

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté des Sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers

Département d'Ecologie et Environnement

Laboratoire de recherche

Laboratoire de valorisation des actions de l'homme pour la protection de

l'environnement et application en santé publique



## **MEMOIRE**

Présenté Par

**BOUKLI HACENE Kawther**

En vue de l'obtention du

**Diplôme De Master**

**Spécialité : Ecologie**

**THEME**

**Action de quelques huiles essentielles et d'extraits de végétaux sur le *Tribolium*, un pathogène de blé**

Soutenu devant le jury composé de :

|                |                                |            |                       |
|----------------|--------------------------------|------------|-----------------------|
| Présidente     | Mme. TABTI NASSIMA             | <b>MCA</b> | Université de Tlemcen |
| Examinatrice 1 | Mme. KASSEMI NAIMA             | <b>MCA</b> | Université de Tlemcen |
| Encadrante     | Mme. BENMANSOUR BOUCHRA SALIMA | <b>MCB</b> | Université de Tlemcen |
| Co- Encadrante | Mme. BELYAGOUBI NABILA         | <b>PR</b>  | Université de Tlemcen |

Année Universitaire : 2023 - 2024

## **REMERCIEMENT**

Je tiens tout d'abord à remercier le bon Dieu Allah notre créateur le plus puissant de m'avoir donné la force, la volonté et le courage, ainsi de m'avoir guidé vers le chemin du savoir afin d'accomplir ce travail.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements pour ma promotrice, Mme BENMANSOUR B.S. d'avoir accepté de m'encadrer, ainsi que pour son soutien, ses remarques pertinentes et son encouragement. Sans oublier ma Co-Encadrante Mme BELYAGOUBI N. de m'avoir aidée à concrétiser ce travail.

Je tiens également à remercier les membres de jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'évaluer mon travail ainsi que pour leurs remarques qui ne feront qu'améliorer ce modeste document, tout particulièrement : Mme TABTI N. d'avoir accepté de présider le jury ainsi Mme KASSEMI N. de m'avoir fait l'honneur d'examiner ce travail. Veuillez trouver ici mesdames le témoignage de mon respect le plus profond.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet de fin d'étude. Je remercie particulièrement Monsieur BOUCHIKHI TANI Z. de m'avoir aidée dans les calculs statistiques, le staff du laboratoire de recherche, ainsi que l'entreprise PURIFLORE qui nous a fourni l'ensemble des huiles essentielles

Tous mes collègues et amis, avec qui j'ai entretenue une ambiance chaleureuse et amicale.

Mes remerciements vont aussi à tous mes enseignants, la promotion (2023\_2024) et toutes les personnes qui m'ont soutenu jusqu'au bout, et qui n'ont pas cessé de me donner des conseils très importants en signe de reconnaissance.

**KAWTHER BOUKLI HACENE**

## **DEDICACE**

Encore une fois, je remercie le bon Dieu Allah le tout puissant de m'avoir donné la volonté, la patience et le courage pour accomplir ce travail.

Aux personnes de valeur, pour fontaine d'amour, encouragement et sacrifice que Dieu leurs inspire la foi, la santé, et longue vie plein de bonheur :

Chère père FOUAD et chère mère NAWEL

A mes deux grands-mères MENOUN et RACHIDA, je prie Dieu de les protéger et de les accorder santé et bonheur.

A mes sœurs HIDAYET et NIHEL

A mon cher frère : RASSIM

A mon fiancer : ZIRYEB

A ma belle famille

A mes nièces et neveux : NOUR ; LYNA ; LYLIA ; ILYANE

Je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de réussite.

A tous mes oncles et mes tantes sans oublier mes cousins, cousines et à mon amie RANIA

Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

**KAWTHER BOUKLI HACENE**

# SOMMAIRE

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| <b>Introduction Générale.....</b> | <b>1</b> |
|-----------------------------------|----------|

## **I. CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE *TRIBOLIUM***

|  |    |
|--|----|
| I.1. Principaux insectes ravageurs des grains stockés .....                          | 5  |
| I.2. Dégâts causés par les insectes des denrées stockées.....                        | 6  |
| I.3. Ver de la farine, <i>Tribolium confusum</i> et <i>Tribolium castaneum</i> ..... | 7  |
| I.4. Cycle de vie et biologie de <i>Tribolium castaneum</i> .....                    | 7  |
| I.4.1. Œuf.....  | 8  |
| I.4.2. Larve.....  | 9  |
| I.4.3. Nymphe .....  | 9  |
| I.4.4. Adulte .....  | 10 |
| I.5. Dégâts causés par <i>Tribolium castaneum</i> .....                              | 10 |
| I.6. Position systématique .....   | 11 |
| I.7. Origine et répartition géographique .....                                       | 12 |
| I.8. Ennemies naturelles .....   | 13 |

## **II. CHAPITRE 2 : PRESENTATION DES EXTRAITS ET DES HUILES ESSENTIELLES**

|  |    |
|--|----|
| II.1. Définition des huiles essentielles .....                                 | 15 |
| II.2. Généralités sur l'eucalyptus.....  | 16 |
| II.2.1. Définition.....  | 16 |
| II.2.2. Principaux composants chimiques du genre eucalyptus .....              | 18 |
| II.2.3. Classification dans la systématique botanique .....                    | 18 |
| II.2.4. Description botanique d'Eucalyptus .....                               | 18 |
| II.2.5. Répartition des Eucalyptus à travers le monde (Nait Achour, 2012)..... | 19 |
| II.3. Généralité sur la citronnelle .....                                      | 20 |
| II.3.1. Définition.....  | 20 |
| II.3.2. Classification botanique .....   | 21 |
| II.3.3. Répartition géographique .....   | 22 |

|   |    |
|---|----|
| II.3.4. Composition chimique de l'huile essentielle citronnelle de java .....     | 22 |
| II.3.5. Description botanique.....  | 22 |
| II.4. Généralités sur Palmarosa .....   | 23 |
| II.4.1. Définition.....   | 23 |
| II.4.2. Classification botanique de <i>Cymbopogon martini</i> .....               | 24 |
| II.4.3. Répartition géographique.....   | 24 |
| II.4.4. Composions chimique de l'huile essentielle de palmarosa .....             | 25 |
| II.4.5. Description botanique de palmarosa .....                                  | 25 |
| II.5. Généralités sur le Safran .....   | 26 |
| II.5.1. Définition.....   | 26 |
| II.5.2. Classification botanique de <i>Crocus sativus. L</i> (Saxena, 2010) ..... | 27 |
| II.5.3. Description botanique du safran.....                                      | 27 |
| II.5.4. Distribution géographique :.....  | 28 |
| II.5.5. Composition chimique .....  | 29 |
| II.5.6. Propriétés chimiques de safran.....                                       | 29 |
| II.6. Généralités sur la Margine .....  | 29 |
| II.6.1. Définition.....   | 29 |
| II.6.2. Composition organique .....   | 30 |
| II.7. Généralité sur harmel.....  | 30 |
| II.7.1. Définition.....   | 30 |
| II.7.2. Classification botanique .....  | 31 |
| II.7.3. Description botanique.....  | 31 |
| II.7.4. Distribution géographique .....   | 32 |
| II.7.5. Constituants chimiques.....   | 32 |

### III. CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

|  |    |
|--|----|
| III.1. Activité fumigène & persistance des huiles essentielles sur <i>Tribolium castaneum</i> ... 34 | 34 |
| III.2. Matériel biologique (animal).....   | 34 |
| III.2.1. Elevage des insectes .....  | 34 |
| III.3. Matériels de laboratoire.....   | 35 |
| III.4. Effets des huiles essentielles .....  | 35 |

|  |    |
|--|----|
| III.4.1. Traitement par contact (sur les larves) .....                 | 35 |
| III.4.2. Traitement par inhalation (sur la mortalité des adultes)..... | 36 |
| III.5. Effets des extraits .....                                       | 36 |
| III.5.1. Traitement par contact.....                                   | 36 |
| III.6. Expression des résultats .....                                  | 37 |
| III.6.1. Estimation de la mortalité.....                               | 37 |
| III.6.2. Calcul des doses létales .....                                | 37 |

#### **IV. CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS**

|   |           |
|---|-----------|
| IV.1. Effet insecticide des huiles essentielles sur l'insecte <i>Tribolium Castaneum</i> .....                                  | 40        |
| IV.1.1. Utilisation de l'huile essentielle Palma rosa ( <i>Cymbopogon Martini</i> ) .....                                       | 40        |
| IV.1.2. Utilisation de l'huile essentielle citronnelle ( <i>Cymbopogon citratus</i> ) .....                                     | 42        |
| IV.1.3. Utilisation de l'huile essentielle eucalyptus ( <i>Eucalyptus globulus</i> ).....                                       | 45        |
| IV.2. Effet insecticide des extraits sur l'insecte <i>Tribolium castaneum</i> .....   | 47        |
| IV.2.1. Utilisation de l'extrait de Harmel ( <i>Peganum harmala</i> ) .....   | 47        |
| IV.2.2. Utilisation de l'extrait du safran ( <i>Crocus sativus</i> ).....   | 48        |
| IV.2.3. Utilisation de l'extrait de margine.....  | 50        |
| IV.3. La comparaison de la toxicité des huiles essentielle sur les larves et les adultes de<br><i>Tribolium castaneum</i> ..... | 51        |
| IV.3.1. La dose létale pour 50% des larves et adultes de <i>Tribolium</i> (DL50) .....  | 51        |
| IV.3.2. La dose létale pour 50% des larves et les adultes de <i>Tribolium castaneum</i><br>(TL50) .....                         | 53        |
| IV.4. Discussion .....  | 56        |
| <b>Conclusion Générale .....</b>  | <b>60</b> |
| <b>Références Bibliographiques.....</b>   | <b>62</b> |

## LISTES DES FIGURES

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 : Cycle de développement de <i>Tribolium</i> rouge de la farine, <i>Tribolium castaneum</i> .....   | 8  |
| Figure 2 : Œufs de <i>Tribolium castaneum</i> .....  | 9  |
| Figure 3 : Larve de <i>Tribolium castaneum</i> .....   | 9  |
| Figure 4 : Nymphe <i>Tribolium castaneum</i> .....   | 10 |
| Figure 5 : Adulte <i>Tribolium castaneum</i> .....   | 10 |
| Figure 6 : Huile de L'eucalyptus.....  | 17 |
| Figure 7 : Photo de plante Eucalyptus globulus.....  | 17 |
| Figure 8 : Huile essentielle de citronnelle (image prise de Google) .....  | 21 |
| Figure 9 : Plante <i>Cymbopogon citratus</i> (image prise de Google).....  | 21 |
| Figure 10 : L'huile essentielle palma rosa .....   | 23 |
| Figure 11 : Photo de plante <i>Cymbopogon martini</i> .....  | 24 |
| Figure 12 : Photo de la plante <i>Crocus sativus L.</i> .....  | 27 |
| Figure 13 : Photo qui représente la Margine .....  | 30 |
| Figure 14 : Photo de plante <i>Peganum harmala L</i> .....   | 31 |
| Figure 15 : Etuve (photo originale) .....  | 35 |
| Figure 16 : Micro pipette (photo originale).....   | 35 |
| Figure 17 : Les essais avec les huiles essentielles (photo originale).....   | 37 |
| Figure 18 : Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de Palma rosa ( <i>Cymbopogon Martini</i> ).....   | 41 |
| Figure 19 : Evaluation de la mortalité des larves de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de Palma rosa ( <i>Cymbopogon Martini</i> ).....    | 42 |
| Figure 20 : Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de Citronnelle ( <i>Cymbopogon citratus</i> )..... | 43 |
| Figure 21 : Evaluation de la mortalité des larves de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de Citronnelle ( <i>Cymbopogon citratus</i> ).....  | 44 |
| Figure 22 : Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles d'Eucalyptus ( <i>Eucalyptus globulus</i> ) .....  | 46 |
| Figure 23 : Evaluation de la mortalité des larves de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles d'Eucalyptus ( <i>Eucalyptus globulus</i> ) .....   | 47 |
| Figure 24 : Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en extraits Harmel ( <i>Peganum harmala</i> ) .....                       | 47 |

|  |    |
|--|----|
| Figure 25 : Evaluation de la mortalité des larves de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en extraits Harmel ( <i>Peganum harmala</i> ) .....            | 48 |
| Figure 26 : Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en extraits safran ( <i>Crocus sativus</i> ).....             | 49 |
| Figure 27 : Evaluation de la mortalité des adultes des larves de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en extraits safran ( <i>Crocus sativus</i> ) ..... | 49 |
| Figure 28 : Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en extraits De la margine.....                                | 50 |
| Figure 29 : Evaluation de la mortalité des larves de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en extraits de margine .....                                   | 51 |
| Figure 30 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de <i>Cymbopogon martini</i> /Mortalité (probits) des larves. ....                                 | 51 |
| Figure 31 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de <i>Cymbopogon citratus</i> /Mortalité (probits) des adultes. ....                               | 52 |
| Figure 32 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de <i>Cymbopogon citratus</i> /Mortalité (probits) des larves. ....                                | 52 |
| Figure 33 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de <i>Eucalyptus globulus</i> /Mortalité (probits) des larves. ....                                | 53 |
| Figure 34 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de <i>Eucalyptus globulus</i> /Mortalité (probits) des adultes .....                               | 53 |
| Figure 35 : Droite de régression(Log) durée d'exposition aux huiles de <i>Cymbopogon martini</i> / mortalité (probits) des larves.....                                 | 54 |
| Figure 36 : Droite de régression(Log) durée d'exposition aux huiles de <i>Cymbopogon citratus</i> / mortalité (probits) des adultes. ....                              | 54 |
| Figure 37 : Droite de régression (Log) durée d'exposition aux huiles de <i>Cymbopogon citratus</i> / mortalité (probits) des larves.....                               | 55 |
| Figure 38 : Droite de régression(Log) durée d'exposition aux huiles de ( <i>Eucalyptus globulus</i> ) / mortalité (probits) des larves.....                            | 55 |

## LISTES DES TABLEAUX

|   |    |
|---|----|
| Tableau 1 : Principaux ravageurs de céréales .....  | 5  |
| Tableau 2 : Classification dans la systématique botanique .....   | 18 |
| Tableau 3 : Répartition des Eucalyptus à travers le monde (Nait Achour, 2012).....  | 19 |
| Tableau 4 : Classification botanique .....  | 21 |
| Tableau 5 : Composition chimique de l'huile essentielle citronnelle de java.....  | 22 |
| Tableau 6 : Classification botanique de Cymbopogon martini .....  | 24 |
| Tableau 7 : Classification botanique de Crocus sativus. L (Saxena, 2010) .....  | 27 |
| Tableau 8 : Classification botanique .....  | 31 |
| Tableau 9 : Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de Palma rosa (Cymbopogon Martini).....     | 40 |
| Tableau 10 : Evaluation de la mortalité des larves de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de Palma rosa (Cymbopogon Martini).....     | 41 |
| Tableau 11 : Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de Citronnelle (Cymbopogon citratus) ..... | 42 |
| Tableau 12 : Evaluation de la mortalité des larves de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de Citronnelle (Cymbopogon citratus) .....  | 44 |
| Tableau 13 : Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles d'Eucalyptus (Eucalyptus globulus) .....   | 45 |
| Tableau 14 : Evaluation de la mortalité des larves de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles d'Eucalyptus (Eucalyptus globulus) .....    | 46 |
| Tableau 15 : Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en extraits Harmel ( Peganum harmala ) .....                      | 47 |
| Tableau 16 : Evaluation de la mortalité des larves de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en extraits Harmel ( Peganum harmala ) .....                       | 48 |
| Tableau 17 : Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en extraits safran (Crocus sativus).....                          | 48 |
| Tableau 18 : Evaluation de la mortalité des adultes des larves de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en extraits safran (Crocus sativus).....               | 49 |
| Tableau 19 : Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en extraits De la margine.....                                    | 50 |
| Tableau 20 : Evaluation de la mortalité des larves de <i>Tribolium</i> en fonction du temps et des doses en extraits de margine.....  | 50 |

|   |    |
|---|----|
| Tableau 21 : Valeurs de DL50 après deux jours d'exposition aux huiles essentielles testées sur les larves de <i>Tribolium</i> .....       | 56 |
| Tableau 22 : Valeurs de TL50 en utilisant la dose 10µL/5g son de blé de deux huiles essentielles sur les larves De <i>Tribolium</i> ..... | 56 |

# **INTRODUCTION**

## **GENERALE**

### INTRODUCTION GENERALE

En Algérie, la céréaliculture reste le pilier de l'agriculture et constitue une filière stratégique d'une grande importance pour l'économie agricole (Hmidouche *et al.* 2021). Il est considéré comme principal consommateurs et importateurs de céréales à l'échelle mondiale. De ce fait, il mobilise des ressources logistiques considérables pour récolter le blé cultivé dans tout le pays y compris les terres désertiques du Sahara. Selon Belaid *et al.*(2024) , une moisson exceptionnelle est prévue dans les vastes régions du sud de l'Algérie. En effet, un responsable du ministère de l'Agriculture a déclaré que la récolte s'annonce prometteuse.

Les céréales stockées fournissent très souvent un endroit idéal pour le développement des insectes vue la disponibilité de la nourriture, de l'air et de l'eau en quantités suffisantes (Groot, 2004). En effet, pour rester en vie, les insectes ont besoin de ces trois éléments. C'est ainsi que les insectes causent des dégâts considérables aux denrées stockées, entraînant d'importantes pertes tant en quantité qu'en qualité (Banga *et al.*, 2018). Dans les pays en voie de développement, ces pertes peuvent dépasser 20% (Phillips et Throne, 2010), notamment en raison des conditions de stockage précaires (Abukar *et al.*, 1986; Ratnadass et Sauphanor, 1989; Lavigne, 1991).

Les dommages causés par les insectes aux denrées stockées sont divers et variés. En plus de dévorer une quantité significative de nourriture, ils contaminent ces produits avec leurs exuvies larvaires, leurs déjections, des odeurs, des toiles de soie et des cadavres, pouvant parfois déclencher des réactions allergiques chez les consommateurs (Stejskal *et al.*, 2003). De plus, leur présence peut créer une humidité suffisante pour permettre le développement de micro-organismes.

Parmi les ravageurs de céréale, on compte le *Rhyzopertha dominica*, un des principaux ravageurs des céréales stockées, doté d'une grande capacité d'adaptation et de développement (Pires et Nogueira, 2018; Wijayarathne et Rajapakse, 2018). Aussi le *Tribolium castaneum* est considéré comme un ravageur secondaire, se développant plus facilement sur la farine, les grains brisés ou ceux déjà infestés par un ravageur primaire (Vayias *et al.*, 2010). Les effets nuisibles des insectes ravageurs des denrées stockées sont principalement contrôlés par des produits synthétiques, notamment la phosphine et le bromure de méthyle (Suthisut *et al.*, 2011; Wijayarathne et Rajapakse, 2018). Cependant, ces insecticides présentent des risques pour la santé humaine et l'environnement (Grewal *et al.*, 2017). Le bromure de méthyle, un fumigant à large spectre qui appauvrit la couche d'ozone, a été éliminé conformément au protocole de

Montréal (MBTOC, 2002; Gareau, 2015). L'utilisation excessive de la phosphine a entraîné une diminution de son efficacité et le développement de résistances chez les insectes ravageurs des céréales stockées (Collins et al., 2005; Opit et al., 2012; Khan et al., 2019). Par conséquent, il est essentiel de chercher d'autres solutions plus respectueuses de l'environnement et de la santé. De nombreuses études se sont concentrées sur des alternatives écologiques, notamment les extraits de plantes comme les huiles essentielles. Parmi ces études, Abbad et al., 2014; Abdelli et al., 2016; Ben Chaaban et al., 2019, Kassmi et al., 2015, les hydrolats Attia et al., 2015, et les poudres de plantes Neir, 2006; Klys, 2007; Ndomo et al., 2008. De plus, une attention particulière a été portée aux organismes naturels tels que les parasitoïdes (Flinn et al., 2006; Visarathanonth et al., 2010; Adarkwah et al., 2012; Kassmi et al., 2015), les prédateurs (Brower et Press, 1992; Schöller et Flinn, 2000; Schneider et al., 2004), les champignons (Ekesi et al., 2001; Meikle et al., 2001; Batta, 2005; Yanar et al., 2019), les nématodes (Athanassiou et al., 2010) et les bactéries (Vayias et al., 2010; Malaikozhundan et Vinodhini, 2018). Il y a un intérêt important pour la création de produits naturels moins nocifs pour la santé et l'environnement par rapport aux pesticides conventionnels, offrant ainsi des alternatives sélectives pour contrôler les ravageurs d'importance médicale et économique (Tunc et Sahinkaya, 1998 ; Keita et al., 2000).

Les extraits de plantes attirent de plus en plus l'attention en tant que source prometteuse de molécules naturelles bioactives, faisant l'objet de multiples études pour leur éventuelle utilisation comme alternative à la protection des cultures (Boudjemaa, 1999; Chabou, 2000; Ben abedelkrim, 2009; Guerrida, 2010).

