolons (Abbas, 2005).

### ➤ **Description botanique**

*M. piperita* est une plante sauvage, herbacée vivace, rampante, à tiges quadrangulaires ascendantes pouvant atteindre 1,20 m de haut. Ses feuilles sont opposées, ovales, aiguës et dentées, généralement d'une belle couleur verte, souvent ridées, parfois duveteuses, à partir desquelles se dégage une forte odeur caractéristique facilement reconnaissable. Les fleurs, qui poussent en grappes à l'aisselle des feuilles sont de couleur rose, les tiges sont de couleur pourpre (Figure 8) (Morigane, 2007).

### ➤ **Systématique**

Selon Cronquist (1981), la systématique de la menthe poivrée est la suivante :

- **Règne** : Plantae
- **Embranchement** : Cormophytes.
- **Sous embranchement** : Angiospermes.
- **Classe** :Magnoliopsidées.
- **Sous classe** :Asteridées.
- **Ordre** :Lamiales.
- **Famille** : Lamiacées.
- **Genre** : *Mentha*.
- **Espèce** : *Mentha x piperita* L .1753.

### ➤ **Les différentes dénominations**

La menthe poivrée à plusieurs noms à travers le monde, en voici quelques-uns :

- En Europe

Anglais : Peppermint

Espagnol : Hierbabuena, Menta, Piperita Portugais : Menta

Français : Menthe anglaise, Menthe poivrée, Sente bon (Hammami et Abdesselem, 2005).

- En Afrique Arabe : فلفل حناغ
- En Inde : Pudina, pudinha
- En Chine : Ara nae, bai sa ra naiesaranae (Hammami et Abdesselem, 2005).

#### ➤ **Composition chimique**

La composition chimique de l'huile essentielle extraite de *Mentha x piperita* est très complexe, elle a fait l'objet de plusieurs études. D'après Chialva et *al.* (1993) cité par Aflatuni (2005), plus de 200 constituants ont été identifiés.

Les principaux constituants sont : le menthol (monoterpénol) : 35 à 70 % et la menthone (cétone) : 20 à 30 %, et d'autres composés minoritaires tels que la menthofuranne : 1 à 2%, les monoterpènes : 2 à 18 %, les sesquiterpènes : 6 %, les esters (Acétate de menthyle) : 2 à 10 %, les oxydes (cinéole) : 5 à 10 %, entre autres (Abadlia et Chebbour, 2014).



**Figure 8** : Partie aérienne de *M. piperita* (Anonyme, 2013).

#### ➤ **Utilisation thérapeutique**

Elle est traditionnellement utilisée pour améliorer les situations suivantes :

- Insuffisance hépato-pancréatique.
- Indigestion, dyspepsie, nausées, vomissements, flatulence.

- Mal des transports, vertige.
- Névralgie, arthrite, rhumatismes, tendinites, migraines, céphalées.
- Zona, herpès, névrite virales.
- Rhinites, sinusites, otites.
- Inconfort des voies uro-génitales.
- Choc, traumatisme.
- Asthénie (fatigue) physique, mentale et sexuelle.
- En cuisine, l'huile essentielle de la menthe poivrée est utilisée pour parfumer aussi bien les plats salés que les plats sucrés (Anonyme, 2021)
- Dans l'industrie alimentaire, elle est utilisée comme agent aromatisant pour ajouter de la saveur et de l'arôme aux aliments (Kumar et al., 2014). Elle est également incluse dans les cosmétiques tels que les shampooings et les savons (Benayad, 2008).

## 8.2. Marjolaine à coquilles

### ➤ Origine, distribution géographique et culture

La marjolaine ou l'origan de jardin (*Origanum majorana*) est une plante aromatique vivace cultivée comme plante d'assaisonnement pour ses feuilles odorantes. C'est une espèce qui par aspect se rapproche de l'origan commun (*Origanum vulgare*). On l'appelle parfois marjolaine des jardins, marjolaine officinale, marjolaine à coquilles, origan de Crète, dictame, thym de berger, thé rouge (Dubois et al., 2006).

*O. majorana* est originaire de la région méditerranéenne (Iserin, 2001), de Chypre et du sud de la Turquie (Ietswaart, 1980). Elle est cultivée dans diverses parties du monde (Inde, France, l'Europe du Nord et dans les zones tropicales) pour son goût, son huile essentielle et son arôme herbacé (Iserin, 2001 ; Vasudeva et Goel, 2015). Elle est également cultivée dans de nombreux pays d'Amérique, d'Asie et d'Europe occidentale. Elle se trouve presque spontanément dans les habitats naturels et pousse principalement dans les zones arides rocheuses et calcaires à une altitude de 100 -1500 mètres. Elle est cultivée comme herbe médicinale dans les jardins, les pots ou à l'extérieur (Ietswaart, 1980).

Cette dernière nécessite un sol fertile, riche, chaud et bien drainé. Elle requiert aussi des arrosages fréquents et tolère les sols acides, neutres et alcalins. De plus, elle a besoin du plein soleil et peut être cultivée sans ombre ou à mi- ombre. Elle est sensible au froid, vivace dans un climat plus chaud (Nurzyńska-Wierdak et al., 2015 ; Vasudeva et Goel, 2015).

➤ **Description botanique**

*O. majorana* est une plante herbacée vivace semblable à l'origan. Elle a environ 30 cm de haut, ligneuse et pubescente à la base. Ses feuilles sont ovales oblongues à pédoncules opposés simples, d'environ 2 cm de long et d'environ 1 cm de large, recouvertes de duvet blanchâtre. Elle a une racine pivotante tortueuse, plus ou moins ramifiée. Les tiges sont carrées en coupe transversale, dressées, ramifiées et de couleur rougeâtre. Les fleurs sont hermaphrodites et petites, avec deux lèvres blanches ou roses densément disposées à l'aisselle des feuilles et deux bractées en forme de cuillère (Figure 9). (Schaal, 2010 ; Chenna et *al.*, 2018).



**Figure 9** : Partie aérienne d'*O. majorana* (Vasudeva et Goel, 2015).

➤ **Systématique**

Selon Tripathy et *al.* (2017), la classification botanique de la marjolaine est :

- **Règne** : Plantae
- **Sous- règne** : Viridiplantae
- **Division** : Tracheophyta
- **Sous-division** : Spermatophytina
- **Classe** : Magnoliopsida
- **Ordre** : Lamiales
- **Famille** : Lamiaceae
- **Genre** : *Origanum*
- **Espèce** : *Origanum majorana* L.

➤ **Composition chimique**

*O. majorana* se caractérise par de fortes saveurs et odeurs agréables et épicées. Cette herbe contient en particulier :

• **Les monoterpénols** : Terpinène-4-ol (22.89%), (E)-thujanol (15.61%).

• **Les monoterpènes** : Gamma-terpinène (13.41%), alpha-terpinène (8.08%), sabinène (8.33%) (Anonyme, 2021).

➤ **Utilisation thérapeutique**

*O. majorana* est une plante très populaire utilisée dans notre région. Elle possède des applications très vastes tant dans le domaine alimentaire que celui de la médecine. Elle est traditionnellement utilisée pour améliorer les situations suivantes :

- Aide à l'apaisement et au confort articulaire et musculaire : rhumatismes, arthrose, lumbago, sciatique, crampes et contractures musculaires.
- Fatigue générale et psychique.
- Infections respiratoires : rhinite, bronchite, rhinopharyngite, sinusite.
- Pour préparer des huiles aromatiques qui parfumeront les viandes, les grillades et les plats de légumes (Anonyme, 2021).

### 8.3. Sauge sclarée (*Sauge sclarea*)

➤ **Origine, distribution géographique et culture**

« Sauge » antérieurement « salje », dérive du latin *Salvia* qui désignait ces plantes en latin. Il provient de *salvo*, guérir, en raison des propriétés médicinales de la plante (Couplan, 2012). Selon Alloun (2013), il existe plus de 600 espèces de sauge dans le monde, qui ne sont pas toutes comestibles et dont beaucoup sont utilisées comme plantes ornementales dans les jardins.

La sauge sclarée (*S. sclarea*) spontanée est largement distribuée en Europe méridionale, à l'Asie centrale (Salvatori, 2005), aussi elle est originaire d'Europe du Sud, elle est aujourd'hui cultivée en France et en Russie pour son huile essentielle. Elle pousse sur des sols secs très ensoleillés. Elle est récoltée en été (Iserin, 2007).

➤ **Description botanique**

*S. sclarea* est un Vivace portant des vésicules velues, les feuilles de 15 à 25 cm de long sont ovales, oblongues, échancrées, irrégulièrement dentées, gaufrées. Elles sont vert moyen, avec la base cordiforme ou perfoliée. Au printemps et en été apparaissent des

panicules ou des grappes terminales, formées d'une abondance de fleurs de 2 à 3 cm de long, crème et lilas à rose ou bleu, avec de grosses bractées lilas, dont les tiges, roses, portent des épis de fleurs blanc rosé (Brickell et Mioulane, 2004). La sauge sclarée produit des feuilles grisâtres aromatiques la première année et des fleurs bleu pourpré et blanc le deuxième été. Celles-ci attirent les abeilles. Les feuilles sont utilisées en cuisine et en phytothérapie (Figure 10). (Denne, 2010).



Figure 10 : La plante de *S. sclarea* L (Salvatori, 2005).

➤ **Systématique**

La classification de *S. sclarea* a été réalisée selon Iserin (2001), et elle est comme suit :

- **Règne** : Plantae
- **Sous-règne** : Tracheobionta
- **Embranchement** : Tracheophyta
- **Classe** : Magnoliopsida
- **Sous-classe** : Asteridae
- **Ordre** : lamiales
- **Famille** : lamiaceae
- **Genre** : *Salvia*
- **Espèce** : *Salvia sclarea* L.

➤ **Les différentes dénominations**

- Synonyme : Herbe sacrée, thé d'Europe, thé de Grèce, thé de France, thé de Provence, grande Saugé, Saugé franche.

- Nom vernaculaire arabe : Souaqennebi, Houdbiques es sedr, Salma ; kheyatdjouhat.
- Nom targui ou berbère : Tazzourt, Agourim, Imeksaouen
- Nom allemand : Salbei, Garten-salbei ,Edl-salbei.
- Nom anglais : Common sage, Garden sage (Cabaret, 1986 ; Beloued, 2001).

➤ **La composition chimique**

Selon Franchomme et *al.* (2012), les principes actifs du *S. sclarea* sont plus de 250 constituants, les plus importants sont: Monoterpènes, curcumène, transcalanlénène, alcools Monoterpénols, sesquiterpénols, diterpénols, esters, éthers, cétones aldéhydes, coumarines.