Un autre bénéfice de l'utilisation des huiles essentielles est leur capacité à se dégrader rapidement tout en présentant une faible toxicité pour l'environnement, spécifiquement envers les mammifères (Shaaya et al., 1997; Wong et al., 2005; Ogendo et al., 2008; Rajendran et Sriranjini, 2008; Suthisut et al., 2011; Tampe et al., 2016).

Dans ce contexte et dans le cadre de la lutte contre les ravageurs des denrées stockées 2 objectifs ont été fixés pour ce travail 'objectif principal de cette étude était d'évaluer l'efficacité insecticide de l'huile essentielle de *Cymbopogon flexuosus* (citronnelle), *Cymbopogon winterianus* (citronnelle) et *Cymbopogon martini* (palmarosa) et des extraits de la margine et de *Crocus sativus*. L, famille Iridaceae (Eirini et al., 2015). Sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum*.

Notre étude est organisée en quatre chapitres :

- Le premier chapitre concerne la présentation de l'insecte étudié
- Le deuxième chapitre comporte la présentation des extraits et des huiles essentielles
- Le troisième chapitre présente le matériel et méthodes utilisés
- Le quatrième chapitre porte sur les résultats et discussion

# CHAPITRE I

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR

*LE TRIBOLIUM*

I. CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE *TRIBOLIUM*

## I.1. Principaux insectes ravageurs des grains stockés

Les céréales stockées sont souvent sujettes à des attaques importantes de la part des insectes ravageurs. Les plus dominants dans les céréales stockées sont *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum*, *Cryptolestes ferrugineus* et *Oryzaephilus surinamensis*. Le *Tribolium castaneum*, est considéré comme ravageur secondaire et est particulièrement prépondérant, comme indiqué par Ncira (2000), Salhi (2005) et Nouma (2018).

Les ravageurs primaires, tels que *Sitophilus oryzae* et *Rhyzopertha dominica*, ciblent les graines intactes. En revanche, les ravageurs secondaires ont la capacité d'attaquer les grains à travers les ouvertures créées par les ravageurs primaires, utilisant ainsi ces ouvertures comme voies d'accès.

Le tableau suivant présente les différents ravageurs

Tableau 1 : Principaux ravageurs de céréales

| Groupe              | Ordre        | Famille       | Nom scientifique              | Nom connus            | Grains attaqués         | Référence                         |
|---------------------|--------------|---------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Ravageurs primaires | Coléoptères  | Curculionidae | <i>Sitophilus oryzae</i>      | Charançon du riz      | Blé, riz                | Wijayarathne et Rajapakse, (2018) |
|                     |              |               | <i>Sitophilus granarius</i>   | Charançon du blé      | Blé, orge, seigle       | Yanar et al., (2019)              |
|                     |              |               | <i>Sitophilus zeamais</i>     | Charançon du Maïs     | Maïs                    | Suthisut et al., (2011)           |
|                     |              | Bostrichidae  | <i>Rhyzopertha dominica</i>   | Capucin des Grains    | Blé                     | Pires et Nogueira, (2018)         |
|                     |              |               | <i>Prostephanus truncatus</i> | Grand capucin du maïs | Maïs                    | Boxall, (2002)                    |
|                     |              | Dermastidae   | <i>Trogoderma granarium</i>   | Trogoderme des Grains | Blé                     | Khan et al., (2019)               |
|                     | Lépidoptères | Gelechiidae   | <i>Sitotroga cerealella</i>   | Alucite des Céréales  | Blé, orge, maïs, sorgho | Arthur, (2019)                    |
|                     |              | Pyralidae     | <i>Corcyra cephalonica</i>    | Pyrale du riz         | Riz                     | Kumar et Tiwari, (2018)           |
|                     |              |               | <i>Plodia interpunctella</i>  | Pyrales fruits Secs   | Des céréales            | Brari et Thakur, (2018)           |

|                       |              |               |                                  |                                    |                 |                                      |
|-----------------------|--------------|---------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| Ravageurs secondaires | Coléoptères  | Tenebrionidae | <i>Tribolium castaneum</i>       | <i>Tribolium</i> roux de la farine | Blé             | Upadhyay et al., (2018)              |
|                       |              | Tenebrionidae | <i>Tribolium confusum</i>        | <i>Tribolium</i> brun de la farine | Blé             | Jerraya, (2003)                      |
|                       |              | Tenebrionidae | <i>Gnathocerus cornutus</i>      | Gnathocère cornu                   | Céréales        | Jerraya, (2003)                      |
|                       |              | Silvanidae    | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> | Silvain dentelé                    | Blé, orge, maïs | Gharsan et al., (2018) Nouma, (2018) |
|                       |              | Cucujidae     | <i>Cryplestes ferrugineus</i>    | Cucujide roux                      | Céréales        | Jerraya, (2003) Nouma, (2018)        |
|                       |              | Anobiinae     | <i>Stegobium paniceum</i>        | Vrillette de pain                  | Céréales        | Benelli et al., (2013)               |
|                       | Lépidoptères | Tineidae      | <i>Nemapogon granella</i>        | Teigne des grains                  | Céréale         | Đurović et al., (2016)               |
|                       |              | Pyralidae     | <i>Ephestia kuehniella</i>       | Teigne de la farine                | Céréales        | Ben Chaaban et al., (2019)           |

## I.2. Dégâts causés par les insectes des denrées stockées

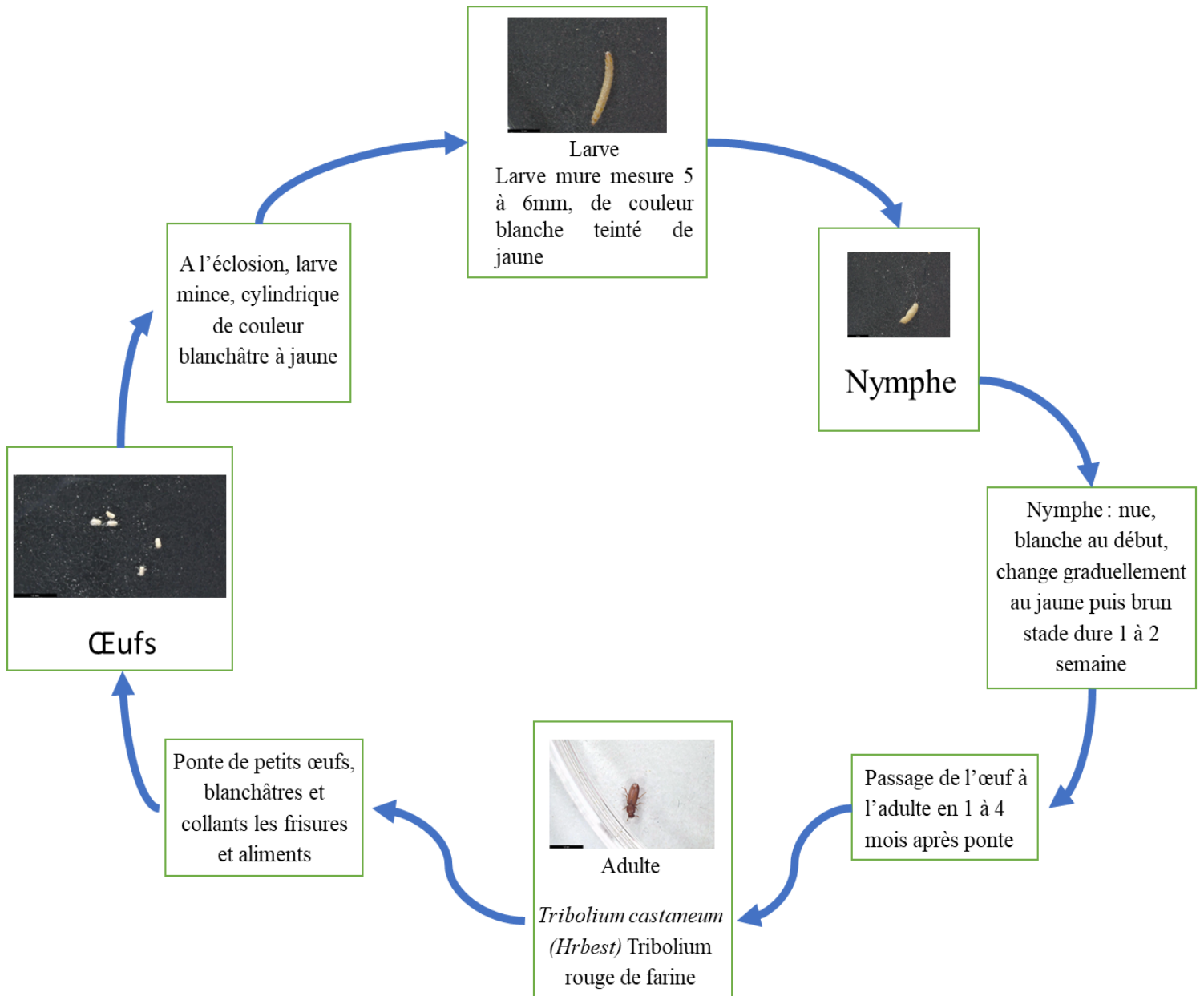
Les céréales telles que le blé, le maïs et le sorgho sont parmi les plus fournitures économiques à travers le monde. En effet Elles constituent les principales sources de protéines, de glucides, de vitamines B et de certains minéraux (Jood et al., 1993). L'infestation par les insectes des denrées stockées entraîne des dommages directs tels que la perte de faculté germinative, de poids, la production de poussières, une odeur désagréable, la présence d'exuvies larvaires, de poils, et de déjections, ainsi que des dommages indirects tels que l'altération du goût de l'aliment et de ses caractéristiques organoleptiques. Non seulement le développement et la pullulation être nuisibles entraînent une diminution de la faculté germinative et une perte de matière (grains vidés par prélèvement), mais ils entraînent également la production d'une quantité de farine poussiéreuse appelée frass, la diffusion d'une odeur (phéromone), ainsi que la souillure de la denrée par les exuvies larvaires, les poils, les soies et les déjections. Ces éléments s'accumulent dans les farines, contribuant ainsi à leur dépréciation et rendant la denrée plus ou moins impropre à la consommation, tant pour l'homme que pour les animaux domestiques (Balachowsky et Pierre, 1962 ; Jerraya, 2003).

**I.3. Ver de la farine, *Tribolium confusum* et *Tribolium castaneum***

Le ver de la farine est un coléoptère appartenant à la famille des Tenebrionidae. deux espèces très similaires en termes de forme et de biologie ont été identifiées : *Tribolium castaneum* Herbst, également connu sous le nom de *Tribolium* rouge ou roux, et *Tribolium confusum* Duval, connu sous le nom de *Tribolium* sombre. Ces deux espèces appartiennent à la famille des Tenebrionidae et sont des ravageurs courants des produits céréaliers stockés. Ils sont souvent difficiles à distinguer à l'œil nu en raison de leurs caractéristiques morphologiques similaires ; Ce sont de petits Tenebrionidae mesurant généralement entre 3 et 4 mm de longueur. Elles se distinguent principalement par leurs antennes et la distance entre leurs yeux. Chez *T. confusum*, les articles antennaires s'élargissent graduellement en allant vers l'apex, alors que chez *T. castaneum* les 3 derniers articles de l'antenne sont nettement plus grands que les précédents . Le *Tribolium* rouge de la farine est un ravageur secondaire qui peut avoir un impact significatif sur la production alimentaire. Son activité peut entraîner une réduction de la qualité et de la quantité des récoltes produites. En s'attaquant aux produits stockés tels que les céréales, la farine et les grains, il peut causer des dommages importants, entraînant des pertes économiques pour les agriculteurs et les industries alimentaires. indirectement en servant de vecteur de maladies . On les rencontre dans toutes les régions tropicales du monde infestant particulièrement certaines denrées comme les arachides décortiquées, les tourteaux, le riz, le maïs, le mil, le sorgho, le blé, etc. (Mallamaire, 1965 ; Bekon et Fleurat-Lessard, 1989 ; Jbilou et *al.*, 2008). Dans ce présent travail, nous nous intéresserons à l'étude de *T. castaneum*.

**I.4. Cycle de vie et biologie de *Tribolium castaneum***

Les adultes de *Tribolium* possèdent des ailes, mais ils sont incapables de voler. Préférant les coins les plus sombres et les fissures des murs, ils sont lucifuges. Selon Jerraya (2003), leur survie est possible dans des plages de température allant de -6 à +50 °C. Leur résistance à la sécheresse est notable, pouvant jeûner pendant 25 à 45 jours. D'après Gwinner et al. (1996), *T. castaneum* peut survivre dans des conditions allant de 22 à 40 °C avec une humidité relative de 1 à 90%. Pour un développement optimal, une température de 35°C et une humidité relative de 75% sont requises, permettant de compléter un cycle en 20 jours.



*Figure 1 : Cycle de développement de Tribolium rouge de la farine, Tribolium castaneum (originale , 2024)*

#### I.4.1. Œuf

La femelle pond entre 500 et 1000 œufs. Ces œufs sont allongés, de couleur blanchâtre à incolore, et sont recouverts d'un enduit visqueux qui les rend collants, agglutinant ainsi les grains de farine et/ou de poussière (Jerraya, 2003).



**Figure 2 : Œufs de *Tribolium castaneum***

*(Photo originale, 2024)*

#### **I.4.2. Larve**

Le *Tribolium* traverse de 4 à 12 stades larvaires. La larve présente une couleur allant du blanchâtre au jaune brun et mesure entre 5 et 6 mm de longueur. Sa tête et l'extrémité inférieure du corps sont plus foncées, tendant vers le rougeâtre. Deux petits cerques foncés se trouvent à l'extrémité postérieure de l'abdomen. Très active, la larve de *Tribolium* se déplace librement et creuse des galeries sinueuses dans la masse de la farine (Jerraya, 2003).



**Figure 3 : Larve de *Tribolium castaneum***

*(Photo originale, 2024)*

#### **I.4.3. Nymph**

La nymphe se présente sous forme blanche et nue, avec un abdomen arborant latéralement des lames rectangulaires à bords crénelés (Jerraya, 2003).

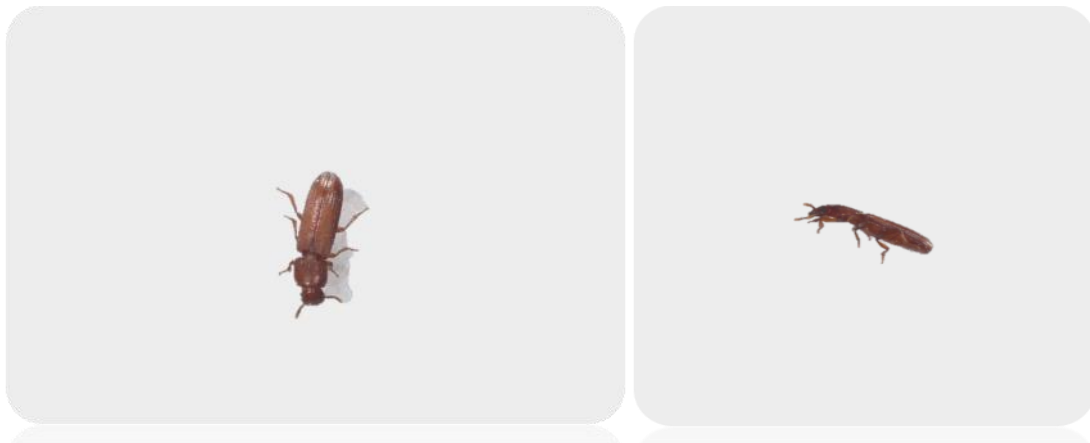


**Figure 4 : Nymphe *Tribolium castaneum***

*(Photo originale, 2024)*

#### **I.4.4. Adulte**

L'adulte est un petit coléoptère mesurant entre 3 et 4 mm, de couleur brun roux. Il présente une forme allongée et étroite, avec des antennes courtes et moniliformes, élargies aux trois derniers articles formant une massue terminale. Sa tête est large et plate, sans rostre, tandis que le thorax est dépourvu de dents latérales. Le pronotum est rectangulaire, plus large que long, et finement sculpté. Ponctué. Les élytres sont allongés et parallèles, présentant des stries bien nettes. Les pattes sont courtes, avec des tibias aplatis (Figure 3b) (Balachowsky et Pierre, 1962 ; Gwinner et *al.*, 1996 ; Jerraya, 2003 ; Janovy et *al.*, 2007).



**Figure 5 : Adulte *Tribolium castaneum***

*(Photo originale, 2024)*

#### **I.5. Dégâts causés par *Tribolium castaneum***

*Tribolium castaneum* est connu pour sa grande polyphagie. Il s'attaque aux céréales et produits céréaliers, aux arachides, aux noix, au cacao, aux fruits secs, et parfois aux légumineuses (Gwinner et *al.*, 1996), incluant le mil et le maïs. En cas de forte infestation, les

adultes libèrent des substances quinoléiques qui confèrent à la denrée une odeur répulsive caractéristique. Ils ne peuvent déprécier les grains sains qu'à partir des entrées ou trous faits par les ravageurs primaires (Bekon et Fleurat-Lessard, 1989). Ils sont souvent associés aux charançons du genre *Sitophilus* pour se nourrir des farines et graines endommagées (Cruz et *al.*, 1988). Les exuvies larvaires et les déjections s'accumulent dans les farines, contribuant à leur dépréciation (Balachowsky et Pierre, 1962). Cette infestation entraîne des odeurs persistantes et désagréables au niveau des produits (Gwinner et *al.*, 1996). Les adultes, pouvant vivre très longtemps (jusqu'à 2 ans), possèdent des glandes produisant une sécrétion nauséabonde qui déprécie fortement les denrées et donne une odeur âcre à la farine fortement infestée (Cruz et *al.*, 1988).

De plus, l'activité des insectes peut générer un dégagement de chaleur dans les céréales ainsi qu'une humidification du grain, favorisant le développement des microorganismes qui contribuent à leur détérioration, avec production de mycotoxines (Nesci et *al.*, 2011 ; Guenha et *al.*, 2014). Ces céréales constituent également un support nutritif pour un grand nombre d'acariens saprophytes, notamment le Triglyphe de la farine *Acarus siro* L., qui se développe aux dépens du germe des grains humides, détruisant ainsi leur faculté germinative (Jerraya, 2003 ; Klys, 2007).

#### **I.6. Position systématique**

La classification du *Tribolium* rouge de la farine, selon divers auteurs dont Perrier (1961 – 1964) et Weidner et Rack (1984), peut être résumée de la manière suivante :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous embranchement : Antennates

Classe : Insecta

Sous Classe : Ptérygotes

Ordre : Coleoptera

Sous ordre : Polyphaga

Famille : Tenebrionidae

Sous famille : Ulominae

Genre : *Tribolium*

Espèce : *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)

### **I.7. Origine et répartition géographique**

Les Coléoptères représentent les ravageurs les plus significatifs de la classe des insectes, avec plus de 330 000 espèces répertoriées. Ils constituent le groupe le plus répandu et le plus destructeur des denrées stockées (Delobel et Tran, 1993). Leur caractéristique principale réside dans la morphologie de leurs ailes. Comme tous les insectes, ils possèdent deux paires d'ailes, mais la paire antérieure (les élytres) agit comme une sorte d'armure, protégeant les ailes postérieures membraneuses repliées en dessous (Dubesset, 2012).

Les Tenebrionidae forment l'une des plus vastes familles de Coléoptères, avec plus de 15 000 espèces décrites . Les adultes, généralement sombres, présentent une grande diversité d'aspects. En revanche, les larves ont une forme cylindrique et leur tégument est généralement sclérotinisé. Un certain nombre de Tenebrionidae ont été identifiés comme étant nuisibles pour les plantes cultivées, tandis que d'autres s'attaquent aux denrées alimentaires stockées ou entreposées (Delobel et Tran, 1973). Parmi ces derniers, on trouve le genre *Tribolium*, comprenant deux principales espèces cosmopolites et nuisibles : *T. castaneum* et *T. confusum*.

Le *Tribolium castaneum* est originaire de l'Asie du Sud : il a été découvert dans des provisions placées dans la tombe de Toutankhamon (1345 avant J.-C.), et il est actuellement cosmopolite. À travers le monde, de nombreuses lignées présentent des caractéristiques de résistance documentée aux insecticides, qu'ils soient fumigants ou non (Delobel et Tran, 1993).

Par temps chaud, les adultes peuvent voler et être transportés par le vent dans les habitations ou d'autres bâtiments (Dave et *al.*, 2001). On le trouve dans toutes les régions du monde, étant cosmopolite. Il est présent partout où les céréales stockées se présentent sous forme de grains ou de farine. Il est particulièrement abondant dans les régions tropicales, tandis que sous des climats froids, on le retrouve principalement dans les entrepôts où la température est élevée (Christine, 2001).