➤ **Utilisation thérapeutique**

Les sauges furent tenues de tout temps comme bénéfiques, l'aromathérapie en a donc fait piliers : la sauge sclarée est réputée, par son huile essentielle comme un efficace relaxant : elle aiderait à se détendre, à soulager la fatigue et les douleurs musculaires (Laszlo, 2000). On utilisait plus particulièrement ses graines pour traiter les affections des yeux, en cas de troubles de l'appareil digestif, notamment l'indigestion ou les flatulences. Elle est considérée comme un tonique, mais aussi comme un antalgique léger en cas de règles douloureuses. Elle a une action stimulante sur l'ovulation ; elle est recommandée donc en cas d'insuffisance hormonale. La sauge sclarée est également efficace en cas de ménopause (Iserin, 2007). Certains ingrédients d'huile essentielle ont une indéniable vertu bactéricide (Laszlo, 2000).

Elle est aussi très utile pour minimiser les troubles de la ménopause bien que son action hormonale ne soit pas encore clairement élucidée, la sauge permet de réguler les bouffées de chaleur, elle aide l'organisme à s'adapter aux changements hormonaux durant cette délicate période (Anonyme, 2013).

## **Chapitre IV**

### **Matériel et méthodes**

Le travail expérimental de notre étude a été réalisé dans le laboratoire d'Entomologie Appliquée de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

L'étude est menée pour évaluer l'activité insecticide de trois huiles essentielles, Menthe poivrée (*M. piperita*), Sauge sclarée (*S. sclarea*) et la Marjolaine à coquille (*O. majorana*) contre *T. confusum*, un insecte nuisible aux graines stockées.

### 1. Matériel

#### 1.1. Matériel de laboratoire

Nous avons utilisé divers outils et appareils pour mener à bien nos expériences, notamment :

- Une étuve réglée à une température de  $32 \pm 1$  °C et une humidité relative de  $60 \pm 5\%$ , ce qui est optimal pour le développement de *T. confusum*.
- Des bocaux en verre pour l'élevage de masse des adultes de *T. confusum*.
- Des flacons en plexiglas de 64 ml pour les tests d'inhalation des huiles essentielles.
- Des boîtes de Pétri en plastique de 8,5 cm de diamètre et 1,5 cm de hauteur pour les tests de répulsion.
- Des boîtes de Pétri en plastique de 5,2 cm de diamètre et 1,2 cm de hauteur.
- Une micropipette pour le dosage des huiles essentielles.
- L'acétone comme solvant.
- Une loupe binoculaire.
- Une balance électronique pour peser le substrat.
- Du papier filtre pour les tests par inhalation et de répulsivité.
- D'autres outils de manipulation tels que des pinces, du scotch, du fil fin, une aiguille, une bassine, des ciseaux, des étiquettes et un tamis ont été également utilisés.

#### 1.2. Matériel biologique

##### 1.2.1. Matériel animal (*T. confusum*)

Les individus de *T. confusum* utilisés dans notre expérimentation proviennent d'un élevage de masse réalisé sur la semoule à partir d'une souche originaire du laboratoire d'Entomologie Appliquée de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

### 1.2.2. Matériel végétal

#### ➤ Substrat

Dans les différents tests réalisés au laboratoire nous avons utilisé de la semoule moyenne comme substrat alimentaire, provenant du marché local. Pour prévenir toute contamination, nous conservons la semoule dans le réfrigérateur pendant toute la période expérimentale.

#### ➤ Les huiles essentielles utilisées

Les huiles essentielles de la menthe poivrée, la marjolaine à coquille et la sauge sclarée testées durant notre travail expérimental proviennent d'un point de vente du laboratoire Français Aroma Zone, situé dans la wilaya de Boumerdes (Figure 11).

Nous avons choisi ces huiles en raison de leur disponibilité dans le laboratoire, dans la région, de leur utilisation en pharmacologie et de leur activité insecticide rapportée par la bibliographie. Pour assurer leur conservation, nos huiles essentielles sont stockées dans des flacons en verre coloré avec fermeture étanche à une température de 5°C.



**Figure 11** : Les trois huiles essentielles utilisées (Originale, 2023).

## 2. Méthodes

### 2.1. Élevage de masse

L'élevage de masse est effectué dans des bocaux en verre, où des mâles et des femelles adultes de *T. confusum* d'âges indéterminés sont mis en contact avec de la semoule de blé dur. L'objectif de cet élevage est de produire une génération homogène en nombre suffisant, nécessaire pour les différents tests expérimentaux (Figure 12).

Les bocaux sont maintenus dans une étuve obscure, réglée à une température de  $32 \pm 1$  °C et une humidité relative de  $60 \pm 5\%$ , les couvercles des bocaux sont perforés de petits trous d'aération.

Après une semaine, les adultes sont prélevés, laissant les œufs se développer jusqu'à ce que les premiers adultes de la nouvelle génération émergent. Les individus âgés de moins de 7 jours sont ensuite utilisés pour effectuer divers tests biologiques (Figure13).



**Figure 12 :** Elevages de masse de *T. confusum* (Kassouri et Ferras, 2023).



**Figure 13:** Les nouveaux individus de *T. confusum* provenant des élevages de masse (Originale, 2023).

## 2.2. Test d'inhalation

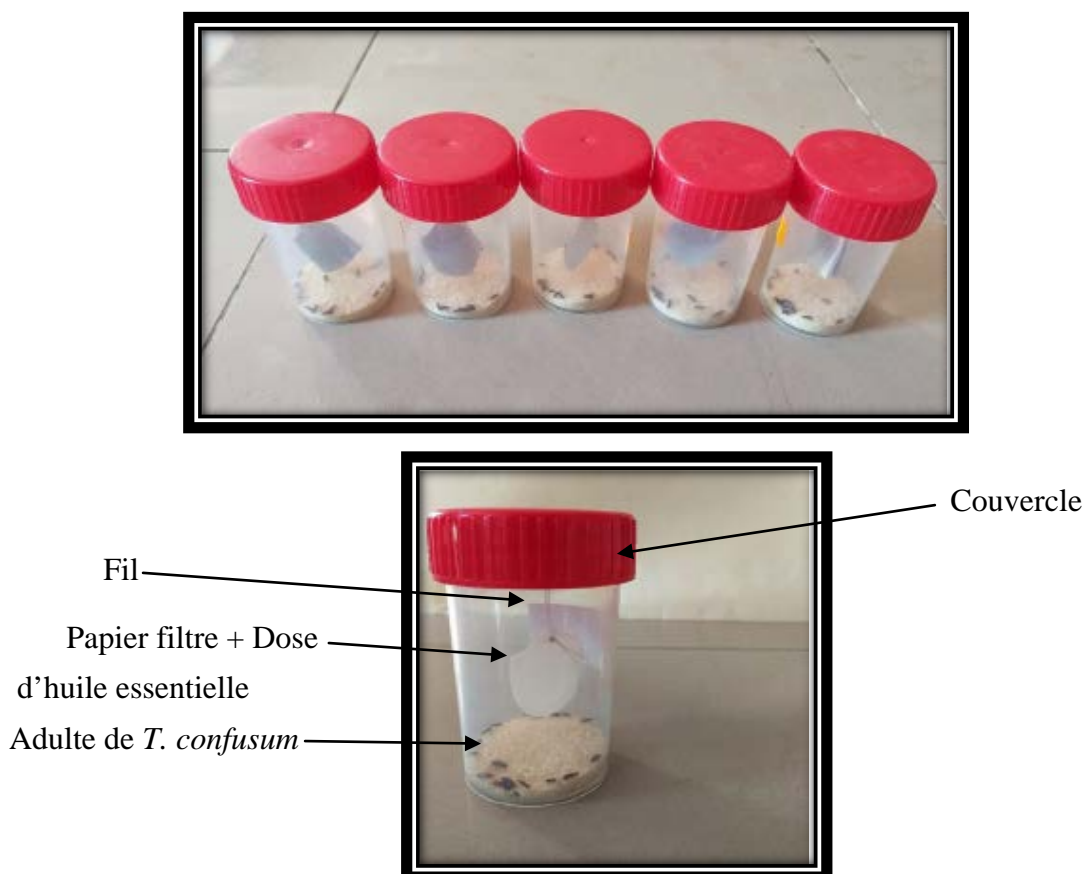
Ce test consiste à étudier la toxicité par inhalation de trois huiles essentielles à l'égard des adultes de *T. confusum* en fonction du temps et de la durée d'exposition. Il est réalisé selon le protocole suivant :

\*Dans des flacons en plexiglas d'une capacité de 64 ml, sur la face inférieure de chaque couvercle, nous avons fixé un fil auquel est attaché un morceau de papier filtre imbibé de l'huile essentielle, à différentes doses (40, 60, 80 et  $100\mu\text{l}$ ), à l'aide d'une micropipette (Figure 14).

\*Chaque flacon contenant 3 g de semoule a accueilli vingt adultes de *T. confusum* âgés de 0 à 7 jours. Nous avons également réalisé un groupe témoin sans huile. Pour chaque dose, nous avons varié la durée d'exposition : 24h, 48h et 72h.

\*Nous avons effectué trois répétitions pour chaque dose, ainsi que pour les témoins.

\*À la fin de l'expérience, les insectes ont été transférés dans de petites boîtes de Pétri et le dénombrement des individus morts a été effectué 24 heures après le traitement.



**Figure 14 :** Dispositif expérimental du test d'inhalation sur les adultes de *T. confusum* traités par les différentes doses des trois huiles essentielles (Originale, 2023).

### 2.3.L'effet par inhalation de la combinaison des trois huiles essentielles après 24h d'exposition

Ce test consiste à évaluer l'effet biocide de l'association de (03) trois huiles essentielles à l'égard des adultes de *T. confusum* et ce par inhalation.

Pour cela nous avons réalisé des tests de fumigation, comme ça été décrit précédemment .Les différentes mixtures testées sont composées de :

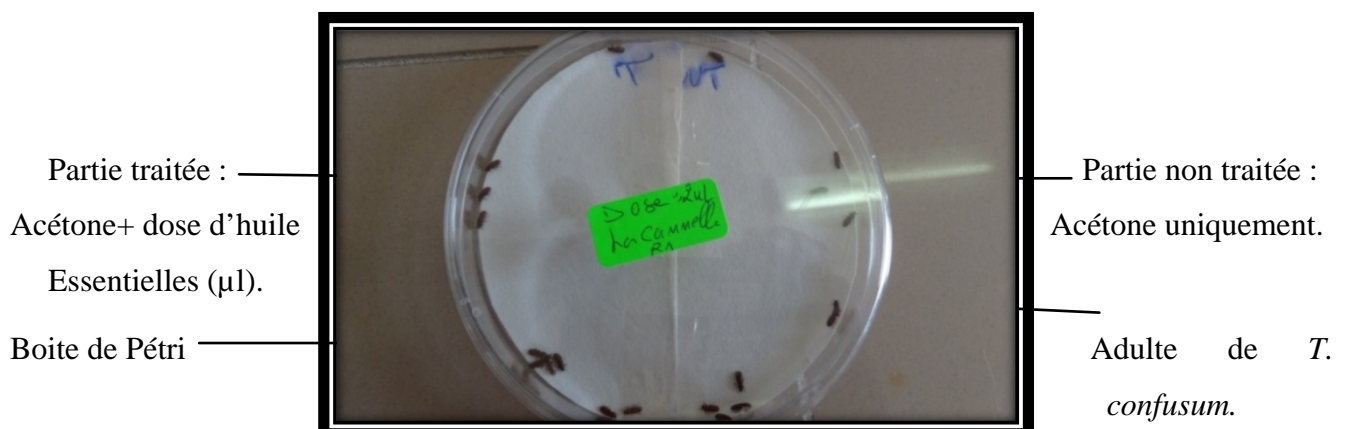
- La concentration létale 50 (CL50) de l'huile essentielle de marjolaine à coquille, qui est de 46  $\mu$ l, combinée avec la CL50 de l'huile essentielle de menthe poivrée, qui est de 60  $\mu$ l.