**I.8. Ennemies naturelles**

Les prédateurs et les parasitoïdes représentent des moyens de lutte biologique efficaces contre les insectes ravageurs des céréales stockées. Par exemple, l'utilisation du coléoptère prédateur *Teretrius nigrescens* (Lewis) a été proposée pour lutter contre les ravageurs des grains, tels que *Prostephanus truncatus* (Horn) (Schneider et al., 2004).

Asl et al. (2009) ont identifié cinq espèces de parasitoïdes hyménoptères qui représentent un potentiel de lutte biologique contre les ravageurs des céréales stockées. Il s'agit de : *Habrobracon hebetor* (Say) (Hyménoptère, Braconidae), *Cephalonomia tarsalis* (Ashmead) (Hyménoptère, Bethyridae), *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hyménoptère, Pteromalidae), *Theocolax elegans* (Westwood) (Hyménoptère, Pteromalidae) et *Venturia canescens* (Gravenhorst) (Hyménoptère, Ichneumonidae). Ces espèces ont été identifiées comme des agents potentiels de lutte biologique dans les entrepôts de Mashhad contre différents ravageurs, notamment *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coléoptère, Bruchidae), *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lépidoptère, Pyralidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coléoptère, Tenebrionidae) et *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coléoptère, Silvanidae).

La combinaison d'entomopathogènes et de parasitoïdes peut influencer le niveau de suppression des ravageurs. En effet, les parasitoïdes ont été négativement impactés par le champignon (Hansen, 2007). Des études ont montré que l'utilisation de *Trichogramma evanescens* Westwood (Hyménoptère : Trichogrammatidae) et *Blattisocius tarsalis* Bresele (Acari : Ascidae) contre la teigne de la farine, ainsi que de *Laelius pedatus* Say (Hyménoptère : Bethyridae) contre les dermestes des grains, a produit des résultats prometteurs (Schiffers et Wainwright, 2011).

# **CHAPITRE II**

**PRESENTATION DES EXTRAITS ET  
DES HUILES ESSENTIELLES**

---

## II. CHAPITRE 2 : PRESENTATION DES EXTRAITS ET DES HUILES ESSENTIELLES

### II.1. Définition des huiles essentielles

L'huile essentielle est un extrait végétal concentré d'actifs végétaux aromatiques, extrêmement puissant, provenant d'une sécrétion naturelle élaborée par certains végétaux à travers des cellules ou des organes particuliers où elles restent localisées (Tongnuanchan et Benjakul, 2014).

La composition des huiles essentielles (HEs) est extrêmement complexe, constituée d'un mélange hétérogène de molécules aromatiques comprenant des centaines de composés différents. Chaque molécule possède des propriétés particulières, mais elles agissent en synergie, ce qui explique leur efficacité et leur polyvalence (Smad, 2009). Les HEs sont classées en différentes familles, telles que les aldéhydes, les alcools, les hydrocarbures terpéniques, les peroxydes, les cétones, les phénols, les lactones et les esters. Elles sont reconnues pour leurs propriétés antiseptiques, antimicrobiennes, antitoxiques, antivenimeuses, antivirales, antioxydantes et antiparasitaires (Edris, 2007 ; Bakkali et *al.*, 2008), ainsi que leurs effets anticancéreux (Khlifi et *al.*, 2013).

Outre leurs effets antimicrobiens, largement exploités à ce jour, les huiles essentielles ont également été étudiées pour leurs activités anti-inflammatoires, insecticides et antiparasitaires (Erhan et *al.*, 2012; Khlifi et *al.*, 2013 ; Ben Slimane et *al.*, 2015 ; Carrasco et *al.*, 2015 ; Abdelli et *al.*, 2016 ; Ortu et *al.*, 2016 ; Tampe et *al.*, 2016 ; Salhi et *al.*, 2017 ; Ben Chaaban et *al.*, 2019).

L'activité biologique d'une huile essentielle est liée à sa composition chimique et aux effets synergiques potentiels entre ses composants (Isman, 2000 ; Haddouchi et Benmansour, 2008 ; Smad, 2009). Cela dépend de la composition volatile, de la configuration structurale de ses éléments constitutifs, de leurs groupes fonctionnels, ainsi que des interactions synergiques éventuelles entre ces composants (Dorman et Deans, 2000).

Les propriétés insecticides des huiles essentielles se manifestent par une toxicité par inhalation due à leur richesse en composés volatils, ainsi que par une toxicité par contact résultant de la formation d'un film imperméable, isolant l'insecte de l'air et entraînant son asphyxie. Leur toxicité se présente sous différentes formes, notamment ovicide, larvicide, anti-nutritionnelle et inhalatoire (Keïta et *al.*, 2000 ; Regnault-Roger, 2005).

En outre, Isman (2006) a souligné qu'un certain nombre de substances végétales sont considérées comme des anti-appétants ou des répulsifs pour les insectes. Certaines de ces substances naturelles répulsives pour les moustiques ont rencontré un succès commercial en raison de leur capacité à modifier le comportement des arthropodes. De nombreuses espèces végétales sont utilisées contre les ravageurs en raison de leurs effets répulsifs, de contact ou fumigants. Les molécules actives peuvent varier d'une famille à une autre et même à l'intérieur d'une même famille (Hall et Menn, 1999 ; Ranga Rao *et al.*, 2007 ; Guèye *et al.*, 2011), ainsi que pour la même espèce d'une région à une autre et d'un stade à un autre (Mediouni Ben Jemâa *et al.*, 2012). La sensibilité peut également différer pour un insecte donné d'un stade à un autre (Hall et Menn, 1999 ; Ranga Rao *et al.*, 2007 ; Guèye *et al.*, 2011), ainsi qu'en fonction du sexe (Papachristos et Stamopoulos, 2002). De nombreuses plantes médicinales et condimentaires, appartenant à différentes familles botaniques, possèdent des propriétés répulsives ou anti-appétantes contre les insectes.

## II.2. Généralités sur l'eucalyptus

### II.2.1. Définition

L'eucalyptus, appartenant à la famille des Myrtaceae, constitue une famille de plantes dicotylédones comprenant des arbres et des arbustes, souvent riches en huiles essentielles. Cette famille est principalement répandue en Australie, avec environ 600 à 700 espèces et taxons répertoriés dans le monde (Warot, 2006). L'eucalyptus, caractérisé par sa croissance rapide, est largement cultivé et a été introduit dans de nombreux pays. En Algérie, par exemple, sa culture s'est rapidement répandue entre 1860 et 1870 (Daroui, 2012), notamment en raison de son utilisation comme ingrédient pour la fabrication du papier (Takahashi, 2004).

Les Myrtaceae comprennent environ 3000 espèces réparties en environ 134 genres. Ce sont principalement des arbres et des arbustes qui produisent souvent des huiles essentielles. Ils sont présents dans les régions tempérées, subtropicales et tropicales, notamment en Australie, en Amérique tropicale, en Méditerranée, en Afrique subsaharienne, à Madagascar, en Asie tropicale et tempérée, ainsi que dans les îles du Pacifique.

Dans la famille des Myrtaceae, on trouve divers genres, notamment l'eucalyptus, ainsi que des espèces telles que le feijoa, dont les fruits sont comestibles. De nombreuses espèces de cette famille sont connues pour leurs parfums agréables ou leurs utilisations thérapeutiques, notamment grâce à leurs fleurs parfumées. Les Myrtaceae sont pollinisées par une variété d'insectes, d'oiseaux et de mammifères (Bruneton, 1999). Du point de vue chimique, cette

famille est riche en composés phénoliques et en tanins, et elle est également reconnue comme l'une des principales productrices de flavonoïdes C-méthylés (Huq et Misra, 1997 ; Wollenweber et *al.*, 2000).



**Figure 6 : Huile de L'eucalyptus**  
**(photo originale)**



**Figure 7 : Photo de plante Eucalyptus globulus**  
**(Photo Originale).**

### II.2.2. Principaux composants chimiques du genre eucalyptus

Huile essentielle (Oxydes terpéniques : 1,8-cinéole; monoterpènes : alphapinène, limonène, gamma-terpinène, paracymène ; sesquiterpènes: aromadendrane ; sesquiterpénols : globulol, lédol). Flavonoïdes (des hétérosides de flavones avec les aglycones suivants : quercétine, myricétine, kaempférol et rutine). Tanins (Daroui-Mokaddem, 2012).

### II.2.3. Classification dans la systématique botanique

D'après la classification scientifique APG II (Daroui Mokaddem, 2012)

*Tableau 2 : Classification dans la systématique botanique*

|                    |  |
|--------------------|--|
| Règne              | Végétal  |
| Embranchement      | Spermatophyte  |
| S /s embranchement | Angiosperme  |
| Class              | Eudicote   |
| Sous-classe        | Rosides  |
| Ordre              | Myrtale  |
| Famille            | Myrtaceae  |
| Genre              | Eucalyptus   |
| Espèce             | Globulus   |
| Noms communs       | Gommier, Gommier bleu, Arbre au Koala, Arbre à la fièvre (Winter, 2015), |
| Nom Scientifique   | Français : <i>Eucalyptus globulus Kalytous</i> (Kesbi, 2011)             |

### II.2.4. Description botanique d'Eucalyptus

*Eucalyptus globulus* est un grand arbre ornemental hétérogène à croissance rapide (Marburg, 1999) dont le tronc est lisse et dont la couleur varie du blanc au gris (Nathalie 2015).

**Feuille** : L'eucalyptus est un arbre magnifique atteignant une hauteur de 30 à 35 mètres, voire jusqu'à 100 mètres dans son habitat naturel (Traor, 1991). Ses petites branches sont larges, courtes, opposées, sessiles et ovales, avec une teinte blanc bleuté et des feuilles cireuses. Les rameaux plus anciens portent des feuilles avec un véritable limbe nervuré.

**Fleur** : Les fleurs de l'eucalyptus présentent une grande diversité, se déclinant en trois types : ordinaires, jaunes et rouges. Au départ, les étamines sont enfermées dans un étui fermé avec un couvercle, formé par la fusion des pétales et/ou des sépales. Ce mécanisme explique le nom "eucalyptus", dérivé du grec "eu" (bien) et "kaluptos" (couvert). Sur un même arbre, les coiffes peuvent varier en forme. En poussant, les étamines soulèvent la couverture ligneuse et s'ouvrent pour former la fleur. La pollinisation des fleurs est principalement assurée par des insectes attirés par leur nectar.

**Fruit** : Le fruit ligneux de l'eucalyptus est une grande capsule brillante qui, à maturité, devient brune. Il est dur, anguleux et verruqueux, et s'ouvre légèrement avec trois, quatre ou cinq fentes qui dessinent une étoile au sommet, libérant ainsi de nombreuses petites graines sombres (Goetz et Ghedira, 2012).

**L'écorce** : De l'eucalyptus varie en couleur et en texture selon les espèces. Elle présente souvent de multiples bandes plates et se brise en lambeaux qui tombent au sol. Cependant, elle peut également être dure, fibreuse, squameuse ou lisse (Mikelich, 2015).

**La racine** : La plupart des eucalyptus possèdent également des organes souterrains de réserve appelés lignotubers. Ces structures rugueuses se manifestent comme des renflements à la base du collet racinaire. Elles contiennent des groupes cellulaires indifférenciés et des réserves de glucides, comme l'amidon. Les lignotubers permettent à l'eucalyptus de générer de nouvelles pousses en cas de perturbation. Ils jouent un rôle crucial dans la survie de la plante en compensant la destruction partielle ou totale de son appareil végétatif aérien.

### II.2.5. Répartition des Eucalyptus à travers le monde (Nait Achour, 2012)

*Tableau 3 : Répartition des Eucalyptus à travers le monde (Nait Achour, 2012)*

| Continents     | Nombre de pays | Surface (10 <sup>3</sup> Ha) |
|----------------|----------------|------------------------------|
| Afrique        | 37             | 1513                         |
| Amériquecentra | 7              | 54                           |

|                 |    |      |
|-----------------|----|------|
| Amérique du Sud | 13 | 6200 |
| Asie            | 12 | 4737 |
| Méditerranée    | 7  | 961  |
| Pacifique       | 3  | 183  |

### II.3. Généralité sur la citronnelle

#### II.3.1. Définition

Le genre *Cymbopogon*, faisant partie de la famille des graminées, est mondialement reconnu pour sa richesse en huiles essentielles. Il est largement répandu sur tous les continents et utilisé à des fins commerciales et médicales variées. Les différentes espèces de *Cymbopogon* sont bien documentées (Opeyemi et al., 2015), comptant plus de 100 espèces présentes dans les pays tropicaux. Environ 56 de ces espèces sont aromatiques, certaines ayant une importance médicale, pharmaceutique et industrielle, telles que *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Arie F. B et al., 2007).

La citronnelle de Java, membre de la famille des Poacées, produit des huiles essentielles lors de la distillation à la vapeur, comme décrit par Aakanksha et al. (2013). Cette plante est cultivée dans diverses parties des régions tropicales et subtropicales d'Asie, d'Afrique et d'Amérique, comme mentionné par Shasany et al. (2000).

Selon Shasany et al. (2000), la citronnelle de Java est principalement produite dans divers pays, notamment Taïwan, le Guatemala, le Honduras, la Malaisie, le Brésil, Ceylan, l'Inde, l'Argentine, l'Équateur, Madagascar, le Mexique et les Antilles. En outre, Katiyar et al. (2011) indiquent que ces dernières années, environ 300 à 350 tonnes d'huile essentielle de citronnelle ont été produites en Inde, principalement dans les États d'Assam, du Karnataka, de l'Uttar Pradesh, du Madhya Pradesh, du Maharashtra, du Tamil Nadu et du Bengale occidental. Ces régions, bénéficiant de bonnes précipitations tout au long de l'année, sont propices à la culture de la citronnelle.



*Figure 8 : Huile essentielle de citronnelle (photo originale)*



*Figure 9 : Plante Cymbopogon citratus (image prise de Google)*

### II.3.2. Classification botanique

*Tableau 4 : Classification botanique*

|                |                                |
|----------------|--------------------------------|
| Règne          | Plantae                        |
| Sous-Règne     | Viridiplantae - plantes vertes |
| Super-division | Embryophyta                    |
| Division       | Trachéophytes                  |
| Sous-division  | Spermatophytine                |

|             |   |
|-------------|---|
| Classe      | Magnoliopsida                               |
| Super-ordre | Lilianae                                    |
| Order       | Poales                                      |
| Famille     | des Poacées                                 |
| Genre       | <i>Cymbopogon Spreng. Citronnelle</i>       |
| Espèce      | <i>Cymbopogon winterianus Jowitt ex Bor</i> |

### II.3.3. Répartition géographique

La citronnelle de Java est cultivée dans certaines parties des régions tropicales et subtropicales d'Asie, d'Afrique et d'Amérique (Shasany *et al.*, 2000). Principalement produite par des pays comme Taïwan, le Guatemala, le Honduras, la Malaisie, le Brésil, le Sri Lanka, l'Inde, l'Argentine, l'Équateur, Madagascar, le Mexique et les Antilles (Katiyar *et al.*, 2011), elle est utilisée en Asie et en Afrique pour ses propriétés médicinales variées. Elle est notamment employée comme désinfectant, antitussif, antirhumatismal, et pour traiter les maux de dos, l'entorse et l'hémoptysie. En outre, des lots de ses feuilles sont utilisés en médecine alternative comme analgésique, antimicrobien et anti-inflammatoire. Dans certains pays africains, elle est même utilisée pour le traitement du diabète (Boukhatem *et al.*, 2014).

### II.3.4. Composition chimique de l'huile essentielle citronnelle de java

*Tableau 5 : Composition chimique de l'huile essentielle citronnelle de java*

|  |   |
|--|---|
| Densité relative à 20°C/20°C           | 0.880–0.895                                       |
| indice de refraction                   | 1.466–1.473                                       |
| Rotation optique                       | –5° to 0°   |
| Valeur carbonyle                       | Minimum 127, équivalent à 35% de citronellal      |
| Solubilité dans l'éthanol à 80% à 20°C | 1 sur 2   |
| Indice d'ester après acétylation       | Minimum 250, équivalent à 85% exprimé en géraniol |

### II.3.5. Description botanique

Originaire du sud de l'Inde et du Sri Lanka, *Cymbopogon citratus* (*C. citratus*), est une herbe aromatique vivace au parfum de citron, non ramifiée, qui pousse en touffes denses. Ses

feuilles, vert clair et très parfumées, peuvent atteindre 90 cm de long et 1,25 cm de large. Elles sont solitaires, allongées et partiellement entourées d'une gaine. Les bords des feuilles sont transparents et dentelés, avec de petites dents pointant vers le sommet de la plante.

La partie souterraine de *C. citratus* se compose de bulbes rhizomateux. Bien que cette plante fleurisse rarement, ses tiges florales peuvent atteindre 60 cm de long, avec de nombreuses branches se terminant par des épis verts agglomérés. *C. citratus* se reproduit par rhizomes et prospère dans les régions subtropicales et tropicales.

## II.4. Généralités sur Palmarosa

### II.4.1. Définition

*Cymbopogon martini*, également connu sous le nom de palmarosa, est une plante herbacée de la famille des Poaceae, originaire principalement d'Inde et cultivée pour ses propriétés aromatiques et médicinales. L'huile essentielle extraite de *Cymbopogon martini* est riche en composés bioactifs tels que le géraniol, le linalol et le citronellol, qui lui confèrent des propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et relaxantes (Indian Council of Medical Research, 2004; Duke et *al.*, 2002).



**Figure 10 : L'huile essentielle palma rosa (photo originale)**



*Figure 11 : Photo de plante Cymbopogon martini*

*(image prise de Google)*

#### II.4.2. Classification botanique de *Cymbopogon martini*

*Tableau 6 : Classification botanique de Cymbopogon martini*

|              |  |
|--------------|--|
| Règne        | Plantes                                |
| Sous-règne   | Tracheobionta (plantes vasculaires )   |
| division     | Magnoliophyta ( plantes à fleurs )     |
| Classe       | Liliopsida (monocotylédones )          |
| Sous-classe  | Commelinidées                          |
| Ordre        | poales                                 |
| familles     | Poaceae                                |
| Sous-famille | Panicoideae                            |
| tribu        | andropogoneae                          |
| Genre        | <i>Cymbopogon</i>                      |
| espèce       | <i>Cymbopogon martini</i> (Roxb.) Wats |

#### II.4.3. Répartition géographique

*Cymbopogon martini*, ou palmarosa, est originaire principalement des régions tropicales de l'Asie du Sud, notamment de l'Inde. Cette plante herbacée est également cultivée dans

d'autres régions tropicales et subtropicales du monde pour son huile essentielle. Elle prospère dans des climats chauds et humides, ce qui explique sa présence dans des pays comme le Brésil, le Guatemala, et certains pays d'Afrique et d'Asie du Sud-Est (ICMR, 2004; Duke et *al.*, 2002).

#### II.4.4. Compositions chimique de l'huile essentielle de palmarosa

L'huile essentielle de palmarosa (*Cymbopogon martini*) est composée principalement de plusieurs constituants bioactifs, notamment :

**Géranol** : C'est le composant principal, généralement présent à une concentration élevée, conférant à l'huile son parfum floral caractéristique et ses propriétés antimicrobiennes et anti-inflammatoires.

**Linalol** : Un monoterpène présent en quantités significatives, apportant des propriétés antiseptiques et calmantes à l'huile essentielle.

**Citronellol** : Contribue au parfum frais et citronné de l'huile, tout en offrant des propriétés antibactériennes et antifongiques.

**Acétate de géranyle** : Un ester qui aide à renforcer le parfum floral et possède des propriétés régénératrices pour la peau.

**Farnésène** : Un sesquiterpène qui peut contribuer aux propriétés anti-inflammatoires et cicatrisantes de l'huile

Ces composés et d'autres, tels que des aldéhydes et des oxydes, sont présents dans des proportions variables selon les conditions de croissance

#### II.4.5. Description botanique de palmarosa

*Cymbopogon martini*, communément appelé palmarosa, est une plante herbacée vivace de la famille des Poaceae (graminées). Elle se distingue par ses feuilles linéaires étroites et aromatiques, mesurant généralement entre 1 et 1,5 mètre de hauteur. Les inflorescences sont des panicules terminales compactes, portant de petites fleurs disposées en épis ou en grappes. Les tiges robustes peuvent former des touffes denses. L'huile essentielle extraite des parties aériennes, riche en composés tels que le géranol, le linalol et le citronellol, est prisée en parfumerie, en cosmétique et en aromathérapie pour ses propriétés thérapeutiques et son parfum distinctif (ICMR, 2004; Duke et *al.*, 2002).

Les parties aériennes de la plante, en particulier les feuilles, sont utilisées pour extraire une huile essentielle riche en composés bioactifs tels que le géraniol, le linalol et le citronellol, qui confèrent à l'huile de palmarosa ses propriétés thérapeutiques et son parfum distinctif. Cette huile est largement utilisée en parfumerie, en cosmétique et en aromathérapie.

## II.5. Généralités Sur Le Safran

### II.5.1. Définition

Le safran est obtenu à partir du stigmate séché du *Crocus sativus L.*, de la famille des Iridaceae (Eirini et *al.*, 2015). Il se distingue par un parfum intense, un goût légèrement amer et produit une solution jaune-orange vif lorsqu'il est infusé dans de l'eau chaude (Seddiqi et *al.*, 2018).

Selon certaines études, cette espèce est un triploïde stérile, ce qui l'empêche de produire des graines fertiles. La germination peut durer de 1 à 6 mois à une température de 18 °C. Les plantes mettent environ 3 ans à fleurir à partir de graines. Chaque fleur possède trois stigmates, les extrémités des carpelles de la plante. Avec le style, la tige qui relie les stigmates au reste de la plante, ils sont souvent séchés et utilisés en cuisine comme assaisonnement et colorant. Les fleurs sont hermaphrodites, possédant à la fois des organes mâles et femelles, et sont pollinisées par les abeilles et les papillons. La plante préfère les sols légers (sableux) et moyens (limoneux), nécessite un sol bien drainé et peut pousser dans des sols pauvres en nutriments (Rahimi, 2015).

Le safran est devenu très populaire tant comme médicament que comme épice. Il est originaire de diverses régions montagneuses d'Asie Mineure, notamment en Grèce, en Asie occidentale, en Égypte et en Inde. Le safran commercialisé est constitué de stigmates rouges séchés avec une petite partie du style jaunâtre provenant de la fleur de *Crocus sativus L.* (Seddiqi et *al.*, 2018).

En raison de son prix élevé, le safran a un impact économique important, offrant une forte valeur ajoutée. Son importance s'étend également aux domaines agronomique, environnemental et social (Mzabri et *al.*, 2019).



**Figure 12 : Photo de la plante *Crocus sativus L.***

*(image prise de Google)*

### II.5.2. Classification botanique de *Crocus sativus. L* (Saxena, 2010)

**Tableau 7 : Classification botanique de *Crocus sativus. L* (Saxena, 2010)**

|                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| Règne              | Végétal                      |
| Embranchement      | Spermatophytes               |
| Sous-embranchement | Angiospermes (Magnoliophyta) |
| Classe             | Monocotylédones (Liliopsida) |
| Sous-classe        | Liliidae                     |
| Ordre              | Liliales                     |
| Famille            | Iridaceae                    |
| Sous-famille       | Crocoïdeae                   |
| Genre              | <i>Crocus</i>                |
| Espèce             | <i>C. sativus L</i>          |

### II.5.3. Description botanique du safran

Le *Crocus sativus. L* est une plante triploïde, géophyte stérile et pérenne (Esmacili et *al.*, 2010). Cette monocotylédone herbacée et vivace fleurit à l'automne et ne se trouve pas à l'état sauvage.

Est considéré comme une plante rustique en raison de sa morphologie et de sa physiologie. Sa hauteur peut varier de 10 à 25 cm. Cependant, son bulbe souterrain, Le bulbe souterrain de l'appelé corne, mesure de 3 à 5 cm de diamètre et accumule les substances de

réserve nécessaires à la floraison et au bourgeonnement (Sedoud, 2018). Chaque bulbe mère produit à partir des bourgeons apicaux un à trois gros bulbes filles et plusieurs petits bulbes à partir des bourgeons latéraux (Mzarbi et *al.*, 2019).

Les racines du se divisent en deux types : les racines fasciculées, qui émergent à la base du bulbe mère, et les racines épaisses contractiles, qui se forment à la base du nouveau bulbe. Ces dernières facilitent le remplacement de l'ancien bulbe en fin de cycle en prenant sa place (Oubahou, 2002)

Les fleurs variant de 1 à 8 par bulbe, arborent 6 pétales de couleur mauve. Chaque fleur est dotée de 3 étamines jaunes et d'un pistil composé d'un style long et fin, accompagné de 3 stigmates rouge-orangé.

Ces derniers sont brillants à l'ouverture de la fleur, minces à la base et plus larges à l'extrémité. Très odorants, ils constituent le safran commercial une fois séchés. Étant stériles, les fleurs ne permettent la reproduction de la plante que par multiplication végétative des bulbes (Sedoud, 2018).

Les feuilles sont caractérisées par leur étroitesse, mesurant entre 2 et 5 mm de largeur pour une longueur de 30 à 40 cm. Leur couleur varie du vert clair au vert foncé. Elles apparaissent simultanément ou juste après l'épanouissement de la fleur. Chaque bulbe peut produire de 6 à 10 feuilles, qui commencent à se dessécher vers la fin du printemps lorsque le bulbe entre en période de dormance (Oubahou, 2002).

Les stigmates sont d'une longueur d'environ 25 mm, tandis que les styles mesurent environ 10 mm de long. Les stigmates sont trifides, ce qui signifie qu'ils sont divisés en trois parties, tandis que les styles sont cylindriques (Rahimi, 2015).

#### **II.5.4. Distribution géographique :**

Le safran est actuellement cultivé de manière plus ou moins intensive dans plusieurs pays, dont l'Iran, l'Inde, la Grèce, le Maroc, l'Espagne, l'Italie, la Turquie, la France, la Suisse, le Pakistan, l'Azerbaïdjan, la Chine, l'Égypte, les Émirats arabes unis, le Japon et récemment en Australie (Tasmanie) (Figure 02). La production annuelle totale de safran est estimée à 205 tonnes par an. L'Iran en produirait 80%, soit 160 tonnes, avec la province de Khorasan à elle seule représentant 137 tonnes. La région du Cachemire en Inde produit entre 8 et 10 tonnes, principalement destinées à l'autoconsommation. La Grèce produit entre 4 et 6 tonnes par an, tandis que le Maroc en produit entre 0,8 et 1 tonne (Evrin, 2007).

### II.5.5. Composition chimique

Le safran contient plus de 150 composés volatils et aromatiques, ainsi que de nombreux composants actifs non volatils, principalement des caroténoïdes tels que la zéaxanthine, le lycopène et divers  $\alpha$ - et  $\beta$ -carotènes. Parmi les substances volatiles, qui lui confèrent une odeur prononcée, on trouve plus de 34 composants, principalement des terpènes, des alcools terpéniques et leurs esters. Les composés non volatils incluent les crocines, responsables de la couleur rouge ou brun-rougeâtre des stigmates, ainsi que les carotènes, la crocétine, la picrocrocine (un précurseur glycosidique du safranal), la substance amère, et le safranal, le principal élément organoleptique des stigmates (Rahimi, 2015).

### II.5.6. Propriétés chimiques de safran

Formule  $C_{10}H_{14}O$  (Eirini et *al.*, 2015).

UICPA 2,6,6-triméthyl-1,3-cyclohexanadiène-1-carboxaldéhyde.

Masse molaire 150.2176 0.0093 g/mol C 79.96 % O 10.65 % (Palomares, 2015).

## II.6. Généralités Sur La Margine

### II.6.1. Définition

Le processus de trituration des olives génère principalement deux produits : l'huile d'olive vierge et l'huile de grignon, ainsi que deux résidus : liquide (les margines) et solide (les grignons d'olives). Environ 20 % des olives sont composés d'huile, 30 % de grignons et 50 % d'eau de végétation. Avec les méthodes de production modernes, presser une tonne d'olives produit en moyenne 1,5 tonne de margines. Les margines, de teinte brun à brun-rougeâtre et d'aspect trouble, dégagent une odeur rappelant celle des olives. Typiquement, les margines issues du procédé à trois phases contiennent entre 83 et 96 % d'eau, entre 3,5 et 15 % de matières organiques (sucres, composés azotés, acides organiques, phénols, pectines, etc.) et entre 0,5 et 2 % de sels minéraux (Messineo et *al.*, 2020).



*Figure 13 : Photo qui représente la Margine  
(image prise de Google)*

### **II.6.2. Composition organique**

Les margines se composent de deux fractions organiques : une fraction insoluble, principalement constituée de pulpes d'olives, représentant la matière en suspension et colloïdale, et une fraction soluble dans la phase aqueuse, qui contient des sucres, des lipides, des composés azotés, des vitamines, des acides organiques et des composés phénoliques. (Rahmanian et *al.*, 2014)

## **II.7. Généralité sur harmel**

### **II.7.1. Définition**

La rue sauvage, localement appelée Harmel ou *Peganum harmala L.* (de la famille des Nitrataceae), se distingue par son feuillage dense et ses fruits verts de tailles variées. C'est une plante vivace buissonneuse, très ramifiée, avec des feuilles linéaires et des fleurs blanches, qui préfèrent les terrains incultes. Les espèces associées à *P. harmala L.* sont rares, voire absentes, et si présentes, elles sont généralement de petite taille.

Le harmel (*Peganum harmala L.*) est une plante médicinale herbacée vivace, atteignant une hauteur de 30 cm à 90 cm, avec un rhizome épais et une forte odeur. Son utilisation remonte à l'aube de la civilisation.



*Figure 14 : Photo de plante Peganum harmala L*

*(image prise de Google)*

### II.7.2. Classification botanique

*Tableau 8 : Classification botanique*

|                    |   |
|--------------------|---|
| Embranchement      | Spermatophytes                            |
| Sous embranchement | Angiospermes                              |
| Classe             | Dicotylédones                             |
| Sous classe        | Rosidae                                   |
| Ordre              | Sapindales                                |
| Famille            | Nitrataceae                               |
| Genre              | <i>Peganum</i>                            |
| Espèce             | <i>Peganum harmala</i> L. (OZENDA, 1991). |

### II.7.3. Description botanique

C'est une plante herbacée pluriannuelle caractérisée par :

Des Tiges dressées et très rameuses qui disparaissent l'hiver; Des Feuilles allongées et irrégulièrement divisées en multiples lanières étroites qui restent vertes pendant une partie de

la saison sèche; Des Fleurs qui sont monoïques, solitaires et assez grandes (de 25 à 30 mm), d'un blanc jaunâtre veinées de vert qui sont composées de:

- 5 sépales verts, linéaires, persistants qui dépassent la corolle.
- 5 pétales elliptiques.
- 10 à 15 étamines à filet très élargi dans leur partie inférieure.
- Des Graines de couleur marron foncé, et de saveur amère qui sont nombreuses, petites, anguleuses et subtriangulaires.
- Des Fruits qui sont de petites capsules sphériques au sommet renfermant des graines noires.

#### II.7.4. Distribution géographique

Cette plante est cosmopolite, avec une distribution particulièrement étendue dans les zones arides et sèches méditerranéennes, caractérisées par des sols sableux et légèrement nitrés (Iserin, 2001). Elle est présente en Europe, notamment en Espagne et en Hongrie, ainsi qu'en Afrique, couvrant des régions telles que le Maroc, le Sahara septentrional, les hauts plateaux algériens, la Tunisie, les steppes de la Libye et les déserts d'Égypte. En Asie, elle est répandue des steppes de l'Iran, du Pakistan et du Turkestan jusqu'au Tibet et en Sibérie (Bézanger-Beauquesne et *al.*, 1980).

En Algérie, on retrouve fréquemment cette plante sur les hauts plateaux, dans le Sahara septentrional et méridional, ainsi que dans les montagnes du Sahara central. Elle prospère notamment dans les terrains sablonneux, les lits d'oueds et même au sein des agglomérations (Ozenda, 1991).

#### II.7.5. Constituants chimiques

Le plant renferme divers composés, incluant des acides aminés tels que la phénylalanine, la valine, la proline, la thréonine, l'histidine et l'acide glutamique, ainsi que des flavonoïdes, des coumarines, des bases volatiles, des tanins et des stérols/triterpènes (Alyahya, 1986). Les graines affichent une concentration nettement plus élevée d'alcaloïdes (3 à 4 %) par rapport à la racine, la tige (0,36 %) et les feuilles (0,52 %). Parmi les alcaloïdes présents dans cette plante, on retrouve le Harmane (C<sub>12</sub> H<sub>10</sub> N<sub>2</sub>), la Harmaline (C<sub>13</sub> H<sub>14</sub> N<sub>2</sub>O), la Harmine (C<sub>13</sub> H<sub>12</sub> N<sub>2</sub>O) et le Harmalol (C<sub>12</sub> H<sub>12</sub> N<sub>2</sub>O).

En été, pendant la maturation des fruits et au moment de la récolte des graines, la concentration en alcaloïdes dans la plante augmente rapidement. L'harmaline, qui est à la fois un méthoxy-harmalol et une dihydroharmine, constitue les deux tiers des alcaloïdes totaux des graines (Tahrouch et *al.*, 2002).

# CHAPITRE III

MATERIEL ET METHODES

### III. CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

#### III.1. Activité fumigène & persistance des huiles essentielles sur *Tribolium castaneum*

L'activité insecticide des huiles essentielles peut être conduite par le test de répulsion (Mediouni Ben Jemâa et al., 2012; Tampe et al., 2016; Ebadollahi, 2018), le test de toxicité par contact (Liu et al., 2011; Heydarzade et Moravvej, 2012; Gharsan et al., 2018), le test de toxicité par fumigation (Ebadollahi et al., 2010; Suthisut et al., 2011; Salem et al., 2017; Kumar et Tiwari, 2018) et le test de toxicité par ingestion (Rajkumar et al., 2019). Elles agissent sur la survie et les différents paramètres de développement de l'insecte comme l'oviposition, la reproduction, la longévité etc (Keïta et al., 2000; Papachristos et Stamopoulos, 2002; Koul et al., 2008; Upadhyaa et al., 2018).

A grande échelle, l'efficacité des HEs contre ces ravageurs peut être insuffisante. En effet, les HEs sont biodégradables (Koul et al., 2008; Dubey et al., 2010). Les rayons UV, l'air et l'humidité peuvent augmenter la dégradation des HEs qui ne sont plus persistantes (Miresmailli et Isman, 2006 ; Cloyd et al., 2009) et ne laissent pas de résidus toxiques contaminant l'environnement (Koul et al., 2008; Dubey et al., 2010), ce qui représente un avantage environnemental appréciable pour l'équilibre des écosystèmes mais aussi un inconvénient car les produits pourraient se dégrader avant l'élimination complète des ravageurs ciblés (Attia et al., 2015).

#### III.2. Matériel biologique (animal)

*Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) a été sélectionné en raison des dégâts significatifs qu'il occasionne sur les denrées stockées, qui sont d'une importance économique majeure. De plus, son élevage en laboratoire est facilement réalisable.

##### III.2.1. Elevage des insectes

Les essais ont été conduits sur les adultes de *Tribolium castaneum* d'un élevage de masse. Les insectes ont été sélectionnés à partir du farine blanche du grain de blé infesté, l'élevage a été menés, dans des conditions contrôlées permettent un meilleur développement pour les insectes, dans une étuve à une température de  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , une humidité relative de  $60\% \pm 5\%$  et à l'obscurité puisque ces insectes sont connus par leur phototropisme négatif.

La récupération des adultes de *Tribolium castaneum* a été faite à l'aide d'un système de tamis. Pour faciliter le dénombrement des adultes, Afin d'éviter d'écraser les adultes, on utilise

des pinces fines ou un système d'aspiration pour les manipuler en toute délicatesse et les récupérer en sécurité.

### III.3. Matériels de laboratoire

- Une étuve , qui correspondent aux conditions optimales du développement de *T. confusum* (Duval)
- Des boites de Pétri 9 cm de diamètre
- Des bocaux en verre d'une capacité de 0,25 litre en moyenne pour l'élevage de masse.
- Des papiers whatman de 9 cm de diamètre
- Micropipette (1  $\mu$ l- 10  $\mu$ l)(10  $\mu$ l-100  $\mu$ l) pour un pipetage de précision des volumes des distillats
- Autre accessoires : (pinces, ciseaux, rouleau adhésif, tamis, papier filtre, bassines, réfrigérateur, étiquettes, stylo... ).



Figure 15 : Etuve (photo originale)



Figure 16 : Micro pipette (photo originale)

### III.4. Effets des huiles essentielles

#### III.4.1. Traitement par contact (sur les larves)

Pour chaque essai, 1 ml d'une solution acétonique contenant chacune des huiles essentielles à 5, 10 , 20  $\mu$ l /ml d'acétone a été mélangée convenablement avec 5g de farine blanche dans une boite de pétri . Les essais et lots témoin ont été répétés 3 fois pour chaque dose. Toutes les boites ont été infestées par 10 larves de *Tribolium castaneum*. Les comptages des insectes morts ont été réalisés chaque jour pendant 3 jours. Les mortalités enregistrées ont

été exprimées après la correction avec les résultats du témoin sont conservés à 28°C et 75% d'humidité relative. Les lots témoins sont réalisés avec la farine blanche traitées avec d'acétone uniquement.

#### III.4.2. Traitement par inhalation (sur la mortalité des adultes)

Ce test consiste à étudier l'effet des trois huiles essentielles sur le taux de mortalité des adultes de l'insecte étudié de *Tribolium castaneum* par inhalation.

Dans des bocaux en verre, une dose d'huile est déposée sur le papier whatman collé à la face interne du couvercle.

10 adultes d'insecte de *Tribolium castaneum* sont introduits dans chaque bocal qui est fermé d'une façon hermétique.

Pour l'ensembles des essais, trois répétions ont été réalisées pour chaque dose ( 5 µl ,10 µl , 20 µl )

(30 µl,40 µl ,50 µl) et parlemment un témoin a été réalisées ( papier whatman sans huile essentielle).le dénombrement des individus morts est effectué pour chaque dose ,quotidiennement pendant 3 jours.

#### III.5. Effets des extraits

##### III.5.1. Traitement par contact

Nous introduisons dans des boites de pétrie, 5g de farine blanche traitées avec des concentrations (50mg/ml, 32.8mg/ml, 11.42mg/ml) des doses (35 µl, 50 µl, 200 µl) de chaque extraits, dispersé de manière homogène, l'ensemble est convenablement mélangé.de 10 adultes et 10 larves de *Tribolium castaneum* ont été ensuite placés séparément dans ces boites de pétri. Pour l'ensemble des essais, trois répétions ont été réalisées pour chaque dose et parlemment un témoin un été réalisées sont conservés à 28°C et 75% d'humidité relative. Les lots témoins sont réalisés avec la farine blanche traitées avec l'eau distillée uniquement.



*Figure 17 : Les essais avec les huiles essentielles (photo originale).*

### III.6. Expression des résultats

#### III.6.1. Estimation de la mortalité

Le dénombrement des adultes et des larves de *Tribolium castaneum* morts est réalisé quotidiennement pour tous les traitements pendant de trois jours.

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

$$MC\% = (M - Mt * 100) / (100 - Mt)$$

MC: la mortalité corrigée.

M: pourcentage de morts dans la population traitée.

Mt: pourcentage de morts dans la population témoin.

#### III.6.2. Calcul des doses létales

##### III.6.2.1. Détermination de la DL50

La dose létale DL50 qui représente les quantité induisant , la mort de 50 des individus testés du même lot pour un temps d'exposition bien déterminé, a été calculées par la méthode des Analyses de Probits. Les pourcentages de mortalité corrigée sont transformés en probits, la Régression du logarithme de la dose en fonction des probits des mortalités à l'aide de logiciel MINITAB (version 18) a permis de déterminer la DL50 pour les deux huiles testées. Nous avons calculé la dose létale pour 50% de la population d'insectes « DL50 » afin de Comparer

la toxicité des trois essentielles (*Cymbopogon Martini*) et (*Cymbopogon citratus*) et (*Eucalyptus globulus*).

#### ***III.6.2.2. Détermination de la TL50***

Le temps léthal TL50 correspond aux durées d'exposition nécessaires pour entrainer la mortalité de 50 % des larves et des adultes de *Tribolium castaneum*, pour une dose bien déterminée ont été calculés par la méthode des analyses de Probits pour confirmer le résultat de la DL50 puis comparer la toxicité des trois huiles essentielles.