- La concentration létale 50 (CL 50) de l'huile essentielle de menthe et la CL 50 de l'huile essentielle de marjolaine avec la plus forte dose de l'huile essentielle de sauge (100  $\mu$ l).
- 40  $\mu$ l de l'huile essentielle de menthe avec 40  $\mu$ l de l'huile essentielle de marjolaine.
- 40  $\mu$ l de l'huile essentielle de menthe avec 40  $\mu$ l de l'huile essentielle de marjolaine et 40  $\mu$ l de l'huile essentielle de sauge.

#### 2.4. Test de répulsivité

L'objectif de ce test est d'analyser l'action répulsive des trois huiles essentielles de la marjolaine à coquilles, de la menthe poivrée et de la sauge sclarée sur les adultes de *T. confusum*. Cette étude sera menée en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre.

- Pour réaliser cette expérience, nous avons divisé des disques de papier filtre de 8,5 cm de diamètre en deux parties égales. Une des parties a été traitée avec différentes doses (40, 60, 80 et 100  $\mu$ l) d'une huile essentielle diluée dans 500  $\mu$ l d'acétone (Tr), tandis que l'autre partie a été traitée uniquement avec le même volume d'acétone (NT).
- Après évaporation du solvant, les deux parties traitées et non traitées ont été assemblées avec une bande adhésive (scotch) et placées dans une boîte de Pétri de 8,5 cm de diamètre et 1,5 cm de hauteur (Figure 15).
- Ensuite, vingt *Tribolium*s adultes ont été déposés au centre de la boîte de Pétri. Trois répétitions ont été réalisées pour chaque dose.
- Après une demi-heure de traitement, nous avons compté le nombre d'individus présents sur les deux parties du disque.



**Figure 15 :** Dispositif expérimental du test de répulsivité sur les adultes de

*T. confusum* (Originale, 2023).

Le pourcentage de répulsion (PR), induit par les huiles essentielles sur les adultes de *T. confusum*, est calculé selon la formule de MC Donald et al. (1970) :

$$PR\% = \frac{NT-TR}{NT+TR} \times 100$$

**NT**= nombre d'individus présents dans la partie traitée uniquement avec l'acétone.

**Tr**= nombre d'individus présents dans la partie traitée avec la solution (l'huile essentielle-acétone).

On calcule le pourcentage moyen de répulsion pour chaque huile essentielle, puis on les classe dans différentes catégories répulsives en se basant sur la classification de Mc Donald et al. (1970), qui sont indiquées dans le tableau suivant (tableau2) :

Classe	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classe 0	$PR \leq 0.1\%$	Très faiblement répulsif
Classe I	$0.1\% < PR$	Faiblement répulsif
Classe II	$20\% < PR \leq 40\%$	Modérément répulsif
Classe III	$40\% < PR \leq 60\%$	<b>Moyennement répulsif</b>
Classe IV	$60\% < PR \leq 80\%$	<b>Répulsif</b>
Classe V	$80\% < PR \leq 100\%$	<b>Très répulsif</b>

**Tableau 2** : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et al. (1970).

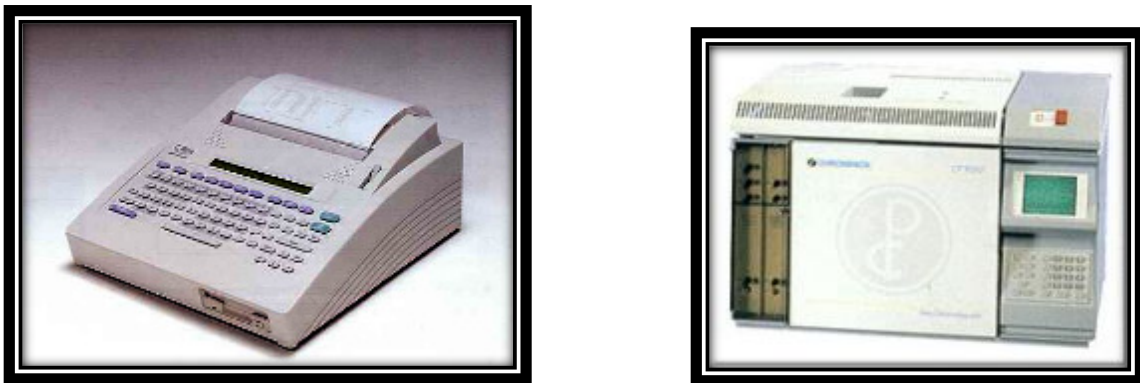
### 3. Analyse de la composition chimique des huiles essentielles par chromatographie en phase gazeuse

Les analyses chromatographiques ont été faites au laboratoire de Technologie Alimentaire de l'ENSA-ex INA à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse couplée aux chromatogrammes de base issus de la spectrophotométrie de masse.

La chromatographie peut être réalisée moyennant un appareil comme le CHROMPACK CP 9001 (Figure 16). Ce dernier est muni de :

- Un détecteur à ionisation de flamme (FID).
- Un orifice d'injection Split/Splitless.
- Une colonne capillaire de type CP- SIL 8CB (cat n° 8511), apolaire, longueur = 15 m, diamètre intérieur = 0,25 mm et épaisseur du film = 0,25 µm.

Un enregistreur de calcul GETEK 12x régie par un logiciel nommé CHROMA-BIO systèmes, pour l'enregistrement et le stockage des calculs. Les données sont ensuite traitées par un intégrateur.



**Figure 16:** Les appareils utilisés dans l'analyse chromatographique (Originale, 2023).

#### 4. Analyse statistique

La CL50 correspond à la qualité de la substance toxique entraînant la mort de 50% d'individus d'un même lot. Elle est déterminée par le logiciel statistique SPSS, version 20.

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance (ANOVA) à trois critères de classification à l'aide du logiciel statbox version 6.40 et ceci afin de déterminer l'action de l'huile essentielle vis-à-vis des adultes de *T. confusum* et analyser les différents paramètres étudiés.

Lorsque cette analyse montre des différences significatives entre les différents traitements, elle est complétée par le test de Newman et Keuls au seuil de 5%, afin de déterminer les groupes homogènes (Dagnelie, 1975). Selon la valeur de la probabilité (P), nous avons:

- $P > 0.05$  il n'y a pas de différence significative ;
- $0.01 < P \leq 0.05$  il y a une différence significative ;
- $0.001 < P \leq 0.01$  il y a une différence hautement significative ;
- $P \leq 0.001$  il y a une différence très hautement significative.

## **Chapitre V**

### **Résultats et discussion**

### 1. Résultats de l'analyse chromatographique des huiles essentielles

L'analyse chromatographique a permis d'identifier 23 composés dans l'huile essentielle de la sauge et 21 composés dans l'huile essentielle de la marjolaine et 26 composés dans l'huile essentielle de la menthe.

Les composés majoritaires trouvés dans l'huile essentielle de *S. sclarea* sont : L'Acetate de Linalyle (69%), Linalol (25%),  $\alpha$ -Terpinéol (3.18 %) et Germacrene D (3.13 %) (Tableau3).

**Tableau 3 :** La composition chimique (%) de l'huile essentielle de la sauge. Les composés majeurs sont indiqués en gras. TR : temps de rétention en minutes.

Constituants	Pic N°	TR (mn)	(%)
$\alpha$ -pinène	01	12.31	0.889
Canphene	02	13.11	0.076
Sabinène	03	14.60	0.07
Bêta-pinène	04	14.76	0.14
Bêta.Myrcene	05	15.76	0.89
$\alpha$ -Phellandrène	06	16.79	0.040
Para -Cymene	07	17.79	0.0744
Limonène	08	18.09	0.743
Z-Bêta-Ocimene	09	18.80	0.374
E.Beta-Ocimene	10	19.50	0.65
Terpinolene	11	22.42	0.004
<b>Linalol</b>	<b>12</b>	<b>23.38---23.88</b>	<b>25</b>
<b><math>\alpha</math>-Terpinéol</b>	<b>13</b>	<b>29.76</b>	<b>3.18</b>
Formate de Linalyle	14	31.40	0.049
Nerol	15	32.87	0.37
<b>Acetate de Linalyle</b>	<b>16</b>	<b>34.47---35.23</b>	<b>69</b>
Acetate Neryle	17	41.76	0.77
Acetate de Geranyle	18	43.10	1.148
Beta Caryophyllene	19	45.29	1.28
$\alpha$ .Humulene	20	47.41	0.05
<b>Germacrene D</b>	<b>21</b>	<b>49.36</b>	<b>3.13</b>
Delta.Cadinene	22	50.21	0.46
Oxyde de Caryophyllene	23	51.84	0.11

Pour l'huile essentielle *d'O. majorana*, les principaux constituants sont :

Terpinen.4-ol (20.90 %), Linalol +transsabinene(16.18 %),  $\gamma$ -Terpinene (12.23 %) et Sabinène (8.95 %) et  $\alpha$ -Terpinène (7.62 %) (Tableau 4).

**Tableau 4:** La composition chimique (%) de l'huile essentielle de la marjolaine. Les composés majeurs sont indiqués en gras. TR : temps de rétention en minutes.

Constituants	Pic N°	TR (mn)	(%)
$\alpha$ -Thujène	01	11.99	0.77
$\alpha$ -pinène	02	12.37	1.73
<b>Sabinène</b>	<b>03</b>	<b>14.84</b>	<b>8.95</b>
$\beta$ -pinène	04	14.92	0.43
$\beta$ -Myrcene	05		1.92
$\alpha$ -Phellandrène	06	16.56	0.40
Para-Cymene	07	16.95	0.34
<b><math>\alpha</math>-Terpinène</b>	<b>08</b>	<b>17.58</b>	<b>7.62</b>
Limonène	09	17.99	2.13
$\beta$ -Phellandrene	10	18.33	3.57
1.8 Cinéole	11	18.51	0.31
<b><math>\gamma</math>-Terpinene</b>	<b>12</b>	<b>20.56</b>	<b>12.23</b>
Cis Sabinene Hydrate	13	21.45	3.85
Terpinolene	14	22.41	2.86
<b>Linalol +transsabinene</b>	<b>15</b>	<b>23.78</b>	<b>16.18</b>
<b>Terpinen.4-ol</b>	<b>16</b>	<b>29.40</b>	<b>20.90</b>
$\alpha$ -Terpinéol	17	30.07	3.16
Geraniol	18	34.17	0.78
Acetate de Linalyle	19	34.47	1.95
$\beta$ Caryophyllene	20	45.38	2.66
<b>Oxyde de Caryophyllene</b>	<b>21</b>	<b>50.27</b>	<b>1.43</b>

Tandis que pour l'huile essentielle de *M. piperita*, les composés majoritaires sont le Menthol (43%), Menthone(21 %), Iso menthone(5,65%), Piperitone(4,84%) et 1.8 Cinéole(4,68) (Tableau 5).