# CHAPITRE IV

## RESULTATS ET DISCUSSION

## IV. CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

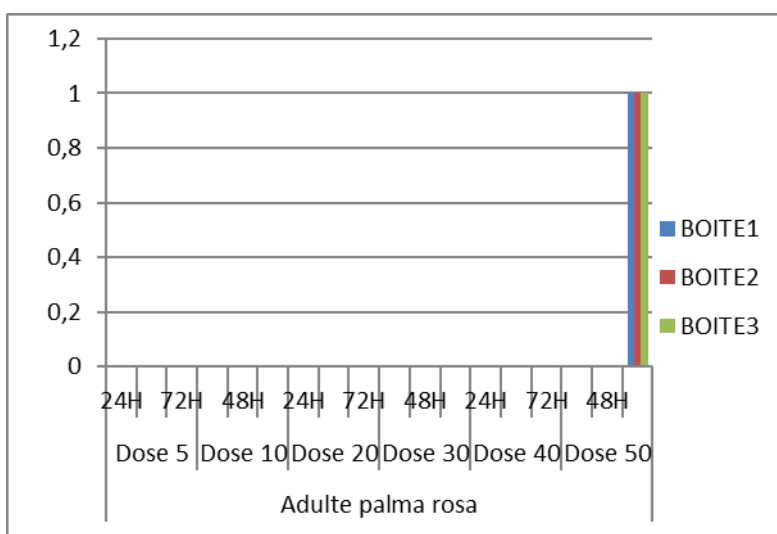
IV.1. Effet insecticide des huiles essentielles sur l'insecte *Tribolium Castaneum*IV.1.1. Utilisation de l'huile essentielle Palma rosa (*Cymbopogon Martini*)IV.1.1.1. Traitement par inhalation avec l'huile essentielle Palma rosa (*Cymbopogon Martini*) sur la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*

La mortalité des adultes de *Tribolium* représente dans le tableau :

**Tableau 9 : Evaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de Palma rosa (*Cymbopogon Martini*)**

| Dosage  | Temps | Boite 1 | Boite 2 | Boite 3 | Moyenne | Mortalité |
|---------|-------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Dose 5  | 24H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
|         | 48H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
|         | 72H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
| Dose 10 | 24H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
|         | 48H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
|         | 72H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
| Dose 20 | 24H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
|         | 48H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
|         | 72H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
| Dose 30 | 24H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
|         | 48H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
|         | 72H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
| Dose 40 | 24H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
|         | 48H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
|         | 72H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |
| Dose 50 | 24H   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         |

|  |     |   |   |   |   |    |
|--|-----|---|---|---|---|----|
|  | 48H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
|  | 72H | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 |



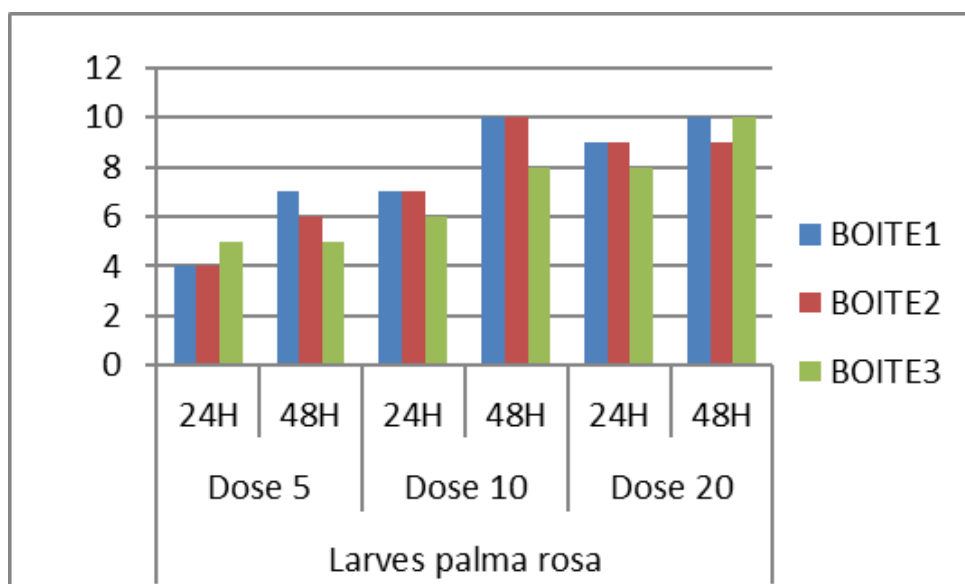
**Figure 18 : Evaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Palma rosa* (*Cymbopogon Martini*)**

#### **IV.1.1.2. Traitement par contact**

Sur la mortalité des larves de *Tribolium*, la mortalité des larves de *Tribolium* représente dans le tableau :

**Tableau 10 : Evaluation de la mortalité des larves de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Palma rosa* (*Cymbopogon Martini*)**

|         |     |    |    |    |      |       |
|---------|-----|----|----|----|------|-------|
| Dose 5  | 24H | 4  | 4  | 5  | 4,33 | 43,33 |
|         | 48H | 7  | 6  | 5  | 6    | 60    |
| Dose 10 | 24H | 7  | 7  | 6  | 6,66 | 66,66 |
|         | 48H | 10 | 10 | 8  | 9,33 | 93,33 |
| Dose 20 | 24H | 9  | 9  | 8  | 8,66 | 86,66 |
|         | 48H | 10 | 9  | 10 | 9,66 | 96,66 |



**Figure 19 :** Evaluation de la mortalité des larves de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Palma rosa* (*Cymbopogon Martini*)

#### IV.1.2. Utilisation de l'huile essentielle citronnelle (*Cymbopogon citratus*)

##### IV.1.2.1. Traitement par inhalation avec l'huile essentielle citronnelle (*Cymbopogon citratus*)

Sur la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* avec l'huile essentielle citronnelle (*Cymbopogon citratus*)

La mortalité des adultes de *Tribolium* représente dans le tableau :

**Tableau 11 :** Evaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de Citronnelle (*Cymbopogon citratus*)

|         |     |   |   |   |   |    |
|---------|-----|---|---|---|---|----|
| Dose 5  | 24H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
|         | 48H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
|         | 72H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
| Dose 10 | 24H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
|         | 48H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
|         | 72H | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 |
| Dose 20 | 24H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
|         | 48H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |

|         |     |   |   |   |      |       |
|---------|-----|---|---|---|------|-------|
|         | 72H | 1 | 1 | 1 | 1    | 10    |
| Dose 30 | 24H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
|         | 48H | 1 | 1 | 1 | 1    | 10    |
|         | 72H | 2 | 2 | 2 | 2    | 20    |
| Dose 40 | 24H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
|         | 48H | 2 | 2 | 2 | 2    | 20    |
|         | 72H | 3 | 2 | 3 | 2,66 | 26,66 |
| Dose 50 | 24H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
|         | 48H | 3 | 3 | 2 | 2,66 | 26,66 |
|         | 72H | 5 | 4 | 5 | 4,66 | 46,66 |

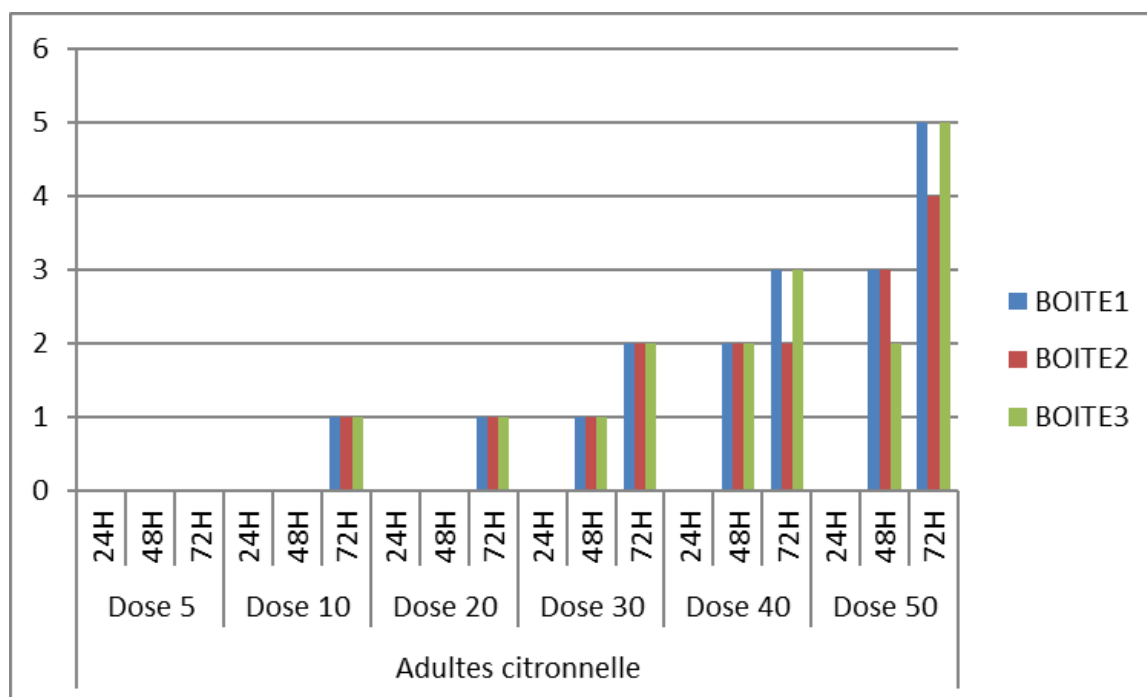


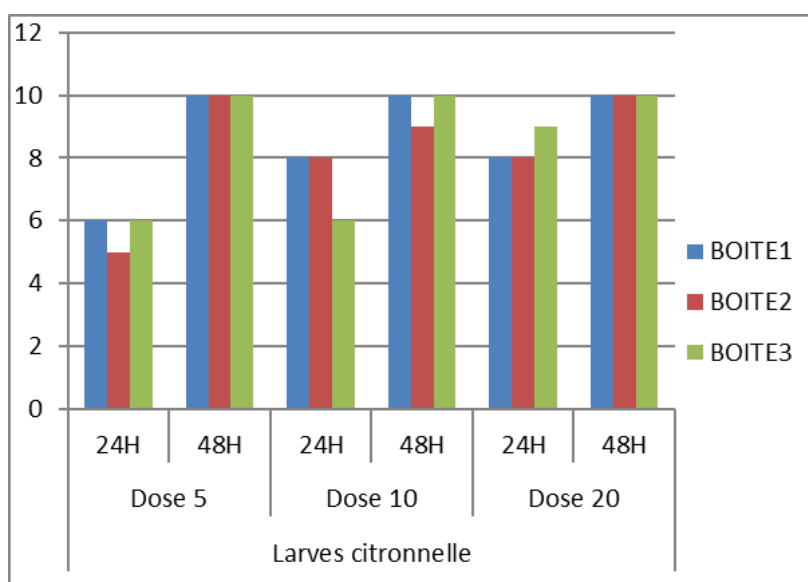
Figure 20 : Evaluation de la mortalité des adultes de Tribolium en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de Citronnelle (*Cymbopogon citratus*)

## IV.1.2.2. Traitement par contact

Sur les larves de *Tribolium*, la mortalité des larves de *Tribolium* représente dans le tableau :

**Tableau 12 : Evaluation de la mortalité des larves de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de Citronnelle (*Cymbopogon citratus*)**

|         |     |    |    |    |      |       |
|---------|-----|----|----|----|------|-------|
| Dose 5  | 24H | 6  | 5  | 6  | 5,66 | 56,66 |
|         | 48H | 10 | 10 | 10 | 10   | 100   |
| Dose 10 | 24H | 8  | 8  | 6  | 7,33 | 73,33 |
|         | 48H | 10 | 9  | 10 | 9,66 | 96,66 |
| Dose 20 | 24H | 8  | 8  | 9  | 8,33 | 83,33 |
|         | 48H | 10 | 10 | 10 | 10   | 100   |



**Figure 21 : Evaluation de la mortalité des larves de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de Citronnelle (*Cymbopogon citratus*)**

IV.1.3. Utilisation de l'huile essentielle eucalyptus (*Eucalyptus globulus*)IV.1.3.1. Traitement par inhalation avec l'huile essentielle eucalyptus (*Eucalyptus globulus*)

Sur la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*, la mortalité des adultes de *Tribolium* représente dans le tableau :

**Tableau 13 : Evaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles d'*Eucalyptus* (*Eucalyptus globulus*)**

|         |     |   |   |   |      |       |
|---------|-----|---|---|---|------|-------|
| Dose 5  | 24H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
|         | 48H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
|         | 72H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
| Dose 10 | 24H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
|         | 48H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
|         | 72H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
| Dose 20 | 24H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
|         | 48H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
|         | 72H | 1 | 1 | 1 | 1    | 10    |
| Dose 30 | 24H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
|         | 48H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
|         | 72H | 1 | 1 | 1 | 1    | 10    |
| Dose 40 | 24H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
|         | 48H | 1 | 0 | 1 | 0,66 | 6,66  |
|         | 72H | 2 | 2 | 2 | 2    | 20    |
| Dose 50 | 24H | 0 | 0 | 0 | 0    | 0     |
|         | 48H | 2 | 2 | 3 | 2,33 | 23,33 |
|         | 72H | 4 | 3 | 4 | 3,66 | 36,66 |

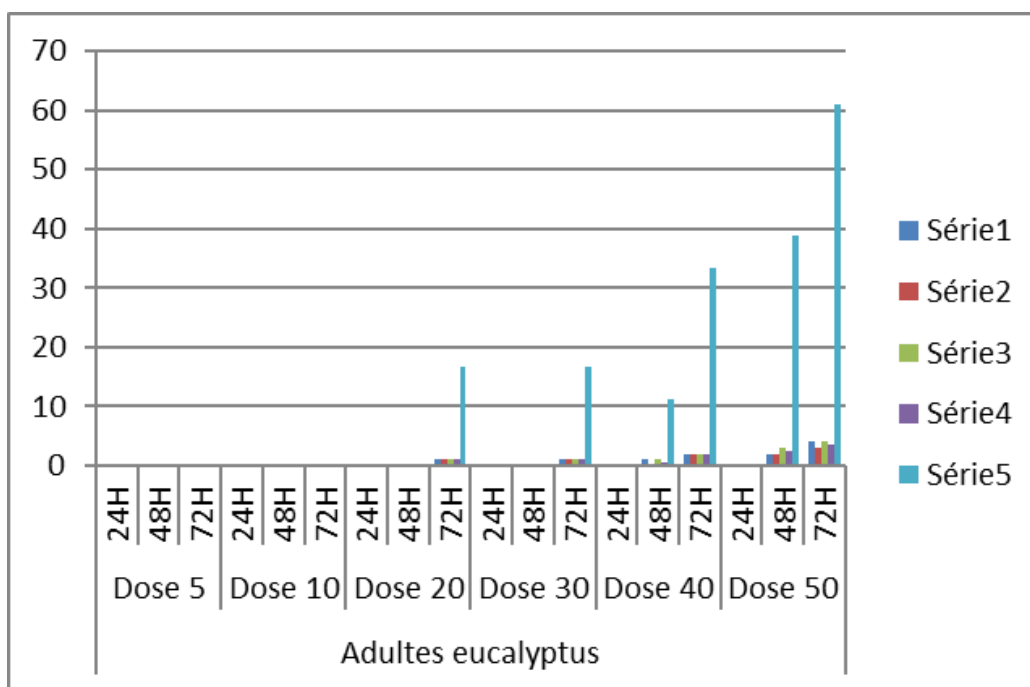


Figure 22 : Evaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles d'*Eucalyptus* (*Eucalyptus globulus*)

IV.1.3.2. Traitement par contact

Sur les larves de *Tribolium*, la mortalité des larves de *Tribolium* représente dans le tableau :

Tableau 14 : Evaluation de la mortalité des larves de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles d'*Eucalyptus* (*Eucalyptus globulus*)

|         |     |    |    |    |      |       |
|---------|-----|----|----|----|------|-------|
| Dose 5  | 24H | 7  | 7  | 8  | 7,33 | 73,33 |
|         | 48H | 10 | 9  | 9  | 9,33 | 93,33 |
| Dose 10 | 24H | 9  | 9  | 9  | 9    | 90    |
|         | 48H | 10 | 10 | 10 | 10   | 100   |
| Dose 20 | 24H | 9  | 8  | 9  | 8,66 | 86,66 |
|         | 48H | 10 | 10 | 10 | 10   | 100   |

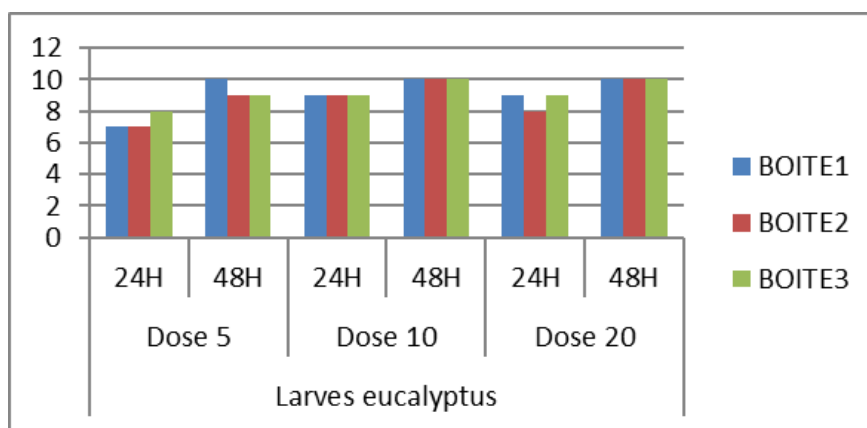


Figure 23 : Evaluation de la mortalité des larves de Tribolium en fonction du temps et des doses en huiles essentielles d’Eucalyptus (Eucalyptus globulus)

IV.2. Effet insecticide des extraits sur l’insecte Tribolium castaneum

IV.2.1. Utilisation de l’extrait de Harmel (Peganum harmala)

IV.2.1.1. Traitement par contact avec extrait de Harmel (Peganum harmala)

La mortalité des adultes de Tribolium représente dans le tableau :

Tableau 15 : Evaluation de la mortalité des adultes de Tribolium en fonction du temps et des doses en extraits Harmel ( Peganum harmala )

|         |     |    |    |    |    |     |
|---------|-----|----|----|----|----|-----|
| Dose 35 | 24H | 6  | 6  | 6  | 6  | 60  |
|         | 48H | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 |
|         | 72H | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 |

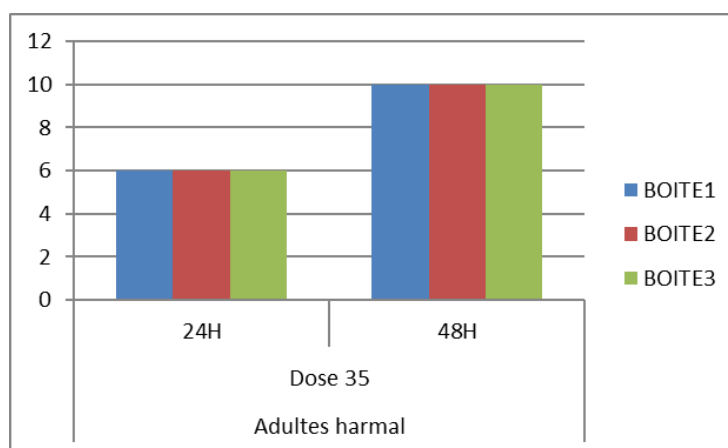


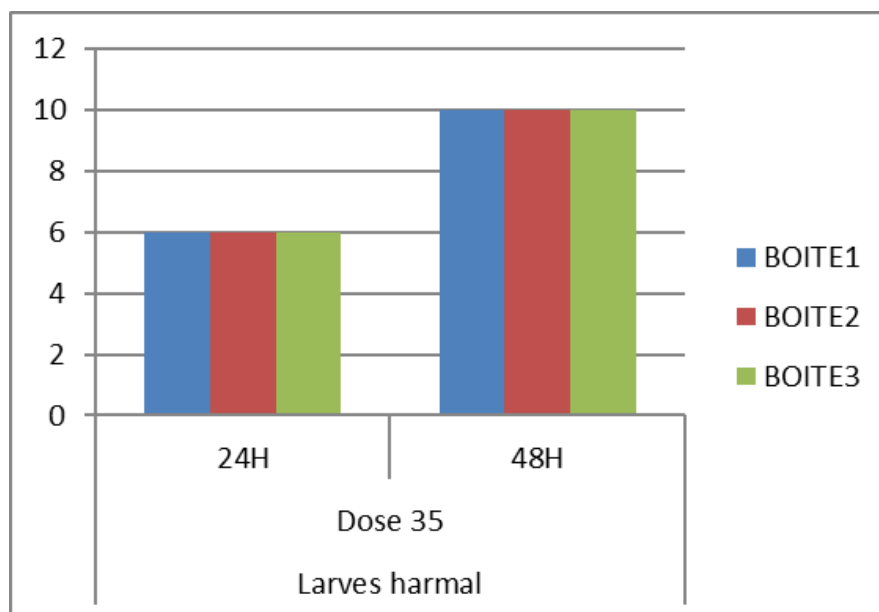
Figure 24 : Evaluation de la mortalité des adultes de Tribolium en fonction du temps et des doses en extraits Harmel ( Peganum harmala )

### IV.2.1.2. Traitement par contact avec extrait de Harmel

La mortalité des larves de *Tribolium* représente dans le tableau :

**Tableau 16 : Evaluation de la mortalité des larves de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en extraits Harmel (*Peganum harmala*)**

|         |     |    |    |    |    |     |
|---------|-----|----|----|----|----|-----|
| Dose 35 | 24H | 6  | 6  | 6  | 6  | 60  |
|         | 48H | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 |



**Figure 25 : Evaluation de la mortalité des larves de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en extraits Harmel (*Peganum harmala*)**

### IV.2.2. Utilisation de l'extrait du safran (*Crocus sativus*)

#### IV.2.2.1. Traitement par contact avec extrait du safran (*Crocus sativus*)

La mortalité des adultes de *Tribolium* représente dans le tableau :

**Tableau 17 : Evaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en extraits safran (*Crocus sativus*)**

|         |     |   |   |   |   |   |
|---------|-----|---|---|---|---|---|
| Dose 50 | 24H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|         | 48H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|         | 72H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

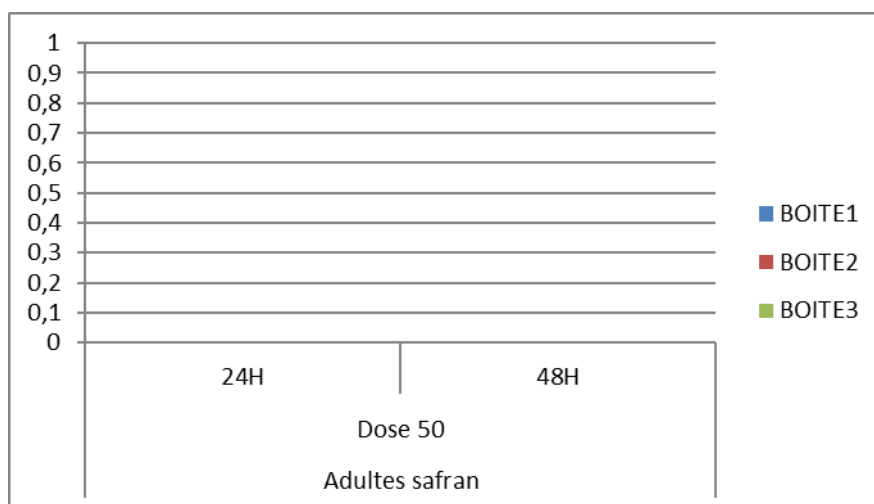


Figure 26 : Evaluation de la mortalité des adultes de Tribolium en fonction du temps et des doses en extraits safran (Crocus sativus)

IV.2.2.2. Traitement par contact avec extrait du safran (Crocus sativus)

La mortalité des larves de Tribolium représente dans le tableau

Tableau 18 : Evaluation de la mortalité des adultes des larves de Tribolium en fonction du temps et des doses en extraits safran (Crocus sativus)

|         |     |    |    |    |    |     |
|---------|-----|----|----|----|----|-----|
| Dose 50 | 24H | 8  | 8  | 8  | 8  | 80  |
|         | 48H | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 |

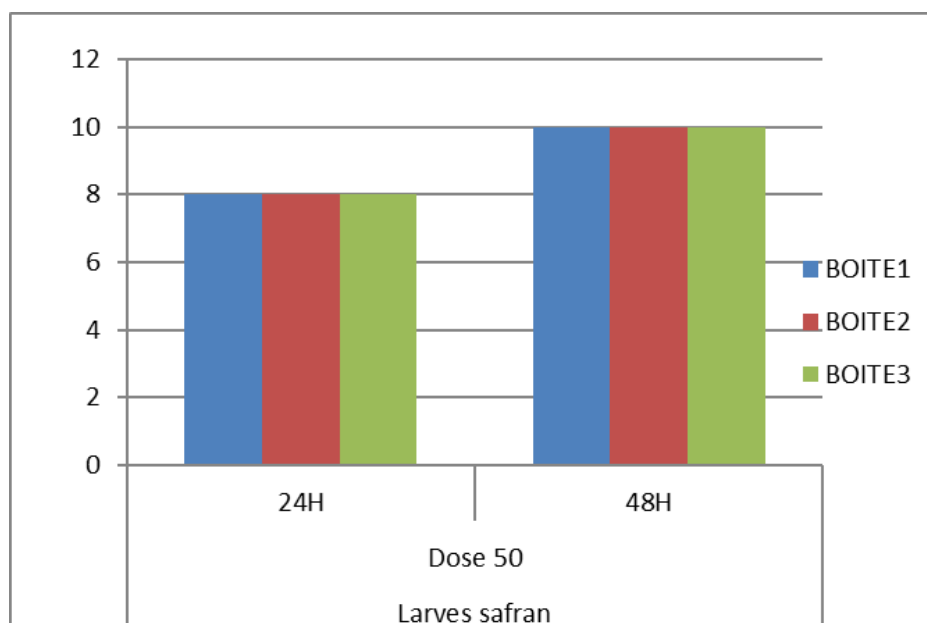


Figure 27 : Evaluation de la mortalité des adultes des larves de Tribolium en fonction du temps et des doses en extraits safran (Crocus sativus)

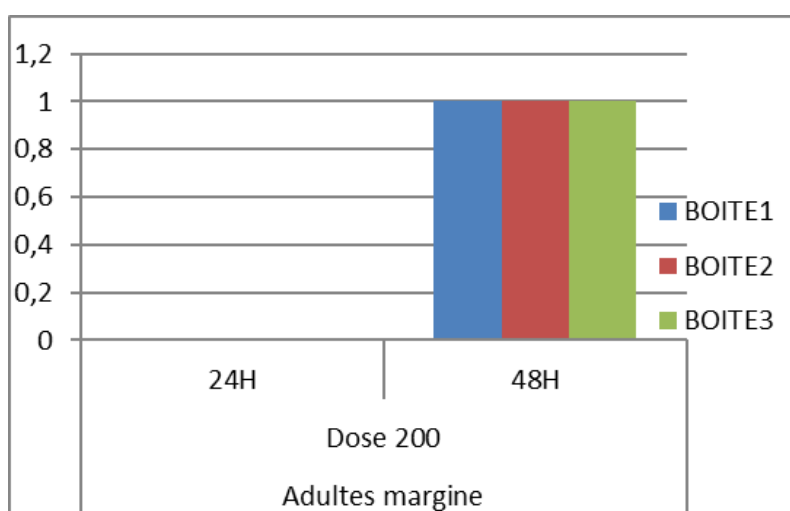
**IV.2.3. Utilisation de l'extrait de margine**

**IV.2.3.1. Traitement par contact avec extrait de margine**

La mortalité des adultes de *Tribolium* représente dans le tableau :

**Tableau 19 : Evaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en extraits De la margine**

|          |     |   |   |   |   |    |
|----------|-----|---|---|---|---|----|
| Dose 200 | 24H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
|          | 48H | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 |
|          | 72H | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 |



**Figure 28 : Evaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en extraits De la margine**

**IV.2.3.2. Traitement par contact avec extrait de margine**

La mortalité des larves de *Tribolium* représente dans le tableau :

**Tableau 20 : Evaluation de la mortalité des larves de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en extraits de margine**

|          |     |   |   |   |   |    |
|----------|-----|---|---|---|---|----|
| Dose 200 | 24H | 4 | 4 | 4 | 4 | 40 |
|          | 48H | 6 | 6 | 6 | 6 | 60 |

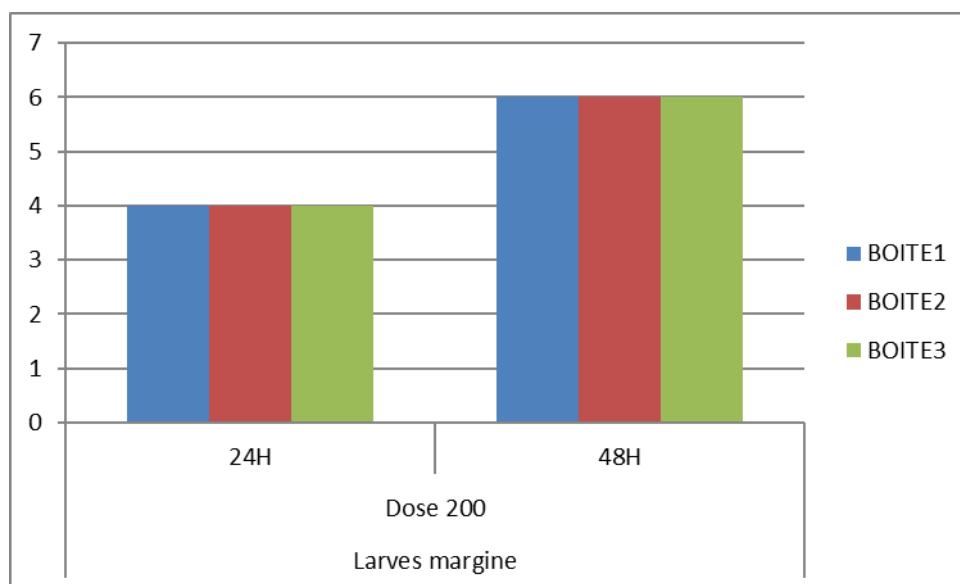


Figure 29 : Evaluation de la mortalité des larves de *Tribolium* en fonction du temps et des doses en extraits de margine

### IV.3. La comparaison de la toxicité des huiles essentielle sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum*

#### IV.3.1. La dose létale pour 50% des larves et adultes de *Tribolium* (DL50)

La transformation des mortalités corrigées des larves après deux jours d'exposition en probits, et la régression de ces données en fonction des logarithmes des doses en huiles essentielles, a permis d'obtenir les résultats suivants :

##### IV.3.1.1. *Cymbopogon martini*

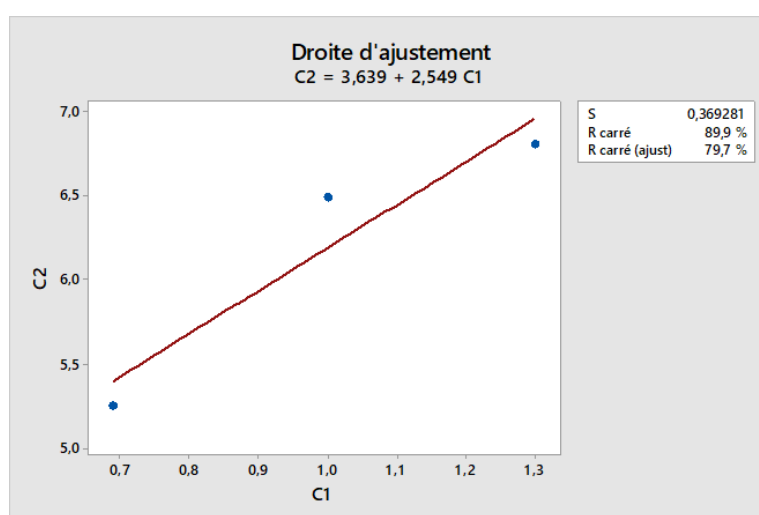


Figure 30 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de *Cymbopogon martini* /Mortalité (probits) des larves.

IV.3.1.2. *Cymbopogon citratus*

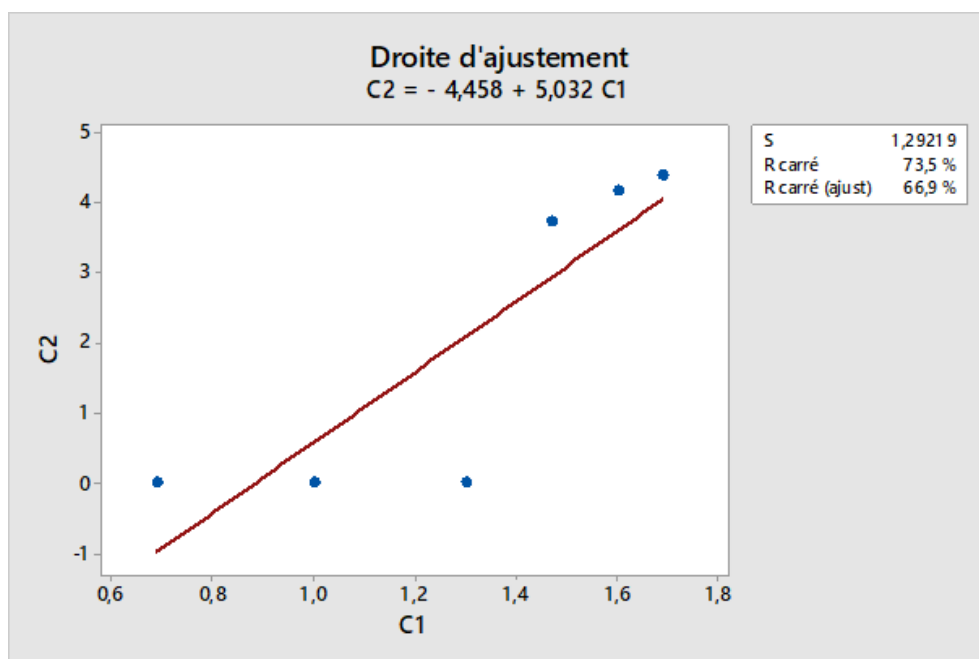


Figure 31 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* /Mortalité (probits) des adultes.

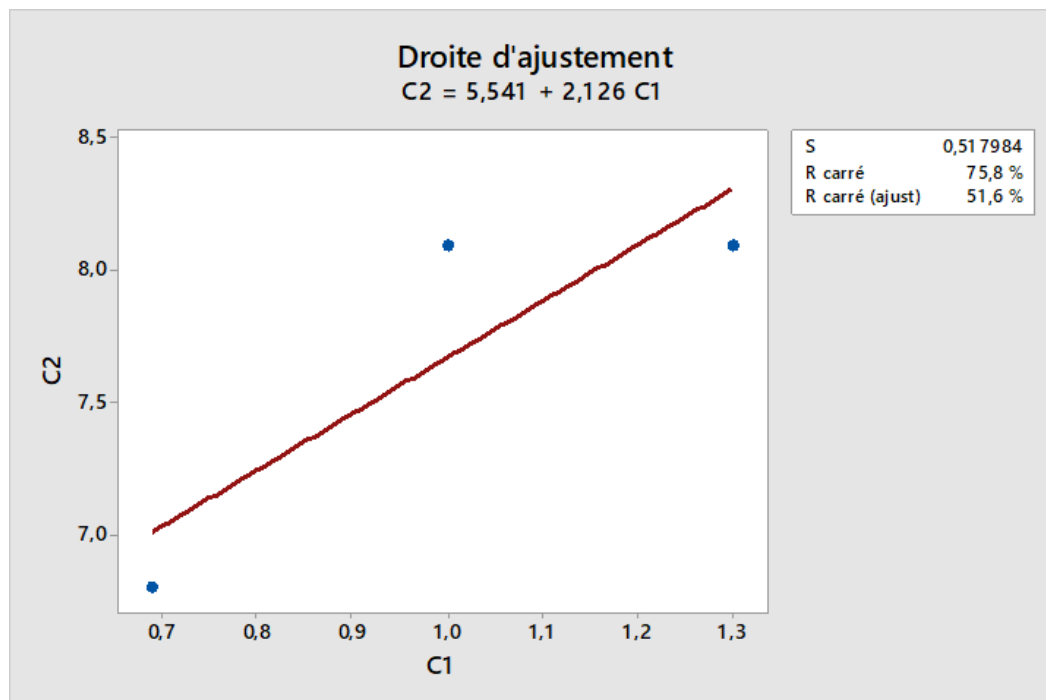


Figure 32 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* /Mortalité (probits) des larves.

### IV.3.1.3. *Eucalyptus globulus*

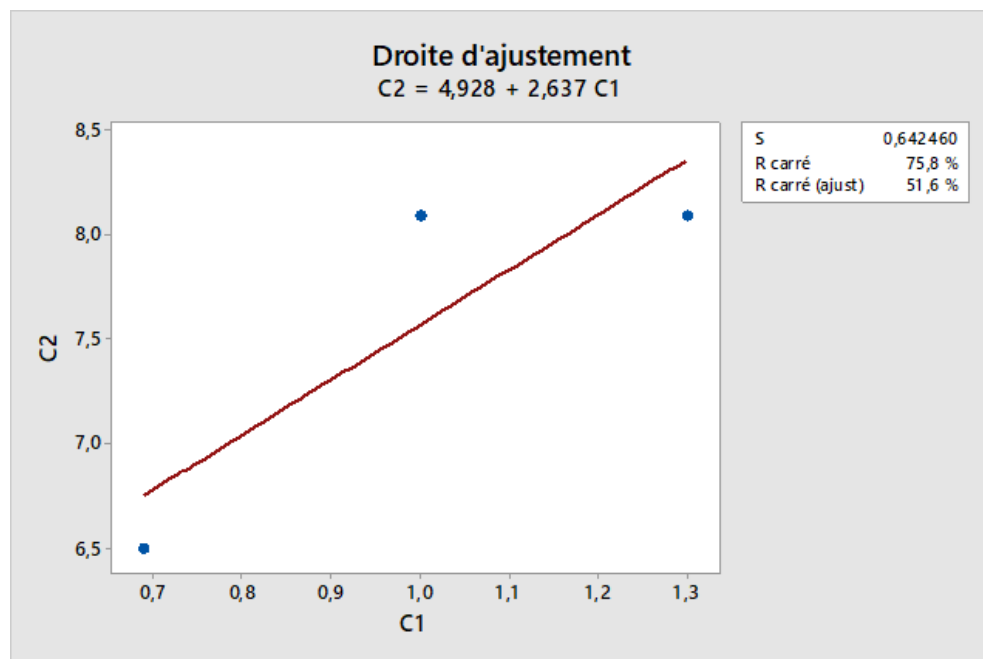


Figure 33 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de *Eucalyptus globulus* /Mortalité (probits) des larves.

### IV.3.1.4. *Eucalyptus globulus*

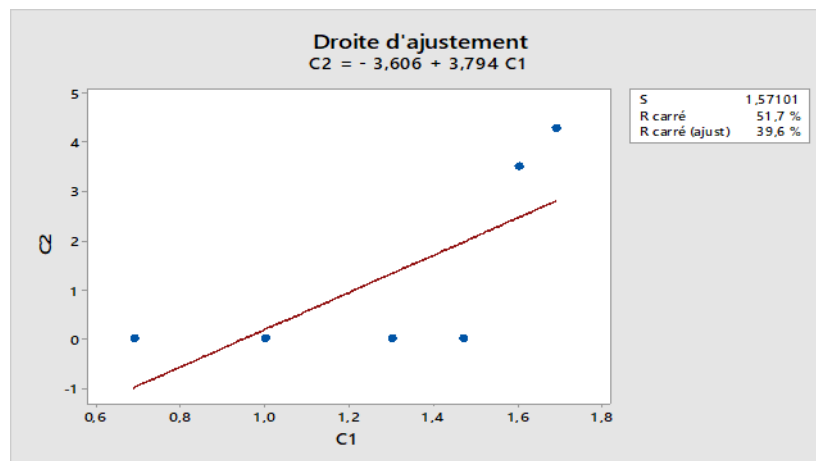


Figure 34 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de *Eucalyptus globulus* /Mortalité (probits) des adultes

### IV.3.2. La dose létale pour 50% des larves et les adultes de *Tribolium castaneum* (TL50)

La transformation de la mortalité corrigée des larves en probits (en utilisant la dose 10µL/5g son de farine), et la régression de ces données en fonction des logarithmes des durées d'exposition, a permis d'obtenir les résultats suivants :

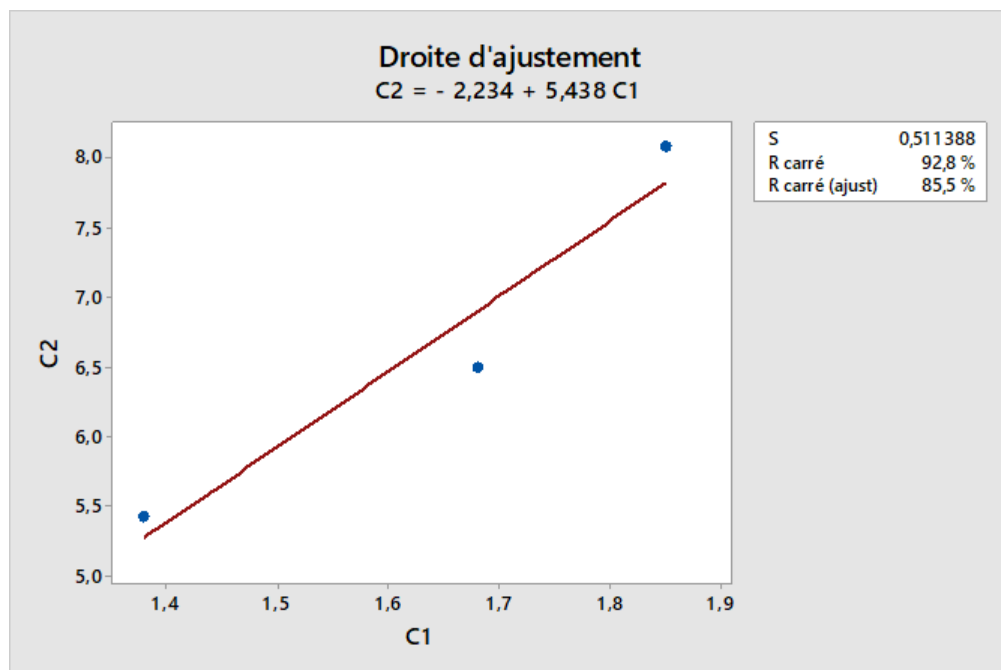
*IV.3.2.1. Cymbopogon martini*

Figure 35 : Droite de régression (Log) durée d'exposition aux huiles de *Cymbopogon martini* / mortalité (probits) des larves.