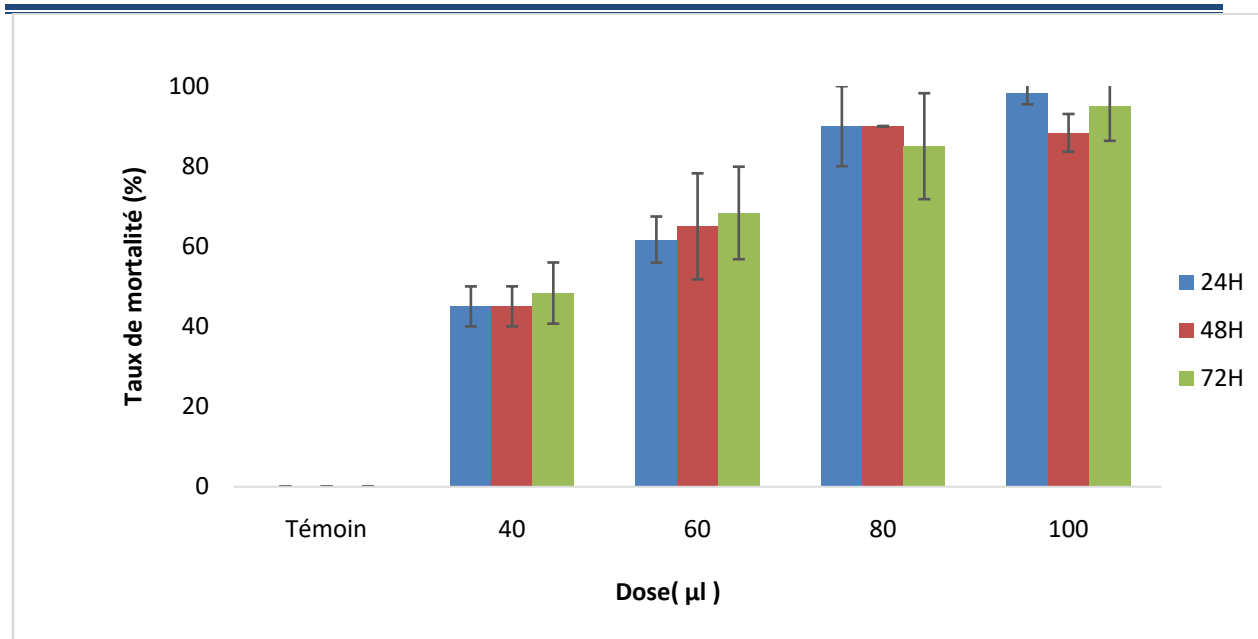
**Tableau 5 :** La composition chimique (%) de l'huile essentielle de la menthe poivrée. Les composés majeurs sont indiqués en gras. TR : temps de rétention en minutes.

## 2. Résultats des tests de toxicité des huiles essentielles sur les adultes de *T.confusum* par inhalation

Constituants	Pic N°	TR (mn)	(%)
$\alpha$ -Thujène	01	11.41	0.04
$\alpha$ -pinène	02	12.28	0.70
Camphène	03	13.24	0.005
Sabinène	04	14.49	0.47
$\beta$ -pinène	05	14.26	0.94
$\beta$ .Myrcene	06	15.12	0.136
$\alpha$ -Phellandrène	07	16.18	0.374
$\alpha$ -Terpinéne	08	17.29	0.26
Para-Cymène	09	17.81	0.737
Limonène	10	18.15	1.53
<b>1.8 Cinéole</b>	<b>11</b>	<b>18.15</b>	<b>4.68</b>
Octanol	12	20.15	0.52
$\gamma$ -Terpinene	13	20.85	0.96
Terpinolene	14	22.16	0.136
Linalol	15	23.18	<b>0.33</b>
<b>Menthone</b>	<b>16</b>	<b>27.38</b>	<b>21</b>
<b>Iso menthone</b>	<b>17</b>	<b>28.06</b>	<b>5.65</b>
<b>Menthol</b>	<b>18</b>	<b>28.99-29.54</b>	<b>43</b>
$\alpha$ -Terpinéol	19	30.06	0.44
Menth furan	20	33.24	1.96
Pulegone	21	34.22	0.61
<b>Piperitone</b>	<b>22</b>	<b>37.13</b>	<b>4.84</b>
Thymol	23	41.03	0.045
Eugénol	24	42.88	0.33
$\beta$ Caryophyllene	25	45.22	2.37
Oxyde de Caryophyllene	26	49.18	1.34

### 2.1.Effet de l'huile essentielle de la marjolaine à coquilles à l'égard de *T. confusum*

Les résultats de l'activité insecticide par inhalation de l'huile essentielle de la marjolaine à coquilles à l'égard des adultes de *T. confusum* sont représentés dans la figure suivante :



**Figure 17 :** Taux de mortalité moyen (moyennes  $\pm$  écart-type) des adultes de *T. confusum* traités par inhalation avec l'huile essentielle d'*O. majorana* en fonction de la dose et de la durée d'exposition.

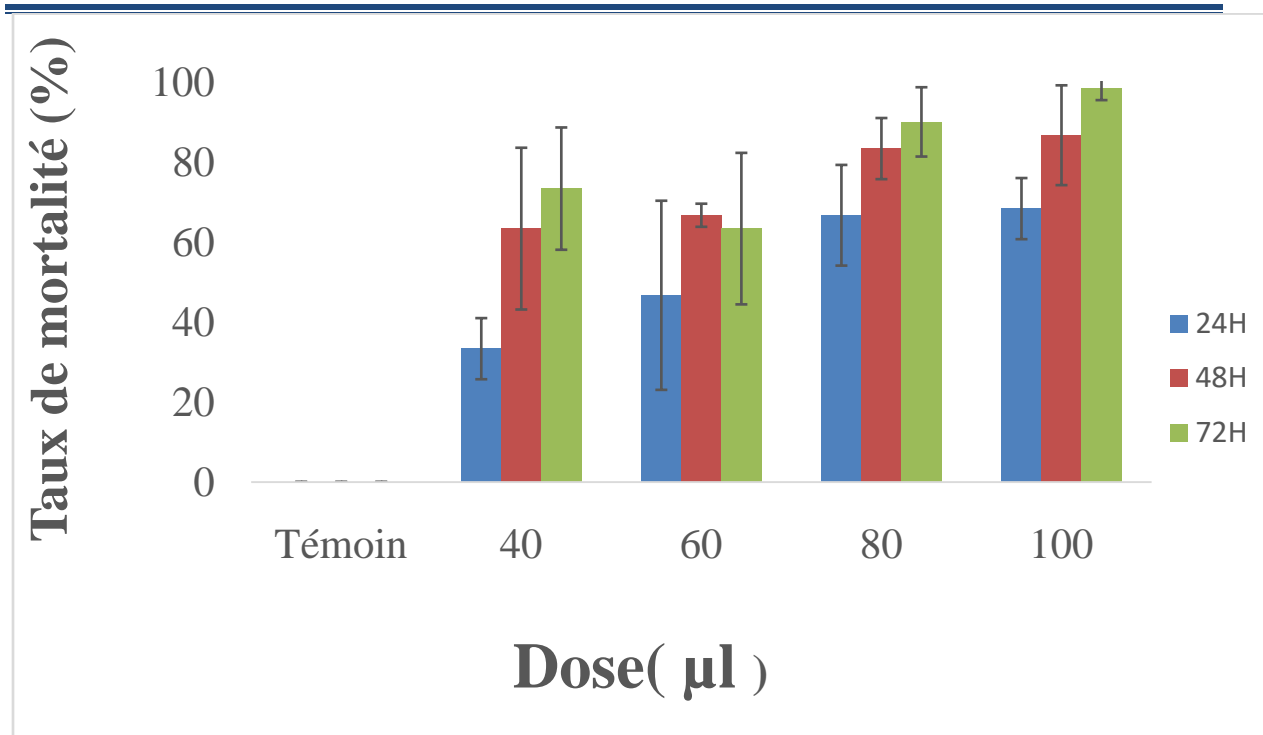
Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de la marjolaine a une activité insecticide par inhalation vis-à-vis des adultes de *T. confusum*.

L'effet fumigeant de cette huile essentielle s'observe dès la plus faible dose utilisée (40 µl) après 24h d'exposition avec un taux de mortalité de 33%, ce taux dépasse les 60% en augmentant les doses. Le taux de mortalité le plus élevé (92%) est enregistré avec la dose 100 µl et après 72h d'exposition, alors que dans les lots témoins aucune mortalité n'a été observée.

La CL50 de l'huile essentielle de la marjolaine par inhalation après 24h d'exposition a pu être déterminée, elle est de l'ordre de 30 µl. Ce résultat indique que cette huile essentielle exerce un effet toxique sur *T. confusum* par inhalation.

## 2.2.Effet de l'huile essentielle de la menthe poivrée à l'égard de *T. confusum*

Les résultats de l'activité insecticide de l'huile essentielle de la menthe poivrée sur les adultes de *T. confusum* sont représentés dans la figure 18.



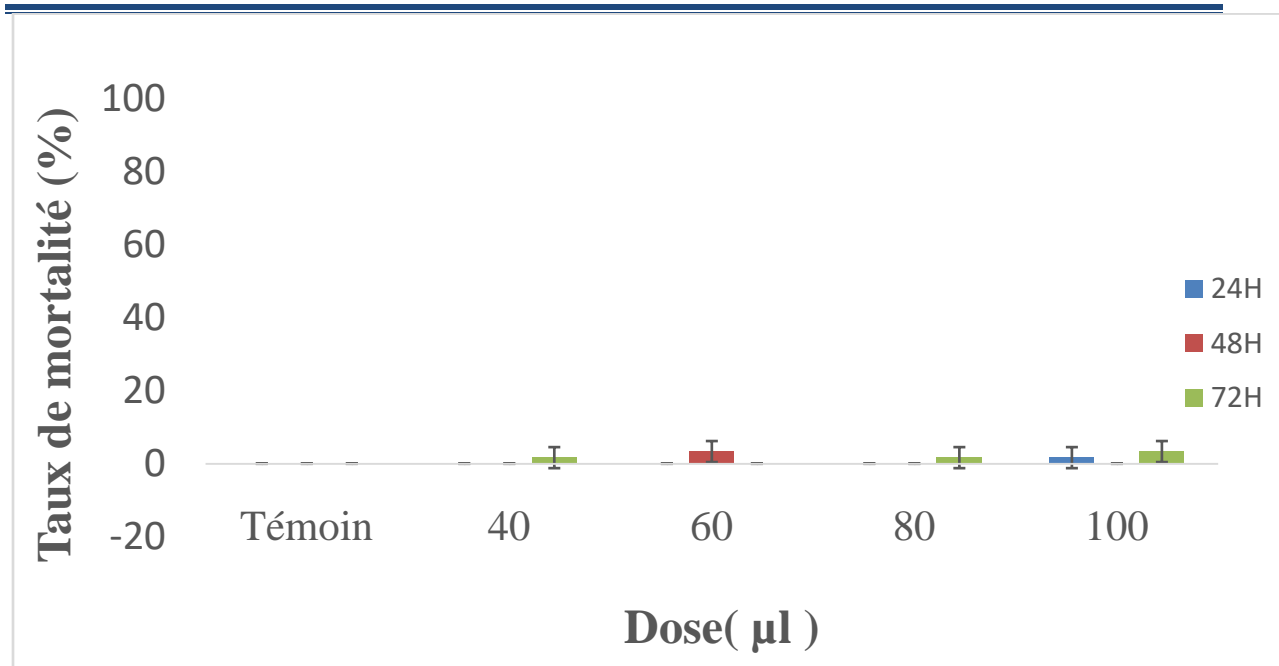
**Figure 18 :** Taux de mortalité moyen (moyennes  $\pm$  écart-type) des adultes de *T. confusum* traités par inhalation avec l'huile essentielle de la menthe poivrée en fonction de la dose et de la durée d'exposition.