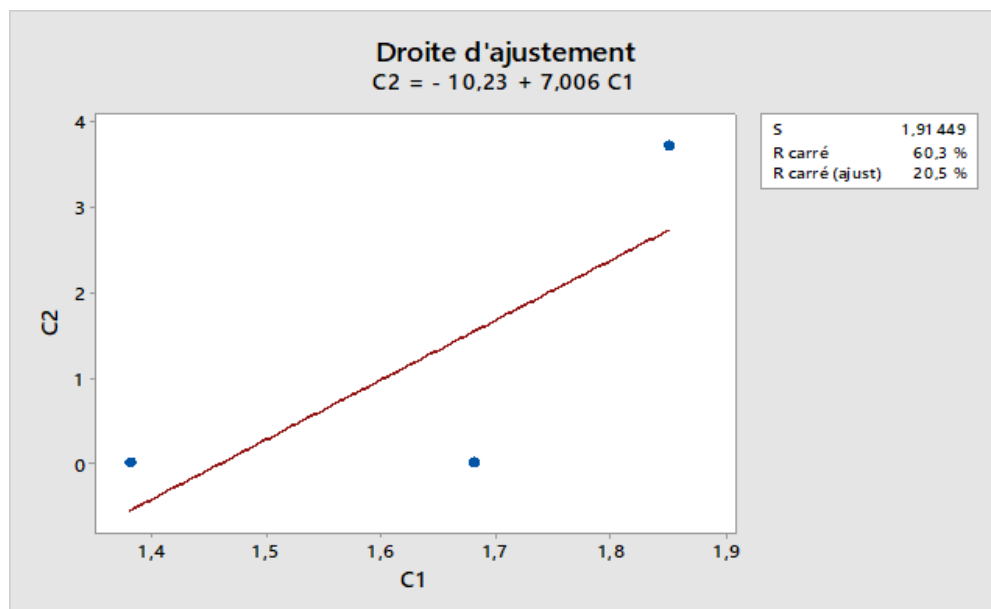
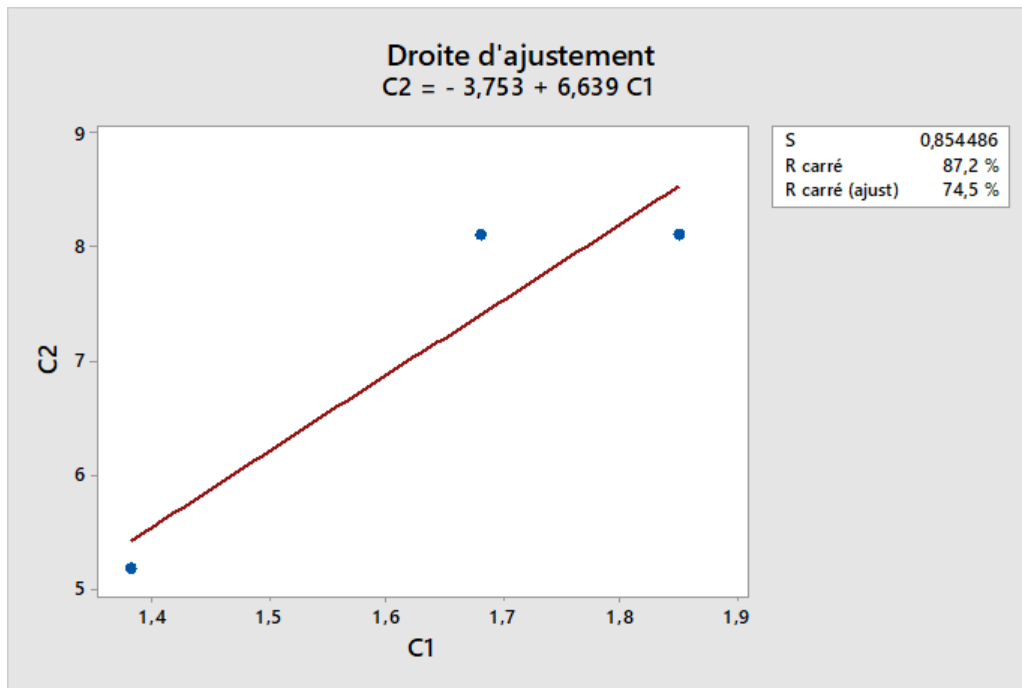
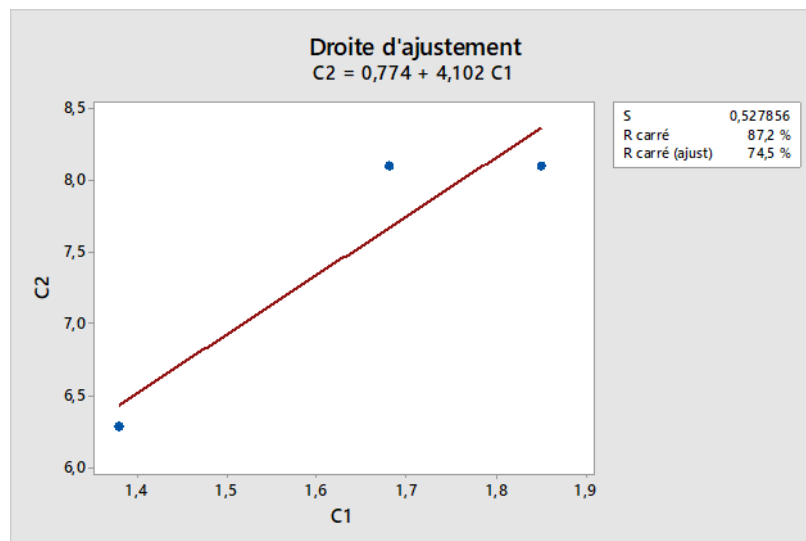
*IV.3.2.2. Cymbopogon citratus*

Figure 36 : Droite de régression (Log) durée d'exposition aux huiles de *Cymbopogon citratus* / mortalité (probits) des adultes.



*Figure 37 : Droite de régression (Log) durée d'exposition aux huiles de Cymbopogon citratus / mortalité (probits) des larves.*

#### IV.3.2.3. Eucalyptus globulus



*Figure 38 : Droite de régression(Log) durée d'exposition aux huiles de (Eucalyptus globulus ) / mortalité (probits) des larves*

**IV.3.2.3.1 Valeurs de DL50 après deux jours d'exposition aux huiles essentielles testées sur les larves de Tribolium**

**Tableau 21 : Valeurs de DL50 après deux jours d'exposition aux huiles essentielles testées sur les larves de Tribolium**

| HE                         | Equation de régression  | DL50         |
|----------------------------|-------------------------|--------------|
| <i>Cymbopogon martini</i>  | $C2 = 3.639 + 2.549 C1$ | 3.41 $\mu$ l |
| <i>Cymbopogon citratus</i> | $C2 = 5.541 + 2.126 C1$ | 0.55 $\mu$ l |
| <i>Eucalyptus globulus</i> | $C2 = 4.928 + 2.637 C1$ | 1.06 $\mu$ l |

D'après les valeurs de la DL50 obtenus, on peut déduire que les huiles essentielles extraites de *Cymbopogon citratus* et *Eucalyptus globulus* sont plus toxiques vis-à-vis des larves de *Tribolium castaneum* comparativement aux huiles essentielles de *Cymbopogon martini*.

**IV.3.2.3.2. Valeurs de TL50 en utilisant la dose 10 $\mu$ L/5g son de blé de deux huiles essentielles sur les larves De Tribolium**

**Tableau 22 : Valeurs de TL50 en utilisant la dose 10 $\mu$ L/5g son de blé de deux huiles essentielles sur les larves De Tribolium**

| HE                         | Equation de régression   | TL50         |
|----------------------------|--------------------------|--------------|
| <i>Cymbopogon martini</i>  | $C2 = -2.234 + 5.438 C1$ | 21.39 heures |
| <i>Cymbopogon citratus</i> | $C2 = -3.753 + 6.639 C1$ | 20.81 heures |
| <i>Eucalyptus globulus</i> | $C2 = 0.774 + 4.102 C1$  | 10.72 heures |

Ces valeurs de TL50, confirment le classement des deux huiles essentielles testées selon leurs toxicité, donc les huiles essentielles de *Eucalyptus globulus* et *Cymbopogon citratus* sont plus toxiques «larvicide» par rapport aux huiles de *Cymbopogon martini*.

#### **IV.4. Discussion**

Selon nos résultats obtenus après l'évaluation de l'activité biologique des huiles essentielles des trois plantes aromatique *Eucalyptus globulus*, *Cymbopogon citratus* et *Cymbopogon martini* et les trois extraits de la margine, *Crocus sativus L.* et *Peganum harmala L.* nous avons observé un effet insecticide sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum*.

Les larves de *Tribolium castaneum* sont très sensibles aux trois l'huiles essentielles testées, le *Cymbopogon citratus* et L'*Eucalyptus globulus* sont plus toxique respectivement avec une DL50 de 0.55 µl /5g de farine et une DL50 de 1.06 µl / 5g de farine respectivement, en comparaison avec le *Cymbopogon martini* avec une DL 50 de 3.41 µl /5g de farine.

Les adultes de *Tribolium castaneum* sont beaucoup plus résistants aux l'huiles essentielles de *Cymbopogon martini* d'après les résultats obtenus il y a aucune mortalité des individus après 72h d'exposition comparativement à l'huile essentielles du *Cymbopogon citratus* avec une DL50 de 75.78 µl/5g et L'*Eucalyptus globulus* avec une DL50 de 185.48 µl/5g. Et concernant la TL50 L'*Eucalyptus globulus* en utilisant la dose moyenne de 10 µl a une TL50 de 10,72 heures, le *Cymbopogon citratus* en utilisant la dose moyenne de 10 µl a une TL50 de 20,81 heures et enfin *Cymbopogon martini* en utilisant la dose moyenne de 10 µl a une TL50 de 21,39 heures.

Ngamo et Hance (2007) notent que l'activité d'une huile essentielle peut varier considérablement selon les différents stades du cycle de développement d'un insecte, tout comme il existe une grande variabilité dans la sensibilité des espèces d'insectes à une même huile essentielle.

Selon les recherches de Kim et ses co-auteurs (2003), l'impact toxique des huiles essentielles varie selon l'espèce ravageuse concernée, le type spécifique d'huile essentielle étudiée, ainsi que la durée pendant laquelle l'exposition se prolonge.

D'après les résultats des tests de la DL50, du TL50, il a été démontré que l'activité insecticide des huiles essentielles varie en fonction de la plante aromatique testée, de la durée d'exposition et de la dose utilisée.

Dans son étude, Mecellem (2021) a évalué l'effet larvicide des huiles essentielles de *Lavandula stoechas* et de *Pinus halepensis* à trois doses différentes (8, 10 et 12 µL/10g de son de blé) sur le Coléoptère *Tenebriomolitor*. Les résultats indiquent que l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* présente une toxicité plus élevée, avec une DL50 de 11,22 µL/10g de son de blé et un TL50 de 2,49 jours, comparativement à l'huile essentielle de *Pinus halepensis* qui montre une DL50 de 12,44 µL/10g de son de blé et un TL50 de 3,08 jours.

Des études ont démontré que deux plantes de la famille des Lamiacées, *Rosmarinus officinalis* L. et *Zataria multiflora*, présentent une toxicité par fumigation envers les adultes de *Plodia interpunctella* (Mahmoudvand et al., 2011).

Nous avons obtenus aussi après l'évaluation de l'activité biologique des extarits de la margine, *Crocus sativus L.* et *Peganum harmala L.* ; les résultats suivants :

Sur les larves de *Tribolium castaneum* nous avons eu comme résultats qu'à partir de 48h d'exposition il y'a 100% de mortalité avec les trois extraits.

Sur les adultes de *Tribolium castaneum*, nous avons eu pour l'extrait *Peganum harmala L.* qu'à partir de 48h d'exposition il y'a 100% de mortalité, a contrario des deux autres extraits, nous avons 0% de mortalité même après 72h d'exposition.

La raison pour laquelle nous avons fait une seule dose pour chaque extrait était la petite quantité des extraits disponible.

# **CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

Les céréales stockées subissent des dégradations de qualité considérables, parfois supérieures à 20%. Ces pertes sont principalement dues aux insectes nuisibles. Des produits synthétiques ont été employés pour combattre ces ravageurs. Une utilisation excessive de ces produits a entraîné une diminution de leur efficacité, ainsi que le développement de la résistance des insectes ravageurs, avec des conséquences néfastes pour la santé humaine et l'environnement. Par conséquent, la recherche d'alternatives de lutte s'avère nécessaire d'où l'augmentation d'intérêt donné aux extraits de plantes et des huiles essentielles qui ont fait l'objet de cette étude.

Trois huiles essentielles et trois extraits à partir de 6 espèces végétales : *Cymbopogon martini*, *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus globulus*, *Crocus sativus L.*, *Peganum harmala L.*, *Margine*, ont été testées pour leur pouvoir insecticide contre d'un ravageur des céréales le *Tribolium castaneum*.

D'après les résultats obtenus sur l'activité insecticide nous pouvons dire que l'huile de palma rosa, citronnelle et eucalyptus provoque la mort de *Tribolium* à des stades différents.

Le stade le plus touché est celui des larves. La même remarque faite pour les extraits des végétaux de Harmel, safran et de la margine, notons que l'extrait de harmel est le seul qui a provoqué la mort des individus adultes et des larves (100 % de mortalité).

Les facteurs les plus influents sur la mortalité des larves et des adultes sont la durée d'exposition et la dose d'huiles essentielles utilisées. La dose la plus élevée pour les huiles essentielles 50 µL/5g de la farine pour et pour les extraits 200 µL/5g provoque une mortalité jusqu'à 88,89%.

Enfin, on peut dire que les HE et les extraits de *Cymbopogon martini*, *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus globulus*, *Crocus sativus L.*, *Peganum harmala L.*, *Margine* connus par leur activité toxique sur les insectes parce qu'ils contiennent des composés chimiques majoritaires, ce qui explique les résultats obtenus concernant leur activité insecticide vis-à-vis de *Tribolium castaneum*.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

1. Aakanksha W., Shivesh J., Vinod Kumar N et Dev Mani P., 2013, chemical analysis and therapeutic uses of citronella oil from *Cymbopogon winterianus* : ahort review, International Journal of Advanced Research, vol 1:( 6) : 504-521.
2. Abbad, A., Kasrati, A., Alaoui, J.C., Zeroual, S., Ba M'hamed, T., Spooner-Hart, R., Leach, D., 2014. Insecticidal properties and chemical composition of essential oils of some aromatic herbs from Morocco. Natural Product Research, 28, 24: 2338-2341.
3. Abdelli, M., Moghrani, H., Aboun, A. et Maachi, R., 2016. Algerian Mentha pulegium L. leaves essential oil: Chemical composition, antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities. Industrial Crops and Products, 94, 197-205.
4. Abdelsamad, R.M., Elhag, E.A., Eltayeb, et Y.M., 1988- Studies on the phenology of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) in the Sudan Gezira. Journal of Stored Products Research, 24(2): 101-105.
5. Abukar, M. M., Burgio, G. et Tremblay, E., 1986. Evaluation of post-harvest losses caused by insects to maize in three districts of southern Somalia. Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria Filippo Silvestri, 43, 51-58.
6. Alabi T., Michaud J.P., Arnaud L., et Haubruge E., 2008- A comparative study of cannibalism and predation in seven species of flour beetle. Ecological Entomology, 33: 716-716.
7. Alternatives de lutte en milieu tropical, Tropicultura J., 25(4): 215-220.
8. Arnaud L., Lognay G., Verscheure M., Leenaers L., Gaspar C., et Haubruge E., 2002 Is Dimethyldecanal a common aggregation Pheromone of *Tribolium* flour beetles?. Journal of Chemical Ecology, Vol. 28, No. 3.
9. aromatic plant extracts and essential oils against Sitophilusoryzae and
10. Attia, S., Grissa, K.L., Ghrabi, Z. G., Mailleux, A. C., Lognay, G. et Hance, T., 2012. Acaricidal activity of 31 essential oils extracted from plants collected in Tunisia. The Journal of Essential Oil Research, 24, No. 3, 279-288.
11. Balachowsky, A.S. et Mesnil, L., 1936. Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Encyclopédie Entomologique. In Etudes des insectes nuisibles au blé stocké en milieu réel : Evolution et Dégâts, M.S. El-Hani, 1986.

12. Balachowsky, A.S. et Pierre, F., 1962. Famille des Tenebrionidae. In Entomologie appliquée à l'Agriculture. Traité publié sous la direction de A.S. Balachowsky Masson et Cie Editeurs. Tome I, Coléoptères, 1<sup>er</sup> Vol., 374-392.
13. Banga, K. S., Kotwaliwale, N., Mohapatra, D. et Giri, S.K., 2018. Techniques for Insect Detection in Stored Food Grains: An Overview, Food Control, 94, 167-176.
14. Bekon, K. et Fleurat-Lessard, F., 1989. Evolution des pertes en matière sèche des grains dus à un ravageur secondaire : *Tribolium castaneum* (Herbst), coléoptère Tenebrionidae, lors de la conservation des céréales. Céréales en région chaudes. AUPELF-UREF, Eds John Libbey Eurotext, Paris, 97-104.
15. Bézanger-Beauquesne L, Pinkas M, Torck M, and Trotin F, (1980). Plantes médicinales des regions tempérées, Ed Maloine, Paris, 156.
16. Bloch Qazi M., Herbeck J.T., et Lewis S.M., 1996- Mechanism of sperm transfer and storage in the red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae)- Annals of the Entomological Society of America, 89: 892-897.
17. Boukhatem M.N., Ferhat M.A., Kameli A., Saidi F., Kebir H.T., 2014, Lemon grass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as potent anti-inflammatory and antifungal drugs. The Libyan journal of medicine, vol (9): 25431.
18. Boxall, R. A. 2002. Damage and loss caused by the Larger Grain Borer *Prostephanus truncatus*. Integrated Pest Management Reviews, 7, 105-121.
19. Brari, J., Thakur, DR, 2018. Larvicidal effects of eight essential oils against *Plodia interpunctella* and *Tribolium castaneum*, serious pests of stored products worldwide. Journal of Entomology and Zoology Studies, 6(5), 738-742.
20. Bruneton J,(1999),pharmacognosy Phytochemistry medical plants lavoisierpublishing nUSA, New York 2:aupplagan s, pp555-558.
21. *Callosobruchuschinensis*. Journal of Stored Products Research, 39: 293-303.
22. Charnov E.L, et Skinner S.W., 1985- Complementary approaches to the understanding of parasitoid oviposition decisions. Environmental Entomology 14: 383-391.
23. Collins, P.J., Darglish, G.J., Pavic, H. et Kopittke, R.A., 2005. Response of mixed-age cultures of phosphine-resistant and susceptible strains of lesser grain borer,

- Rhyzopertha dominica, to phosphine at a range of concentrations and exposure periods. *Journal of Stored Products Research*, 41, 373-385.
24. Cruz, J.F. et Diop, A., 1989. Génie agricole et développement : technique d'entreposage. *Bulletin des services agricoles de la FAO*, 74, 3-20
  25. Daroui-Mokaddem Habiba , (2012) , etude phytochimique et biologique des especes eucalyptus globulus (myrtaceae), smyrniumolusatrum (apiaceae), asteriscusmaritimus eT chrysanthemumtrifurcatum (asterarceae),pp30-37.
  26. Daroui-Mokaddem Habiba , (2012) , etude phytochimique et biologique des especes eucalyptus globulus (myrtaceae), smyrniumolusatrum (apiaceae), asteriscusmaritimus eT chrysanthemumtrifurcatum (asterarceae),pp30-37.
  27. Delobel A., et Tran M., 1993- Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, IRD Editions, p : 275-280 et 345-346.
  28. Delobel A., et Tran M., 1993- Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, IRD Editions, p : 275-280 et 345-346.
  29. Duke, J. A., Bogenschutz-Godwin, M. J., duCellier, J., & Duke, P. A. K. *Handbook of Medicinal Herbs, Second Edition*. Boca Raton: CRC Press, 2002.
  30. Đurović, V., Tanasković, S., Đukić, D. A., Mandić, L., Knežević, D., 2016. Harmful organisms of grain as potential risks to human health. VII International Scientific Agriculture Symposium, Jahorina, Bosnia and Herzegovina. Proceedings, 1408-1414 ref.
  31. Ebadollahi, A. 2018. Fumigant toxicity and repellent effect of seed essential oil of celery against lesser grain borer, Rhyzopertha dominica F.. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(1), 146-154.
  32. Ebadollahi, A., Safaralizadeh, M. H. et Pourmirza, A. A., 2010. Fumigant toxicity of Lavandula stoechas L. oil against three insect pests attacking stored products. *Journal of plant protection research*, 50 (1), 56-60.
  33. Eirini, C., Nikolaos, P., kolaos, K., et Georgia, V. 2015. Saffron : a natural product with potential pharmaceutical applications. Royal Pharmaceutical Society, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, Vol. 16 n° 67, p. 1635-1636-1645.