Les résultats obtenus avec l'huile essentielle de menthe poivrée montrent que cette dernière a provoqué une forte mortalité vis-à-vis des adultes de *T. confusum*. En effet, le taux de mortalité dépasse 20% même avec la plus faible dose 40 µl, après 24h d'exposition. Le taux moyen de mortalité des adultes dans les lots témoins, qui n'ont subi aucun traitement est nul.

Le taux de mortalité est très fort (au-dessus de 50%), ainsi la concentration létale 50 (CL50) a été déterminée, elle est de l'ordre de 65 µl.

### 2.3.Effet de l'huile essentielle de la sauge sclarée à l'égard de *T. confusum*

Les résultats de l'activité insecticide de l'huile essentielle de la sauge sclarée sur les adultes de *T. confusum* sont représentés dans la figure ci-dessous.



**Figure 19 :** Taux de mortalité moyen (moyennes  $\pm$  écart-type) des adultes de *T. confusum* traités par inhalation avec l'huile essentielle de la sauge sclarée en fonction de la dose et de la durée d'exposition.

Les résultats obtenus avec l'huile essentielle de la sauge sclarée montrent que cette dernière a provoqué une très faible mortalité vis-à-vis des adultes de *T. confusum*.

En effet, le taux de mortalité ne dépasse pas 5 % même avec la plus forte dose 100 µl, après 72h d'exposition. Le taux moyen de mortalité des adultes dans les lots témoins, qui n'ont subi aucun traitement est nul.

Le taux de mortalité enregistré est très faible (au-dessous de 50%), ainsi la concentration létale 50 (CL50) n'a pas été déterminée.

Les résultats obtenus des tests d'inhalation sont soumis à une ANOVA à trois critères de classification (dose, temps d'exposition et huile).

Les résultats de l'analyse révèlent l'existence d'une différence très hautement significative ( $P= 0,0000$ ) pour les effets des facteurs : dose, temps d'exposition et huile essentielle, ainsi que pour les interactions entre les facteurs dose  $\times$  huile et temps  $\times$  huile.

Par contre les interactions entre les facteurs dose  $\times$  huile ( $P= 0,2091$ ) et dose  $\times$  huile et temps ( $P= 27405$ ) ne relèvent aucun effet significatif sur la mortalité des adultes (Tableau 6).

**Tableau 6 :** Résultats de l'analyse de la variance de la toxicité des trois huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de *T.confusum*.

	S.C. E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	204369,3	134	1525,144				
<b>VAR.FACTEUR 1 dose</b>	62328,52	4	15582,13	259,702	0		
<b>VAR.FACTEUR 2 temps</b>	1760,344	2	880,172	14,67	0,00001		
<b>VAR.FACTEUR 3 huile</b>	98321,47	2	49160,73	819,346	0		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	669,281	8	83,66	1,394	0,20912		
<b>VAR.INTER F1*3</b>	31324,83	8	3915,604	65,26	0		
<b>VAR.INTER F2*3</b>	3400,766	4	850,191	14,17	0		
<b>VAR.INTER F1*2*3</b>	1164,047	16	72,753	1,213	0,27405		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	5400	90	60			7,746	19,90%

Le test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5 %, classe les trois huiles essentielles dans deux groupes homogènes. Le premier groupe (A) comprend les huiles essentielles de marjolaine et de menthe poivrée avec un taux de mortalité des adultes le plus élevé.

Dans le groupe (B), nous trouvons l'huile essentielle de sauge scclarée avec un faible taux de mortalité (0,77) (Tableau 7).

**Tableau 7 :** Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet des deux huiles testées par inhalation sur les adultes de *T. confusum*.

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	Marjolaine	59	A	
3.0	Menthe	57	A	
1.0	Sauge	0,778		B

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe le facteur dose dans 4 groupes homogènes A, B, C et D. Les doses 100 µl et 80 µl, les plus efficaces sont classées dans le même groupe homogène A. Les autres doses sont classées chacune dans un groupe homogène à part (Tableau 8).

**Tableau 8:** Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet des doses des huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de *T. confusum*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
5.0	Dose 100µl	60,185	A			
4.0	Dose 80µl	56,296	A			
3.0	Dose 60µl	43,519		B		
2.0	Dose 40µl	34,63			C	
1.0	Témoin	0				D

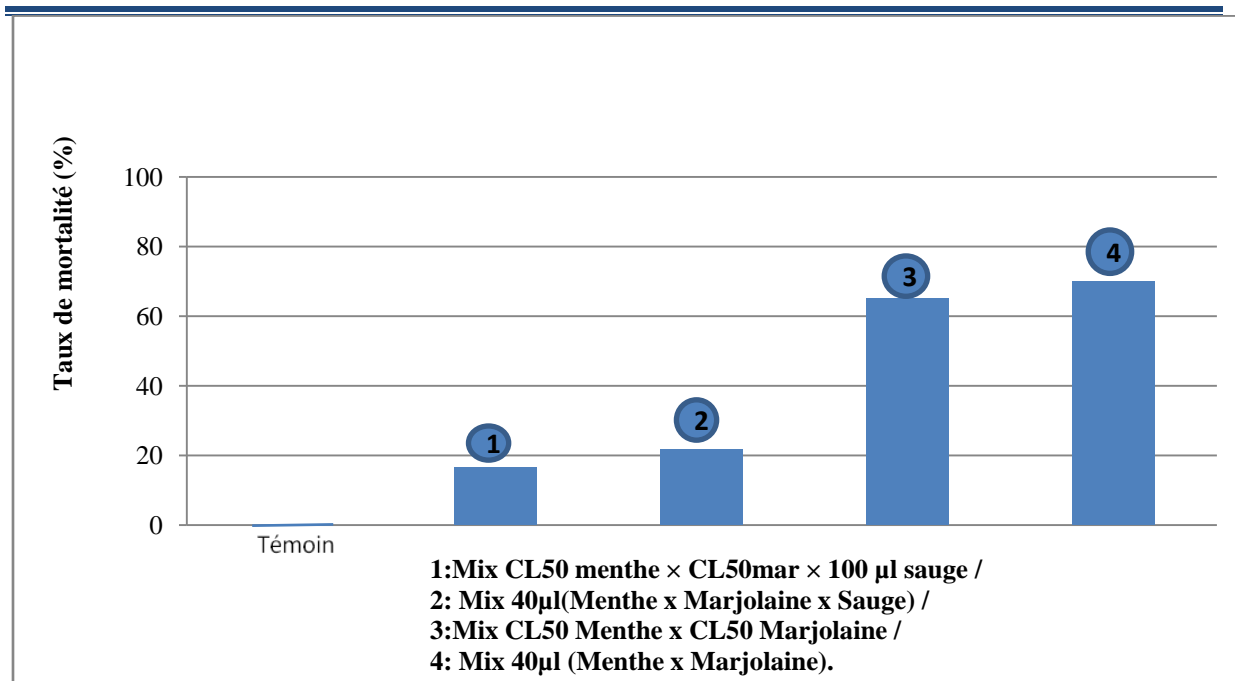
Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les temps d'exposition dans les groupes homogènes suivants : dans le groupe A, est classé le temps d'exposition le plus long (72h), dans le groupe B (48h) et enfin dans le groupe C (24h) (Tableau 9).

**Tableau 9:** Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet du facteur temps sur les adultes de *T. confusum*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0	T3	43	A			
2.0	T2	39,556		B		
1.0	T1	34,222				C

### 3. Résultats du test d'inhalation de la mixture des huiles essentielles après 24h sur les adultes de *T. confusum*

Les résultats du test par inhalation de la mixture des trois huiles essentielle après 24h d'exposition sur les adultes de *T. confusum* sont représentés dans la figure ci- dessous



**Figure 20 :** Taux de mortalité (Moyenne  $\pm$  écart-type) des adultes de *T. confusum* traités avec la mixture sauge x marjolaine à coquilles x menthe poivrée, par inhalation, après 24h.

Les résultats obtenus avec la mixture de la CL<sub>50</sub> des deux huiles essentielles (la marjolaine à coquille, et la menthe poivrée), avec la plus forte dose de l'huile essentielle de sauge sclarée après 24h, ont montré que cette dernière exerce une faible activité insecticide à l'égard des adultes de *T. confusum* avec un taux de mortalité de 17%. De même pour la mixture de 40 µl de chaque huile essentielle, le taux de mortalité enregistré est de l'ordre de 22%.

Et pour l'association de la CL<sub>50</sub> de l'huile essentielle de menthe poivrée et de la CL<sub>50</sub> de l'huile essentielle de marjolaine à coquilles exerce une activité insecticide vis-à-vis des adultes de *T. confusum* avec un taux de mortalité égale à 65%. Dans le même sens, la mixture de la plus faible dose (40 µl) d'huile essentielle de marjolaine à coquilles et de la menthe poivrée engendre un taux de mortalité pouvant atteindre 70% après 24h d'exposition.

Par contre, dans les lots témoins le taux de mortalité des adultes de *T. confusum* est égal à zéro.

---

**Discussion**

Les résultats obtenus à travers cette étude montrent une nette différence dans l'efficacité des trois huiles essentielles testées. À cet effet, l'huile essentielle de marjolaine à coquilles et la menthe poivrée paraissent plus efficaces comparées à celle de la sauge sclarée.

En effet, les huiles essentielles de la marjolaine à coquilles et de la menthe poivrée présentent une activité insecticide sur les adultes de *T. confusum* avec des CL50 égales à 30 µl et 65 µl, respectivement.

Pour chaque huile testée, les analyses statistiques indiquent qu'il existe une variation très hautement significative des taux de mortalité des insectes qui dépendent de l'huile, des doses utilisées et de la durée d'exposition. Ces variations peuvent être expliquées par la composition chimique de l'huile essentielle et le comportement du ravageur.

Nos résultats sont en accord avec les travaux de plusieurs auteurs qui ont mis en évidence l'action des huiles essentielles par inhalation sur la mortalité des ravageurs des denrées stockées.

Les travaux d'Amitouche T., et Rakem B., (2017) ont montré que la mortalité des adultes de *T. confusum* varie en fonction de l'huile essentielle appliquée par inhalation. Les deux huiles essentielles utilisées sont *Juniperus phonecea* (Genévrier) et *Pinus pinaster* (pin maritime). *J. phonecea* provoque 100 % de mortalité après 24h d'exposition sur *T. confusum*.

Dans une étude portée sur le même insecte, Recep et al., (2008) ont observé une activité insecticide significative de l'huile essentielle de *Salvia hydrangea* (Lamiaceae) avec un taux de mortalité de 75% à une concentration élevée de 40 µl pendant une période de 96 heures.

De même, Benazzedine (2010) a démontré l'effet toxique par inhalation des huiles essentielles de romarin et de la menthe verte sur les adultes de *T.confusum*. Les deux huiles essentielles ont provoqué une mortalité de 100% après 24h d'exposition au traitement.

Selon El Idrissi et al. (2014), une mortalité globale d'adultes de la famille des Bruchidae, *Bruchus lentis*, a été observée après une exposition de 48 heures à l'huile essentielle de marjolaine à coquille, avec une valeur de concentration létale CL50=17,66.

De nombreux chercheurs ont démontré l'activité insecticide par inhalation de l'huile essentielle de la menthe poivrée sur de nombreux insectes ravageurs des denrées stockées (Raja et al. 2001 ; Aissat et Berkane, 2014 ; Koroghli, 2018; Acharaiou et Kaced, 2019).

Benayad (2013) affirme que les huiles essentielles de *Mentha apulegium* (Lamiaceae) et *M. piperita* possèdent une action biocide inhalatrice forte vis-à-vis de *R. dominica* et *Sitophilus oryzae* dont la mortalité totale des individus est marquée après 24h de traitement à la dose 3µl.

Très peu de recherches portant sur l'efficacité de la mixture d'huiles essentielles contre les ravageurs des denrées stockées. Une étude menée par Boukraa et al. (2020) a révélé que les huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* (Asteraceae), *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) et *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae), ainsi que leur mélange, ont montré des propriétés fumigantes puissantes contre les adultes de *T. castaneum*. De plus, la combinaison des trois huiles essentielles a engendré l'apparition de nouveaux composants, à la fois majeurs et mineurs, qui sont responsables de leur toxicité.

#### **4. Résultats des tests par répulsion des trois huiles essentielles sur les adultes de *T. confusum***

Les résultats du test de répulsion ont été enregistrés dans le tableau 6. Dans l'ensemble, les trois huiles ont montré un effet répulsif à l'égard des adultes de *T. confusum*. Nous pouvons observer que la répulsivité varie en fonction de l'huile testée, la plus grande moyenne de répulsivité est obtenue avec l'huile essentielle de *O. majorana*, avec un taux moyen de 42,49%, pour l'huile essentielle de *S. sclarea*, le taux moyen de répulsion enregistré est significatif avec un taux de 34,99%. En revanche, pour l'huile essentielle de *M. piperita*, le taux moyen de répulsion est plus faible ne dépassant pas 23 %.

Les effets les plus significatifs sont observés à la dose de 100 µl, où le taux de répulsion a atteint 46,66% pour l'huile essentielle de marjolaine à coquille et 43,33% pour l'huile essentielle de la sauge sclarée. Par contre, pour la menthe poivrée le taux de répulsion enregistré est faible (3,3 %).

En utilisant la méthode de Mc Donald et ses collaborateurs (1970) pour calculer le pourcentage de répulsion, il a été déterminé que l'huile essentielle de *O. majorana* est classée comme moyennement répulsive avec un taux de 42,49% et appartient à la classe III de cette échelle, l'huile essentielle de *S. sclarée* est classé comme modérément répulsif avec un taux

de 34,99%, correspondant à la classe II de cette échelle. L'huile essentielle de *M. piperita* est également classée comme modérément répulsive avec un taux de 22,49% (tableau 10).

D'après ces résultats, nous pouvons conclure que l'huile essentielle d'*O. majorana* est plus répulsive en comparaison avec l'huile essentielle de la menthe poivrée et l'huile essentielle de la sauge sclarée.

**Tableau 10 :** Taux moyen de répulsion des huiles essentielles d'*O. majorana* de *M. piperita* et de *S. sclarea* à l'égard des adultes de *T. confusum* et leur classement selon la méthode Mc Donalds

Huiles essentielles	Doses				Taux moyen de répulsivité	Classe de Répulsivité	
	40µl	60µl	80µl	100µl			
<i>O. majorana</i>	40	43,33	40	46,66	42,49	III	Moyennement répulsif
<i>M. piperita</i>	23,33	36,66	26,66	3,33	22,49	II	Modérément répulsif
<i>S. sclarea</i>	20	36,66	40	43,33	34,99	II	Modérément répulsif

D'après les résultats obtenus, l'analyse de la variance à deux critères de classification ne révèle aucune différence significative pour le facteur dose (P=0.6625), pour le facteur huile (P= 0,063) ainsi que pour l'interaction de ces deux facteurs (dose × huile (P = 0,5044) (Tableau11).

**Tableau 11:** Résultats de l'analyse de la variance des trois huiles essentielles testées par répulsion sur les adultes de *T. confusum*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	14800	35	422,857				
<b>VAR.FACTEUR 1 dose</b>	644,444	3	214,815	0,541	0,6625		
<b>VAR.FACTEUR 2 huile</b>	2449,999	2	1225	3,084	0,063		
<b>. VAR INTER F1*2</b>	2172,222	6	362,037	0,911	0,50445		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	9533,334	24	397,222			19,93	59,79%

---

**Discussion**

Dans cette étude, nous avons tenté d'évaluer l'effet répulsif des huiles essentielles de la menthe poivrée, de la marjolaine à coquilles et de la sauge sclarée sur les adultes de *T. confusum*. Les résultats obtenus montrent clairement que les trois huiles essentielles testées présentent un effet répulsif à l'égard des adultes de l'organisme biologique étudié. En effet, à la dose la plus élevée testée, qui est de 100 µl, les trois huiles ont montré une activité répulsive variant de 46,66% pour la marjolaine à coquilles, 43,33% pour La sauge sclarée et 3,33% pour l'huile de menthe poivrée.

L'étude menée par Ouchekdhidh-Ourlissene (2014) a mis en évidence l'action répulsive des huiles essentielles extraites de la menthe, du thym et du romarin vis-à-vis de bruche du haricot *Acanthocelides obtectus*. Les résultats ont montré que le thym présente un taux de répulsion plus élevé par rapport à la menthe, avec des pourcentages respectifs de 71,25 % et 68,75 %. En revanche, le romarin a démontré une faible efficacité répulsive, enregistrant un taux de seulement 20 %.

Tapondjou et al. (2003) ont fait une étude pour évaluer l'effet répulsif des huiles essentielles de *Chenopodium ambrosioides* (Amaranthaceae) et d'*Eucalyptus saligna* (Myrtaceae) à l'égard des adultes de *C. maculatus*. Ils ont observé une augmentation du pourcentage de répulsion de ces huiles en fonction de la dose appliquée. Les résultats ont démontré que l'huile essentielle de *C. ambrosioides* présente des propriétés répulsives relativement plus élevées (taux de répulsion de 89 %) que celles d'*E. saligna* (taux de répulsion de 74 %).

Les conclusions tirées par Khalfi-Habeset al. (2008) mettent en évidence l'effet répulsif de trois plantes, à savoir le thym, l'origan et le romarin, contre *R. dominica*. Les pourcentages de répulsion observés varient de 45 à 66 % pour le thym, de 80 à 89 % pour l'origan et de 55 à 71 % pour le romarin. En se basant sur la classification établie par McDonald et al. (1970), il ressort que l'huile essentielle d'origan possède des propriétés répulsives supérieures à celles du romarin et du thym.

## **Conclusion**

Les céréales jouent un rôle primordial en tant que ressource alimentaire essentielle à l'échelle mondiale, tant pour la consommation humaine que pour l'alimentation animale, ainsi que pour le stockage.

Les insectes sont les ravageurs les plus importants qui sont exposés au stock, causant d'énormes dégâts en termes de quantité et de qualité du stock. L'insecte *T. confusum* est considéré comme un ravageur secondaire des denrées stockées. Dans le but de minimiser les dégâts causés par ces ravageurs, l'utilisation d'insecticides chimiques demeure la méthode la plus utilisée. Cependant, l'usage de ces produits synthétiques présente diverses raisons qui déconseillent leur utilisation: leur impact néfaste sur l'organisme, la pollution de l'environnement, ainsi que la résistance croissante des insectes. Pour cela, il était nécessaire de rechercher différentes méthodes moins nocives et plus protectrices.

Dans le cadre de notre étude, nous avons tenté d'évaluer l'efficacité biologique de trois huiles essentielles appartenant à la famille des Lamiacées : l'huile de marjolaine à coquilles (*O. majorana*), l'huile de la menthe poivrée (*M. piperita*) et l'huile de la sauge sclarée (*S. sclarea*) par deux modes d'action, l'inhalation et la répulsion, à l'égard des adultes de *T.confusum*.

Dans le cas de fumigation, les résultats obtenus ont montré que l'effet insecticide des huiles essentielles varie en fonction de la nature de l'huile, de sa dose et la durée du traitement.

Lors des tests par inhalation, nous avons constaté que les huiles de la marjolaine à coquilles et de la menthe poivrée ont une forte activité insecticide par rapport à celle de la sauge sclarée vis-à-vis des adultes de *T.confusum*.

Ces deux huiles essentielles ont engendré une mortalité des adultes qui dépasse 90% après 72h d'exposition pour la dose 100 µl, alors que pour l'huile essentielle de la sauge sclarée, le taux de mortalité enregistré reste très faible quelque soit la dose et la durée d'exposition.

Par ailleurs, nos résultats ont révélé que la mixture des huiles essentielles de la marjolaine à coquille avec la menthe poivrée ont provoqué un taux de mortalité des adultes variant de 65% à 70% après 24h d'exposition.

Les traitements par inhalation, en modifiant la dose et la durée d'exposition, réduisent le taux d'émergence des adultes de la première génération de *T. confusum* par rapport au groupe témoin.

D'après les résultats de l'expérience sur la répulsion, les huiles essentielles des trois plantes aromatiques testées semblent avoir un effet répulsif significatif sur les adultes de *T. confusum*. L'utilisation de la méthode de Mc Donald et ses collaborateurs (1970) pour calculer le pourcentage de répulsion, peuvent de rapporter que l'huile essentielle de *O. majorana* est classée comme moyennement répulsive (classe III), avec un taux moyen de répulsion de 43%.