34. Evrim, Y. (2007). Developpement of in vitro micropropagation techniques for Saffron (*Crocus sativus*. L). ( Mémoire de master, The graduate school of natural and applied sciences of middle east technical university, s.l). 8-9
35. Flinn, P. W., Kramer, K. J., Throne, J. E. et Morgan, T. D., 2006. Protection of stored maize from insect pests using a two-component biological control method consisting of a hymenopteran parasitoid, *Theocolax elegans*, and transgenic avidin maize powder. *Journal of Stored Products Research*, 42, 218-225.
36. Goetz, p, Ghedira, k, (2012), *Phytothérapie anti-infectieuse*, ed, france , springer verlag, pp382.
37. Grewal, A. S., Singla, A., Kamboj, P. et Dua, J. S., 2017. Pesticid residues in food grains, vegetables and fruits: a hazard to human health. *Journal of Medicinal Chemistry and Toxicology*, 2(1), 40-46.
38. Groot, I.D., 2004. La Protection des céréales et des légumineuses stockées, *Agrodok* 18.
39. Guenha, R., Salvador, B. D. V., Rickman, J., Goulao, L. F., Muocha, I. M. et Carvalho, M. O., 2014. Hermetic storage with plastic sealing to reduce insect infestation and secure paddy seed quality: A powerful strategy for rice farmers in Mozambique. *Journal of Stored Products Research*, 59, 275- 281.
40. Gwinner, J., Harnish, R. et MÜch, O., 1996. Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte. *Projet de protection des stocks et des récoltes*, D- 65726 Eschborn, R.F.A., 388p.
41. Gwinner, J., Harnish, R. et MÜch, O., 1996. Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte. *Projet de protection des stocks et des récoltes*, D- 65726 Eschborn, R.F.A., 388p.
42. Haubruge E., 1995- Etude des phénomènes responsables de la résistance spécifique a malathion chez le *Tribolium castaneum* (Herbst) ( coléoptère : Tenebrionidae)- thèse de doctorat, faculté universitaire des sciences agronomique de Gembloux, Belgique.
43. Huq, F, and L, N, Misra, (1997), analkenol and C-methylated flavones from *callistemon lanceolatus* leaves, *plantaMedica* ,63: 369-370.

44. Indian Council of Medical Research (ICMR). *The Wealth of India: A Dictionary of Indian Raw Materials and Industrial Products*. New Delhi: Publications and Information Directorate, 2004.
45. Iserin P,( 2001). *Encyclopedia of Medicinal Plants*. La Rousse, 2nd Ed, 244-245.
46. isserand, R., & Young, R. (2014). *Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals* (2nd ed.). Churchill Livingstone.
47. Janovy, J., Jr., Detwiler, J., Schwank, S., Bolek, M. G., Knipes, A. K. et Langford, G. J., 2007. New and emended descriptions of gregarines from our beetles (*Tribolium* spp. and *Palorus subdepressus*: Coleoptera, Tenebrionidae). *Journal of Parasitology*, 93 (5), 1155-1170
48. Jbilou, R., Amri, H., Bouayad, N., Ghailani, N., Ennabili, A. et Sayah, F., 2008. Insecticidal effects of extracts of seven plants pecies on larval development, a-amylase activity and offspring production of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). *Bioresource Technology*, 99, 959- 964.
49. Jerraya, A., 2003. Principaux nuisibles des plantes cultivées et des denrées stockées en Afrique du Nord : leur biologie, leurs ennemis naturels, leurs dégâts et leur contrôle Ed° Climat Pub, Tunis, 415p.
50. Jood, S., Kapoor, A. C. et Singh, R., 1993. Effect of insect infestation on the organoleptic characteristics of stored cereals. *Postharvest Biology and Technology*, 2, Issue 4, 341-348.
51. Kassemi N., 2015 \_ activité biologique des poudres et des huiles essentielles de deux plantes aromatique (*Pseudocytisus integrifolius salib et nepeta Nepetella* L.) sur les ravageurs du blé et légumes secs
52. Katiyar R., Gupta S et Yadav K.R., 2011, *Cymbopogon winterianus* : An importantspecies for essential java citronella oil and medicinal value, National Conference on Forest Biodiversity, Earth's living treasure, pp.115–118.
53. Keïta, S.M., Vincent, C., Schmitt, J.-P., Ramaswamy, S. et Bélanger, A., 2000. Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.*, 36, 355-364.
54. Khan, S. A., Ranjha, M. H., Khan, A. A., Sagheer, M., Abbas, A. et Hassan, Z., 2019. Insecticidal efficacy of wild medicinal plants, *Dhutura alba* and *Calotropis procera*,

- against *Trogoderma granarium* (Everts) in Wheat store grains. *Pakistan Journal of Zoology*, 51 (1), 289-294.
55. Kim, S., Roh, J., Kim, D., Lee, H., AndAhn, Y (2003). Insecticidal activities of
  56. Koul, O., Walia, S. et Dhaliwal, G. S., 2008. Essential oils as green pesticides: Potential and constraints. *Biopesticides International*, 4, 63-84.
  57. Kumar, R. et Tiwari, S. N., 2018. Fumigant toxicity of essential oils against *Corcyra cephalonica* and *Sitotroga cerealella*. *Environment and Ecology*, 36 No.1, 33-37.
  58. Kumar, R. et Tiwari, S. N., 2018. Fumigant toxicity of essential oils against *Corcyra cephalonica* and *Sitotroga cerealella*. *Environment and Ecology*, 36 No.1, 33-37
  59. Lack D., 1947. The significance of clutch size. *Ibis* 89: 302-352.
  60. Lewis S.M., et Austad S.N., 1990- Sources of intraspecific variation in sperm precedence in red flour beetles, *The American Naturalist*, 135:351-359.
  61. Mallamaire, A., 1965. Les insectes nuisibles aux semences et aux denrées entreposées au Sénégal, *Protection des cultures tropicales. Congrès de la protection des cultures tropicales. Chambre de Commerce et de l'Industrie de Marseille*, 87p.
  62. Marburg, W,F,( 1999), *Plante thérapeutique –tradition, pratique officinale, science et thérapeutique 3 e édition technique et documentation*, pp636.
  63. Mason L.J., 2003- Grain Insect Fact Sheet E-224-W: Red and Confused Flour Beetles, *Tribolium castaneum* (Bhst.) and *Tribolium cunfusum* Duval. Purdue University, Department of Entomology.
  64. MBTOC, 2002. 2002 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee (MBTOC) 2002 Assessment. UNEP, Nairobi, Kenya.
  65. Mediouni Ben Jemâa, J., Tersim, N., Taleb Toudert, K. et Khouja, M. L., 2012. Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition, *J. Stored Prod. Res.*, 48, 97-104.
  66. Mzarbi, I., Addin, M., et Berrichi, M. 2019. Traditional and Modern Uses of Saffron (*Crocus Sativus*). *Laboratory of Biology of Plants and Microorganisms, Faculty of Sciences, B. P. 717, Oujda 60000, Morocco ; Cosmetics, Vol. 12 n° 63, p. 1-2-3-4-6-7.*

- 
67. NAIT ACHOUR k, 2012. Etude de la composition chimique des essences de quatre espèces d'eucalyptus poussant dans la région de Tizi-Ouzou .Université de TiziOuzou. Mémoire de magister. Spécialité : chimie appliquée. 123pp.
  68. Naylor A.F., 1961- Dispersal in the Red flour beetle *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae), Ecology, 42 (2): 231-237.
  69. Ncir, S., 2006. Effets des feuilles du cestrum vert (*Cestrum parquii*, Solananaceae) incorporées dans un milieu artificiel, sur la croissance, la reproduction et la digestion du criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskal 1775, Orthoptera, Acrididae), Mémoire de mastère de recherche, INAT.
  70. Ncira, S., 2000. Les insectes des céréales stockées : Identification et Inventaire, Projet de fin d'études. INAT.
  71. Ndomo, A. F., Ngamo, L. T., Tapondjou, L. A., Tchouanguép, F. M. et Hance, T., 2008. Insecticidal effects of the powdery formulation based on clay and essential oil from the leaves of *Clausena anisata* (Willd.) J. D. Hook ex. Benth. (Rutaceae) against *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). J. Pest. Sci., 81, 227-234.
  72. Nesci, A., Barra, P. et Etcheverry, M., 2011. Integrated management of insect vectors of *Aspergillus flavus* in stored maize, using synthetic antioxidants and natural phytochemicals. Journal of Stored Products Research, 47, 231-237.
  73. Ngamo, L. S. T., and Hance, T (2007). Diversité des ravageurs des denrées et méthodes
  74. Nouma, H., 2018. Inventaire des insectes des céréales stockées et effet insecticide de l'huile essentielle de *Ruta chalepensis* sur *Tribolium castaneum* (Herbest, 1797). Projet de fin d'études du cycle d'ingénieur, INAT, 56p.
  75. Opeyemi A., Opeoluwa O., Pamela R., Benedicta N-C et Adebola O., 2015, *Cymbopogon* Species; Ethnopharmacology, Phytochemistry and the Pharmacological Importance, Molecules, vol (20) :7438-7453
  76. Oubahou, A A., et El otmani, M. 2002. La culture de safran. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II Complexe Corticole d'Agadir, Vol 4 n° 9, p. 2.
  77. Ozenda P., (1991). Flore et végétation du Sahara. Paris, CNRS Editions, 660 p
  78. Palomares, C. (2015). Le safran, précieuse épice ou précieux médicament. (Thèse de doctorat, université de Lorraine, Nancy). 14-15-43-46-88-89-101.

79. Papachristos, D. P. et Stamopoulos, D. C., 2002. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acnathosclides obtectus* (Say)(Coleoptera: Bruchidae), *J. Stored Prod. Res.*, 38,117-128.
80. Paraginski, R. T., Vanier, N. L., Berrios, J. D. J., Oliveira, M. et Elias, M. C., 2014. Physicochemical and pasting properties of maize as affected by storage temperature. *Journal of Stored Products Research*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2014.02.010>.
81. Park T., et Frank M.B., 1948- The fecundity and development of the flour beetles *Tribolium confusum* and *Tribolium castaneum* at three constant temperatures. *Ecology* 29: p 368-374
82. Perez-Mendoza J., 2007- When Do Red Flour Beetles Fly?, *Integrated Pest Management*, rev, IPM update,usa.
83. Perez-Mendoza J., 2007- When Do Red Flour Beetles Fly?, *Integrated Pest Management*, rev, IPM update,usa.
84. Phillips, T. W. et Throne, J. E., 2010. Biorational approaches to managing stored-product insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 55, 375-397.
85. Pires, E. M. et Nogueira, R. M., 2018. Damage caused by *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Bostrichidae) in stored Brazil nuts. *Scientific Electronic Archives*, 11 (1), 57-61.
86. Pires, E. M. et Nogueira, R. M., 2018. Damage caused by *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Bostrichidae) in stored Brazil nuts. *Scientific Electronic Archives*, 11 (1), 57-61.
87. Rahimi, M. 2015. Chemical and Medicinal Properties of Saffron. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, Vol. 4 n° 3, p. 69-70-72-73-78-81.
88. Rahimi, M. 2015. Chemical and Medicinal Properties of Saffron. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, Vol. 4 n° 3, p. 69-70-72-73-78-81.
89. Rees D., 2004- *Insect of Stored Products*, CSIRO Publishing, Canberra, Australia.
90. Salhi, W., 2005. Inventaire des insectes des céréales stockées, reproduction de *Rhyzopertha dominica* sur différentes denrées et possibilités de lutte biologique. *Projet de fin d'études*. INAT.

91. Saxena, R B. 2010. Botany, Taxonomy and Cytology of *Crocus sativus* series. Pharmacognosy Review, Vol 31. n° 3, p. 374.
92. Scotti, G., 1978 - Les insectes et les acariens des céréales stockées. Normes et Technique. Institut technique des céréales et des fourrages. Association française de Normalisation AFNOR.
93. Sedoud, F. (2018). Etude phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des pétales de *Crocus sativus*. L. (Mémoire de master, Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers, Tlemcen). 7-8-45-50.
94. Shasany A.K., Lal R.K., Patra N.K., Darokar M.P., Garg A., Kumar S et Khanuja S.P.S., 2000, Phenotypic and RAPD diversity among *Cymbopogon winterianus* Jowitt accessions in relation to *Cymbopogon nardus* Rendle, Genetic Resources and Crop Evolution, vol (47) : 553–559.
95. Shasany A.K., Lal R.K., Darokar M.P., Patra N.K., Garg A., Kumar S., Khanuja S.P.S., 2000, Phenotypic and RAPD diversity among *Cymbopogon winterianus* Jowitt accessions in relation to *Cymbopogon nardus* Rendle, Genet. Resour. Crop Evol, vol(47): 553–559.
96. Shazali, M.E.H., et Smith, R.H. 1986- Life history studies of externally feeding pests of stored sorghum: *Corcyra cephalonica* (Staint.) and *Tribolium castaneum* (HBST). Journal of Stored Products Research, 22(2): 55-61.
97. Sinha, R. N., Wallace, H. A. H., Reiser, B., et Lefkovitch, L. P., 1979. Interrelations of arthropods and microorganisms in damp bulk stored wheat—A multivariate study. Researches on Population Ecology, 21(1), 40–67. doi:10.1007/bf02512638
98. Sokoloff A., 1974- The Biology of *Tribolium*: With Special Emphasis on Genetic Aspects. Vol. 2. Clarendon Press, Oxford.
99. Sokoloff A., 1974- The Biology of *Tribolium*: With Special Emphasis on Genetic Aspects. Vol. 2. Clarendon Press, Oxford.
100. Stejskal, V., Hubert, J., Kučerová, Z., Munzbergová, Z., Lukáš, J. et Žďárková, E., 2003. The influence of the type of storage on pest infestation of stored grain in the Czech Republic. PLANT SOIL ENVIRON., 49, (2): 55–62.

101. Suresh S., White N.D.G., Jayas D.S., et Hulasare R.B., 2001- Mortality resulting from interactions between the red flour beetle and the rusty grain beetle. Proceedings of the Entomological Society of Manitoba, 57: 11-13.
102. Suthisut, D., Fields P. G. et Chandrapatya, A., 2011. Fumigant toxicity of essential oils from three Thai plants (Zingiberaceae) and their major compounds against *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* and two parasitoids. Journal of Stored Products Research, 47, 222- 230.
103. Suthisut, D., Fields P. G. et Chandrapatya, A., 2011. Fumigant toxicity of essential oils from three Thai plants (Zingiberaceae) and their major compounds against *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* and two parasitoids. Journal of Stored Products Research, 47, 222- 230.
104. Tahrouch S, Rapior S, Mondolot-Cosson L, Idrissi-Hassani LA, Bessière JM, and Andary C, (2002). *Peganum harmala* : source combinée d'aromes et de colorants. Reviews in biology and biotechnology by the Moroccan society of biology in Canada, 2, 2, 33-37.
105. Takahashi, T, Kokubo, R,&Sakaino, M, (2004), antimicrobial activities of eucalyus leaf extracts and flavonoids from eucalyptus maculata, letters in applied microbiology 39(1), 60–64.
106. Tampe, J., Parra, K., Huaiquil, K. et Quiroz, A., 2016. Potential repellent activity of the essential oil of *Ruta chalepensis* (Linnaeus) from Chile against *Aegorhinus superciliosus* (Guérin) (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 16(1), 48-59.
107. Upadhyay, N., Dwivedy, A. K., Kumar, M., Prakash, B. et Dubey, N.K., 2018. Essential Oils as Eco-friendly Alternatives to Synthetic Pesticides for the Control of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), Journal of Essential Oil Bearing Plants, 21, Issue 2 , 282-297.
108. Vigan, M., 2010. Essential oils: renewal of interest and toxicity. European Journal of Dermatology, 20(6): 685-692.
109. Warot S,(2006), les eucalyptus utilisés en aromathérapie, préparatrice en pharmacie,mémoire de fin de formation en Phyto-aromathérapie, p3.

110. Watson L, Dallwitz MJ. The Grass Genera of the World: Descriptions, Illustrations, Identification, and Information Retrieval; including Synonyms, Morphology, Anatomy, Physiology, Phytochemistry, Cytology, Classification, Pathogens, World and Local Distribution, and References. Available from: <http://delta-intkey.com>
111. Weidner H. et Rack G., (1984). Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds, Eschborn, 80 p.
112. Wijayarathne, L. K. W. et Rajapakse, R. H. S., 2018. Effects of spinosad on the heat tolerance and cold tolerance of *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Stored Products Research*, 77, 84-88.
113. Wollenweber, E. R., Wehde, M., Dorr, G., Lang, J. F., Stevens, (2000) , cmethylflavonoids from the leaf waxes of some myrtaceae, *Phytochemistry* ,55: 965-970
114. Wool D., et Bergerson O., 1979- Sperm precedence in repeated mating of adults *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae), *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 26: 160-167.
115. Yanar, Y., Yanar, D., Demir, B. et Karan, Y. B., 2019. Effects of local entomopathogenic *Beauveria bassiana* isolates against *Sitophilus granarius* (coleoptera). *Agriculture & Forestry*, 65, Issue 1: 49-55.

تم اختبار سمية الزيوت العطرية، بالإضافة إلى مستخلصات ستة أنواع من النباتات *Cymbopogon martini*، *Cymbopogon*، *Tribolium* تجاه *Margine*، *Peganum harmala* L.، *Crocus sativus* L.، *Eucalyptus globulus*، *Citratus* *castaneum*. تم تقييم بعض المعايير البيولوجية لآفة المخزون، مثل معدل الوفاة للبالغين واليرقات، من خلال اختبارين: الاتصال والاستنشاق، على الأطعمة الأساسية في ظروف المختبر.

أظهرت نتائجنا أن المستخلصات والزيوت العطرية تمارس سمية متفاوتة تجاه *Tribolium castaneum*. في جميع الاختبارات التي أُجريت، تبين أن زيت الـ *Cymbopogon citratus* ومستخلص *Peganum harmala* L. هما الأكثر فعالية في مكافحة آفة المخزون ولديهما خصائص قاتلة للحشرات واليرقات على *Tribolium castaneum*.

تتفاوت سمية المستخلصات والزيوت العطرية وفعاليتها على اليرقات والبالغين حسب الجرعة المستخدمة ومدة التعرض والنبات المستخدم.

**الكلمات المفتاحية :** *Tribolium castaneum*، الزيوت العطرية، المستخلصات، آفة المخزون، *Cymbopogon martini*، *Margine*، *Peganum harmala* L.، *Crocus sativus* L.، *Eucalyptus globulus*، *Cymbopogon citratus*

## Résumé

La toxicité des huiles essentielles, ainsi que les extraits de six espèces végétales *Cymbopogon martini*, *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus globulus*, *Crocus sativus* L., *Peganum harmala* L., *Margine* a été testée vis-à-vis *Tribolium castaneum*, afin d'évaluer quelques paramètres biologiques de ravageur de stocks à savoir la mortalité des adultes et des larves, les essais par deux types de traitement, contact et inhalation sur les substrats alimentaires ont été réalisés dans les conditions de laboratoire.

Nos résultats indiquent que les extraits et les huiles essentielles exercent une toxicité plus ou moins importante vis-à-vis le *Tribolium castaneum*, pour l'ensemble des tests effectués, l'huile essentielle du *Cymbopogon citratus* et extraits du *Peganum harmala* L., sont avérées être les plus efficaces pour lutter contre le ravageur des stocks et présente une propriété insecticides et larvicides sur le *T. castaneum*.

La toxicité des extraits et les huiles essentielles et leur efficacité sur les larves et les adultes varie selon la dose utilisée et la durée d'exposition et la plante utilisée.

**Mot clés :** *Tribolium castaneum*, huiles essentielles, extraits, ravageurs de stocks, *Cymbopogon martini*, *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus globulus*, *Crocus sativus* L., *Peganum harmala* L., *Margine*

## Abstract

The toxicity of essential oils, as well as extracts of six plant species *Cymbopogon martini*, *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus globulus*, *Crocus sativus* L., *Peganum harmala* L., *Margine* was tested against *Tribolium castaneum* in order to evaluate some biological parameters of stock pests, namely mortality of adults and larvae, tests by two types of treatment, contact and inhalation on food substrates were carried out under laboratory conditions.

Our results indicate that the tests carried out, the essential oil of *Cymbopogon citratus* and extracts of *Peganum harmala* L., are proven to be the most effective in combating the stock pest and has insecticidal and larvicidal properties on *T. castaneum*.

The toxicity of extracts and essential oils and their effectiveness on larvae and adults varies depending on the dose used and the duration of exposure and the plant used.

**Key words :** *Tribolium castaneum*, huiles essentielles, extraits, ravageurs de stocks, *Cymbopogon martini*, *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus globulus*, *Crocus sativus* L., *Peganum harmala* L., *Margine*.