Tandis que les huiles essentielles de la menthe poivrée et de la sauge sclarée sont modérément répulsives (classe II), avec un taux de répulsion moyen de 22,49% et de 34,99% respectivement.

Il ressort de notre étude que les huiles essentielles de la marjolaine à coquilles et de la menthe poivrée en comparaison à celle de la sauge sclarée, présentent l'effet le plus toxique par inhalation, par contre la sauge sclarée s'est avérée toxique par répulsion. Ce pouvoir bioactif observé chez les trois huiles semble être le résultat de l'un ou de plusieurs éléments constituants de ces essences végétales.

Pour compléter les expériences réalisées nous recommandons quelques recherches comme :

- Evaluer l'activité de ses substances naturelles ainsi que leurs principes actifs sur d'autres stades de développement (Œufs, Larves, Nymphes) du *Tribolium confusum* et d'autres insectes ravageurs des grains stockées.
- Etudier l'impact de ces bio-pesticides sur la qualité des différents substrats alimentaires infestés par ces insectes ravageurs.

## Référence bibliographique

- **Abadlia M et Chebbour A., (2014).** Etude des huiles essentielles de la plante Mentha.
- **Abbas K., (2005) :** Perspectives d'avenir de la jachere paturee dans les zones céréalières semi arides. Fourrages (2005) 184, P 533-546
- **Abecassis J., Chaurand M., Laignelet T., (2010) :** Couscous, boulgour et polenta. Procédés actuels et produits de la transformation industrielle des céréales.
- **Acharaiou et Kaced., (2019) :** Activité insecticide des huiles essentielles de la menthe poivrée et de la sauge officinale sur la bruche chinoise (*Callasobruchus chinensis* L.) (Coleoptera : Chrysomelidae). Mémoire de master en sciences biologiques, UMMTO, 71p.
- **Aflatuni A., (2005):** The yield and essential oil content of mint (*Mentha* spp.) in Northern.
- **Afnor, (2000) :** Huiles essentielles. Ed. PARA Graphic. Tome1 – Echantillonnage et méthode d'analyse 471 P. Tome 2 – Volume 1 Monographie relative aux huiles essentielles 323 P. Tome 2 – Volume 2 Monographie relative aux huiles essentielles P663
- **Aissat K., Berkane N., (2014) :** Effet insecticide des deux huiles essentielles de *Thymus zygis* L. et de *Mentha piperita* L. (Lamiacées) à l'égard des adultes de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* Boh (Coleoptera: Chrysomelidae). Mémoire de Master II, UMMTO, 60p.
- **Alloun k., (2013) :** Composition chimique et activités antioxydantes et antibacterienne des huiles essentielles de l'aneth (*Anethum graveolens* L.) de la sauge (*Salvia officinalis* L.) et de la rue des montagnes (*Ruta montana* L.). ecole nationale superieur agronomique El- harrach Alger.
- **Amari N. (2014) :** Etude du choix de ponte du bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* en présence de différentes variétés d'haricot et de pois chiche, et influence de quelques huiles essentielles : (Cédre, Ciste et Eucalyptus) sur l'activité biologique de l'insecte.
- **Amitouche T., et Rkem B., (2017) :** Effet insecticides de deu huiles essentielles à l'égard d'un insecte ravageur *Tribolium confusum* (Coleoptera : Tenebrionidea). Mémoire de Master en sciences biologique, Univ., M.M.T.O, Agérie, 45p.
- **Anonyme 1 (2013):** figure *Mentha x piperita*.

- **Anonyme, (1955)** : Les ravageurs des grains entreposés. 3<sup>ème</sup> ed. CRE, Paris. P54.
- **Anonyme, (2001)** : Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. Ed. ITCF. P268.
- **Anonyme, (2018)** : Méthode de distinction entre les deux espèces de Tribolium confusum et Tribolium castaneum. [Http://tel.archives-ouvertes.fr](http://tel.archives-ouvertes.fr).
- **Anonyme, (2021)** : Aroma zone.
- **Arrab, R. (2016)** : Effet insecticide des plantes Meliaazedarach.I et Peganum harmala L. sur l'insecte des céréales stockées Tribolium castaneum herb. (Coleoptera , Tenebrionidae). Magister, univ. Farhat Abbas Sétif.
- **Balachowsky A. S., (1962)** : Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson et cie, paris, Tome I, P : 378-392.
- **Bardeau, F. (2009)** : Les huiles essentielles: Découvrir les bienfaits et les vertus d'une médecine ancestrale. Fernand Lanore.
- **Baudoux D., (2002)** : L'Aromatherapie. Se soigner par les huiles essentielles (Amyris, Bruxelles ed.).
- **Belaid D. 2000**: aspect de la céréaliculture algérienne. Office des publications universitaires. Alger. P: 6, 7, 8, 9.
- **Belouaer Rihab, Selahdja Amina, (2020)** : Synthèse bibliographique sur les méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées stockées; memoir de master ; Université de Bordj Bou Arreridj
- **Beloued A.E.K., (2001)** : Plantes médicinales d'Algérie. O.P.U. Alger, P277.
- **Benayad N. (2008)** : Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines: moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Mémoire, Université Mohammed V – Agdal. Rabat, Maroc.
- **Benayad N., (2013)**: Évaluation de l'activité insecticide et antibactérienne des plantes aromatiques et médicinales Marocaines. Thèse de doctorat Chimie Organique Université Mohammed V, P196.
- **Benazzeddine S., (2010)** : Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis- à vis de Sitophilus oryzae (Coleoptera; Curculionidae) et Tribolium confusum (Coleoptera; Tenebrionidae). Mémoire d'ingénieur d'état en sciences agronomiques. 30p.
- **Boukraa N., Segni L., Goudjil M.B., Eddoud A., Sanori K W M., (2020)**: Chemical compositions, Fumigant and Repellent Activities, of Essential oils from three Indigenous medicinal plants and their mixture, against stored grain pest,

*Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Asian J. Research Chem. 2020; 13(6):455-464. doi: 10.5958/0974-4150.2020.00081.4

- **Brickell, C., Mioulane, P., (2004):** Royal Horticultural Society (Grande-Bretagne). Encyclopédie universelle des 15 000 plantes et fleurs de jardin. Larousse, Paris. P 922, 989. ISBN: 978-2-03-560381-4.
- **Bruneton J.** «Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales». Editions Tec & Doc, Paris 1999, éditions médicales internationales, pp: 483-560.
- **Cabaret J., (1986) :** « 167 plantes pour soigner les animaux, phytothérapie vétérinaire, point vétérinaire ».1eme ed., Paris, P 209.
- **Caroline Melkonian, Annelise Bocquet, Jessy Brutin, (2022) :** BTS Diététique – page 345.
- **Carson, C. F., et Hammer, K. A. (2011):** Chemistry and bioactivity of essential oils. Lipids and Essential Oils as Antimicrobial Agents, 203-238.
- **Chabert.G., (2013) :** Myrtacées et aromathérapie [Thèse]. (Faculté de pharmacie de Grenoble. Université Joseph Fourier.
- **Chenna A., Ahmedi, R., & Cheffrou, A., (2018):** Physico-chemical characterization of the essential oil of *Origanum majorana* (L.) cultivated in a semi-arid bioclimatic stage (South-east Algeria). Journal of Fundamental and Applied Sciences, 10(2), 396-406.
- **Constant N., (2009) :** L'utilisation du pyrèthre naturel pour lutter contre la cicadelle de la flavescence dorée en viticulture biologique. AIVB-LR.
- **Couderc V.L., (2001) :** Toxicité des huiles essentielles, these pour obtenir le grade de Docteur veterinaire, Univ: Paul-Sabatier de Toulouse, 59p.
- **Couplan, F., (2012) :** Les plantes et leurs noms : histoires insolites. Éditions Quae, Versailles, France.p157. 238P. ISBN : 978-2-7592-1799-1.
- **Cruz, J.F ;Troude, F., (1988) :** Conservation des Grains en Régions Chaudes « Techniques Rurales en Afrique ».2 éd. France, CEEMAT, P
- **Cruz et Troude, (1988) :** Génie agricole et développement : technique d'entreposage. Bulletin des services agricoles de la FAO, 74, 3-20.
- **Dajoz R., (2002) :** Dictionnaire d'entomologie, anatomie, systématique, biologie. Ed pays. P 169-170.
- **Delimi A., Taibi F., Fissah A., Gherib S., Boukhari M., Cheffrou A., (2015) :** Bioactivité des huiles essentielles de l'armoise blanche *Artemessia herba alba* : effet

sur la reproduction et la mortalité des adultes d'un ravageur des denrées stockées *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera). *Afrique science*. 9(03):82-90.

- **Delobel A., et Tran M., (1973)** : Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, IRD Editions, p : 275-280 et 345-346.
- **Delobel A., et Tran M., (1993)** : Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, IRD Editions, p : 275-280 et 345-346.
- **Denne W., (2010)** : Herbes médicinales et aromatiques au jardin. Ed. Larousse, Paris. p 131.
- **Dubois J., Mitterand H., Dauzat A., (2006)** : Dictionnaire étymologique et historique du français – Larousse.
- **Ducom P., (1982)** : La protection phytosanitaire des grains après récolte. *Rev. Phytoma. Def. Cult.*, 133:32-37.
- **El idrissi M., Harmouch G., Amechrouq A., (2014)**: Chemical composition and biological activity of essential oils of *Origanum majorana* L. (Lamiaceae) and *Salvia officinalis* (L.) (Lamiaceae) under *Bruchus lentis* (Coleoptera, Chrysomelidae). *Global Journal of pure and Applied Chemistry Research*. Vol.2, No.2: 15-25.
- **F.A.O., (1995)** : Codex Alimentarius 178-1995, Norme codex pour la semoule et la farine de blé dur, Céréales, légumes secs, légumineuses et matières protéiques végétales. 3p.
- **Fianko ,J.R ; Donkor, A ; Lowor, S.T ;Yeboah ,P.O ; Glover, E.T ; Adom T.,Faanu, A., (2011)**: Health risk associated with pesticide contamination of fish from the densu river basin in Ghana.*Journal of Environmental Protection*, 2(2), P115-123
- **Franchomme, P., Jollois, R., Pénéol, D., (2012)**: L'aromathérapie35 exactement : encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles : fondements, démonstration, illustration et applications d'une science médicale naturelle. Roger Jollois, Limoges.p 435. ISBN : 2-87819-001-7.
- **Gérard B. Martin, (2014)** : L'Homme et ses aliments. 2e édition: Initiation à la science des aliments - Page 219.
- **Gilly, G. (1997)** : Les plantes à parfum et huiles essentielles à Grasse: botanique, culture, chimie, production et marché. Editions L'Harmattan.grains après récolte. GTZ. Escharbon. Pp: 368.

- **Guèye M.T., Seck D., Wathelet J-P., Lognay G., (2011) :** Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15 (1), 183-194
- **Gwinner J., Hanisch R., Mûck O., (1996):** Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte. GTZ. Escharbon. Pp: 368.
- **Hammami S. et Abdesselem M., (2005) :** Extraction et analyse des huiles essentielles de la menthe poivrée de la région d’Ouargla. Thèse Ing, Univ, Blida. p 69.
- **Iserin, P., (2001) :** Encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparation, soins s. Ed. Larousse Bourdasse. Paris. p 99, 275, p 869.
- **ISO, 1999/TR 210/ (F).**
- **Kaloustian J, Hadji Minaglou F., (2012) :** La connaissance des huiles essentielles : qualilogie et aromathérapie. Paris : Éd Springer.
- **Karahaçane T., (2015) :** Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées.
- **Khalfi-Habes O., Boutekdjiret C., Sellami S., (2008) :** Activité biologique de trois huiles essentielles extraites de plantes algériennes sur *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). Br 5708:1-8.
- **Koroghli K., (2018) :** Activité insecticide des huiles essentielles de romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) et de la menthe poivrée (*Mentha piperita* L.) à l’égard du petit capucin des grains de blé *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrychidae). Mémoire de master en sciences biologiques, UMMTO, 58p
- **Kumar B., Mali H. et Gupta E., (2014):** Genetic variability, character association, and path analysis for economic traits in menthofuran rich half-sib seed progeny of *Mentha piperita* L. *BioMed Research International* : 1-7.
- **Lahlou M., (2004):** Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils, *phytother. Res.* N°18, pp.435-448.
- **Lale N.E.S. et Vidal S., (2003):** Simulation studies on the effects of solar heat on egg-laying, development and survival of *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Callosobruchus subinnotatus* (Pic) in stored bambara groundnut *Vigna subterranea* (L.) Verdcourt. *J. Stored Prod. Res.* 39, 447-458
- **Lardry, J. M., & Haberkorn, V. (2007):** L’aromathérapie et les huiles essentielles. *Kinésithérapie, la revue*, 7(61), 14-17.

- **Laszlo, P., (2000)** : Le savoir des plantes. Ellipses Marketing, Paris. p22. 125P. ISBN : 2-7298-00298.
- **Laurent J., (2017)** : Conseils et utilisation des huiles essentielles les plus courantes en officine. [Thèse]. Toulouse : Université de Toulouse.
- **Lepesme P., (1944)** : Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed. Paul le chevalier, Paris. 335p.
- **Madani M. (2009)**: Qualité technologique de quelques céréales (blé tendre, blé dur, orge et triticale) C/S du laboratoire de technologie de l'ITGC. 20p.
- **Madani, S., (2011)** : Etude biologique et phytochimique de l'Origan (*Origanum vulgare* L. ssp glandulosum (Desf.) Letswaart) espèce endémique d'Algérie – Tunisie. Thèse de doctorat. 45 p.
- Magister: commerce et de l'industrie. Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri, 23-25p.
- **Mcdonald, L. L., Guy R.H., and Speirs R.D., (1970)**: Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing Research Report Number882 (Washington: Agricultural Research, Service, US Department of Agriculture pp. 8.
- **Mohammedi Z., (2013)**: Etude Phytochimique et Activités Biologiques de quelques Plantes médicinales de la Région Nord et Sud Ouest de l'Algérie. Diss.
- **Morigane., (2007)** : Grimoire des Plantes.
- **Nurzyńska-Wierdak R., Zawislak G., & Kowalski R., (2015)**: The Content and composition of essential oil of *Origanum majorana* L. grown in Poland depending on harvest and method of raw material preparation. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 18(6), 1482- 1489.
- **Ouchekdhidh-Ourlissene O., (2014)** : Effets biocides des poudres et des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae). 10-15 p.
- **Ozenda P., (2000)** : Organismes végétaux, 2. Végétaux supérieurs Tome 2.Paris 516.
- **Pretty J, Hine R. (2005)**: Pesticide use and the environnement in The pesticide detox – Towards a More Sustainable Agriculture. earthscan: London, Sterling, VA; 293 p.
- **Pruthi, H. S., M. Singh (1950)**: Pests of stored grain and their control. Special number. Indian journal of Agricultural Science. 1-52 p.

- **Raja N., Albert S., Ignasimuthu S., Dorn S., (2001):** Effect of plant volatile oils in protecting stored cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walpers against *Collosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) infestation. *J. Stored Prod. Res.* 37: 127-132.
- **Regnault-Roger C., (2002) :** De nouveaux phyto- insecticides pour le troisième millénaire. In : Philogène BJR, Ragnault-Roger C, Vincent C. coord. *Biopesticide d'origine végétale*. Paris: Lavoisier-Editions Tec et Doc, 19-39
- **Roux, D., Catier, O. (2007) :** *Botanique Pharmacognosie Phytothérapie*. Wolters Kluwer France.
- **Roux, D. (2008) :** *Conseil en aromathérapie*. Wolters Kluwer France.
- **Salvatori, O., (2005) :** *Botanica encyclopédie de botanique & d'horticulture : plus de 10000 plantes du monde entier*. H.F. Ullmann, Königswinter (Allemagne). P 816. 1020P. ISBN : 978-3-8331-5648-9.
- **Schuhwerk D., Nakhforoos A., Kutshka S., Bodner G., and Grausgruber H., (2011):** Fieldscreening of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) for droughttolerance. *Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs*, 61:147–154.
- **Schuster, CL et Smeda ,R.J., (2007):** Management of *Amaranthus rudis* S. in glyphosate résistant corn (*Zea mays* L) and soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Crop Prot*, 26, 1436-1443.169-170.
- **Scotti G., (1978) :** *Les insectes et les acariens des céréales stockées*. Ed. AFNOR-I.T.F.C. 221p.
- **Semsar., (2013) :** Effet insecticide de l'huile végétale d'argan (*Argania spinosa*) à l'égard de deux insectes ravageurs du blé. UMMTO.
- **Shayaa E., kostjukovski M., Eilberg J., Sukparkam C., (1997):** Plant Oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored product insects. *Journal of stored Products Research*, 33(1): 7-15.
- **Simon H., (1989) :** *Produire des céréales à paille*. *Agriculture d'aujourd'hui*. Ed. Baillière J.B., Paris, 333p.spontanées sur les insectes du blé en post récolte. Thèse. Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, 136.
- **Soltner D., (2005) :** *La base de la production végétale*. Tom I. Le sol et son amélioration 24ème Edi. Collection science et technique agricole. 472P.
- **Steffan J.R., (1978) :** *Description et biologie des insectes*. Les insectes et les acariens des céréales stockées. Coed. AFNO R.-I .T. G. C. F, Paris.237 p.

- **Taibi F., Smagghe G., Amrani L. and Soltani- Mazouni N., (2003):** Effect of ecdysone agonist RH-0345 on reproduction of mealworm, *Tenebrio molitor*. *Comparative biochemistry and Physiology Part*, 135, 257-267
- **Tapondjou L.A., Adler C., Fontem D.A., Bouda H., (2003) :** Bio efficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard de bruche du niébé, *Collosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera, Bruchidae), cahier d'étude et de recherches francophones/ agriculture, 12 (6) : 401-407.
- **Tripathy B., Satyanarayana S., Abedulla Khan K. et Raja K., (2017):** An Updated Review on Traditional Uses, Taxonomy, Phytochemistry. Pharmacology and Toxicology of *Origanum majorana*. *Int. J. Pharma Res. Health Sci*, 5, 1717-1723 p.
- **Vasudeva N. et Goel P., (2015) :** *Origanum majorana* L. Phyto-pharmacological review. Department of Pharmaceutical Sciences, Guru Jambheshwar. University of Science and Technology, Hisar, Haryana, India. *Indian Journal of Natural Products and Resources* Vol. 6(4), December 2015 p. 261-267
- **Velé H., (2015) :** Valorisation officinale des huiles essentielles autorisées dans les phytomédicaments. [Thèse]. Angers : Université d'Angers.
- **Zohry N. M. H., (2007):** Scanning Electron Morphological Studies of *Tribolium Confusum* Jacquelin Du Val (Coleopteran: Tenebrionidae). *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 78(6): 13.
- **Zybak O., (2000):** Fiche technique de l'huile essentielle menthe poivrée *Mentha x piperita*.

## Résumé

La présente étude a pour objectif d'évaluer la toxicité par inhalation et par répulsion de trois huiles essentielles de marjolaine (*Origanum majorana*), de menthe poivrée (*Mentha piperita*) et de sauge sclarée (*Salvia sclarea*) sur les adultes de *Tribolium confusum* dans les conditions de laboratoire.

Dans l'ensemble des tests par inhalation, les huiles essentielles de marjolaine et de menthe poivrée montrent un effet biocide important à l'égard des adultes de *T. confusum*. Les différentes doses testées sont toxiques au fur et à mesure qu'elles augmentent. La plus forte dose (100µl) s'est montrée plus efficace enregistrant un taux de mortalité des adultes dépassant 90%, après 72h d'exposition. Par contre, l'huile essentielle de sauge cause une très faible mortalité des adultes avec un taux inférieur à 5%. Les résultats de la mixture de la CL50 des huiles essentielles de marjolaine et de menthe poivrée, ainsi que la mixture de 40µl de chacune de ces deux huiles, ont montré une activité insecticide intéressante vis-à-vis des adultes de *T. confusum* avec un taux de mortalité de 65% et 70% respectivement, après 24h d'exposition.

Le test par répulsion révèle que l'huile essentielle de marjolaine est modérément répulsive avec un taux de répulsion moyen de 42,49%, tandis que les huiles de menthe et de sauge sont classées comme moyennement répulsives.

De ce fait, ces trois huiles testées peuvent être utilisées seules ou en mélange comme moyen de lutte alternative dans les stocks.

Mots-clés : *Tribolium confusum*, huiles essentielles, *Mentha piperita*, *Origanum majorana*, *Salvia sclarea*, bioinsecticides.

## Abstrat

The present study aims to evaluate the toxicity by inhalation and repulsion of three essential oils of marjoram (*Origanum majorana*), peppermint (*Mentha piperita*) and clary sage (*Salvia sclarea*) on adults of *Tribolium confusum* under the conditions laboratory.

In all of the inhalation tests, the essential oils of marjoram and peppermint show a significant biocidal effect against adults of *T. confusum*. The different doses tested are toxic as they increase. The highest dose (100µl) was more effective, recording an adult mortality rate exceeding 90%, after 72 hours of exposure. On the other hand, sage essential oil causes very low adult mortality with a rate of less than 5%. The results of the LC50 mixture of essential oils of marjoram and peppermint, as well as the mixture of 40µl of each of these two oils,

showed an interesting insecticidal activity against adults of *T. confusum* with a mortality rate of 65% and 70% respectively, after 24 hours of exposure.

The repellency test reveals that marjoram essential oil is moderately repellent with an average repellency rating of 42.49 %, while mint and sage oils are classified as moderately repellent.

Therefore, these three oils tested can be used alone or in a mixture as an alternative means of control in stocks.

Keywords: *Tribolium confusum*, essential oils, *Mentha piperita*, *Origanum majorana*, *Salvia slarea*, bioinsecticides.